

Trabajo Fin de Grado

Automatización de una granja porcina

Automation of a pig farm

Autor

Óscar Sebastiá Guarch

Director

Juan Carlos Sánchez Catalán

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Septiembre 2023

Página intencionadamente en blanco.



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

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

MEMORIA

Automatización de una granja porcina

Automation of a pig farm

Identificador

Autor: Oscar Sebastia Guarch
Director: Juan Carlos Sánchez Catalán
Fecha: 25/08/2023

Página intencionadamente en blanco.

INDICE DE CONTENIDO BREVE

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 2. ABSTRACT | 2 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 5. DESARROLLO | 38 |
| 6. CONCLUSIONES | 97 |
| 7. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 103 |
| 9. ACCESIBILIDAD PARA DISCAPACITADOS | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| 10. EJEMPLOS DE USO DE QR | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 1.1. PALABRAS CLAVE | 1 |
| 2. ABSTRACT | 2 |
| 2.1. KEY WORDS | 2 |
| 3. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 4. OBJETIVOS | 5 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 5.1. ANTECEDENTES | 6 |
| 5.2. TIPOS DE GRANJAS PORCINAS | 6 |
| 5.2.1. Granjas de ciclo cerrado | 6 |
| 5.2.2. Granjas de cría | 8 |
| 5.2.3. Granjas de engorde o cebo | 9 |
| 5.3. LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN | 10 |
| 5.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4.1. Transportador de espiral | 13 |
| 5.4.2. Transportador de cadena | 14 |
| 5.4.3. Transportador sinfín | 15 |
| 5.4.4. Silos | 16 |
| 5.4.5. Comederos | 16 |
| 5.4.6. Sensores | 19 |
| 5.5. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA | 21 |
| 5.5.1. Depósito | 21 |
| 5.5.1.1. Depósito de agua sobre base de hormigón | 21 |
| 5.5.1.2. Depósito de fibra de vidrio | 22 |
| 5.5.2. Bombas | 23 |
| 5.5.2.1. Bombas de agua centrífugas | 23 |
| 5.5.2.2. Bombas de agua de desplazamiento positivo | 23 |
| 5.5.2.3. Bombas sumergibles | 24 |
| 5.5.2.4. Bombas de agua periféricas | 24 |
| 5.5.3. Bebederos | 25 |
| 5.5.4. Sensores | 27 |
| 5.6. SISTEMA DE VENTILACIÓN | 29 |
| 5.6.1. Tipos de sistemas de ventilación | 29 |
| 5.6.1.1. Ventilación natural | 29 |
| 5.6.1.2. Ventilación mecánica | 30 |
| 5.7. ILUMINACIÓN | 33 |
| 5.8. PLC Y SCADA | 35 |
| 5.8.1. PLC | 35 |
| 5.8.2. Scada | 36 |
| 6. DESARROLLO | 38 |
| 6.1. DIMENSIONADO SISTEMA ALIMENTACIÓN | 38 |
| 6.1.1. Cálculo silo | 38 |
| 6.1.2. Selección sistema transportador de alimento | 39 |
| 6.1.3. Elementos del sistema transportador | 41 |
| 6.1.3.1. Cajetín salida silo | 41 |
| 6.1.3.2. Curva de poliamida | 42 |
| 6.1.3.3. Unidad final | 43 |
| 6.1.3.4. Bajantes | 44 |
| 6.1.3.5. Comederos | 46 |
| 6.1.3.6. Sensores | 47 |
| 6.2. DIMENSIONADO SISTEMA ABASTECIMIENTO DE AGUA | 51 |
| 6.2.1. Cálculo depósito | 51 |

| | |
|--|----|
| 6.2.2. Cálculo sistema pozo-depósito | 52 |
| 6.2.2.1.1. Cálculo de tubería aspiración | 52 |
| 6.2.2.1.2. Cálculo tubería impulsión | 53 |
| 6.2.2.1.3. Cálculo de bomba | 54 |
| 6.2.3. Cálculo sistema depósito-instalaciones | 59 |
| 6.2.3.1. Cálculo tubería aspiración | 59 |
| 6.2.3.2. Cálculo tubería impulsión | 59 |
| 6.2.4. Sensores | 60 |
| 6.3. DIMENSIONADO SISTEMA DE VENTILACIÓN | 63 |
| 6.3.1. Cálculo y selección de ventiladores | 63 |
| 6.3.2. Selección de ventanas | 65 |
| 6.3.3. Selección de motor | 67 |
| 6.3.4. Sensores | 67 |
| 6.4. ILUMINACIÓN | 69 |
| 6.4.1. Cálculo y selección de luces | 69 |
| 6.4.2. Sensores | 70 |
| 6.5. SELECCIÓN AUTÓMATA | 72 |
| 6.6. PROGRAMA | 74 |
| 6.7. CASOS DE USO | 80 |
| 6.7.1. Sistema de distribución de alimentos | 80 |
| 6.7.2. Sistema de distribución de agua | 81 |
| 6.7.3. Sistema de ventilación | 82 |
| 6.7.4. Sistema de iluminación | 83 |
| 6.8. ESCENARIOS | 84 |
| 6.8.1. Sistema de distribución de alimento | 84 |
| 6.8.1.1. Escenario para "Monitorear nivel de alimento" | 84 |
| 6.8.1.2. Escenario para "Programar distribución alimento" | 84 |
| 6.8.1.3. Escenario para "Distribución manual del alimento" | 85 |
| 6.8.1.4. Escenario para "Parar distribución del alimento" | 85 |
| 6.8.1.5. Escenario para "Verificar estado de motor y finales de carrera" | 86 |
| 6.8.1.6. Escenario para "Distribución automática del alimento" | 86 |
| 6.8.2. Sistema de abastecimiento de agua | 87 |
| 6.8.2.1. Escenario para "Monitorear nivel del agua" | 87 |
| 6.8.2.2. Escenario para "Activar bomba de agua" | 88 |
| 6.8.2.3. Escenario para "Desactivar bomba de agua" | 88 |
| 6.8.2.4. Escenario para "Monitorear estado de sensores" | 89 |
| 6.8.3. Sistema de ventilación | 89 |
| 6.8.3.1. Escenario para "Modo manual" | 89 |
| 6.8.3.2. Escenario para "Modo automático" | 90 |

| | |
|--|------------|
| 6.8.3.3. Escenario para “Control ventiladores” | 90 |
| 6.8.3.4. Escenario para “Control ventanas” | 91 |
| 6.8.3.5. Escenario para “Programación de ventilación” | 91 |
| 6.8.3.6. Escenario para “Monitoreo de temperatura” | 92 |
| 6.8.4. Sistema de iluminación | 93 |
| 6.8.4.1. Escenario para “Cambiar a modo manual” | 93 |
| 6.8.4.2. Escenario para “Cambiar a modo automático” | 93 |
| 6.8.4.3. Escenario para “Encender luces” | 94 |
| 6.8.4.4. Escenario para “Apagar luces” | 94 |
| 6.8.4.5. Escenario para “Programar horario de iluminación” | 95 |
| 6.8.4.6. Escenario para “Monitoreo de luz ambiental” | 95 |
| 7. CONCLUSIONES | 97 |
| 7.1. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS | 101 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 103 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Transpotador alimento. Fuente: Peig ganadería | 12 |
| Ilustración 2: Sistema distribución alimento completo. Fuente: Agri, 2021 | 13 |
| Ilustración 3: Transportador en espiral. Fuente: Bigdutchman, 2022 | 14 |
| Ilustración 4: Transportador de cadena. Fuente: Admin, 2022 | 14 |
| Ilustración 5: Codo 90º transportador cadena. Fuente: Admin, 2022 | 15 |
| Ilustración 6: Transportador sinfín. Fuente: Ganadera, 2021 | 15 |
| Ilustración 7: Silo chapa ondulada. Fuente: Ganadera, 2021 | 16 |
| Ilustración 8: Silo chapa lisa. Fuente: Ganadera, 2021 | 16 |
| Ilustración 9: Tolva. Fuente: Former Group, s. f | 17 |
| Ilustración 10: Comedero automático. Fuente: GESTAL 3G: Sistemas de alimentación para cerdas en gestación, 2023 | 17 |
| Ilustración 11: Comedero de suelo. Fuente: AgriExpo, n.d. | 18 |
| Ilustración 12: Comedero líquido. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f..... | 18 |
| Ilustración 13. Sensores de accionamiento mecánico. Fuente: (Herrero, n.d.) . | 19 |
| Ilustración 14. Puente de Wheatstone en célula de carga. Fuente: (Omega, n.d20 | |
| Ilustración 15: Depósito de agua. Fuente: Ganadera, 2021a | 22 |
| Ilustración 16: Depósito de fibra. Fuente: Ganadera, 2021a..... | 22 |
| Ilustración 17: Bebedero de tazón. Fuente: Porcicultura.com, s. f..... | 25 |
| Ilustración 18: Chupete de inox. Fuente: Agua y Nutrición, s. f. | 26 |
| Ilustración 19: Bebedero de bola. Fuente: Jersimport, 2023..... | 27 |
| Ilustración 20. Funcionamiento sensor capacitivo. Fuente: Herrero, n.d | 28 |
| Ilustración 21: Ventilación natural. Fuente: Todo Cerdos, s.f..... | 29 |
| Ilustración 22: Ventilación mecánica. Fuente: ventilación integral para granjas, s. f. | 30 |
| Ilustración 23: Ventilación mecánica de techo. Fuente: Ventilación para cerdos, s. f. | 31 |
| Ilustración 24: Ventilación combinada. Fuente: S&P, 2019 | 32 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 25: Sistema nariz fresca. Fuente: Willekens, s. f..... | 32 |
| Ilustración 26: Sistema de ventilación para extracción central Fuente: Fancom, s. f. | 33 |
| Ilustración 27: Visión porcino. Fuente: Ganadera, 2021..... | 34 |
| Ilustración 28: PLC. Fuente: Siemens, 2010..... | 36 |
| Ilustración 29: Selección silo..... | 39 |
| Ilustración 30: Cajetín salida silo. Fuente: Eurogan, n.d | 41 |
| Ilustración 31: Curva poliamida. Fuente: Eurogan, n.d | 43 |
| Ilustración 32: Unidad final. Fuente: Eurogan, n.d | 43 |
| Ilustración 33: Bajante T. Fuente: Eurogan, n.d | 45 |
| Ilustración 34: Tubo telescópico. Fuente: Eurogan, n.d | 45 |
| Ilustración 35: Tolva SWING R3 TUBE. Fuente:Ganadería Y Mascotas, n.d | 46 |
| Ilustración 36: Sensor MAV E. Fuente: FILSA, 2023 | 48 |
| Ilustración 37: Célula de carga. Fuente: CBL_ES, s. f..... | 49 |
| Ilustración 38: Depósito de agua. Fuente: Macoga, n.d | 52 |
| Ilustración 39: Selección bomba. Fuente: SACI, n.d..... | 58 |
| Ilustración 40: Sensor capacitivo. Fuente: KI0024, s. f..... | 60 |
| Ilustración 41: Sensor capacitivo. Fuente: LMT100, s. f..... | 62 |
| Ilustración 42: Ventilador. Fuente: Vostermans, n.d..... | 63 |
| Ilustración 43: Medidas ventilador. Fuente: Vostermans, n.d | 64 |
| Ilustración 44: Ventana fibra de vidrio. Fuente: Ganadera, 2021 | 65 |
| Ilustración 45: Ventanas automatizadas. Fuente: Automatización de una granja porcina, s. f | 66 |
| Ilustración 46: Motor Elevador De Ventanas 400 Kg Trivic MF220 Fuente: Calfri, 2023..... | 67 |
| Ilustración 47: Sensor temperatura y humedad. Fuente: Electrónica, 2023 | 68 |
| Ilustración 48: Características luminarias FERREX. Fuente: FERAX, n.d | 69 |
| Ilustración 49: Sensor luxes. Fuente: Anjou Automation, 2020..... | 71 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 50. CPU. Fuente: (CPU 314C-2 PN/DP - Global eBusiness - Siemens WW, n.d.)..... | 73 |
| Ilustración 51. Fuente de alimentación. Fuente:(6ES7307-1EA01-0AA0 SIEMENS SIMATIC S7-300 PS307 Siemens WIAutomation, s. f.) | 74 |
| Ilustración 52: SCADA sistema de distribución de pienso. Fuente: Elaboración propia | 76 |
| Ilustración 53: SCADA abastecimiento de agua. Fuente: Elaboración propia | 77 |
| Ilustración 54: SCADA sistema control de ventilación. Fuente: Elaboración propia..... | 78 |
| Ilustración 55: SCADA sistema control de iluminación. Fuente: Elaboración propia..... | 79 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Relación peso kg/día..... | 38 |
| Tabla 2: Dimensiones espiral. Fuente: Eurogan, n.d..... | 40 |
| Tabla 3: Dimensiones cajetín salida silo. Fuente: Eurogan, n.d..... | 42 |
| Tabla 4: Dimensiones unidad final. Fuente: Eurogan, n.d..... | 44 |
| Tabla 5: Medidas tubo telescópico. Fuente: Eurogan, n.d..... | 46 |
| Tabla 6: Especificaciones tolva. Fuente: Ganadería Y Mascotas, n.d..... | 47 |
| Tabla 7: Especificaciones sensor MAV E. Fuente: FILSA, 2023..... | 49 |
| Tabla 8: Especificaciones célula de carga. Fuente: CBL_ES, s. f..... | 50 |
| Tabla 9: Relación kg/l agua. Fuente: García Sanz et al., s. f..... | 51 |
| Tabla 10: Longitudes equivalentes. Fuente: Instalaciones De Bombeo De Agua, n.d..... | 55 |
| Tabla 11: Cálculo diámetro interior de tubería. Fuente: Instalaciones De Bombeo De Agua, n.d..... | 56 |
| Tabla 12: Modelo bomba. Fuente: SACI, n.d..... | 58 |
| Tabla 13: Especificaciones técnicas sensor capacitivo. Fuente: KI0024, s. f..... | 61 |
| Tabla 14: Especificaciones técnicas LMT100. Fuente: LMT100, s. f..... | 62 |
| Tabla 15: Especificaciones técnicas ventialdor. Fuente: Vostermans, n.d..... | 64 |
| Tabla 16: Especificaciones técnicas sensor temperatura y humedad. Fuente: Electrónica, 2023..... | 68 |
| Tabla 17: Especificaciones técnicas sensor luxes. Fuente: Anjou Automation, 2020..... | 71 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Cálculo l/día..... | 51 |
| Ecuación 2: Cálculo l/ 5 días | 51 |
| Ecuación 3: Cálculo volumen depósito | 52 |
| Ecuación 4: Cálculo volumen valores..... | 52 |
| Ecuación 5: Cálculo caudal..... | 52 |
| Ecuación 6: Cálculo velocidad..... | 53 |
| Ecuación 7: Cálculo velocidad valores..... | 53 |
| Ecuación 8: Diámetro tubería | 53 |
| Ecuación 9: Cálculo velocidad tubería impulsión..... | 53 |
| Ecuación 10: : Cálculo velocidad tubería impulsión valores | 53 |
| Ecuación 11: Diámetro final | 53 |
| Ecuación 12: Cálculo altura manométrica..... | 54 |
| Ecuación 13: Cálculo H aspiración | 54 |
| Ecuación 14: Cálculo Leqa | 55 |
| Ecuación 15: Leqa | 55 |
| Ecuación 16: Cálculo H aspiración..... | 56 |
| Ecuación 17: Cálculo Leqi | 57 |
| Ecuación 18: Cálculo H impulsión..... | 57 |
| Ecuación 19: Cálculo altura manométrica..... | 57 |
| Ecuación 20: Cálculo velocidad aspiración..... | 59 |
| Ecuación 21: Cálculo velocidad aspiración valores..... | 59 |
| Ecuación 22: Diámetro tubería aspiración | 59 |
| Ecuación 23: Cálculo velocidad impulsión..... | 59 |
| Ecuación 24: Cálculo velocidad impulsión valores..... | 60 |
| Ecuación 25: Diámetro tubería impulsión | 60 |
| Ecuación 26: Cálculo caudal ventilación | 63 |
| Ecuación 27: Cálculo nº luminarias | 70 |

| | |
|--|----|
| Ecuación 28: Cálculo nº luminarias valores | 70 |
| Ecuación 29: Espacio entre luces ancho | 70 |
| Ecuación 30: Espacio entre luces largo | 70 |

1. RESUMEN

Este proyecto se centra en el diseño y simulación para la automatización de una granja porcina, capaz de gestionar el sistema de distribución de alimento, el sistema de abastecimiento de agua en la granja y tanto el control del sistema de iluminación como de ventilación de las instalaciones. Un autómata programable junto con un SCADA permite el control de todos los procesos y la visualización de los datos más importantes para el correcto desarrollo de la actividad porcina, todos los elementos que conforman cada uno de los sistemas han sido seleccionados y calculados durante el desarrollo de este trabajo. Gracias a él, es posible mejorar la eficiencia de la granja y reducir costes, además de mejorar el bienestar animal asegurando unas condiciones óptimas para el crecimiento del ganado.

1.1. PALABRAS CLAVE

PLC, Step 7, SCADA, Automatización, Ganadería.

2. ABSTRACT

This project focuses on the design and simulation for the automation of a pig farm, capable of managing the food distribution system, the water supply system on the farm, as well as controlling both the lighting and ventilation systems of the facilities. A programmable automaton alongside a SCADA system allows for the control of all processes and the visualization of the most critical data for the proper development of pig farming activities. All the elements composing each of the systems have been selected and calculated during the progression of this work. Thanks to it, it is possible to enhance farm efficiency and reduce costs, in addition to improving animal welfare by ensuring optimal conditions for livestock growth.

2.1. KEY WORDS

PLC, Step 7, SCADA, Automation, Livestock.

3. INTRODUCCIÓN

La automatización de granjas es una práctica muy extendida en la actualidad ya que presenta múltiples beneficios y facilidades para el granjero y animales, que avanza de forma rápida a medida que se van desarrollando nuevas tecnologías que se puedan incorporan en la práctica.

Con una granja automatizada se puede mejorar la eficiencia de esta notablemente, ya que permite la realización de tareas de forma más rápida y eficiente, mejorando a la par la producción de la granja, ayudando a recudir costes durante el proceso de cría de los animales. Esto le permite al granjero ahorrar tiempo y esfuerzo en las tareas de la que se deben desarrollar en la granja, así como control de la alimentación y del agua principalmente.

Gracias a un autómata programable se puede llevar un control preciso de las condiciones ambientales del interior de las instalaciones tales como temperatura, humedad, luz, etc. Permitiendo al granjero una respuesta rápida en función de las necesidades de los porcinos, mejorando de este modo el bienestar animal.

Otro aspecto relevante de la automatización es la reducción de errores, sobre todo en las tareas más críticas o importantes, evitando así problemas futuros de salud y maximizando la eficiencia (B, 2022).

Este proyecto se trata de un desafío en el cual se pondrán a prueba todos los conocimientos adquiridos durante este tiempo en el grado y en el cual se comprobará la capacidad de solventar de los problemas que vayan surgiendo a lo largo del proceso. Se ha elegido este proyecto debido a la familiaridad con el sector y la motivación de poder mejorar la calidad de vida tanto de los granjeros como de los animales.

La finalidad del trabajo es diseñar todo un sistema de abastecimiento del alimento, abastecimiento del agua, control de la ventilación e

iluminación que funcione de forma automatizada gracias a la lectura de los valores de los sensores conectados al autómatas.

La estructura del TFG consta de las siguientes partes:

- Memoria: En ella se desarrollará el marco teórico, el propio desarrollo del proyecto (elección de componentes, explicación del funcionamiento del programa y del SCADA) junto con las conclusiones.
- Anexos: En los anexos se incluirá el presupuesto, el programa completo del STEP 7 y las fichas técnicas de los componentes seleccionados.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo de este proyecto es facilitar a los ganaderos, en este caso del sector porcino, el desempeño de su trabajo en el proceso de engorde de los animales, de este modo se tiene un mayor control del proceso dentro de las instalaciones. Así mismo, se garantiza un ambiente óptimo para el crecimiento de los porcinos ayudando a evitar problemas derivados de una mala gestión de los recursos. Gracias al sistema SCADA, el granjero tiene en todo momento en la pantalla el estado en tiempo real de la granja, permitiéndole una toma de decisiones más acertada, mejorando de esta forma la eficiencia de la granja.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos esperados en este trabajo son:

- Diseñar un programa en STEP 7 capaz de gestionar todos los elementos que conforman el sistema.
- Selección de los componentes empleados con sus respectivos cálculos en caso de ser necesarios.
- Diseñar el SCADA para el control de la granja.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ANTECEDENTES

En España, la ganadería porcina ha evolucionado de forma significativa a lo largo de la historia. Según Segrelles (2001), en la década de 1960 fue cuando tuvo origen la ganadería intensiva en España, cuando se empezó a alimentar de forma artificial y a hacer cría selectiva en la producción porcina. Desde ese momento se ha convertido en uno de los sectores más importantes de la economía española, siendo el 14% de la producción agraria final (*Porcino*, s. f.). En las producciones ganaderas alcanza el 39% de la Producción Final Ganadera (*Porcino*, s. f.).

El desarrollo de la ganadería porcina en España ha ido acompañado de un aumento de la explotación intensiva, teniendo por consecuente, un importante impacto ambiental, según el artículo The Conversation (2021). A su vez, la ganadería porcina ha experimentado una transición de la producción más convencional a la industrializada.

5.2. TIPOS DE GRANJAS PORCINAS

Actualmente en España, se pueden clasificar las granjas porcinas en tres grupos: granjas de ciclo cerrado, granjas de cría y granjas de cebo.

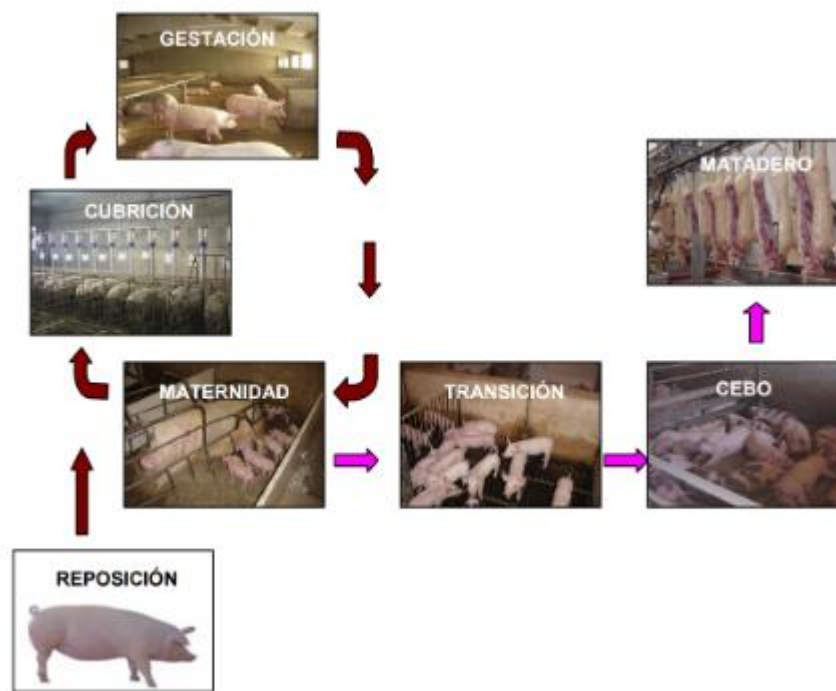
5.2.1. Granjas de ciclo cerrado

Las granjas de ciclo cerrado involucran todas las etapas, desde la cría, el engorde de los animales y su posterior sacrificio, todas ellas llevadas a cabo en las mismas instalaciones, sin necesidad de trasladar los cerdos a diferentes destinos para cada etapa.

En España, la eficiencia en la producción es mayor en las granjas de ciclo cerrado que en las granjas con sistemas tradicionales de producción.

El Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón realizó un estudio en el cual se comparaba la producción de granjas porcinas de ciclo cerrado con granjas tradicionales, resultando una mayor producción en las de ciclo cerrado debido a la mayor producción de carne por unidad de superficie, lo cual resultó en una mayor rentabilidad. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019).

Además, las granjas de ciclo cerrado tienen una mayor bioseguridad ya que el riesgo por propagación de enfermedades entre granjas es menor debido al no transporte de los mismos. (Opriessnig, T., Pallaré, F. J., Nilubol, D., Vincent, A. L., Thacker, E. L., Vaughn, E. M., ... & Halbur, P. G., 2005).



Fuente: (Ciclo productivo de las granjas porcinas y sus productos | Razas Porcinas - La Comunidad de Producción Porcina, 2020)

5.2.2. Granjas de cría

Las granjas de cría de cerdos son las encargadas de gestionar la reproducción y la crianza. El funcionamiento de estas granjas está dividido en varias etapas.

La primera etapa es la cría de cerdas reproductoras. En ella, las cerdas son criadas en un ambiente controlado, alimentándolas de forma específica para que tengan un peso y una salud óptimos. Cuando la cerda ha alcanzado el periodo reproductivo, se le insemina artificialmente con espermatozoides de verraco para que críe lechones (Paramio, T. (2000). Cada cerda pare una media de 11- 12 lechones con un peso estimado entre 1 y 1,7 kilos.(Elizalde et al., s. f.)

La segunda etapa es la lactancia. Los lechones recién nacidos son trasladados a una zona de cría donde pueden alimentarse de la leche de la madre durante 22 a 28 días.(Elizalde et al., s. f.). Al mismo tiempo, se les proporciona alimento suplementario para asegurar el crecimiento y la salud de estos hasta el momento del destete, en el cual los porcinos han alcanzado un peso entre 6 y 7 kilos.. (Paramio, T. (2000).

La tercera y última fase en este tipo de granjas es la fase de transición, en ella se alimenta a los animales con la alimentación de adultos durante 6 o 7 semanas hasta alcanzar un peso óptimo de 20 kilos. (Elizalde et al., s. f.).

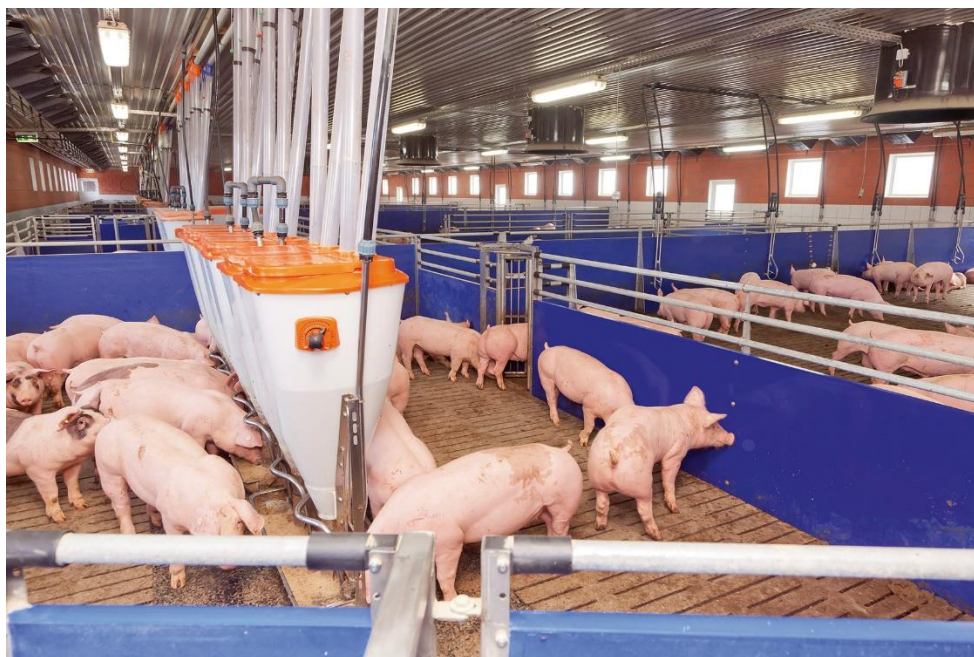


Fuente: (Avipecuaria, 2021)

5.2.3. Granjas de engorde o cebo

Las granjas de engorde son instalaciones a las cuales llegan los lechones que han acabado su etapa de transición. En ellas se les proporciona a los cerdos una dieta equilibrada en nutrientes, bajo un ambiente controlado que nos permita una temperatura adecuada y mantener el bienestar animal, ya que de este modo es posible maximizar su crecimiento y desarrollo (Ganadera, 2021). Los cerdos durante este proceso de cebo o engorde están entre 15 y 17 semanas hasta alcanzar los 108 kilos aproximadamente. Las hembras se llevan a las granjas de cría para empezar su ciclo de gestación.(Elizalde et al., s. f.).

Una vez alcanzan el peso óptimo, son llevados al matadero, donde son sacrificados y procesados para su posterior venta.



Fuente: (Engorde de cerdos - Imágenes en naves de engorde, 2020)

5.3. LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La granja porcina se encontrará localizada en la localidad Castellonense de Cáliz, concretamente, en la carretera CV-137 que une las localidades de Cáliz y San Jorge.



Siendo las coordenadas exactas las siguientes:

**Cálig**

12589, Castellón

40.488335, 0.349861

Se trata de un terreno de 10000 m^2

En cuanto a la distribución, la granja porcina tendrá una longitud de 33 metros de largo y 14 de ancho. De este modo, dispondrá en su interior de 38 cuadras de 3x3 en las cuales se alojarán 12 animales en cada una de ellas. Contará con cuatro filas de cuadras separadas por dos pasillos laterales de 1m de ancho, dos filas centrales y una fila en cada uno de los laterales de la granja, teniendo una capacidad total de 456 porcinos.

5.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Todas las granjas constan de un sistema de alimentación encargado de proporcionar el alimento necesario a los porcinos. El primer elemento que encontramos en dicho sistema es el silo, encargado de almacenar el pienso, en la parte inferior, consta de un motor con un reductor encargado de transportar el alimento a través de unos conductos hasta el interior de la granja. Una vez en el interior, otro motor reductor unido a una unidad de control encargado de distribuir en cada una de las jaulas el pienso. Este pasa a través de los tubos hasta llegar a las bocas de caída donde el pienso es depositado a través de las bajantes en la tolva o bien puede incorporar un dosificador encargado de dosificar las cantidades. (Ganadera, 2021).



Ilustración 1: Transpotador alimento. Fuente: Peig ganadería

A continuación, se puede observar cómo sería el sistema de distribución de alimento completo, incluyendo todos los elementos nombrados anteriormente.



Ilustración 2: Sistema distribución alimento completo. Fuente: Agri, 2021

Existen diferentes métodos para transportar el pienso del silo al interior de la granja y posteriormente a cada uno de los comederos, entre ellos destacan el transportador de espiral, transportador de cadena y transportador de sinfín.

5.4.1. Transportador de espiral

El sistema de transporte de alimento mediante espiral se caracteriza por incorporar en el interior del tubo una espiral del diámetro interior del mismo. Se trata de un sistema flexible capaz de instalarse en naves con espacio reducido y con curvas de hasta 90° de forma segura, rápida y sin ser desmezclado. Este tipo de sistema es recomendable cuando las capacidades de transporte no superen las 4.5t/h. (*Silos, espirales y sinfines para el manejo de animales moderno, 2022*)



Ilustración 3: Transportador en espiral. Fuente: Bigdutchman, 2022

5.4.2. Transportador de cadena

El transportador de cadena, como su nombre indica, incorpora una cadena en el interior del tubo, en cada uno de los extremos del eslabón lleva una pieza circular del diámetro interior del tubo, encargada de transportar el alimento. Este sistema garantiza su buen funcionamiento con cualquier tipo de pienso ya que ofrece una gran capacidad de adaptación, simplicidad de conexión y empalmes y se pueden utilizar ángulos para realizar cambios de dirección. (Admin, 2022)



Ilustración 4: Transportador de cadena. Fuente: Admin, 2022



Ilustración 5: Codo 90° transportador cadena. Fuente: Admin, 2022

5.4.3. Transportador sinfín

El sistema transportador con un sisfín helicoidal transporta el alimento de forma rápido y con una gran capacidad de reparto a los comederos mediante un tornillo tubular sinfín. Se utiliza para transportar pienso desde 4t/h hasta 20t/h dependiendo del diámetro interior el cual oscila entre 127mm y 200mm. (Ganadera, 2021). A diferencia de los otros sistemas, el sinfín necesitar de un mayor espacio para su instalación, ya que son sistemas más voluminosos que los descritos anteriormente.



Ilustración 6: Transportador sinfín. Fuente: Ganadera, 2021

5.4.4. Silos

Los silos son estructuras en la mayor que se utilizan para almacenar productos a granel. Para una granja porcina se pueden utilizar tres tipos, silo de chapa lisa, silo de chapa ondulada y silo de poliéster. (Macoga, s. f.)

Los silos de poliéster ofrecen un almacenamiento de pienso óptimo y una gran capacidad y resistencia a los cambios de temperatura. En este tipo de silos no hay condensación, el pienso no se adhiere a las paredes, ofrece aislamiento térmico y evita humedades. (Ganadera, 2021)



Ilustración 8: Silo chapa lisa. Fuente: Ganadera, 2021



Ilustración 7: Silo chapa ondulada. Fuente: Ganadera, 2021

5.4.5. Comederos

Existen diferentes tipos de comederos, entre los cuales destacan:

- Comedero en tolva: Son los más comunes en la industria porcina. Este tipo de comedero dispone de una tolva que se llena de alimento el cual se deposita en un plato a medida que los porcinos comen. Con el uso de estos comederos se puede ajustar la cantidad de alimento dispensada, lo que favorece la eficiencia de la alimentación y reduce el desperdicio de alimento. (Former Group, s. f.)



Ilustración 9: Tolva. Fuente: Former Group, s. f

- Comedero automático: Se tratan de comederos programables para poder dispensar una cantidad específica de comida en un horario preestablecido. Son utilizados especialmente cuando los porcinos requieren de una alimentación específica o cuando las instalaciones son de gran tamaño. (*GESTAL 3G: Sistemas de alimentación para cerdas en gestación, 2023*)



Ilustración 10: Comedero automático. Fuente: GESTAL 3G: Sistemas de alimentación para cerdas en gestación, 2023

- Comedero de suelo: Son una alternativa a los comederos de cadena o de tolva. Con este tipo de comederos los cerdos se alimentan directamente del suelo, reduciendo de este modo el desperdicio de alimento. En cambio, al estar directamente en el suelo son comederos menos higiénicos y pueden ser el foco de futuras enfermedades en el interior de la granja. (KTF-36_H



Ilustración 11: Comedero de suelo. Fuente: AgriExpo, n.d.

- Comedero líquido: A diferencia del resto de comederos vistos hasta ahora, estos, como su nombre indica, dispensan alimentos líquidos como puede ser leche o medicamentos líquidos. Se utilizan sobre todo para la alimentación de cerdos jóvenes o enfermos. (Big Dutchman International GmbH, 2023)



Ilustración 12: Comedero líquido. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f

5.4.6. Sensores

- Sensores de acción mecánica

Este tipo de interruptores se accionan cuando existe un contacto físico o fuerza sobre alguna de las partes del mismo. Son sensores muy utilizados en la industria, pero presentan ciertas desventajas. La primera de ellas es la vida útil que tiene, ya que al estar continuamente funcionando mecánicamente, se produce desgaste en las piezas que lo conforman. Por otra parte, otra desventaja que presentan este tipo de sensores son los problemas de rebote de la señal de comunicación.

Se utilizan para desconectar límites de carrera, controlar el avance de ciertas máquinas, etc (Herrero, n.d.).

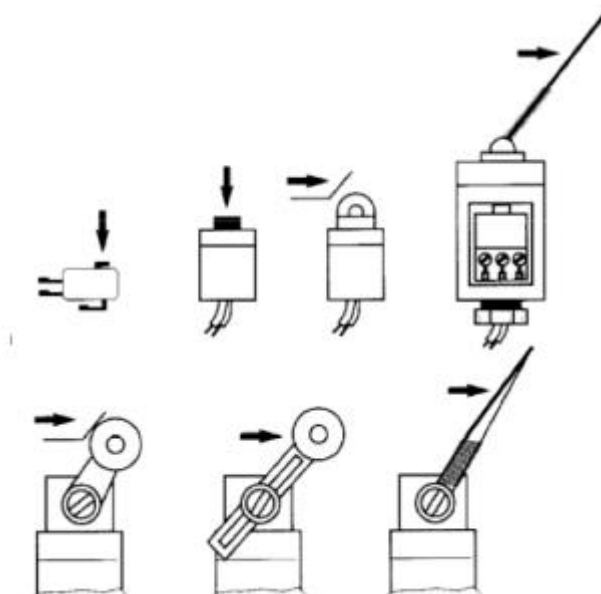


Ilustración 13. Sensores de accionamiento mecánico. Fuente: (Herrero, n.d.)

- Células de carga

Una célula de carga a compresión es principalmente un bloque diseñado para recibir una carga en uno de sus puntos y medir la compresión que se está generando. Este tipo de células se colocan en la parte inferior del objeto de medición.

Al aplicarse la carga, la galga extensiométrica que lleva incorporada en su interior se deforma y es esa deformación la que se utiliza para obtener la medida deseada. También son capaces de determinar cambios relativos en la resistencia, en ciertas aplicaciones, el puente de Wheatstone permite obtener cambios relativos con gran exactitud.

Son células que se construyen con materiales resistentes a la corrosión y resistente a arañazos (*Principio De Trabajo De Una Célula De Carga a Compresión*, 2020).

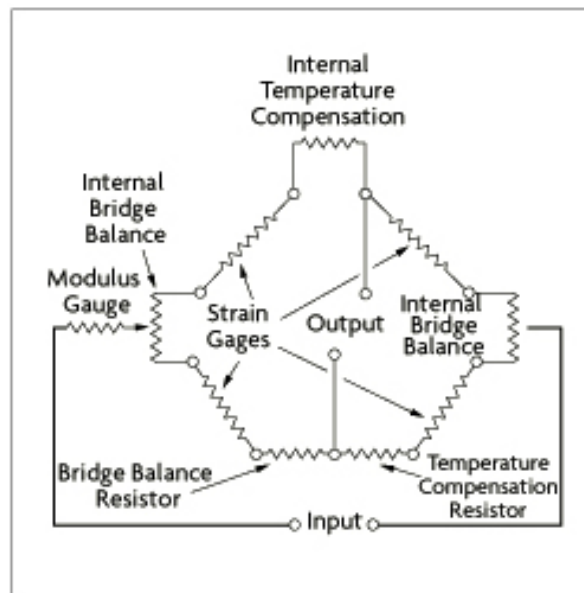


Ilustración 14. Puente de Wheatstone en célula de carga. Fuente: (Omega, n.d)

5.5. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

El sistema de abastecimiento de agua es el encargado de suministrar el agua necesaria a los porcinos desde el pozo hasta los bebederos. En el sistema el agua es almacenada en depósitos o embalses de agua, cuando los sensores detectan insuficiente agua en el depósito, la bomba del pozo es la encargada de volver a llenarlo.

5.5.1. *Depósito*

Los depósitos son estructuras utilizadas para el almacenamiento de agua en granjas porcinas, granjas ganaderas y explotaciones agrícolas. La dependencia de disponibilidad de este recurso hace necesario su almacenamiento para poder distribuirlo por las instalaciones posteriormente (Ganadera, 2021a).

Principalmente existen dos tipos de depósito de agua, con base de hormigón o depósitos de fibra de vidrio.

5.5.1.1. Depósito de agua sobre base de hormigón

Los depósitos de agua con base de hormigón y chapa modular son ensamblados con tornillos y juntas de unión selladas con un tipo específico de masilla especial inalterable con la climatología. Además, para incrementar la impermeabilidad de las juntas de unión, se aplica una capa de pintura impermeabilizada hecha con base de cemento y resina. (Ganadera, 2021a).

Estos depósitos están diseñados para soportar climatologías adversas como temperaturas extremas, fuertes vientos y nevadas. Al estar fabricados con acero galvanizado son resistentes a la corrosión. (Ganadera, 2021a).



Ilustración 15: Depósito de agua. Fuente: Ganadera, 2021a

5.5.1.2. Depósito de fibra de vidrio

Fabricados con fibra de vidrio de alta densidad con espesores homogéneos que ofrecen una mayor firmeza y aislamiento térmico, el cual lo hace resistente a los cambios de temperatura. Ofrecen una gran variedad de formas, capacidades y tamaños, adaptándose a las necesidades de cada ganadero. Su capacidad de almacenamiento puede variar entre depósito pequeños de 113l, hasta depósitos de 50.000l. (Ganadera, 2021a)



Ilustración 16: Depósito de fibra. Fuente: Ganadera, 2021a

5.5.2. Bombas

Una bomba de agua es un dispositivo cuya función es desplazar agua de un punto inicial a un punto final a través de presión o succión a través de tuberías u otros sistemas de distribución. Existen muchos tipos de bombas de agua, las más comunes son las centrífugas, de desplazamiento positivo, sumergibles, periféricas. (Zubicaray, M. V. 2003).

5.5.2.1. Bombas de agua centrífugas

Las bombas centrífugas son dispositivos que emplean la fuerza centrífuga para mover el agua. Este tipo de bombas consta de un impulsor giratorio que es el encargado de generar dicha fuerza que se encuentra en el interior de una carcasa, la cual consta de un orificio de entrada y un orificio de salida. Al girar el impulsor, se genera vacío en la entrada de la bomba, provocando la succión del líquido. Debido al impulsor, el agua es empujada hacia el exterior por la fuerza centrífuga que se genera y como consecuencia se crea presión en la salida, lo que permite la salida del agua a gran presión y velocidad.

Se tratan de bombas muy utilizadas en el suministro de agua en edificios y para el riego agrícola. Marchegiani, A. R. (2004).

5.5.2.2. Bombas de agua de desplazamiento positivo

Las bombas de desplazamiento positivo emplean un mecanismo, ya sean pistones, diafragmas u otros tipos de mecanismos, para empujar el líquido a través de la bomba. El mecanismo de desplazamiento se mueve hacia adelante y hacia atrás, de este modo se crea succión en la entrada y presión en la salida. Existe una gran variedad de bombas de desplazamiento positivo dependiendo del mecanismo que lleven

incorporado en el interior, las más comunes son las bombas de pistón, bombas de diafragma y bombas de engranajes. El principio de funcionamiento es el mismo para cada una de ellas. Son utilizadas cuando se requiere un flujo constante y una presión estable, a comparación de las bombas centrífugas, estas son capaces de ofrecer una salida de agua más uniforme. (Raulvcruz, 2021)

5.5.2.3. Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles son dispositivos fabricados específicamente para estar totalmente sumergidas en el líquido. Solamente deben empujar el líquido hacia la dirección deseada, para que esto sea posible tienen una serie de características específicas. Constan de una carcasa hermética, de este modo se evita cualquier tipo de filtración al interior de la bomba que pueda dañar cualquier componente interno. Los cables de alimentación encargados de proporcionar corriente a la bomba se encuentran completamente sellados herméticamente, por otro lado, llevan incorporadas un impulsor sumergible capaz de generar esa succión y presión necesarias para mover el agua y por último, en la entrada de la bomba suelen llevar incorporadas una especie de filtro que impide que la suciedad del pozo o depósito obstruya el flujo de agua. (Mompeán, 2021)

5.5.2.4. Bombas de agua periféricas

Las bombas periféricas también llamadas bombas regenerativas se utilizan para mover agua en ámbitos en los que no sea necesaria mucha presión.

En este tipo de bombas el agua es succionada por el orificio de entrada y circula varias veces por el interior de la bomba antes de ser expulsada al exterior. El agua ingresa al impulsor periférico a través de

una entrada axial y, debido a la geometría especial del impulsor, existe una fuerza centrífuga que empuja el agua hacia el borde exterior de la bomba. Cuando las palas del impulsor expulsan el agua a alta velocidad, una parte de ella es desviada de nuevo a la entrada creando este efecto regenerativo, el cual aumenta la eficiencia de la bomba y la presión del agua. (T51, 2014)

5.5.3. Bebederos

Los bebederos son los encargados de proporcionar agua a los porcinos, existen diferentes tipos dependiendo de la forma en que los animales adquieren el agua, entre los cuales destacan:

- Bebederos de tazón: Como su nombre indica, estos bebederos tienen forma de tazón que se llena de agua y donde los porcinos pueden beber. Son los más simples del mercado por su sencilla forma y su fácil uso, pero pueden requerir de un mantenimiento más regular para mantener el agua limpia. Suelen estar fabricados de acero inoxidable o plástico y dependiendo de la etapa en la que se encuentre el animal se usa un tipo de tazón u otro, atendiendo las necesidades del mismo. (*Porcicultura.com*, s. f.)



Ilustración 17: Bebedero de tazón. Fuente: Porcicultura.com, s. f.

- Bebederos de chupete o tetina: La peculiaridad de estos bebederos es que disponen de una boquilla de plástico o acero en la punta del bebedero. Los porcinos ejercen presión con su boca en la boquilla y permiten el flujo de agua a través de ella, una vez dejan de hacer presión, el flujo se corta. Esto permite el ahorro de agua ya que se evita el desperdicio, así mismo, son fáciles de limpiar y mantener.



Ilustración 18: Chupete de inox. Fuente: Agua y Nutrición, s. f.

- Bebederos de bola: Este tipo de bebederos disponen de una bola flotante encargada de hacer presión en el agujero y cerrarlo para que no salga el agua, cuando los cerdos empujan la bola con su hocico, permiten el paso del agua a través de la boquilla. Son bebederos que evitan el desbordamiento de agua y permite que se consuma únicamente el agua necesaria.



Ilustración 19: Bebedero de bola. Fuente: Jersimport, 2023

- Bebederos de canal: Estos bebederos están formados por largas canales distribuidas a lo largo de la nave, con este formato los cerdos pueden beber directamente del agua, se utilizan cuando hay una gran cuantía de animales, pero, al tener agua constantemente por las canales se necesita un mayor suministro.

5.5.4. Sensores

- Sensores capacitivos
Los sensores capacitivos utilizan el campo electrostático que genera el propio sensor para detectar la presencia de algún objeto. Llevan en su interior un condensador, la capacidad del condensador depende de la distancia entre electrodos, el área que tiene y la permitividad dieléctrica, siendo esta la capacidad de un material de polarizarse ante la presencia de un campo eléctrico.

Un objeto aumenta la capacidad del condensador cuando se acerca al sensor y entra en el campo electrostático de los

electrodos. El circuito oscilador es el encargado de detectar la variación de la capacidad. Al aumentar la capacidad, el oscilador entra en oscilación y aumenta su amplificación, el estado del sensor cambia cuando la amplitud del oscilador supera cierto umbral. Dicha amplitud disminuye cuando el objeto se aleja, es entonces cuando el oscilador vuelve a su fase inicial. El sensor se encuentra compuesto, además, por un rectificador, un comparador y una etapa de salida (Herrero, n.d.).

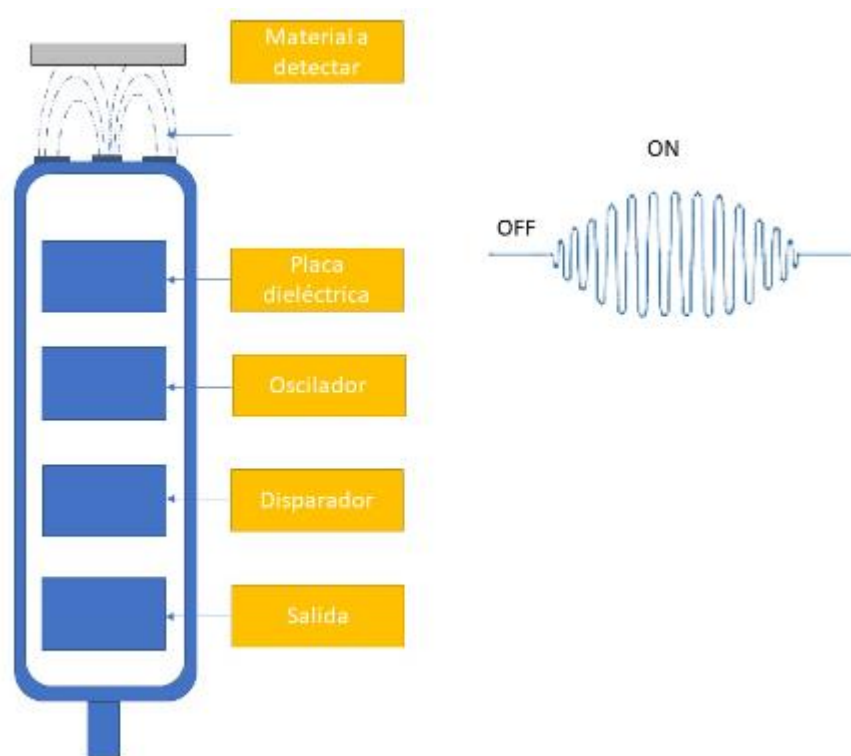


Ilustración 20. Funcionamiento sensor capacitivo. Fuente: Herrero, n.d

5.6. SISTEMA DE VENTILACIÓN

5.6.1. Tipos de sistemas de ventilación

Principalmente, existen dos tipos de ventilación para una granja porcina, la ventilación natural y la ventilación mecánica.

5.6.1.1. Ventilación natural

La ventilación natural implica la entrada al interior de la nave de aire fresco a través de puertas, ventanas o tragaluces, y la salida de aire a través de ventiladores de techo.

Una de las ventajas de este principio de ventilación es el bajo coste que supone implementarlo, ya que se trata de una instalación sencilla y utiliza los recursos naturales para el flujo del aire.

Por el contrario, no es el sistema más utilizado debido a las desventajas de control manual y de capacidad limitada. El intercambio de aire necesario no suele ser suficiente únicamente con la ventilación natural, por ello, en la mayoría de casos suele ir acompañada de ventilación mecánica. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas*, s. f.)

Figure 6: Drawing of ACNV side inlet and roof outlet showing where air falls

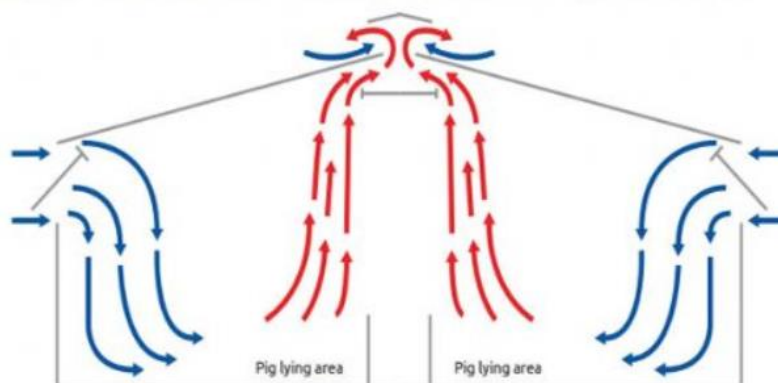


Ilustración 21: Ventilación natural. Fuente: Todo Cerdos, s.f

5.6.1.2. Ventilación mecánica

La ventilación mecánica utiliza ventiladores para generar un flujo de aire adecuado en las instalaciones. Existen diferentes tipos de ventilación mecánica, entre los cuales destacan:

- Ventilación con pasillo de alimentación o puerta: Los ventiladores se encuentran colocados a lo largo del pasillo de alimentación, el aire entra en la granja a un nivel bajo y se dispersa hacia los cerdos. Al ser este nuevo aire fresco más pesado que el aire que se encuentra en el interior de la granja, este permanece más tiempo en las zonas bajas. Este sistema se utiliza principalmente en granjas de lechones y de engorde con áreas separadas. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas*, s. f.).

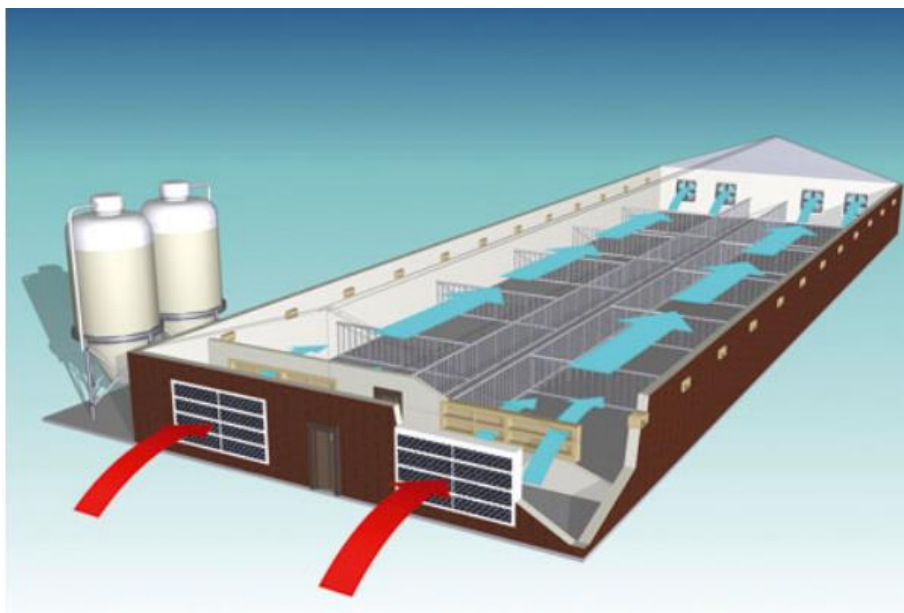


Ilustración 22: Ventilación mecánica. Fuente: ventilación integral para granjas, s. f.

- Ventilación de techo: Los ventiladores están instalados en el techo de la nave, de este modo se asegura la ventilación de las instalaciones y una correcta eliminación de los gases y olores. El aire entrante del exterior entra a través de una capa de vidrio o lana de roca, este aire se mezcla con el que ya se encuentra dentro de la granja antes de llegar a los cerdos,

evitando de este modo una corriente de aire excesiva. La desventaja que presenta este sistema es la posible obstrucción de la lana de roca con el polvo, impidiendo la correcta circulación del aire. Es utilizado principalmente en granjas de lechones. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas, s. f.*).



Ilustración 23: Ventilación mecánica de techo. Fuente: Ventilación para cerdos, s. f.

- Ventilación combinada: Combina ventilación de puerta y ventilación de techo, esto permite una buena circulación del aire en las instalaciones y se asegura una eficiente eliminación de gases y olores. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas, s. f.*).

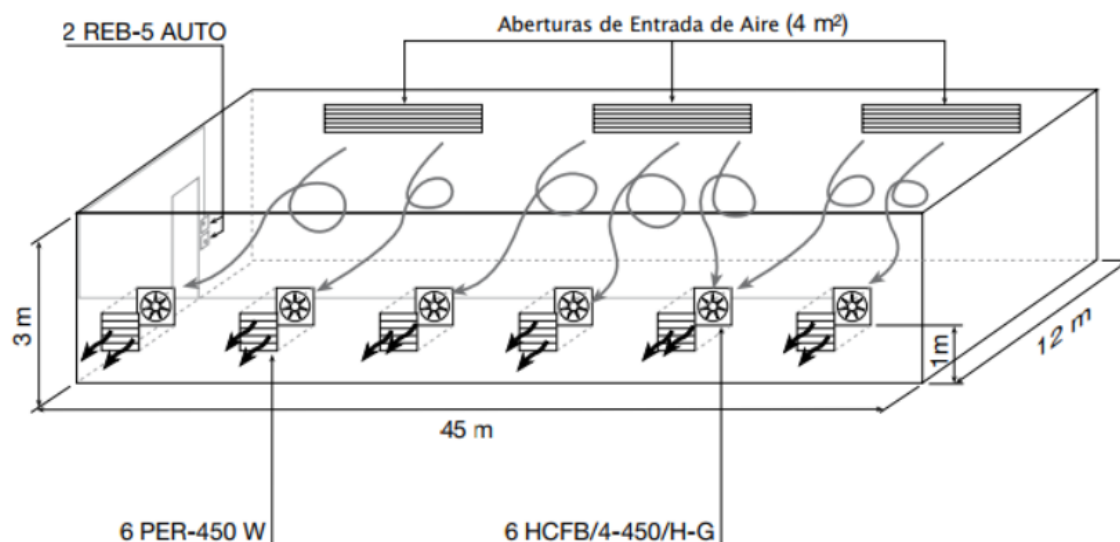


Ilustración 24: Ventilación combinada. Fuente: S&P, 2019

- Sistema Nariz Fresca: Se utiliza principalmente en ubicación con clima muy cálido, este sistema utiliza el principio de enfriamiento por evaporización. El aire es transportado a través de un tubo a la cabeza de la cerda, ya que se suele utilizar en granjas de maternidad. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas, s. f.*)

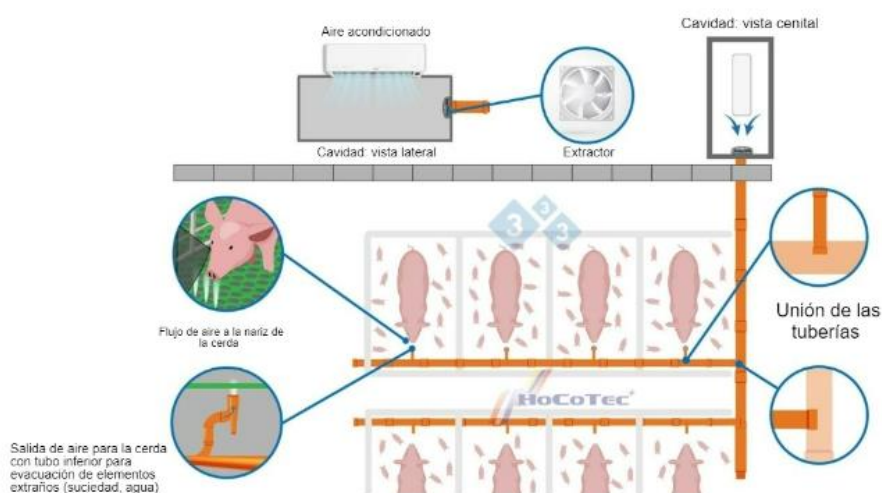


Ilustración 25: Sistema nariz fresca. Fuente: Willekens, s. f.

- Extracción central: En este caso, los ventiladores están instalados en el techo de la granja, concretamente, en la parte central, de este modo, estos se encargan de expulsar el aire

viciado del interior y mantener un flujo constante. (*Opciones de ventilación para granjas porcinas, s. f.*)

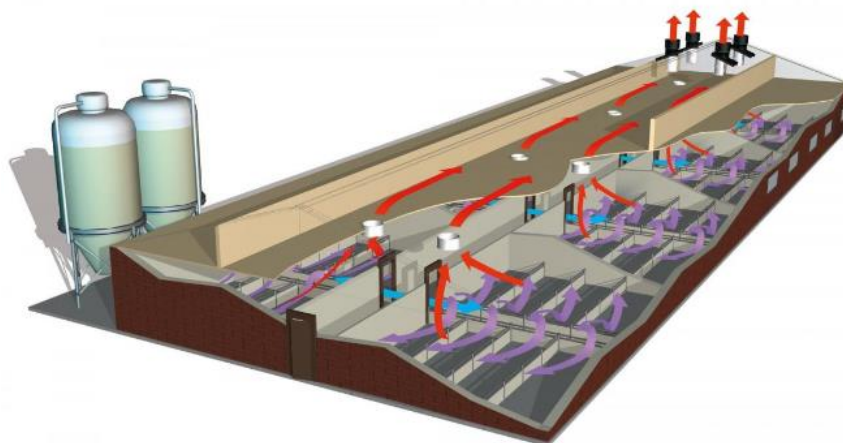


Ilustración 26: Sistema de ventilación para extracción central Fuente: Fancom, s. f.

5.7. ILUMINACIÓN

La iluminación es una característica importante en la reproducción porcina y en la fase de engorde, ya que, al aumentar el bienestar del animal, se aumenta la producción. Para poder adaptar las condiciones lumínicas a la visión de los cerdos, primero es necesario conocer un poco su visión. (Ganadera, 2021).

La visión panorámica de los porcinos es de 310°. En la parte delantera tienen visión binocular y en los laterales monocular, siendo esta la dominante, lo cual dificulta saber a que distancia tienen los objetos. (Ganadera, 2021).

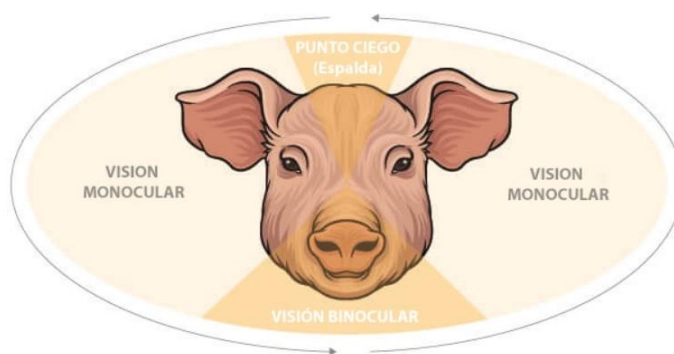


Ilustración 27: Visión porcino. Fuente: Ganadera, 2021

El espectro visible de los cerdos va de 380 a 694nm, por lo que adaptar la luz al espectro visible mejorará su comportamiento y reducirá los niveles de estrés. A estos animales no les gustan ni las zonas altamente iluminadas ni las sombras, de modo que, si por ejemplo en medio del pasillo central hay una zona de sombra, pueden resistirse a pasar por él. Por eso es importante tener las instalaciones correctamente iluminadas atendiendo las necesidades de los porcinos. Otro aspecto para tener en cuenta son los parpadeos, ya que un cambio rápido de luz puede resultar a ser perjudicial. (Ganadera, 2021).

La legislación europea establece un mínimo de 40 lux con un fotoperiodo de ocho horas al día, siendo el fotoperiodo el número de horas que las luces están encendidas en las instalaciones y los lux la brillantez de la luz. (Ganadera, 2021).

Dependiendo en que parte del ciclo se encuentran los porcinos, se pueden conseguir ciertos beneficios gracias a una correcta iluminación.

- **Gestación:** Hace que las cerdas estén más tranquilas con el entorno y con las otras cerdas, además de mejorar fertilidad y estimular su reloj biológico. (Ganadera, 2021)
- **Transición:** Con una buena iluminación, se permite que los cerdos tengan una buena visión y encuentren el alimento y agua sin complicaciones. (Ganadera, 2021)

- Engorde: Reduce el estrés y mejora su comportamiento, además puede aumentar la ingesta de alimento. (Ganadera, 2021).

5.8. PLC Y SCADA

5.8.1. PLC

Los autómatas programables son dispositivos electrónicos utilizados para el control de maquinaria y de procesos industriales, su capacidad de programación permite que sean puedan desarrollar tareas específicas de control y monitoreo de procesos, mejorando la eficiencia y la seguridad. Gómez, C. T. (2005)

Las principales partes de un sistema PLC son, la unidad central de procesamiento, también conocida como CPU, la memoria, las entradas y salidas y una interfaz de usuario. Gómez, C. T. (2005)

La CPU es la parte más importante del autómata, su función principal es el procesamiento de la información y la ejecución de las instrucciones del programa. La memoria almacena el programa y todos los datos necesarios para la ejecución del programa. Las entradas y salidas digitales y analógicas permiten el conexionado del autómata con sensores y actuadores, siendo el punto de conexión entre el PLC y el mundo físico. Por último, la interfaz de usuario permite la programación del autómata, de este modo los usuarios son capaces de configurar y ajustar el autómata según sus necesidades. Gómez, C. T. (2005)

El campo de aplicación de los autómatas programables es muy amplio, ya que se pueden utilizar para el control de procesos industriales en general, el control de motores, para monitorear los niveles de líquidos y gases en instalaciones, mediciones de temperatura y presión, etc. Chacón Guerrero, S., & García Arias, C. (2012).

En las granjas porcinas están siendo cada vez más utilizados para el control de la alimentación, control de iluminación y sistemas de ventilación y monitoreo de la salud de los animales.

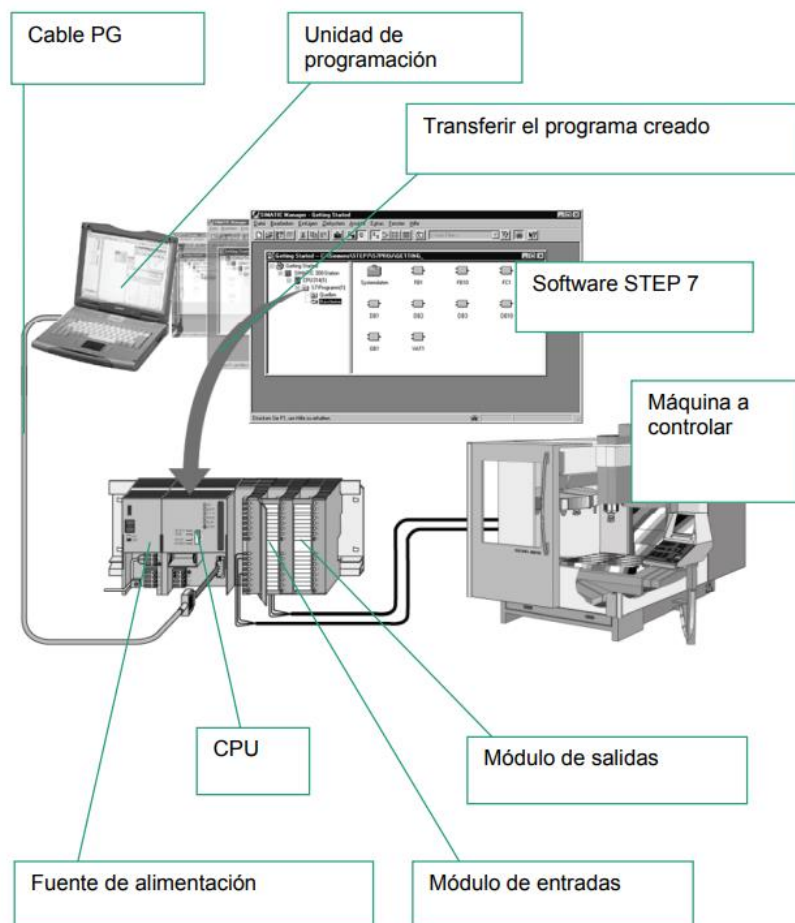


Ilustración 28: PLC. Fuente: Siemens, 2010

5.8.2. Scada

Un sistema SCADA es una aplicación software que permite el control de un proceso industrial a través de una interfaz gráfica de usuario conectada digitalmente con los instrumentos y actuadores del proceso (Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. 2004).

Inicialmente estos sistemas únicamente podían adquirir y supervisar los datos en la interfaz, pero, al desarrollarse diferentes productos

hardware y buses especiales para estos sistemas, se ha conseguido la comunicación de los SCADA con los sistemas de campo permitiendo el control de ellos desde la pantalla, la cual se puede ser modificada por el usuario y adaptarla a las necesidades que presente (Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. 2004).

6. DESARROLLO

6.1. DIMENSIONADO SISTEMA ALIMENTACIÓN

6.1.1. Cálculo silo

Para poder calcular qué silo es el correcto, es necesario conocer la cantidad de alimento necesario para alimentar correctamente a un porcino durante la etapa de engorde.

En la Guía Técnica para Alimentación de Cerdos de Campabadal (Campabadal, s. f.), la cantidad de alimento que ingiere un cerdo durante el día varía en función del peso del animal, teniendo un promedio de 3 kg/día, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Tabla 1: Relación peso kg/día

| Peso del cerdo (kg) | Cantidad (kg/día) |
|---------------------|-------------------|
| 30 a 40 | 1,80 |
| 40 a 50 | 2,20 |
| Promedio | 2,00 |
| 50 a 60 | 2,60 |
| 60 a 70 | 2,80 |
| 70 a 80 | 3,10 |
| 80 a 90 | 3,50 |
| Promedio | 3.00 |

Al no ser una granja de grandes dimensiones, se realizará el cálculo del alimento necesario para tres semanas. Para ello se utilizará:

$$\text{Alimento (kg)} = \text{Cantidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) * n^{\circ} \text{ de cerdos}$$

$$\text{Alimento (kg)} = 3 * 456 = 1368 \text{ kg}$$

Se tendrá una reserva de alimento de un par de semanas, de este modo, el camión solamente vendrá a cargar el silo dos veces al mes.

$$\text{Alimento (kg)} = 1368 * 14 = 19152 \text{ kg}$$

Los silos de chapa galvanizada de la empresa Eurogan son los que mejor se adaptan a las necesidades de la granja, por ello, se selecciona

un silo modelo S0G28004C con una capacidad de almacenaje de 21860kg y una altura de 8.48m (Eurogan, n.d.).



| MODELO MODEL | ALTURA HIGH (MT) | TONL. TON | M³ |
|-----------------|---------------------|--------------|-------|
| S0G18001C | 3,91 | 2,94 | 4,52 |
| S0G18002C | 4,97 | 4,67 | 7,18 |
| S0G18003C | 6,04 | 6,39 | 9,83 |
| S0G18004C | 7,10 | 8,12 | 12,49 |
| S0G18005C | 8,16 | 9,85 | 15,15 |
| S0G21001C | 4,46 | 4,23 | 6,50 |
| S0G21002C | 5,52 | 4,46 | 9,94 |
| S0G21003C | 6,58 | 8,70 | 13,38 |
| S0G21004C | 7,65 | 10,93 | 16,82 |
| S0G21005C | 8,71 | 13,17 | 20,26 |
| S0G23001C | 4,91 | 5,84 | 8,98 |
| S0G23002C | 5,98 | 8,71 | 13,40 |
| S0G23003C | 7,04 | 11,58 | 17,82 |
| S0G23004C | 8,10 | 14,46 | 22,24 |
| S0G23005C | 9,17 | 17,33 | 26,66 |
| S0G25501C | 5,13 | 7,35 | 11,30 |
| S0G25502C | 6,19 | 10,87 | 16,72 |
| S0G25503C | 7,26 | 14,39 | 22,14 |
| S0G25504C | 8,32 | 17,91 | 27,56 |
| S0G25505C | 9,38 | 21,44 | 32,98 |
| S0G28001C | 5,29 | 9,09 | 13,98 |
| S0G28002C | 6,35 | 13,34 | 20,53 |
| S0G28003C | 7,41 | 17,60 | 27,08 |
| S0G28004C | 8,48 | 21,86 | 33,63 |
| S0G28005C | 9,54 | 26,12 | 40,18 |
| S0G30501C | 5,57 | 11,36 | 17,47 |
| S0G30502C | 6,63 | 16,41 | 25,24 |
| S0G30503C | 7,70 | 21,46 | 33,01 |

Ilustración 29: Selección silo

6.1.2. Selección sistema transportador de alimento

Existen diferentes sistemas para el transporte del alimento desde el silo hasta los comederos, entre ellos se encuentran el sistema de cadenas, el de espiral y el tornillo sin fin.

Por las dimensiones de la granja y el volumen de alimento que se necesita mover, se instalará un sistema de alimentación espiral, se trata de un tubo con una espiral en su interior encargada de mover el pienso. Utilizando este sistema se pueden, al ser más flexible que el resto, es posible realizar curvas y moldear la forma final para aprovechar al máximo los espacios.

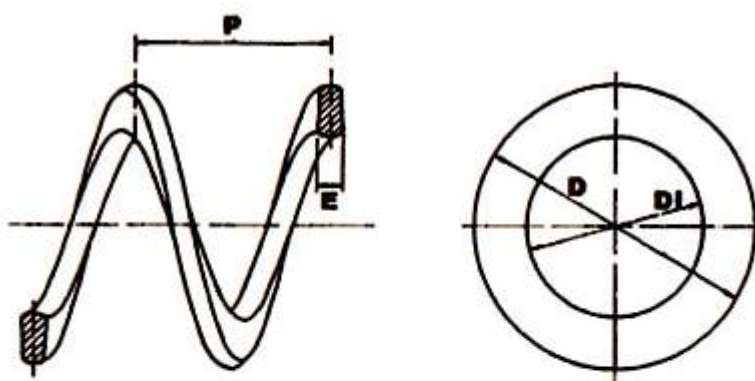
De los tres sistemas comentados anteriormente, es el más simple, pero no por ello, menos eficaz, de este modo, al tener menor número de

componentes en su mecanismo, existe un menor desgaste de estos, repercutiendo en un menor gasto en reemplazo de elementos mayoritariamente móviles.

Existe una optimización del espacio, debido al poco volumen que ocupan estos sistemas frente a los de cadena o sinfín. Es cierto que este sistema de transporte de alimento resulta menos práctico en granjas con largas distancias en las cuales es mejor optar por un sistema de cadena o si el volumen de pienso es muy elevado, en ese caso optaríamos por un sinfín. En este caso, como se ha comentado anteriormente, por las dimensiones, los volúmenes de transporte y beneficios que aporta, se optará por un sistema de espiral.

Dependiendo del caudal necesario, se pueden elegir entre varias medidas de espiral.

Tabla 2: Dimensiones espiral. Fuente: Eurogan, n.d



| Código Code | D Exterior External | P Paso Pitch | Di Interior Internal | E Espesor Thickness | Peso/Mt Weight/Mt | Caudal Feed flow (Kg/Hr) |
|----------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 151060 | 38 | 38 | 22 | 8x3,3 | 0,54 Kg | 400/500 |
| 151061 | 53 | 36 | 33 | 10x3,3 | 0,92 Kg | 600/700 |
| 1510630 | 60 | 40 | 36 | 12x4,3 | 1,676 Kg | 800/1000 |
| 151062 | 70 | 65 | 46 | 15x4,3 | 1,94 Kg | 1800/2200 |
| 151063 | 88 | 60 | 58 | 15x4,3 | 3,40 Kg | 2800/3200 |

Los comederos utilizados disponen de un depósito de 95l, 1l de pienso compuesto equivale a unos 0.75kg (*Piensos compuestos*, s. f.),

haciendo la conversión de litros a kg se obtienen 71.25 kg de pienso por tolva, multiplicado por el número de tolvas (19) hacen un total de 1353.75kg.

Una vez calculado la cantidad total de pienso a mover, se puede seleccionar la espiral necesaria, en este caso, acorde con los 1353.75kg, se seleccionará al espiral con un diámetro exterior de 70mm y un caudal de 1800/2200 kh/Hr.

6.1.3. Elementos del sistema transportador

6.1.3.1. Cajetín salida silo

El cajetín de salida del silo se coloca en la parte inferior de este, lo normal es que el cajetín quede paralelo al suelo, pero en algunas ocasiones, se dispone de adaptadores que proporcionan cierto grado de inclinación de salida. En este caso, el cajetín quedará paralelo al suelo, de la marca Eurogan, experta en productos porcinos.



Ilustración 30: Cajetín salida silo. Fuente: Eurogan, n.d

La granja únicamente cuenta con un pasillo central, por lo tanto, únicamente es necesario instalar un tubo principal para transportar el alimento, en el caso de dispones de varios pasillos centrales, existe la posibilidad de tener hasta 4 salidas en el cajetín.

Está fabricado en plástico de alta calidad con una tajadera inoxidable, sus especificaciones técnicas vienen dadas a continuación.

Tabla 3: Dimensiones cajetín salida silo. Fuente: Eurogan, n.d

| CÓDIGO CODE | MEDIDAS (mm) DIMENSIONS | PESO (Kg) WEIGHT | CONCEPTO DESCRIPTION |
|----------------|----------------------------|---------------------|--|
| 15510/A | 530 x 530 x 540 | 6 | CAJETÍN SILO 1 SALIDA Ø 55 mm. SILO BOX 1 OUTLET Ø 55 mm. |
| 15514/A | 530 x 530 x 540 | 6 | CAJETÍN SILO 1 SALIDA Ø 60 mm. SILO BOX 1 OUTLET Ø 60 mm. |
| 15511/A | 530 x 530 x 540 | 6,26 | CAJETÍN SILO 1 SALIDA Ø 75mm. SILO BOX 1 OUTLET Ø 75mm. |
| 15512/A | 530 x 530 x 540 | 6 | CAJETÍN SILO 1 SALIDA Ø 90 mm. SILO BOX 1 OUTLET Ø 90 mm. |
| 15513/A | 530 x 530 x 540 | 8,46 | CAJETÍN SILO 1 SALIDA Ø 125 mm. SILO BOX 1 OUTLET Ø 125 mm. |

6.1.3.2. Curva de poliamida

Se trata de un tramo de curva fabricado en poliamida, un material resistente al desgaste y a temperaturas extremas, cada uno de los trozos tiene una longitud de 542mm de extremo a extremo formando un ángulo de 15°. Son enlazables entre ellos y se pueden girar direccionando de este modo la espiral hacia el lugar seleccionado.

Estos tramos se utilizan para elevar el tubo que sale del silo hasta la parte superior de la granja, ya que posteriormente, el tubo principal se encontrará sujeto en el techo.



Ilustración 31: Curva poliamida. Fuente: Eurogan, n.d

6.1.3.3. Unidad final

Es la parte final del sistema, en ella se encuentra anclado el motorreductor, encargado de mover la espiral. Esta unidad lleva incorporado un sensor de paro de membrana, de forma que cuando el alimento llega al nivel del sensor, el sistema se detiene.



Ilustración 32: Unidad final. Fuente: Eurogan, n.d

Se ha seleccionado una unidad final de la marca Eurogan, al igual que el resto de los elementos. Pueden ser de plástico o acero inoxidable, para esta aplicación será de plástico.

Tabla 4: Dimensiones unidad final. Fuente: Eurogan, n.d

| CÓDIGO CODE | MEDIDAS (mm) DIMENSIONS | PESO (Kg) WEIGHT | CONCEPTO DESCRIPTION |
|----------------|----------------------------|---------------------|---|
| 1560 | 215 x 260 x 377 | 1,47 | UNIDAD FINAL CON SENSOR DE PARO Ø 55mm. CONTROL UNIT WITH LIMIT SWITCH Ø 55mm. |
| 1568 | 215 x 260 x 377 | 1,44 | UNIDAD FINAL CON SENSOR DE PARO Ø 60mm. CONTROL UNIT WITH LIMIT SWITCH Ø 60mm. |
| 1561 | 215 x 263 x 377 | 1,58 | UNIDAD FINAL CON SENSOR DE PARO Ø 75mm. CONTROL UNIT WITH LIMIT SWITCH Ø 75mm. |
| 1562 | 215 x 263 x 377 | 1,46 | UNIDAD FINAL CON SENSOR DE PARO Ø 90mm. CONTROL UNIT WITH LIMIT SWITCH Ø 90mm. |
| 1567 | 215 x 266 x 377 | 2,56 | UNIDAD FINAL CON SENSOR DE PARO Ø 125mm. CONTROL UNIT WITH LIMIT SWITCH Ø 125mm. |
| 156002 | 214 x 214 x 190 | 0,22 | CONO EMBUDO ROJO (UNIDAD FINAL) RED CONE. LOWER PIECE (CONTROL UNIT) |
| 156000 | 221 x 221 x 200 | 0,73 | CUERPO BLANCO (UNIDAD FINAL) WHITE TOP PIECE (CONTROL UNIT) |
| 156003 | 200 x 138 x 1,2 | 0,27 | TAJADERA INOX. S. STEEL SLIDE GATE KIT LATERAL |

6.1.3.4. Bajantes

Del tubo principal con la espiral sale una bajante hacia cada comedero, para que esto sea posible se necesita un T que permita al alimento caer al comedero, estas pueden ser abiertas, es decir, siempre están abiertas, o bien se pueden abrir o cerrar a elección del granjero, por ejemplo, si en una cuadra no hay cerdos, se cierra la T tirando de una cuerda y el pienso pasa al siguiente comedero, en ese no cae. La T elegida para este proyecto es la T75 Superfast de la empresa Ganadería y Mascotas.



Ilustración 33: Bajante T. Fuente: Eurogan, n.d

A continuación, se acopla un tubo telescópico, el cual permite regular con facilidad el llenado de la tolva.



Ilustración 34: Tubo telescópico. Fuente: Eurogan, n.d

Existen varias medidas de tubos telescópicos, entre los cuales se encuentran:

Tabla 5: Medidas tubo telescópico. Fuente: Eurogan, n.d

| Modelo | Ø de tubo mm | Para tubo de caída Ø: |
|--------|--------------|-----------------------|
| T63 | 63 | 50 |
| T75 | 75 | 63 |
| T90 | 90 | 75 |

Al tener T75 en la instalación, el tubo de caída será de 63mm.

6.1.3.5. Comederos

Los comederos son una parte fundamental del sistema, ya que son los encargados de almacenar y proporcionar el alimento a los cerdos. Como se ha visto en el marco teórico, existen diferentes tipos de comederos, en este caso, la mejor opción es una tolva, ya que se puede instalar una en medio de dos cuadras, de este modo se alimenta a los cerdos de dos cuadras con un solo comedero, ahorrando en materiales. La tolva seleccionada es la SWING R3 TUBE.



Ilustración 35: Tolva SWING R3 TUBE. Fuente: Ganadería Y Mascotas, n.d

Esta tolva está fabricada para optimizar el engorde de los animales. Dispone de una capacidad de 95l para cerdos entre 20 y 120 kg. Dispone de 24 puntos de regulación, permitiendo un mayor control sobre la relación alimento/animal. Su depósito es transparente para poder observar con facilidad el nivel de alimento, todo el interior es amplio y sin ángulo secos ni rincones, evitando de este modo el apelmazamiento. Por último, dispone de un plato de acero inoxidable (*TOLVA SWING R3 TUBE ENGORDE: Ganadería Y Mascotas, n.d.*).

Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

Tabla 6: Especificaciones tolva. Fuente: Ganadería Y Mascotas, n.d

| | |
|--------------------|----------|
| Animales por tolva | 30-50 |
| Peso animales | 20-120kg |
| Capacidad | 95L |
| Altura de llenado | 125 cm |
| Diámetro tolva | 57 cm |
| Ancho plato | 70 cm |
| Largo plato | 50 cm |
| Altura plato | 12 cm |

6.1.3.6. Sensores

En las tolvas se utilizarán dos sensores de paro MAV E de la empresa Filsa, estos sensores irán colocados en la tolva final de cada pasillo. Además, en la unidad final del sistema transportador, también hay instalado uno de estos sensores en caso de emergencia.

Al llegar el pienso al nivel de la lengüeta, este la presiona accionando el interruptor interno del sensor, de este modo, provoca el paro total del sistema. En el caso de que el sensor de la tolva fallara, la bajante se

seguiría llenando hasta llegar el pienso al sensor de la unidad final del sistema, presionándolo, evitando que el sistema se atasque.



Ilustración 36: Sensor MAV E. Fuente: FILSA, 2023

El cuerpo del sensor y la lengüeta están fabricadas en poliamida mientras que la carcasa exterior que lo protege es de ABS. Existen diferentes modelos de este sensor, sin carcasa, con carcasa, con una caja de conexiones, o un sensor de paro con lengüeta que en vez de instalarse en la tolva se puede instalar en la bajante. La opción que mejor se adapta a las necesidades en el sensor con carcasa, de este modo se encuentra protegido y tiene un fácil acceso en caso de ser necesario su cambio o reparación, al contrario, el sensor de paro de tubería tiene un acceso más complicado tanto para instalación como para sustitución o compración del mismo.

Las especificaciones técnicas del sensor de paro según el fabricante son:

Tabla 7: Especificaciones sensor MAV E. Fuente: FILSA, 2023

| Datos técnicos | |
|------------------------|--|
| Denominación | Controlador de lengüeta |
| Tipo | MAV E ref: 2330-1 |
| Tensión máx. contacto | 250 V AC |
| Función del contacto | 1 NA + 1 NC |
| Poder de ruptura | 2 A / 250 V AC (carga resistiva) Para cargas inductivas o capacitivas reducir al 50% |
| Temperatura de trabajo | -10° C – +60° C |
| Protección | IP40 según DIN EN60529 |
| Peso | 0,15 Kg |
| Materiales: | |
| Cuerpo y lengüeta | Poliamida |
| Caja protección | ABS |

Por otra parte, se empleará una célula de carga en el silo para llevar un control de los kilos que hay en su interior. Otra opción sería instalar sensores capacitivos a diferentes alturas del silo para observar que nivel de alimento hay dentro, pero este método, no proporciona una lectura exacta cuanto alimento hay, se trataría solamente de una aproximación, por ello la mejor opción en este caso es una célula de carga. La seleccionada es la célula de carga de compresión CBL30000 de la empresa LAUMAS (CBL_ES, s. f.).



Ilustración 37: Célula de carga. Fuente: CBL_ES, s. f

El cuerpo está fabricado con acero inoxidable 17-4 PH, lo que le proporciona unas excelentes propiedades mecánicas y una buena resistencia a la corrosión, aumentando la vida útil de la célula.

Existen diferentes modelos dependiendo de la carga nominal que se quiera medir, desde 250 kg, hasta 100t. En este caso el silo tiene una capacidad máxima de 21.86t, por ello se ha seleccionado la CBL30000, capaz de soportar hasta 30t (CBL_ES, s. f.).

Sus características técnicas son:

Tabla 8: Especificaciones célula de carga. Fuente: CBL_ES, s. f

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| Material | | Acero inoxidable 17-4 PH | | |
|---|--|--|---|---|
| Clase de precisión OIML R60 • Divisiones de comprobación de la escala | | - | C2 • 2000 | C3 • 3000 |
| Carga nominal (E max) | | 250 - 500 - 1000 - 15000 kg 30000 - 50000 - 100000 kg | 2500 - 5000 kg 7500 - 10000 kg | 2500 - 5000 - 7500 kg 10000 - 12500 kg |
| Escalón mínimo de verificación (V min) | | - | E max / 15000 | E max / 15000 |
| Error combinado | | ≤ ±0.03% | ≤ ±0.03% | ≤ ±0.02% |
| Grado de protección | | IP68 | | |
| Sensibilidad | | 2 mV/V ±0.1% | Resistencia de entrada | 700 Ω ±10 |
| Efecto de la temperatura en cero | | 0.005% °C | Resistencia de salida | 700 Ω ±10 |
| Efecto de la temperatura en el fondo de escala | | 0.003% °C | Balance en cero | ±1% |
| Rango de temperatura OIML R60 | | -10 °C / + 40 °C | Resistencia de aislamiento | >10000 MΩ |
| Compensación térmica | | -20 °C / + 70 °C | Carga estática máxima (% en el fondo de escala) | 150% |
| Rango de temperatura de trabajo | | -30 °C / + 90 °C | Carga de rotura (% en el fondo de escala) | 300% |
| Fluencia en carga nominal después de 30 minutos | | 0.03% | Deflexión con carga nominal | 0.4 mm |
| Tensión de alimentación máxima tolerada | | 15 V | | |

6.2. DIMENSIONADO SISTEMA ABASTECIMIENTO DE AGUA

6.2.1. Cálculo depósito

Para poder calcular el depósito de agua, es necesario conocer la cantidad de agua que consume un animal al día. Este dato depende de la fase en la que se encuentre el porcino, durante el cebo, un animal consume entre 7.47 – 9.13 l/día (García Sanz et al., s. f.) tal como se puede comprobar en la siguiente tabla.

Tabla 9: Relación kg/l agua. Fuente: García Sanz et al., s. f

| Tipo de ganado porcino (plaza) | Consumo de agua (litros/plaza y día) |
|--|--------------------------------------|
| Cerda en ciclo cerrado (incluye madre y su descendencia hasta el final del cebo) | 59,82 – 73,12 |
| Cerda con lechones hasta destete (de 0 a 6 kg) | 14,00 – 17,11 |
| Cerda con lechones hasta 20 kg | 20,97 – 25,63 |
| Cerda de reposición | 10,44 – 12,76 |
| Lechones de 6 a 20 kg | 2,70 – 3,30 |
| Cerdo de 20 a 50 kg | 5,40 – 6,60 |
| Cerdo de 50 a 100 kg | 10,8 – 13,8 |
| Cerdo de cebo de 20 a 100 kg | 7,47 – 9,13 |
| Verracos | 14,76 – 18,04 |

Si en la granja hay 1500 animales, a una media de 8,5 litros/día:

$$1500 * 8.5 = 12750 \frac{l}{día}$$

Ecuación 1: Cálculo l/día

Se debe tener un depósito que sea capaz de almacenar la cantidad de agua de como mínimo 5 días, tal como establece el Real Decreto 94/2009.

$$12750 \frac{l}{día} * 5 días = 63750 l$$

Ecuación 2: Cálculo l/ 5 días

Se instalará un depósito metálico con funda de 80214 l, de diámetro 9.55x1.12 m de la empresa Macoga.



Ilustración 38: Depósito de agua. Fuente: Macoga, n.d

6.2.2. Cálculo sistema pozo-depósito

6.2.2.1.1. Cálculo de tubería aspiración

El depósito instalado es de 80214 l con un diámetro de 9.55m y una altura de 1.12 m, su volumen vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 3: Cálculo volumen depósito

$$V = \pi * 4.775^2 * 1.12 = 80.22 \text{ m}^3$$

Ecuación 4: Cálculo volumen valores

El depósito se quiere poder llenar en un tiempo de 2h, conociendo estos datos, se puede calcular el caudal necesario.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{80.22}{7200} = 0.0111 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 5: Cálculo caudal

En las tuberías, se recomienda que las velocidades no sean inferiores a 0.5 m/s para evitar problemas de sedimentación, ni superiores a 5 m/s ya que se podrían originar fenómenos abrasivos. En las tuberías de aspiración se recomienda una velocidad máxima de 1.8 m/s, y en las de impulsión de 2.5 m/s (*guia_tecnica*, s. f.).

Conociendo la velocidad y el caudal, se obtiene el diámetro de la tubería.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Ecuación 6: Cálculo velocidad

Sustituyendo valores:

$$1.8 = \frac{4 * 0.0111}{\pi * D^2}$$

Ecuación 7: Cálculo velocidad valores

Se despeja la incógnita y el valor del diámetro de la tubería es:

$$D = 0.0886 \text{ m} = 88.6 \text{ mm}$$

Ecuación 8: Diámetro tubería

6.2.2.1.2. Cálculo tubería impulsión

Se repite la operación anterior, esta vez con una velocidad en la tubería de impulsión de 2.5 m/s.

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Ecuación 9: Cálculo velocidad tubería impulsión

$$2.5 = \frac{4 * 0.0111}{\pi * D^2}$$

Ecuación 10: Cálculo velocidad tubería impulsión valores

Despejando la incógnita del diámetro, se obtiene un valor de:

$$D = 0.0751 \text{ m} = 75.1 \text{ mm}$$

Ecuación 11: Diámetro final

6.2.2.1.3. Cálculo de bomba

Una vez calculados los diámetros de las tuberías de aspiración y de impulsión, se procede a calcular la altura manométrica (H) que debe proporcionar la bomba.

$$H = H_g + P_c + 10 * \frac{P_i - P_a}{\gamma}$$

Ecuación 12: Cálculo altura manométrica

Siendo:

- H_g : altura geométrica
- P_c : pérdida de carga del fluido en tuberías y accesorios (válvulas, etc.)
- $\frac{P_i - P_a}{\gamma}$: diferencia de presiones entre la parte de impulsión y de aspiración dividido por el peso específico.

En este caso, al estar ambas partes abiertas a la atmósfera, la diferencia de presiones será 0.

A continuación, se calcularán las alturas geométricas y las pérdidas de carga para cada parte del circuito.

- Aspiración

$$H_{\text{aspiración}} = H_a + P_{ca}$$

Ecuación 13: Cálculo H aspiración

Las características del circuito de aspiración son:

- ♦ Altura geométrica (H_a) = 10m
- ♦ Longitud real de tubería = 15m
- ♦ 1 codo 90°
- ♦ 1 válvula pie de tubería

Para obtener el valor de las pérdidas de carga, es necesario conocer la longitud equivalente L_{eq} , esta vendrá dada por la

suma del valor real de la tubería y la longitud equivalente a los accesorios, obtenidas de la siguiente tabla:

Tabla 10: Longitudes equivalentes. Fuente: Instalaciones De Bombeo De Agua, n.d

| Diámetro del tubo | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 | 700 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Curva 90° | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,2 | 1,8 | 2 | 3 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 14 | 16 |
| Codo 90° | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,5 | 2,7 | 4 | 5,5 | 7 | 8,5 | 9,5 | 11 | 19 | 22 |
| Cono difusor | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Válvula de pie | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 45 | 55 | 60 | 75 | 90 | 100 |
| Válvula de retención | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 75 | 85 |
| V. Compuerta Abierta | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 5 |
| V. Compuerta ³ / ₄ Abierta | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 20 |
| V. Compuerta ¹ / ₂ Abierta | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 30 | 30 | 45 | 60 | 60 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 150 |

Para el codo obtenemos una $L_{acc} = 1.7m$ y para la válvula de pie una $L_{acc} = 15m$, por tanto:

$$L_{eqa} = L + L_{acc} + L_{acc}$$

Ecuación 14: Cálculo L_{eqa}

$$L_{eqa} = 15 + 1.7 + 15 = 31.7m$$

Ecuación 15: L_{eqa}

Con un $Q=40m^3/h$ y un diámetro de tubería de 88.6 mm, se obtiene el valor de P_{ca} de la siguiente tabla, dicho valor serán las pérdidas de carga por 100m de tubería.

Tabla 11: Cálculo diámetro interior de tubería. Fuente: Instalaciones De Bombeo De Agua, n.d

| Q(l/h) | Diámetro interior de la tubería en mm. | | | | | | | | | | | |
|--------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| | 14 | 19 | 25 | 32 | 38 | 50 | 63 | 75 | 89 | 100 | 125 | 150 |
| | Metros de columna de agua por 100 m de recorrido recto | | | | | | | | | | | |
| 500 | 8,9 | 2,1 | 0,6 | | | | | | | | | |
| 800 | 20,2 | 4,7 | 1,3 | 0,4 | | | | | | | | |
| 1000 | 29,8 | 7 | 1,9 | 0,6 | | | | | | | | |
| 1500 | | 14,2 | 3,9 | 1,2 | 0,5 | | | | | | | |
| 2000 | | 23,5 | 6,4 | 2 | 0,9 | | | | | | | |
| 2500 | | | 9,4 | 2,9 | 1,3 | 0,4 | | | | | | |
| 3000 | | | 13 | 4 | 1,8 | 0,5 | 0,2 | | | | | |
| 3500 | | | 17 | 5,3 | 2,3 | 0,6 | 0,2 | | | | | |
| 4000 | | | 21,5 | 6,6 | 2,9 | 0,8 | 0,3 | 0,1 | | | | |
| 4500 | | | | 8,2 | 3,6 | 1 | 0,3 | 0,1 | | | | |
| 5000 | | | | 9,8 | 4,3 | 1,2 | 0,4 | 0,2 | | | | |
| 5500 | | | | 11,6 | 5,1 | 1,4 | 0,5 | 0,2 | | | | |
| 6000 | | | | 13,5 | 6 | 1,6 | 0,5 | 0,2 | | | | |
| 6500 | | | | 15,5 | 6,9 | 1,9 | 0,6 | 0,3 | | | | |
| 7000 | | | | 17,7 | 7,8 | 2,1 | 0,7 | 0,3 | | | | |
| 8000 | | | | 22,4 | 9,9 | 2,7 | 0,9 | 0,4 | 0,2 | | | |
| 9000 | | | | | 12,1 | 3,3 | 1,1 | 0,5 | 0,2 | | | |
| 10000 | | | | | 14,6 | 4 | 1,3 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | | |
| 12000 | | | | | 20,1 | 5,5 | 1,8 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | | |
| 15000 | | | | | 29,7 | 8,1 | 2,7 | 1,2 | 0,5 | 0,3 | | |
| 18000 | | | | | | 11,1 | 3,7 | 1,6 | 0,7 | 0,4 | 0,1 | |
| 20000 | | | | | | 13,3 | 4,5 | 1,9 | 0,9 | 0,5 | 0,2 | |
| 25000 | | | | | | 19,7 | 6,6 | 2,9 | 1,3 | 0,7 | 0,3 | |
| 30000 | | | | | | | 9 | 4 | 1,8 | 1 | 0,3 | 9,1 |
| 35000 | | | | | | | 11,8 | 5,2 | 2,3 | 1,3 | 0,5 | 0,2 |
| 40000 | | | | | | | 15 | 6,5 | 2,9 | 1,7 | 0,6 | 0,2 |
| 45000 | | | | | | | 18,4 | 8 | 3,6 | 2 | 0,7 | 0,3 |
| 50000 | | | | | | | | 9,7 | 4,3 | 2,5 | 0,9 | 0,4 |
| 60000 | | | | | | | | 13,3 | 5,9 | 3,4 | 1,2 | 0,5 |
| 70000 | | | | | | | | | 7,7 | 4,4 | 1,5 | 0,6 |
| 80000 | | | | | | | | | 10,4 | 5,6 | 1,9 | 0,8 |
| 90000 | | | | | | | | | 12,9 | 7,3 | 2,4 | 1 |
| 100000 | | | | | | | | | | 8,9 | 2,9 | 1,2 |
| 125000 | | | | | | | | | | | 4,5 | 1,8 |
| 150000 | | | | | | | | | | | | 6,3 |
| 175000 | | | | | | | | | | | | 8,4 |
| 200000 | | | | | | | | | | | | 10,7 |
| 250000 | | | | | | | | | | | | 6,7 |
| 300000 | | | | | | | | | | | | 9,3 |

Para otras tuberías recomendamos multiplicar los valores obtenidos en la tabla por los siguientes coeficientes:
Tuberías de fibrocemento: 1,2
Tuberías de hierro galvanizado: 1,5

Por cada 100m hay unas pérdidas de 2.9m, si ajustamos el valor obtenido para la longitud equivalente obtenida de 31.7m,
 $P_{ca} = 0.9193m$

Por tanto:

$$H_{aspiración} = 10 + 0.9193 = 10.92m$$

Ecuación 16: Cálculo $H_{aspiración}$

- Impulsión

Las características del circuito de impulsión son:

- ♦ Altura geométrica (H_b) = 3m
- ♦ Longitud real de tubería = 20m

- ♦ 1 codo 90°
- ♦ 1 válvula de retención

El proceso para calcular la L_{eqi} es igual que el caso anterior, se sacan de la tabla 10 los valores de las longitudes de los accesorios, siendo estas de 1.3 m para el codo y de 9m para la válvula de retención y se suman todos los valores.

$$L_{eqi} = 20 + 1.7 + 9 = 30.7m$$

Ecuación 17: Cálculo L_{eqi}

Con un caudal de $Q=40m^3/h$ y un diámetro de tubería de 75mm, se obtiene del valor de las pérdidas a partir de la tabla 11.

Por cada 100m hay unas pérdidas de 8m, si ajustamos el valor obtenido para la longitud equivalente obtenida de 30.7 $P_{ca} = 2.456m$. Por tanto:

$$H_{impulsión} = 3 + 2.456 = 5.456m$$

Ecuación 18: Cálculo $H_{impulsión}$

Una vez conocidos los valores de la altura manométrica de aspiración e impulsión, se calcula la altura manométrica total.

$$H = H_{aspiración} + H_{impulsión} = 16.37m$$

Ecuación 19: Cálculo altura manométrica

La empresa SACI, especializada en bombas, ofrece una gráfica simple e intuitiva que ayuda a elegir el mejor modelo de bomba.

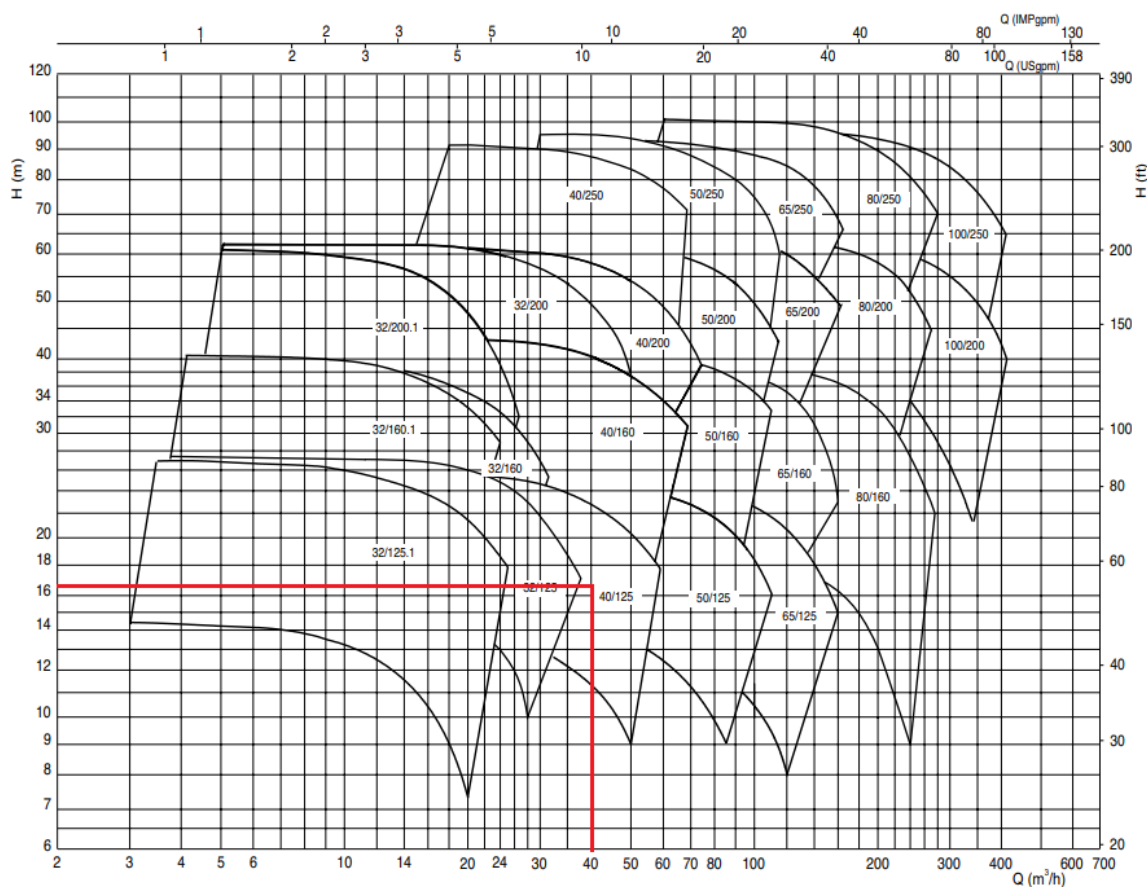


Ilustración 39: Selección bomba. Fuente: SACI, n.d

Con un caudal de $40\text{m}^3/\text{h}$ y una altura manométrica de 16.37m, el modelo de bomba que mejor se adapta a nuestras necesidades es el 40/125.

Tabla 12: Modelo bomba. Fuente: SACI, n.d

| MODELO MODEL | P2 NOMINAL HP | KW | Q m³/h l/min | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 |
|---------------------------------|---------------------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| NKP-G 32-125.1 - 102 - 0.75 A A | 1 | 0,75 | | 13 | 12,5 | 11 | 8 | | | | | | | |
| NKP-G 32-125.1 - 115 - 1.1 A A | 1,5 | 1,1 | | 17,2 | 17 | 15 | 12,5 | | | | | | | |
| NKP-G 32-125.1 - 125 - 1.5 A A | 2 | 1,5 | | 21 | 20,8 | 19 | 16,8 | | | | | | | |
| NKP-G 32-125.1 - 140 - 2.2 A A | 3 | 2,2 | | 27 | 26,9 | 25,9 | 23 | 19,5 | | | | | | |
| NKP-G 32-125 - 110 - 1.1 A A | 1,5 | 1,1 | | 15,8 | 15,4 | 14,5 | 12,9 | 9,9 | | | | | | |
| NKP-G 32-125 - 120 - 1.5 A A | 2 | 1,5 | | 19,4 | 19 | 18,2 | 16,8 | 14,5 | | | | | | |
| NKP-G 32-125 - 130 - 2.2 A A | 3 | 2,2 | | 23,7 | 23,4 | 23 | 21,8 | 19,8 | 16,8 | | | | | |
| NKP-G 32-125 - 142 - 3 A A | 4 | 3 | | 28,6 | 28,2 | 27,6 | 26,5 | 24,6 | 21,8 | 17,9 | | | | |
| NKP-G 32-160.1 - 155 - 2.2 A A | 3 | 2,2 | | 32 | 31 | 27 | 22 | | | | | | | |
| NKP-G 32-160.1 - 166 - 3 A A | 4 | 3 | | 38 | 36 | 33 | 28 | | | | | | | |
| NKP-G 32-160 - 151 - 3 A A | 4 | 3 | | 30,5 | 30 | 29 | 27 | 24 | 19,5 | | | | | |
| NKP-G 32-160 - 163 - 4 A A | 5,5 | 4 | | 36 | 36 | 35 | 33,5 | 30,5 | 27 | 22 | | | | |
| NKP-G 32-160 - 177 - 5.5 A A | 7,5 | 5,5 | | 43,5 | 43,2 | 42,6 | 41,5 | 39 | 36 | 31,5 | 25,5 | | | |
| NKP-G 32-200.1 - 188 - 4 A A | 5,5 | 4 | | 51 | 48 | 44 | 37 | | | | | | | |
| NKP-G 32-200.1 - 205 - 5.5 A A | 7,5 | 5,5 | | 57 | 56 | 52 | 46 | 35 | | | | | | |
| NKP-G 32-200 - 190 - 5.5 A A | 7,5 | 5,5 | | 47 | 46,5 | 45 | 43 | 40 | 35 | 29 | | | | |
| NKP-G 32-200 - 210 - 7.5 A A | 10 | 7,5 | | 58,5 | 58 | 57 | 56 | 53 | 49 | 44 | | | | |
| NKP-G 40-125 - 107 - 1.5 A A | 2 | 1,5 | | 14,7 | 14,5 | 14,3 | 13,8 | 13 | 11,8 | 10,5 | 8,6 | 7 | | |
| NKP-G 40-125 - 120 - 2.2 A A | 3 | 2,2 | | 19 | 18,7 | 18,4 | 17,8 | 17 | 15,9 | 14,6 | 13 | 11 | | |
| NKP-G 40-125 - 130 - 3 A A | 4 | 3 | | 22,8 | 22,5 | 22,3 | 22 | 21,2 | 20,2 | 19 | 17,4 | 15,5 | 13,5 | |
| NKP-G 40-125 - 133 - 4 A A | 5,5 | 4 | | 26,4 | 26,2 | 26 | 25,6 | 25 | 24 | 23 | 21,5 | 19,5 | 17,5 | 15 |

La bomba seleccionada es una NKP-G 40-125-130-3AA, la cual cumple con las especificaciones establecidas para este trabajo.

6.2.3. Cálculo sistema depósito-instalaciones

6.2.3.1. Cálculo tubería aspiración

El procedimiento que hay que seguir para el cálculo del diámetro de la tubería tanto de aspiración como de impulsión es igual que el anterior.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el caudal ideal de agua para cerdos en crecimiento oscila entre 500-1000 l/min.

Como se ha comentado anteriormente, la velocidad del fluido en el circuito de aspiración es recomendable que sea como máximo de 1.8m/s. Una vez conocidos estos datos, se procede al cálculo de la tubería mediante:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Ecuación 20: Cálculo velocidad aspiración

$$1.8 = \frac{4 * 0.0083}{\pi * D^2}$$

Ecuación 21: Cálculo velocidad aspiración valores

Se despeja la incógnita obteniendo un valor de:

$$D = 0.0766 \text{ m} = 76.6 \text{ mm}$$

Ecuación 22: Diámetro tubería aspiración

6.2.3.2. Cálculo tubería impulsión

El cálculo es el mismo, la única diferencia es la velocidad del fluido, en este caso para las tuberías de impulsión será de 2.5m/s.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Ecuación 23: Cálculo velocidad impulsión

$$2.5 = \frac{4 * 0.0083}{\pi * D^2}$$

Ecuación 24: Cálculo velocidad impulsión valores

Obteniendo un diámetro de:

$$D = 0.0650 \text{ m} = 65\text{mm}$$

Ecuación 25: Diámetro tubería impulsión

6.2.4. Sensores

En el depósito de agua se instalarán tres sensores capacitivos, de este modo se dividirá el depósito en tres partes, contralando y visualizando el nivel de llenado.

Los sensores seleccionados son el modelo KI0024 de la marca IFM, los cuales se pueden sumergir en el agua y son perfectos para medir el nivel en depósitos.



Ilustración 40: Sensor capacitivo. Fuente: KI0024, s. f

Las características técnicas principales son:

Tabla 13: Especificaciones técnicas sensor capacitivo. Fuente: KI0024, s. f

| Datos eléctricos | | |
|--|------------|---|
| Tensión de alimentación | [V] | 20...250 AC/DC |
| Clase de protección | | II |
| Resistente a inversiones de polaridad | | no |
| Salidas | | |
| Función de salida | | normalmente abierto / normalmente cerrado; (seleccionable) |
| Caída de tensión máx. de la salida de conmutación DC | [V] | 8 |
| Caída de tensión máx. de la salida de conmutación AC | [V] | 10 |
| Corriente de carga mínima | [mA] | 5 |
| Corriente residual máx. | [mA] | 2,5 (250 V AC) / 1,7 (110 V AC) / 1,5 (24 V DC) |
| Corriente máxima permanente de la salida de conmutación AC | [mA] | 200; (para aplicaciones UL: 250 / 100 DC) |
| Corriente máxima permanente de la salida de conmutación DC | [mA] | 200; (para aplicaciones UL: 250 AC / 100 DC) |
| Corriente máxima de pico de la salida de conmutación | [mA] | 1500; (20 ms / 0,5 Hz) |
| Frecuencia de conmutación AC | [Hz] | 25 |
| Frecuencia de conmutación DC | [Hz] | 40 |
| Protección contra cortocircuitos | | no |
| Resistente a sobrecargas | | no |
| Rango de detección | | |
| Alcance | [mm] | 15 |
| Alcance ajustable | | sí |
| Valor por defecto de alcance | [mm] | 15 |
| Alcance real Sr | [mm] | 15 ± 10 % |
| Alcance operativo | [mm] | 0...12,1 |
| Precisión / variaciones | | |
| Factor de corrección | | vidrio: 0,4 / agua: 1 / cerámica: 0,2 / PVC: 0,2 |
| Histéresis | [% del Sr] | 1...15 |
| Deriva del punto de conmutación | [% del Sr] | -15...15 |
| Condiciones ambientales | | |
| Temperatura ambiente | [°C] | -25...70 |
| Grado de protección | | IP 65 |
| Resistencia aumentada a interferencias | | sí; (resistencia más alta a interferencias (con HF conducidas)) |

(KI0024, s. f.)

Para la detección de agua en la tubería principal de distribución, se colocarán tres sensores capacitivos LMT100 de la marca IFM. De este modo, se podrá comprobar que el agua llega a todas las bajantes sin ningún obstáculo que impida su libre circulación.



Ilustración 41: Sensor capacitivo. Fuente: LMT100, s. f.

Las características técnicas principales son:

Tabla 14: Especificaciones técnicas LMT100. Fuente: LMT100, s. f

| Product characteristics | | |
|--|--|-----------------|
| Electronic level sensor | | |
| Connector | | |
| Process connection: G ½ A | | |
| Gold-plated contacts | | |
| Probe length: 11 mm | | |
| Communication interface: IO-Link 1.1 | | |
| 2 switching outputs | | |
| Application | | |
| Application | liquid, viscous and powdery media | |
| Recommended media | water, water-based media | |
| Cannot be used for: | See the operating instructions, chapter "Function and features". | |
| Medium temperature oil | | |
| - Continuous | [°C] | -40...100 |
| - Short time | [°C] | -40...150 (1 h) |
| Medium temperature water and hydrous media | | |
| - Continuous | [°C] | -40...85 |
| - Short time | [°C] | -40...150 (1 h) |
| Electrical data | | |
| Electrical design | DC PNP/NPN | |
| Operating voltage | [V] | 18...30 DC |
| Current consumption | [mA] | < 50 |
| Protection class | III | |
| Reverse polarity protection | yes | |
| Outputs | | |
| Output | 2 switching outputs | |
| Output function | 2 x normally open / closed programmable | |
| Current rating | [mA] | 100 |
| Voltage drop | [V] | < 2.5 |
| Short-circuit protection | pulsed | |
| Overload protection | yes | |
| Measuring / setting range | | |
| Factory setting | water-based media | |

(LMT100, s. f.)

6.3. DIMENSIONADO SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación contará con la apertura de ventanas gracias a un motor instalado en el principio de la nave y un sistema de ventiladores encargados de regenerar el aire en el interior de las instalaciones.

6.3.1. Cálculo y selección de ventiladores

En España no consta ninguna legislación que especifique las necesidades de ventilación en una granja de cebo, pero, el Ministerio de Agricultura de Francia recomienda que, en una granja de estas características, se debería mover un caudal de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada 100kg de animal (Técnicas, s. f.). Calcularemos el caudal necesario bajo estos datos.

En la granja hay 450 porcinos con una media de 90kg es decir:

$$Q = 450 * \frac{90}{100} * 120 = 48600 \text{ m}^3/\text{h}$$

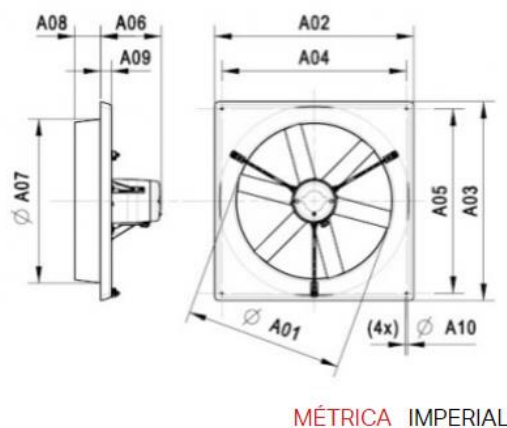
Ecuación 26: Cálculo caudal ventilación

La empresa Vostermans está especializada en ventilación de granjas, de su catálogo, se ha seleccionado el ventilador de panel con referencia V4D50AAM10100.



Ilustración 42: Ventilador. Fuente: Vostermans, n.d

Sus medidas son las siguientes:



| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| A01 - 512 | A02 - 648 | A03 - 648 |
| A04 - 600 | A05 - 600 | A06 - 192 |
| A07 - 540 | A08 - 84 | A09 - 36 |
| A10 - 8 | | |

Ilustración 43: Medidas ventilador. Fuente: Vostermans, n.d

Y las especificaciones técnicas son:

Tabla 15: Especificaciones técnicas ventilador. Fuente: Vostermans, n.d

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Volumen de aire en 0 Pa (0.00 in. wg) | 8600 m³/h |
| Volumen de aire en 50 Pa (0.2 in. wg) | 7550 m³/h |
| Voltaje | 230/400 V |
| Fase | 3 |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Consumo de energía | 410 W |
| Corriente nominal | 1.6 / 0.9 A |
| Temperatura ambiente mínima | -25 °C |
| Temperatura ambiente máxima | 40 °C |
| Clase de aislamiento | CL.F |
| Clase IP | IP55 |
| Peso | 12.3 Kg |

Este ventilador es capaz de proporcionar un caudal de $8600\text{m}^3/\text{h}$, es decir, se necesitarán colocar 6 ventiladores a lo largo de la granja para alcanzar los $48600\text{m}^3/\text{h}$.

Estos se colocarán como mínimo a 1 metro del suelo para que la corriente de aire no incida directamente sobre los animales (Técnicas, s. f.)

6.3.2. Selección de ventanas

Las ventanas seleccionadas para este proyecto son de fibra de vidrio con doble cámara, disponen de una guía que permite su movimiento vertical. Estas ventanas se pueden accionar manual o automáticamente.

Se ha seleccionado este tipo de ventana porque son ligeras, higiénicas, anticorrosivas, duraderas, no necesitan de mantenimiento, aumentan el aislamiento de la nave y por su bajo coste (Ganadera, 2021).



Ilustración 44: Ventana fibra de vidrio. Fuente: Ganadera, 2021

Con la finalidad de evitar la entrada de roedores o pájaros a través de las ventanas, se instalarán rejillas en la parte interior de las ventanas.

Todas las ventanas estarán conectadas a través de un sistema de poleas que irán conectadas a un motor colocado al principio de la nave encargado de subirlas y bajarlas cuando se requiera.

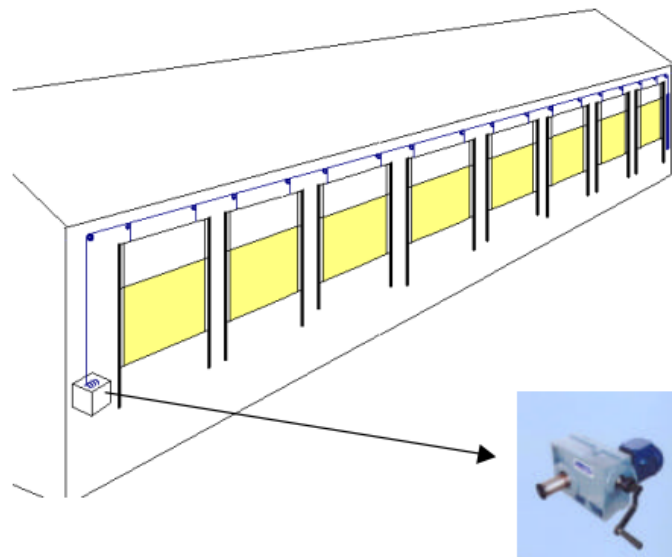


Ilustración 45: Ventanas automatizadas. Fuente: Automatización de una granja porcina, s. f

6.3.3. Selección de motor

El motor escogido para mover todas las ventanas es un Trivic MF220 de la empresa Calfri, con una capacidad de elevación de 400kg.



Ilustración 46: Motor Elevador De Ventanas 400 Kg Trivic MF220 Fuente: Calfri, 2023

Ofrece una potencia de 0.18kW con un motor monofásico de 230V, es capaz de enrollar 2 metros de un cable de 5mm. Se trata de un motor ideal para la automatización de naves con ventilación natural y de ventilación mixta (*Motor Elevador De Ventanas 400 Kg Trivic MF220 | Calfri, 2023*).

6.3.4. Sensores

Para controlar en qué momento se abren o cierran las ventanas y se encienden o apagan los ventiladores, se colocará un sensor de temperatura en la parte media de la granja. Este sensor será de la empresa Maher, especializada en la fabricación y distribución de estos productos.



Ilustración 47: Sensor temperatura y humedad. Fuente: Electrónica, 2023

Este sensor se alimenta de 15-36V y dispone de protecciones contra sobretensiones y corriente inversa, el rango de trabajo de temperatura es de -20°C a 80°C y de humedad de 0 a 100%. Tiene un tiempo de respuesta tanto para temperatura como para humedad de 5s y su señal de salida es de 4-20mA. Ofrece una precisión de $\pm 0.3^\circ\text{C}$.

Los datos técnicos de este sensor descritos anteriormente se pueden observar en la siguiente imagen:

Tabla 16: Especificaciones técnicas sensor temperatura y humedad. Fuente: Electrónica, 2023

Características Técnicas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE

| | |
|------------------|------------------------------------|
| Señal de salida | 4-20 mA |
| Rango de lectura | -20 °C a +80 °C |
| Precisión | $\pm 0,3^\circ\text{C}$ |
| Atenuación | $< 0,1^\circ\text{C} / \text{año}$ |

SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

| | |
|------------------|-----------------------------------|
| Señal de salida | 4-20 mA |
| Rango de lectura | 0-100 % HR |
| Precisión | $\pm 2\% \text{ HR}$ |
| Atenuación | $< 0.5\% \text{ HR} / \text{año}$ |

(SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) – INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|------------------------|---|
| Alimentación | 15 – 36 Vcc |
| Distancia máxima | 820 metros (con cable de sección 0.5 mm. apantallado) |
| Tiempo de respuesta | Temperatura: 5s / Humedad: 5s 1/e (63%) |
| Protecciones | Corriente inversa: Si Sobretensiones: Si |
| Temperatura de trabajo | De -20°C a + 80°C |
| Humedad de trabajo | De 0% a 100% HR |

(Electrónica, 2023)

6.4. ILUMINACIÓN

6.4.1. Cálculo y selección de luces

Según el RD 1135/2002, los cerdos deben tener una intensidad lumínica de mínimo 40 lux durante al menos 8h. Estos requisitos incluyen la luz natural y la luz artificial, en el caso de no poder cumplir los requisitos de luminosidad con la luz natural, se utilizará luz artificial (*Guía explicativa para la aplicación del RD 1135 2002_tcm30-104661*, s. f.) .

La empresa HATO fabrica las luminarias led FERRAX, desarrolladas especialmente para las granjas porcinas, adaptándose a sus necesidades, mejorando de este modo el bienestar y rendimiento.

Sus datos técnicos se contemplan a continuación:

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Operating voltage: | 100 ~ 240VAC (50 ~ 60Hz) |
| Power factor: | >0.9 |
| Power consumption: | 18W / 24W / 36W |
| Light output: | 1950lm / 2500lm / 3700lm |
| Efficacy: | 105lm/W |
| Light technology (+connection): | LED, 2 pole connection cable |
| Light colour: | 5000K |
| CRI: | 80 |
| Dimmer type: | Not dimmable (on/off) |
| Flicker-free: | No |
| Expected average lifetime: | 30,000 hours |
| Operating temp.: | -20 ~ +40°C |
| IP: | IP67 |
| Nett weight: | 410g / 470g / 580g |
| Housing: | PC |
| End caps: | ABS |
| Warranty: | 2 Years* |
| Application: | Pigs |

Ilustración 48: Características luminarias FERREX. Fuente: FERAX, n.d

Para calcular el número de lámparas necesarias en la granja, se utilizará la siguiente fórmula:

$$N = \frac{F * A}{Lu * L1 * L2 * Cu}$$

Ecuación 27: Cálculo nº luminarias

Donde:

- N: número de luminarias necesarias.
- F: pie candela requerido por actividad.
- A: área de la granja
- Lu: lumen de la luminaria.
- L1,L2: índice de depreciación.
- Cu: índice de simultaneidad (Alexander José Mora Cerda & Michael Alberto Muñoz Izaguirre, 2013).

$$N = \frac{300 * 462}{2500 * 0.85 * 0.85 * 1} = 77 \text{ luces}$$

Ecuación 28: Cálculo nº luminarias valores

Una vez calculada la cantidad necesaria, se calcula la distribución, es decir a cuantos metros se colocarán una de otra, para ello:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total} * ancho}{largo}} = \sqrt{\frac{77 * 14}{33}} = 5.7m$$

Ecuación 29: Espacio entre luces ancho

$$N_{largo} = \sqrt{\frac{N_{ancho} * largo}{ancho}} = \sqrt{\frac{5.7 * 33}{14}} = 3.66m$$

Ecuación 30: Espacio entre luces largo

6.4.2. Sensores

Es necesario instalar varios sensores de luminosidad en el interior de la nave, de modo que en el momento que la luminosidad baje de 40 lux, se enciendan. El modelo seleccionado es la sonda CAP0015, gracias a él será posible determinar en qué momento del día es necesario encender

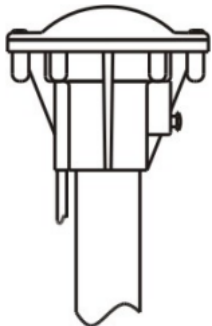
las luces para cumplir con los 40lux mínimos durante al menos 8h del día.



Ilustración 49: Sensor luxes. Fuente: Anjou Automation, 2020

Sus características técnicas son:

Tabla 17: Especificaciones técnicas sensor luxes. Fuente: Anjou Automation, 2020

| | | |
|---|-------------------------------|--|
|  | MONTAJE | Tub de diámetro 27mm Ajuste con tornillo |
| | TIPO DE CABLE | 2 conductores de 0,22mm ² |
| | LONGITUD DEL CABLE | 10 metros |
| | PRINCIPIO DE DETECCIÓN | Célula fotoeléctrica (560 nm) |
| | ALIMENTACIÓN | de 14 a 24 VCC (Tip. 15VCC) |
| | CONSUMO | 0,3 VA maxi a 15VCC |
| | SALIDA | 4/20 mA lineal por 0/10 KLux ó 0/100 KLux (según inscripción en la sonda) |

6.5. SELECCIÓN AUTÓMATA

En la actualidad, existen una gran cantidad de marcas de autómatas programables como OMROM, SIEMENS, SCHNEIDER, ABB, etc. La marca líder en la fabricación de los autómatas y una de las más utilizadas es SIEMENS, dentro de este fabricante se encuentra la línea de los S7, ampliamente utilizada en el sector industrial, sus modelos actuales son:

- S7-300
- S7-400
- S7-1200
- S7-1500

Los modelos más actuales son el S7-1200 y el S7-1500. Al ser una granja de porcinos de una escala más bien pequeña, no es necesario utilizar un autómata tan potente como sería el 1500, además de tener un precio mucho más elevado que el 1200.

El autómata S7-1200 es más simple, y fácil de utilizar que el 1500, utilizado en aplicaciones con un nivel de complejidad mayor.

Un modelo anterior al S7-1200 que ofrece, según el Anexo A, prácticamente las mismas funciones, es el S7-300. Ambos autómatas utilizan como software de programación el STEP 7, tanto el S7-300 como el S7-1200 admiten protocolos de comunicación Profinet, Profibus y Modbus, permitiendo de este modo que se puedan integrar con otros dispositivos. En cuanto a funciones simples, que son las que se van a utilizar para la automatización de la granja, existe una gran similitud entre ambos. Por todo ello, y teniendo en cuenta la aplicación para la cual va a ser destinado, así como el precio, el autómata seleccionado es el SIEMENS S7-300.

Dentro de este modelo, las partes que lo van a conformar serán:

- CPU 314 C-2 PN/DP

Las especificaciones de esta CPU son:

Memoria de trabajo 192KB; 0,06ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 4 salidas de impulsos (2,5kHz); conteo y medida 4 canales con encoders incrementales 24V (60kHz); función de posicionamiento integrada; conexiones MPI + DP (maestro DP o esclavo DP); PROFINET IO-Controller; soporta RT/IRT; interfaz PROFINET y 2 puertos; MRP; configuración en varias filas de hasta 31 módulos; emisor y receptor para comunicación directa; equidistancia; routing; comunicación S7 (FBs/FCs cargables); firmware V3.3. (STEP7, nd)



Ilustración 50. CPU. Fuente: (CPU 314C-2 PN/DP - Global eBusiness - Siemens WW, n.d.)

- PS 307 5A

Se trata de una fuente de alimentación carga 120/230V AC 24VDC/5a.



Ilustración 51. Fuente de alimentación. Fuente:(6ES7307-1EA01-0AA0 SIEMENS SIMATIC S7-300 PS307 | Siemens | WIAutomation, s. f.)

6.6. PROGRAMA

El programa consta de un OB1 y cuatro funciones, cada una encargada de controlar una de las necesidades de la granja. En el OB1 se encuentra la seta de emergencia, en el caso de que esta se encuentre pulsada, se detiene toda la granja, si por el contrario, no hay ningún incidente, se permite el acceso a las demás funciones.

La primera de ellas es "FC1", relacionada con el sistema de distribución del pienso, consta de una célula de carga que mide el nivel de alimento en el silo, en este caso, al ser una simulación, la lectura del valor de la célula de carga se realiza con un deslizador. El SCADA cuenta con 5 leds al lado del silo, cada uno pertenece a unos kg, de 25000 hasta 5000 descendiendo de 5000 en 5000. Cuando el valor de la célula de carga descienda del valor indicado en los leds, este se apagará, indicando de esta forma el nivel de pienso en el interior del silo.

Por otra parte se encuentra la distribución del pienso desde el silo hasta los comederos, en este caso se puede realizar la acción de llenado de los comederos de dos formas distintas, en la primera de ellas se puede programar en el SCADA la hora de inicio del proceso de llenado, de esta forma, cuando la hora programada y la hora actual coincidan, el sistema se pondrá en marcha hasta que actúe el final de carrera del último comedero, o en caso de que este falle, el final de carrera instalado en la unidad final de transporte, para evitar la obstrucción total del sistema y que el motor se rompa. En caso de que alguno de los dos finales de carrera se encuentre presionados, el motor no realizará ninguna acción.

La segunda forma de encender el sistema es de forma manual presionando el botón "START" en el panel del SCADA, en el momento que dicho botón se presione, el motor empezará a girar proporcionando el alimento necesario a los comederos, al igual que en el caso anterior, cuando alguno de los dos finales de carrera actúe, el sistema se detendrá, o bien, si se vuelve a presionar el botón "START" también se detendrá. En la pantalla del SCADA también se encuentran dos leds, unos para cada final de carrera, de este modo, cuando se encuentre presionado se iluminará de color rojo. Al mismo tiempo, el motor también dispone de un led que se ilumina de color verde cuando se encuentra en funcionamiento y de color rojo cuando está parado.

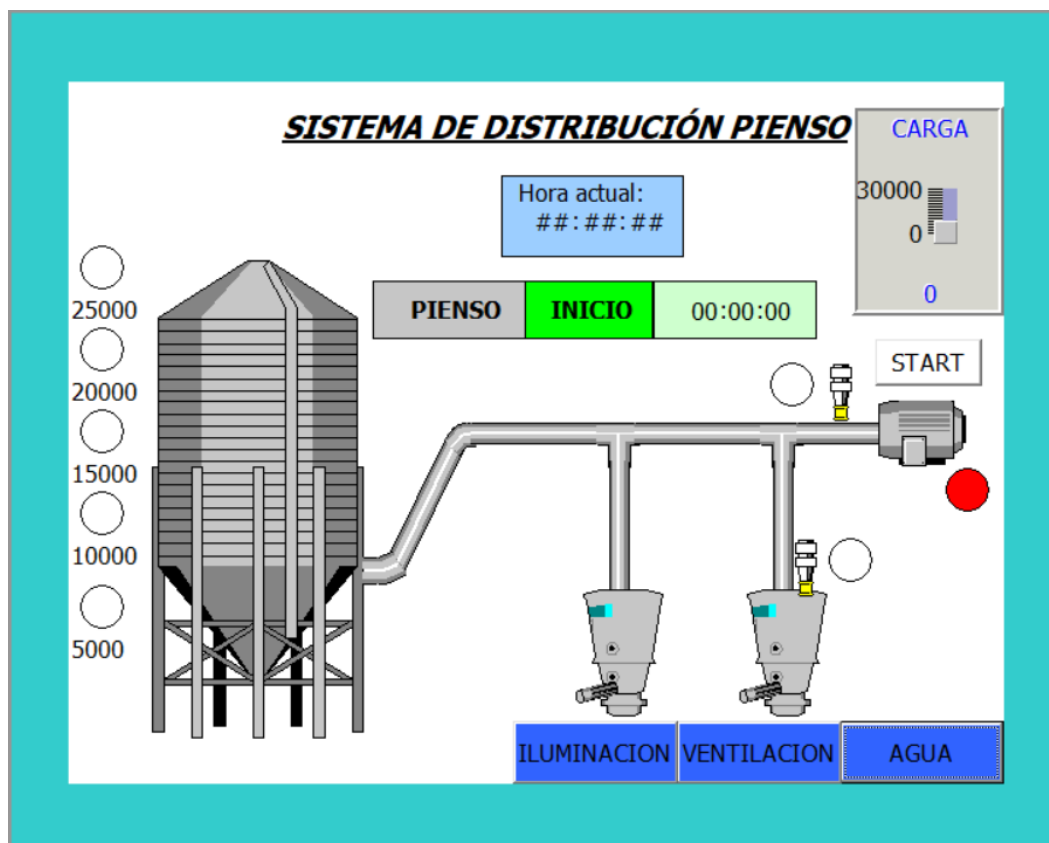


Ilustración 52: SCADA sistema de distribución de pienso. Fuente: Elaboración propia

La segunda función “FC2” es la encargada de gestionar el sistema de abastecimiento de agua, dispone de tres sensores capacitivos en el depósito, de esta forma se conoce de forma aproximada el nivel del agua en su interior, cuando el sensor colocada en la parte inferior no detecte agua y los superiores a él tampoco, se pone en marcha la bomba del pozo para volver a llenar el depósito hasta que el sensor capacitivo colocado en la parte superior del mismo detecte y los dos anteriores a él también, es decir, todos los sensores capacitivos deben detectar agua, en ese momento, la bomba deja de funcionar.

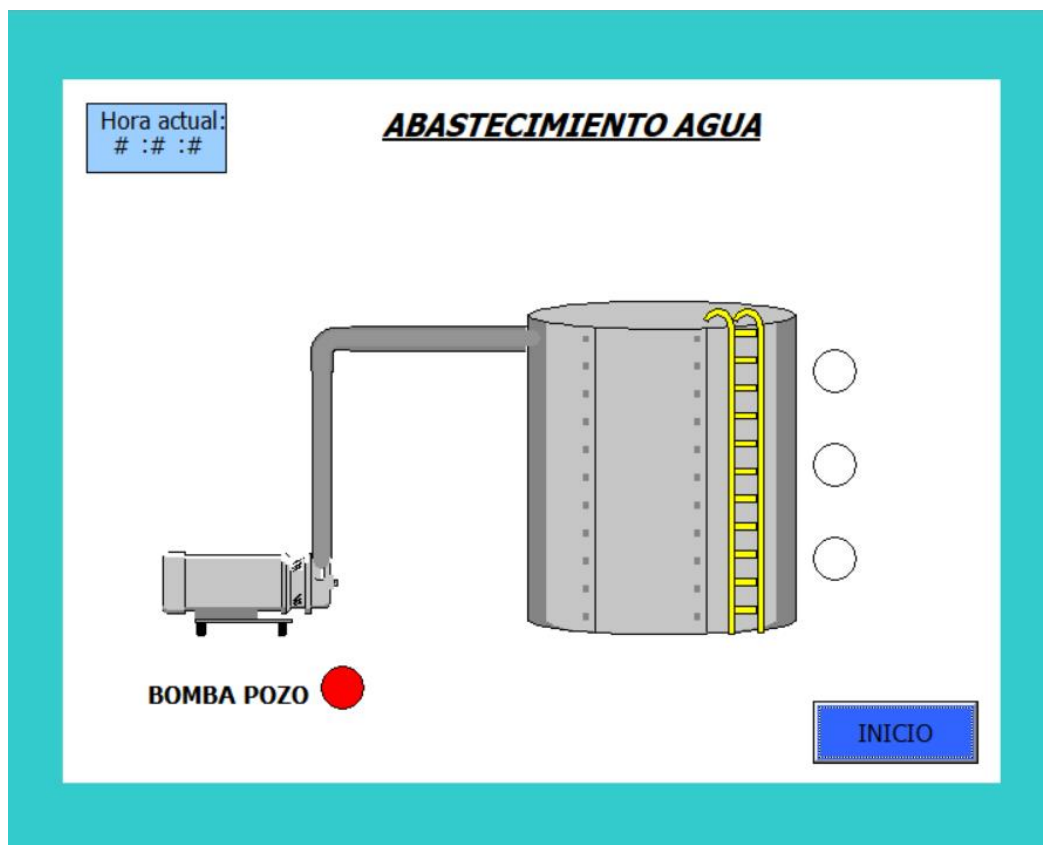


Ilustración 53: SCADA abastecimiento de agua. Fuente: Elaboración propia

La tercera función "FC3" gestiona la ventilación de la nave porcina, se pueden controlar los ventiladores, y las ventanas. Existen dos opciones, "MANUAL" o "AUTOMÁTICO", para saber en qué modo se encuentra el sistema, el botón seleccionado se pone a parpadear. En el caso de seleccionar manual, los ventiladores se podrán encender y apagar pulsando "MARCHA" o "PARO" dependiendo de la acción que se quiera realizar. A su vez, en este modo se pueden subir o bajar las ventanas de la nave pulsando "SUBIR" o "BAJAR", en las ventanas se encuentran instalados un final de carrera en la parte superior y otro en la parte inferior, de este modo, cuando suban o bajen y pulsen el final de carrera se pararán, si se encuentran pulsados o no se indica en el panel del SCADA con led rojo.

La segunda opción es el modo automático, en él se puede controlar la ventilación mediante horas, seleccionando la hora a la que empieza la ventilación y la hora a la que se acabe. Cuando se enciende la ventilación

de forma automática, también se bajan las ventanas a la vez, y cuando los ventiladores se paran porque ha llegado la hora a la que se tienen que parar, se cierran las ventanas automáticamente. La nave también lleva incorporado un sensor de temperatura, de esta forma cuando el sensor detecta los 30°C enciende los ventiladores y baja las ventanas hasta recuperar la temperatura ideal. Para la simulación de dicho sensor, se ha utilizado un deslizador, el cual realizará dicha función. Los ventiladores disponen cada uno de un led que se pondrá verde cuando estén encendidos y rojo cuando estos estén apagados.

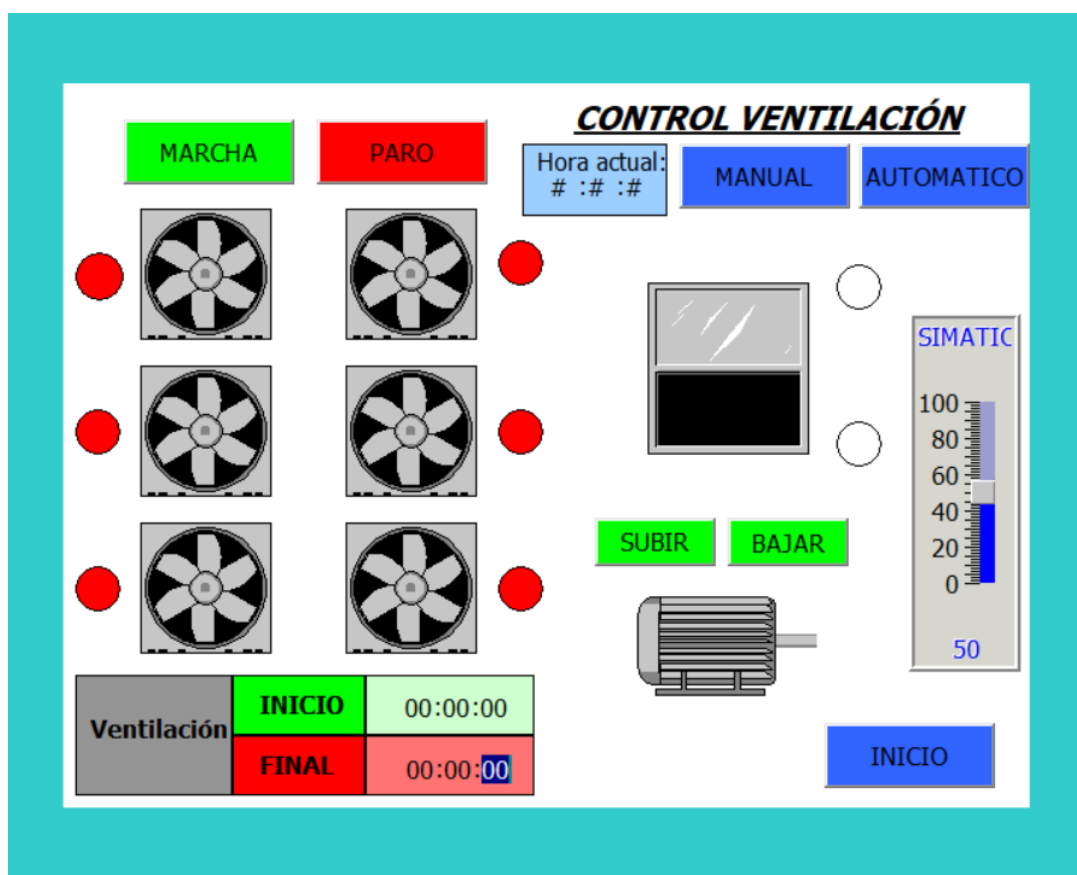


Ilustración 54: SCADA sistema control de ventilación. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la "FC4" es la encargada del control de iluminación, en ella también se disponen de dos modos, "MANUAL" y "AUTOMÁTICO", al igual que en el control de la ventilación, para saber el modo de trabajo seleccionado, este se pone a parpadear. En el modo manual se encienden o se apagan las luces dependiendo de las necesidades pulsando los

botones “ENCENDER” “APAGAR”, cuando las luces se encuentren encendidas aparecerá un led verde indicándolo. Por otro lado, en el caso del control automático, se podrá programar las horas en las cual se quiere que se enciendan las luces y se apaguen, a su vez, la granja dispone de un sensor de luxes, cuando este detecte que los niveles de iluminación se encuentren por debajo de los mínimos, encenderá las luces.

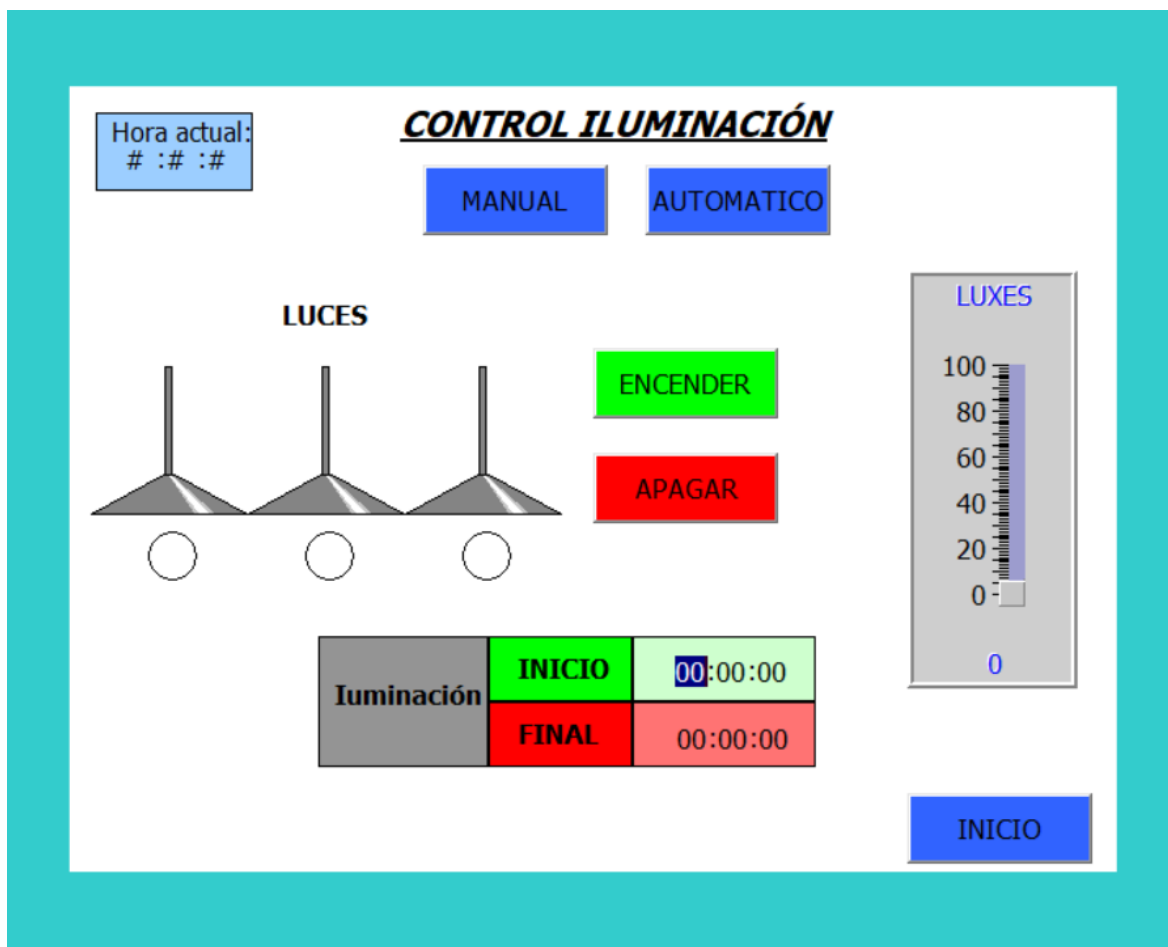


Ilustración 55: SCADA sistema control de iluminación. Fuente: Elaboración propia

6.7. CASOS DE USO

6.7.1. Sistema de distribución de alimentos

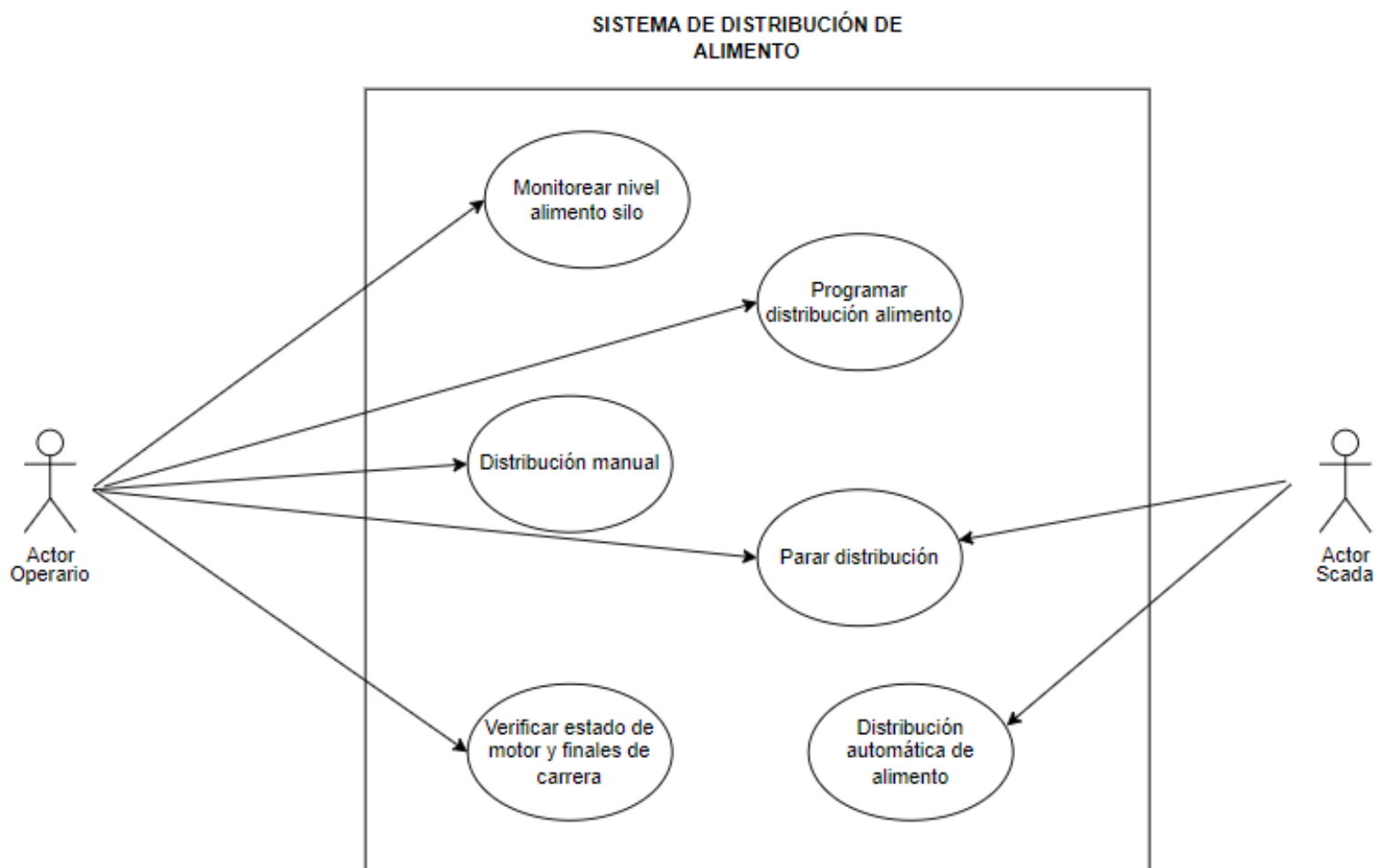


Ilustración 56 Diagrama caso de uso sistema de distribución de alimentos. Fuente: Elaboración propia.

6.7.2. Sistema de distribución de agua

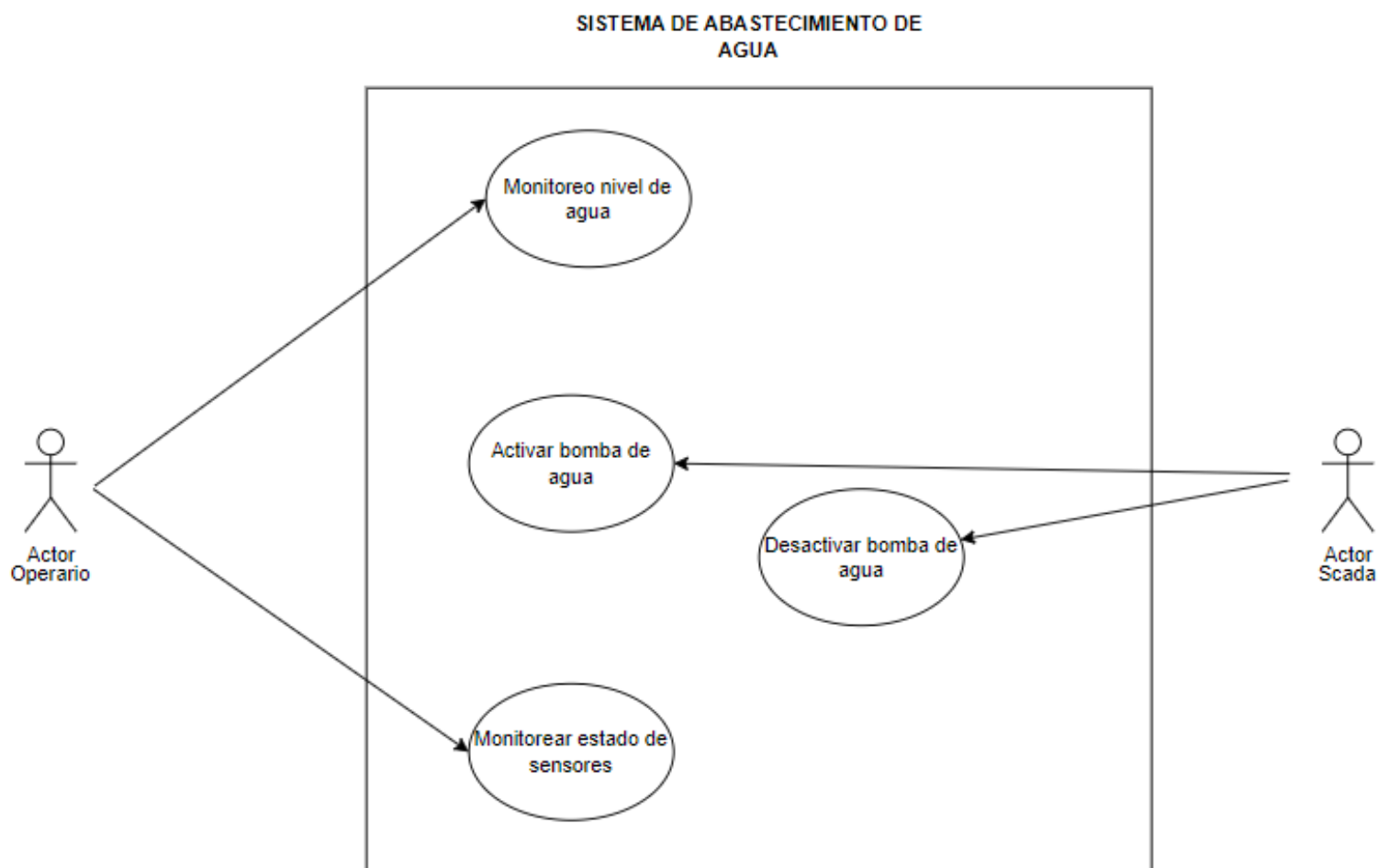


Ilustración 57 Diagrama caso de uso sistema de abastecimiento de agua. Fuente: Elaboración propia

6.7.3. Sistema de ventilación

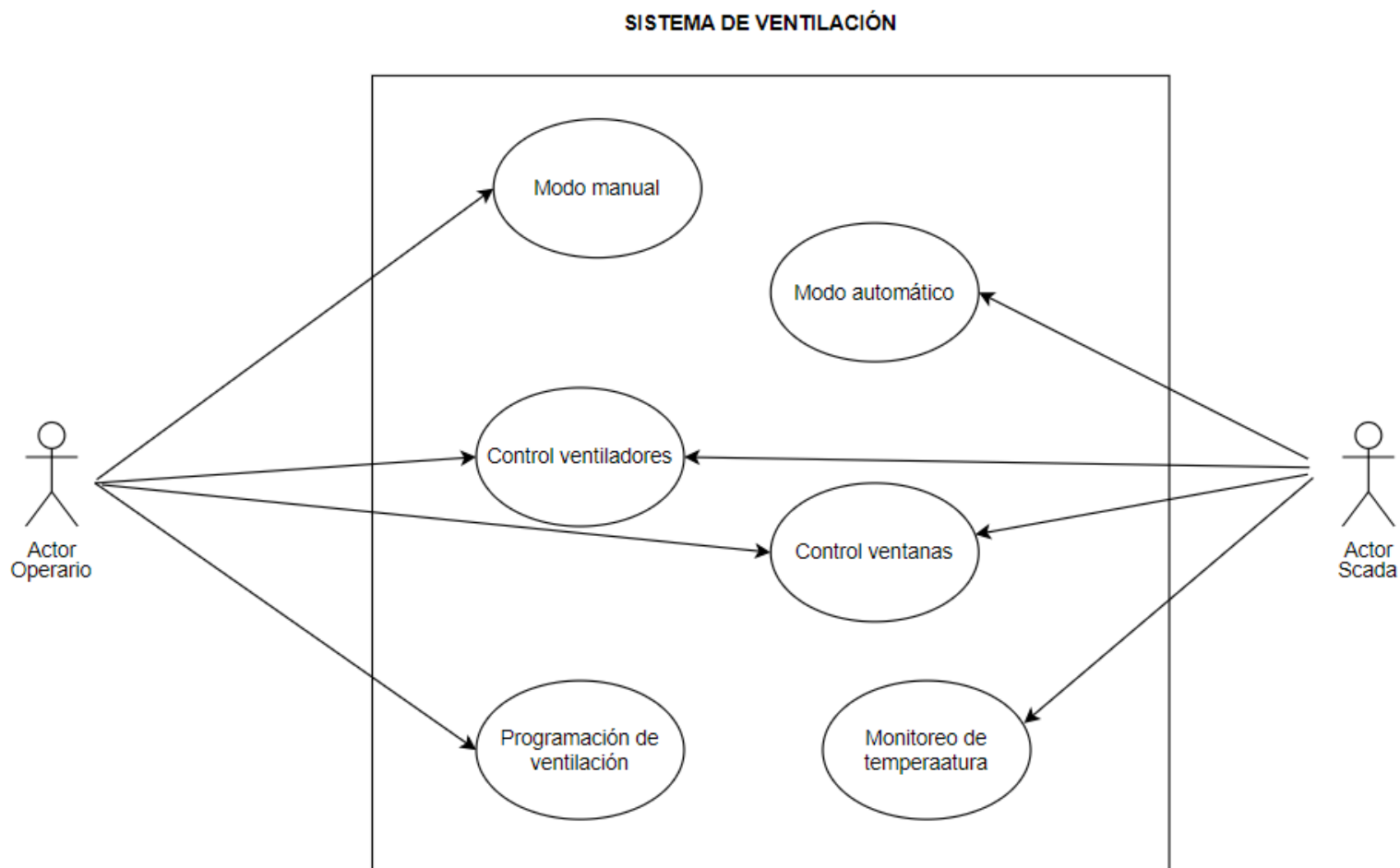


Ilustración 58 Diagrama caso de uso sistema de ventilación. Fuente: Elaboración propia.

6.7.4. Sistema de iluminación

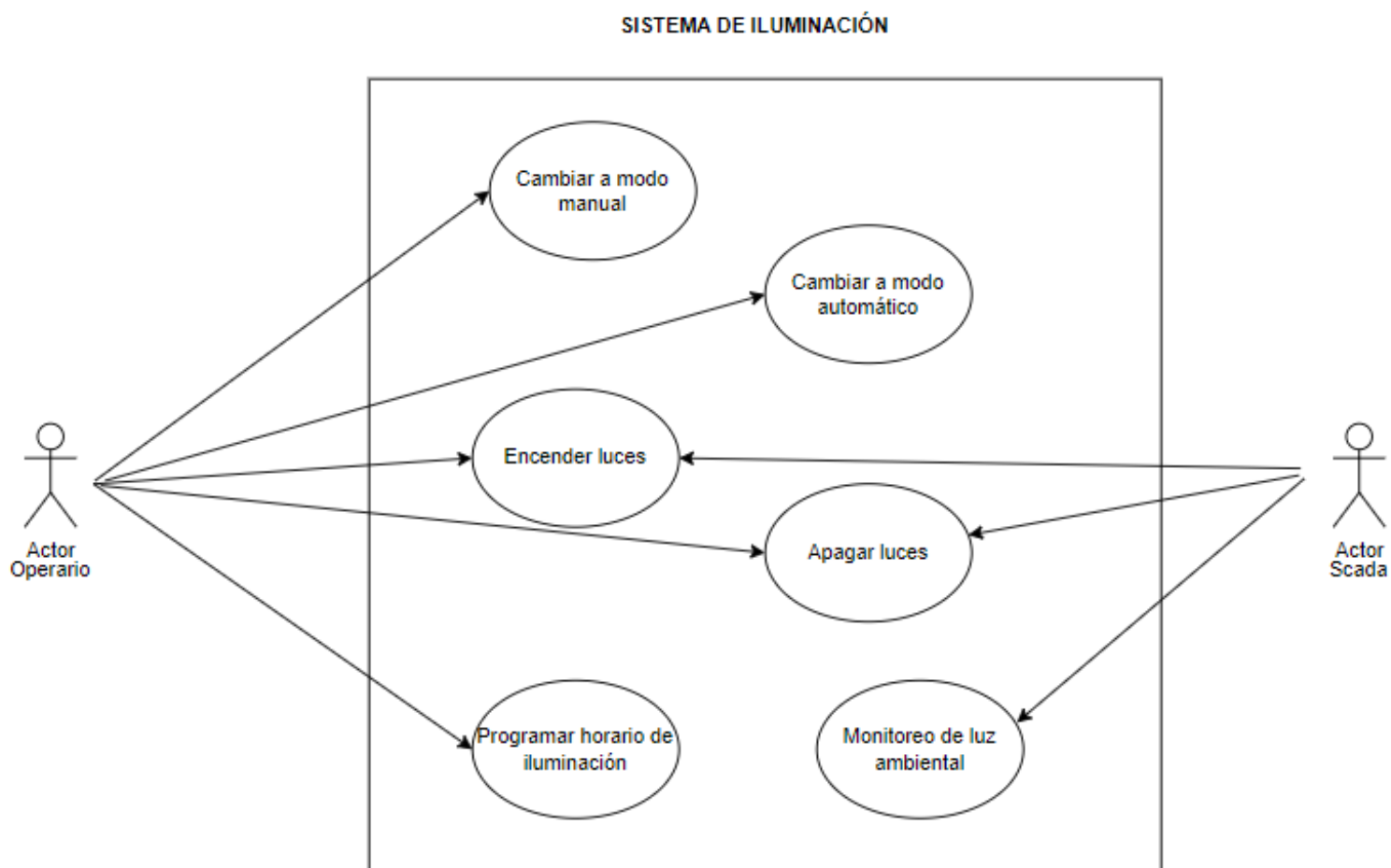


Ilustración 59 Diagrama caso de uso sistema de iluminación. Fuente: Elaboración propia.

6.8. ESCENARIOS

6.8.1. *Sistema de distribución de alimento*

A continuación, se va a explicar cada caso de uso planteado en el diagrama del sistema de distribución de alimento.

6.8.1.1. Escenario para “Monitorear nivel de alimento”

Descripción

- El operario revisa el nivel de alimento en el silo.

Pre-condiciones

- El operario tiene acceso al SCADA.

Acciones del escenario

- El operario consulta el panel SCADA para comprobar los leds que corresponden al nivel del alimento.
- Cada led representa un umbral de peso del alimento.
- Los leds apagados indican que el nivel ha bajado por debajo del umbral establecido.

Post-condiciones

- El operario es conocedor del nivel de alimento en el silo.

6.8.1.2. Escenario para “Programar distribución alimento”

Descripción

- El operario establece en el SCADA una hora para que comience de forma automática el llenado de las tolvas.

Pre-condiciones

- Es necesario rellenar los comederos a una hora establecida

Acciones del escenario

- El operario programa en el SCADA la hora de inicio de llenado.
- El SCADA guarda la información.
- El sistema se inicia cuando se cumple con la hora programada.

Post-condiciones

- El llenado está programado para funcionar automáticamente.

6.8.1.3. Escenario para "Distribución manual del alimento"

Descripción

- El operario inicia manualmente el llenado de las tolvas

Pre-condiciones

- El operario decide que es necesario alimentar a los animales fuera del horario programado.

Acciones del escenario

- El operario pulsa el botón START en el SCADA
- El motor del sistema de alimentación empieza a funcionar distribuyendo el alimento.
- Si es necesario detener el sistema, el operario pulsa START para desactivar el botón o espera a la activación de los finales de carrera.

Post-condiciones

- Los comederos se han llenado de forma manual.

6.8.1.4. Escenario para "Parar distribución del alimento"

Descripción

- El sistema o el operario detienen la distribución de alimento.

Pre-condiciones

- Los comederos están llenos o hay una obstrucción.

Acciones del escenario

- Un final de carrera detecta que el último comedero está lleno o hay una obstrucción.
- El SCADA recibe la señal y detiene el motor automáticamente.
- El operario puede detener el motor en caso de haberlo activado manualmente con anterioridad.

Post-condiciones

- La distribución de alimento se ha detenido.

6.8.1.5. Escenario para “Verificar estado de motor y finales de carrera”

Descripción

- El operario revisa el estado del sistema.

Pre-condiciones

- El sistema de distribución de alimento está en uso.

Acciones del escenario

- El operario observa el panel del SCADA para comprobar los leds de estado del motor y de los finales de carrera.
- Si un final de carrera está activado o el motor está parado, los leds correspondientes se encontrarán de color rojo.

Post-condiciones

- El operario está informado sobre el estado del sistema.

6.8.1.6. Escenario para “Distribución automática del alimento”

Descripción

- El SCADA gestiona la distribución en base a la programación y sensores.

Pre-condiciones

- Se ha programado una hora para el modo automático

Acciones del escenario

- Llega la hora programada y el SCADA activa el sistema de distribución.
- Los finales de carrera de los comederos detectan cuando estos están llenos y envían una señal al SCADA para detener el motor.
- En caso de fallar el final de carrera del comedero y activarse el sensor de la unidad final, el sistema también se pararía.

Post-condiciones

- El llenado de las tolvas se ha completado de forma automática.

6.8.2. Sistema de abastecimiento de agua

6.8.2.1. Escenario para "Monitorear nivel del agua"

Descripción

- El operario verifica el nivel de agua en el depósito.

Pre-condiciones

- El operario tiene acceso al SCADA.
- Los sensores están instalados en el depósito.

Acciones del escenario

- El operario observa los leds correspondientes a los sensores capacitivos.
- Los sensores proporcionan una lectura aproximada del nivel de agua.

Post-condiciones

- El operario conoce el nivel de agua en el depósito.

6.8.2.2. Escenario para “Activar bomba de agua”

Descripción

- El sistema SCADA activa la bomba de agua para llenar el depósito.

Pre-condiciones

- El nivel de agua es insuficiente y es necesario llenar el depósito.

Acciones del escenario

- El SCADA activa automáticamente la bomba por bajo nivel.
- La bomba empieza a funcionar y el agua se bombea al depósito.
- Los sensores monitorean el llenado.

Post-condiciones

- El depósito está lleno.

6.8.2.3. Escenario para “Desactivar bomba de agua”

Descripción

- El SCADA desactiva la bomba de agua una vez el depósito llega a su nivel óptimo.

Pre-condiciones

- La bomba se encuentra en funcionamiento.

Acciones del escenario

- Los sensores capacitivos detectan que el depósito está lleno.
- El SCADA recibe la señal y detiene la bomba automáticamente.

Post-condiciones

- La bomba está apagada y el depósito lleno.

6.8.2.4. Escenario para “Monitorear estado de sensores”

Descripción

- El operario revisa el estado de los sensores del depósito de agua.

Pre-condiciones

- Los sensores están monitoreando y enviando datos al SCADA.

Acciones del escenario

- El operario accede al SCADA para revisar el estado de los sensores.
- El SCADA muestra el estado de los sensores mediante unos leds.

Post-condiciones

- El operario conoce el estado de los sensores.

6.8.3. Sistema de ventilación

6.8.3.1. Escenario para “Modo manual”

Descripción

- El operario cambia el sistema de ventilación a modo manual.

Pre-condiciones

- El operario tiene acceso al SCADA.
- El sistema se encuentra previamente en modo automático.

Acciones del escenario

- El operario selecciona el botón “MANUAL” en el SCADA.

- El botón empieza a parpadear, indicando que se ha activado correctamente.
- El operario puede controlar ventiladores y ventanas de forma manual.

Post-condiciones

- El sistema de ventilación está bajo control manual.
- El operario puede encender/apagar ventiladores y abrir/cerrar ventanas.

6.8.3.2. Escenario para “Modo automático”

Descripción

- El operario pone el sistema en modo automático.

Pre-condiciones

- El operario tiene acceso al SCADA.
- El sistema se encuentra previamente en modo manual.

Acciones del escenario

- El operario selecciona el botón “AUTOMÁTICO” en el SCADA.
- El botón empieza a parpadear, indicando que se ha activado correctamente.
- El SCADA puede controlar ventiladores y ventanas de forma automática.

Post-condiciones

- El sistema de ventilación opera de forma automática según la programación o condiciones ambientales.

6.8.3.3. Escenario para “Control ventiladores”

Descripción

- Los ventiladores son controlados por el operario o por el SCADA.

Pre-condiciones

- Sistema en modo manual si lo maneja el operario.
- Sistema en modo automático si lo maneja el SCADA.

Acciones del escenario

- Los ventiladores se encienden o se apagan dependiendo del modo del sistema, si está en modo manual se controla mediante los botones "MARCHA", "PARO" y si está en modo automático es el SCADA el encargado de controlarlos.

Post-condiciones

- Los ventiladores están encendidos o apagados.

6.8.3.4. Escenario para "Control ventanas"

Descripción

- Las ventanas son controladas por el operario o por el SCADA.

Pre-condiciones

- Sistema en modo manual si lo maneja el operario.
- Sistema en modo automático si lo maneja el SCADA.

Acciones del escenario

- Las ventanas se encienden o se apagan dependiendo del modo del sistema, si está en modo manual se controla mediante los botones "SUBIR", "BAJAR" y si está en modo automático es el SCADA el encargado de controlarlos.

Post-condiciones

- Las ventanas están abiertas o cerradas.

6.8.3.5. Escenario para "Programación de ventilación"

Descripción

- El operario programa el inicio y final de la ventilación automática.

Pre-condiciones

- El sistema está en modo automático.

Acciones del escenario

- El operario establece la hora de inicio y fin en el SCADA.
- El sistema activa o desactiva los ventiladores y ventanas según la programación.

Post-condiciones

- El sistema está programado para funcionar automáticamente.

6.8.3.6. Escenario para “Monitoreo de temperatura”

Descripción

- El SCADA ajusta la ventilación en respuesta a la temperatura detectada.

Pre-condiciones

- Sistema en modo automático.
- Se ha instalado sensor de temperatura.

Acciones del escenario

- El sensor de temperatura detecta una temperatura superior a la establecida.
- El SCADA activa los ventiladores y abre las ventanas para reducir la temperatura.
- Una vez que la temperatura es adecuada, se apagan los ventiladores y ventanas se detienen y se sigue con la programación

Post-condiciones

- La temperatura de la granja se mantiene dentro del rango deseado de forma automática.

6.8.4. Sistema de iluminación

6.8.4.1. Escenario para "Cambiar a modo manual"

Descripción

- El operario cambia el sistema de iluminación a modo manual.

Pre-condiciones

- Sistema en modo automático.
- El operario tiene acceso al SCADA.

Acciones del escenario

- El operario selecciona la opción "MANUAL" en el SCADA.
- El sistema cambia a modo manual y el botón "MANUAL" empieza a parpadear.
- El operario puede encender o apagar las luces manualmente.

Post-condiciones

- El sistema de iluminación está en modo manual.
- El operario tiene control directo sobre las luces.

6.8.4.2. Escenario para "Cambiar a modo automático"

Descripción

- El operario cambia el sistema de iluminación a modo automático.

Pre-condiciones

- Sistema en modo automático.
- El operario tiene acceso al SCADA.

Acciones del escenario

- El operario selecciona la opción "AUTOMÁTICO" en el SCADA.
- El sistema cambia a modo manual y el botón "AUTOMÁTICO" empieza a parpadear.
- El SCADA es el encargado de gestionar las luces.

Post-condiciones

- El sistema de iluminación está en modo automático.

6.8.4.3. Escenario para "Encender luces"

Descripción

- Las luces son controladas por el operario o por el SCADA.

Pre-condiciones

- Sistema en modo manual si lo maneja el operario.
- Sistema en modo automático si lo maneja el SCADA.

Acciones del escenario

- Las luces se encienden dependiendo del modo del sistema, si está en modo manual se controla mediante el botón "ENCENDER" y si está en modo automático es el SCADA el encargado de controlarlas.

Post-condiciones

- Las luces están encendidas.

6.8.4.4. Escenario para "Apagar luces"

Descripción

- Las luces son controladas por el operario o por el SCADA.

Pre-condiciones

- Sistema en modo manual si lo maneja el operario.
- Sistema en modo automático si lo maneja el SCADA.

Acciones del escenario

- Las luces se apagan dependiendo del modo del sistema, si está en modo manual se controla mediante el botón "APAGAR" y si está en modo automático es el SCADA el encargado de apagarlas.

Post-condiciones

- Las luces están apagadas.

6.8.4.5. Escenario para "Programar horario de iluminación"

Descripción

- El operario programa el horario de encendido y apagado de las luces.

Pre-condiciones

- Sistema en modo automático.
- El operario tiene acceso al SCADA.

Acciones del escenario

- El operario programa las horas de inicio y fin para la iluminación en el SCADA.
- El sistema guarda la programación y activará las luces según lo establecido.

Post-condiciones

- El horario de iluminación está programado.

6.8.4.6. Escenario para "Monitoreo de luz ambiental"

Descripción

- El SCADA ajusta las luces según la lectura del sensor de luz.

Pre-condiciones

- Sistema en modo automático.
- Sensor de luxes operativo.

Acciones del escenario

- El sensor de luxes detecta que los niveles de iluminación están por debajo del mínimo.
- El SCADA enciende las luces.
- Una vez los niveles de luz son adecuados, se apagan las luces de forma automática.

Post-condiciones

- La iluminación es adecuada.
- El SCADA es el encargado de la regulación.

7. CONCLUSIONES

Tal y como se recoge en la introducción, la automatización de las granjas porcinas es una práctica en constante auge hoy en día ya que presenta múltiples beneficios tanto para los granjeros como para los porcinos. Entre ellos se encuentran la mejora de la eficiencia y de la producción de la granja, el monitoreo constante de parámetros ambientales, la mejora del bienestar animal y uno de los más importantes, la reducción de errores.

Para poder llevar a cabo la automatización completa de la granja porcina presentada en este trabajo, ha sido necesario profundizar en entender cuáles son los comportamientos y necesidades de este tipo de animales durante sus diferentes etapas de la vida, pero, especialmente, en la etapa de engorde.

Algunos de los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de automatizar la granja incluyen la temperatura y ventilación, ambos esenciales para prevenir cambios drásticos en la temperatura, además de necesidades básicas como pueden ser la comida y el agua, teniendo en cuenta no solo cantidad si no calidad para evitar de este modo enfermedades.

Una de las formas más efectivas y fiables de realizar la automatización es conectar los sensores encargados de monitorear todas las tareas de la granja a un autómata programable con su respectivo SCADA. De este modo, se ofrece una interfaz fácil de controlar para la persona encargada de la granja y existe un control en tiempo real de las instalaciones permitiendo que el granjero pueda actuar con rapidez y solventar cualquier imprevisto de una forma efectiva.

Gracias al diseño creado para automatizar las instalaciones de la nave presentada en este TFG, se han conseguido automatizar las tareas de distribución del alimento, abastecimiento de agua y control tanto del

sistema de ventilación como del de iluminación, previniendo unas condiciones favorables para el correcto desarrollo de la actividad ganadera, asegurando unas condiciones de bienestar óptimas para los animales sin la necesidad de una supervisión humana constante.

Las principales contribuciones obtenidas tras realizar este trabajo son las siguientes:

1. Control del sistema de distribución del pienso, abastecimiento de agua, ventilación e iluminación.
2. Elección y justificación de cada uno de los elementos de cada sistema.
3. Diseño del programa encargado de la gestión de la granja.
4. Visualización a través de SCADA.

Teniendo en cuenta estos resultados, en el desarrollo del TFG se ha demostrado que los objetivos específicos planteados han sido alcanzados tal y como se muestra a continuación:

- Objetivo específico 1: Diseñar un programa es STEP 7 capaz de gestionar todos los elementos que conforman el sistema. Tal y como aparece reflejado en el Anexo A, este objetivo se considera alcanzado ya que, en él se muestra el programa completo dividido en la parte principal OB1 y las cuatro funciones FC1, FC2, FC3, FC4, cada una de ellas se encuentra relacionada con un sistema diferente de la granja porcina. Al no tener los componentes físicos para hacer la automatización, se optó por simular el autómata y los sensores comprobando de este modo el correcto funcionamiento de este.
- Objetivo específico 2: Selección de los componentes empleados con sus respectivos cálculos en caso de ser necesarios. Este contenido se considera alcanzado debido al contenido los apartados 5.1, en el cual se seleccionan los

elementos del sistema de distribución del pienso, destacando el cálculo del silo, la selección del sistema transportador y los elementos de dicho sistema, 5.2, dimensionado del sistema de abastecimiento del agua donde se calcula el depósito, el sistema pozo-depósito y el sistema depósito-instalaciones además de seleccionar los sensores empleados, 5.3, dimensionado del sistema de ventilación, en el cual se han calculado que tipo de ventiladores eran los más óptimos, las ventanas empleadas y el motor encargado de subir y bajar dichas persianas, 5.4, sistema de iluminación, donde se ha calculado el número de luces necesarias para una correcta iluminación y los sensores necesarios para llevar a cabo la automatización. Por último, el apartado 5.5 relacionado con la selección del autómatas, realizando comparativas entre varios modelos y marcas.

- Objetivo específico 3: Diseño del SCADA. Tal y como se contempla en el apartado 6.6 de la memoria donde se muestra el SCADA creado para el control de cada uno de los sistemas de la granja.

Por lo tanto, se puede llegar a la conclusión de que el objetivo principal de este proyecto, automatizar una granja porcina, facilitar el trabajo de los ganaderos y mejorar la eficiencia de la granja, ha sido completado con éxito tras realizar este TFG.

Hoy en día, es cierto que la automatización disminuye la necesidad de intervenciones humanas en los procesos, pero, sigue siendo crucial contar con personal capacitado capaz de solventar, en primer lugar, cualquier necesidad porcina y enseñarles nociones básicas para que sean capaces de configurar y ajustar los sistemas de automatización instalados en la granja.

A medida que la tecnología continúe avanzando, cada vez un mayor número de granjas, no solo porcinas, si no de más sectores, optará por un sistema automatizado que pueda garantizar una producción más eficiente, sostenible y ética. Durante el proceso de investigación y desarrollo de este trabajo, se han aprendido entre otras cosas, el funcionamiento completo de una granja porcina, así como las tecnologías y elementos que la conforman. Además, se han puesto en práctica conocimientos vistos durante la carrera. Se espera que este proyecto pueda servir como punto de partida para futuras implementaciones y diseños en este sector ganadero.

7.1. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

Una vez concluido el proyecto, se plantean varias líneas de investigación y posibles mejoras que se podrían aplicar en el proyecto con la finalidad de ampliarlo. Estos puntos son:

- Este trabajo se basa en la automatización de una granja porcina utilizando un autómata programable, pero se podría extrapolar a la automatización de cualquier instalación destinada a la ganadería, haciendo las modificaciones pertinentes para cubrir las necesidades de cada una.
- Un desarrollo futuro para implementar en este trabajo sería ampliar la escala del proyecto, ya que en este solamente se ha automatizado una granja constituida por una sola granja. Se podría desarrollar un proyecto en el que se automatizaran e interconectaran varias granjas entre sí.
- Otra línea de trabajo futura sería llevar a cabo el proyecto en unas instalaciones reales y verificar el correcto funcionamiento de todo el equipo, además, en caso de requerirlo, se podría ampliar el presupuesto del proyecto y utilizar elementos más sofisticados, aunque el diseñado en este trabajo es totalmente funcional y válido.
- Complementando este trabajo, se podría investigar la integración de inteligencia artificial para la optimización de los procesos de la granja, por ejemplo, instalar sensores y cámaras capaces de monitorear el comportamiento de los animales con la finalidad de prever enfermedades o necesidades alimentarias.

- Con el constante desarrollo de la tecnología y la aparición del IoT, se podrían incorporar a la granja dispositivos conectados, permitiendo de este modo una gestión a distancia en tiempo real, aumentando la eficiencia de la granja.
- Una posible línea de investigación sería el desarrollo de sistemas de gestión de residuos capaces de reducir el impacto ambiental de la granja. Hoy en día, la sostenibilidad y el medio ambiente son aspectos muy importantes a tener en cuenta.
- En cuanto a la energía, investigar la implementación de energías renovables, encargadas de proveer a la granja la electricidad necesaria para realizar las operaciones automatizadas de una forma más sostenible.
- Una línea de trabajo futura podría ser centrarse en la bioseguridad de la granja mediante sistemas que aseguren un nivel de bioseguridad elevado en las granjas porcinas, esto se podría hacer instalando sistemas de desinfección automáticos y tener una monitorización del aire, entre otros.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] Segrelles, J. A. (2001). *La ganadería porcina en España: cambios productivos y territoriales. Ponencia dictada en los cursos de verano de la Universidad de Cantabria.*

[2] Porcino.
(s. f.). <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/>

[3] Martínez, M. V. M. (s. f.). Ganadería intensiva: el reto ambiental del sector porcino en España. The Conversation. <https://theconversation.com/ganaderia-intensiva-el-reto-ambiental-del-sector-porcino-en-espana-168299>

[4] (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019).

"Resultados técnico-económicos del Ganado Porcino de Ciclo Cerrado y Cebo en 2017". Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ganado_porcino_2017_tcm30-511174.pdf

[5] Opriessnig, T., Pallaré, F. J., Nilubol, D., Vincent, A. L., Thacker, E. L., Vaughn, E. M., ... & Halbur, P. G. (2005). Genomic homology of ORF 5 gene sequence between modified live vaccine virus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus challenge isolates is not predictive of vaccine efficacy. *Journal of Swine Health and Production*, 13(5), 246-253.

[6] Paramio, T. (2000). MANEJO Y PRODUCCIÓN DE PORCINO: Breve manual de aproximación a la empresa porcina para estudiantes de veterinaria. Departament de Ciència Animal i dels Aliments Unitat de Ciència Animal Facultat de Veterinària UAB.

[7] Ciclo productivo de las granjas porcinas y sus productos | Razas Porcinas - La Comunidad de Producción Porcina. (2020, 8 abril). Razas Porcinas - La Comunidad de Producción Porcina | Aprende con Cursos Online y mucho más sobre Cría de Cerdos. <https://razasporcinas.com/ciclo-productivo-de-las-granjas-porcinas-y-sus-productos/>

[8] Agri, H. (2021, 30 junio). Control de alimento y agua. Hotraco Agri. <https://www.hotraco-agri.com/es/cerdos/control-de-alimento-y-agua/>

[9] Silos, espirales y sinfines para el manejo de animales moderno. (2022, 5 agosto). Big Dutchman. <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-gallinas-ponedoras/productos/detail/almacenamiento-y-transporte-de-pienso/> (►Silos, espirales y sinfines para el manejo de animales moderno, 2022)

[10] Admin. (2022, 8 febrero). Transporte de alimento balanceado por cadena | Sistemas Fernanz. Sistemas Fernanz. <https://www.sistemasfernanz.com/equipamiento-ganadero/transporte-de-alimento-balanceado-por-cadena/> (Admin, 2022)

[11] Ganadera, P. (2021, 5 noviembre). Transportador automático de reparto de pienso. Material Ganadero para Granjas Proyectos Agrícolas. <https://peigganadera.com/transportador-automatico-reparto-pienso/#transportadorsinfin> (Ganadera, 2021)

[12] Macoga. (s. f.). Silos de almacenamiento de pienso para granjas | MACOGA. <https://www.macoga.es/equipamiento-de-granjas/silos-de-almacenamiento/> (Macoga, s. f.)

[13] Ganadera, P. (2021a, noviembre 5). Silos granja para el almacenamiento de pienso, harina y grano. Material Ganadero para Granjas Proyectos Agrícolas. <https://peigganadera.com/silos-granja-almacenamiento-pienso-harina-grano/> (Ganadera, 2021a)

[14] (Former Group, s. f.) / Former Group. (s. f.). Comedero Cerdo Automático Tolva. <https://formergroup.com/products/comedero-cerdo-automatico-tolva>

[15] (GESTAL 3G: Sistemas de alimentación para cerdas en gestación, 2023)/ GESTAL 3G: Sistemas de alimentación para cerdas en gestación. (2023, 21 marzo). Nosia Life Science. <https://nosia-ls.es/productos/gestal-3g/>

[16] (Big Dutchman International GmbH, 2023) / Big Dutchman International GmbH. (2023, 24 marzo). Alimentación seca y alimentación líquida en la cria de porcinos. Big Dutchman. <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-cerdos/noticias/detail/alimentacion-seca-y-alimentacion-liquida-en-la-cria-de-porcinos/>

[17] (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.) / Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). <https://www.miteco.gob.es>

[18] (Ganadera, 2021a) / Ganadera, P. (2021a, noviembre 5). Depósitos agua para granjas y explotaciones agrícolas. Material Ganadero para Granjas Proyectos Agrícolas. <https://peigganadera.com/depositos-agua-granjas-explotaciones-agricolas-almacenaje-agua/>

[19] Zubicaray, M. V. (2003). Bombas: teoría, diseño y aplicaciones. Editorial Limusa.

[20] Porcicultura.com. (s. f.). Porcicultura.com. <https://www.porcicultura.com/> (Porcicultura.com, s. f.)

[21] (TWC Chupete para cerdos 1/2" inox. 50 mm - Agua y Nutrición, s. f.) // TWC Chupete para cerdos 1/2" inox. 50 mm - Agua y Nutrición. (s. f.). MS Schippers. <https://www.schippersweb.com/twc-chupete-para-cerdos-1-2-inox-50-mm-1001111.html>

[22] (Bebedero Automático para Cerdos Tipo Bola - jersimport, 2023) // Bebedero Automático para Cerdos Tipo Bola - jersimport. (2023, 7 mayo). jersimport. <https://www.jersimport.com/producto/bebederos-automaticos-para-cerdos-tipo-bola/>

[23] (Opciones de ventilación para granjas porcinas, s. f.) // Opciones de ventilación para granjas porcinas. (s. f.).

<https://www.vostermans.com/es/ventilation/blog/opciones-de-ventilacion-para-granjas-porcinas>

[24] (Todo cerdos,s.f) // Ventilación natural en 10 sencillos pasos - Todo Cerdos - El portal de noticias del sector porcino. (s. f.). <http://todocerdos.com.ar/notas.asp?nid=2224>

[25] (Willekens, s. f.) // Willekens, L. (s. f.). Truco: ¿Cómo mejorar el confort térmico en salas de maternidad? https://www.3tres3.com/es-es/articulos/mejorar-el-confort-termico-en-climas-calidos-y-en-verano-cerdas_13832/

[26] (S&P, 2019) // S&P. (2019, 15 abril). Ventilación de una granja de cerdos: caso práctico. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventilacion-granja-cerdos/>

[27] (Ventilación para cerdos, s. f.) // Ventilación para cerdos. (s. f.). <https://www.vostermans.com/es/ventilation/cerdo>

[28] (PowerFlow Túnel: ventilación integral para granjas, s. f.) // PowerFlow Túnel: ventilación integral para granjas. (s. f.). Interempresas. <https://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/18897-PowerFlow-Tunel-ventilacion-integral-para-granjas.html>

[29] (Sistema de ventilación para extracción central - Fancom, s. f.) // Sistema de ventilación para extracción central - Fancom. (s. f.).

Fancom. <https://www.fancom.es/systemen/sistema-de-ventilacion-para-extraccion-central>

[30] Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. (2004). // Cabús, J. R., Navarrete, D. G., & Porras, R. P. (2004). Sistemas SCADA. comunicación, 1024, 64k.

[31] (Ganadera, 2021) / Ganadera, P. (2021, 27 octubre). Tipos de granjas cerdos, maternidad, destete y engorde. Material Ganadero para Granjas Proyectos Agrícolas. <https://peigganadera.com/tipos-granjas-cerdos-maternidad-transicion-engorde/#>

[32] (KTF-36_H - Comedero Para Cerdos by KANE Manufacturing Company, Inc. | AgriExpo, n.d.) // KTF-36_H - Comedero para cerdos by KANE Manufacturing Company, Inc. | AgriExpo. (n.d.). <https://www.agriexpo.online/es/prod/kane-manufacturing-company-inc/product-171977-153338.html>

[33] (Elizalde et al., s. f.) / Elizalde, J. L., Ancín, A. A., Aranda, L. C., Carlos, J. & Jorajuría, I. (s. f.). Capítulo 11 Porcino.

[34] Marchegiani, A. R. (2004). Bombas centrífugas. Comahue-Argentina: Universidad Nacional de Comahue, Año.

[35] (Raulvcruz, 2021) / Raulvcruz. (2021, February 17). Bombas de desplazamiento positivo. Información completa. Asips. <https://asips.mx/bombas-de-desplazamiento-positivo-informacion-completa/>

[36] (Mompeán, 2021) / Mompeán, J. a. G. (2021, May 13). Qué son las bombas sumergibles y sus características técnicas - Gargil Suministros. Gargil Suministros. <https://gargil.es/que-son-las-bombas-sumergibles-y-sus-caracteristicas-tecnicas/>

[37] (T51, 2014)// T51, B. (2014). Bombas de Turbina Regenerativa Series T51 • E51. <https://www.mthpumps.com/bulletins/T51-E51%20Bulletin-SPANISH.pdf>

[38] Gómez, C. T. (2005). INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN. AUTÓMATAS PROGRAMABLES. Universidad de vigo.

[39] Chacón Guerrero, S., & García Arias, C. (2012). Autómata programable.

[40] (Eurogan, n.d.) // Eurogan. (n.d.). Espiral flexible. https://www.eurogan.com/es/productos-detalle.php?id_pro=15

[41] (TOLVA SWING R3 TUBE ENGORDE :: Ganadería Y Mascotas, n.d.) // TOLVA SWING R3 TUBE ENGORDE :: Ganadería Y Mascotas. (n.d.). <https://www.ganaderiaymascotas.com/comprar/comederos-y-tolvas-para-cerdos/comederos-y-tolvas-para-engorde/tolva-swing-r3-tube-engorde>

[42] (Macoga, n.d.) // Macoga. (n.d.). Depósito metálico con funda 80.214 litros diam. 9,55X1,12.

<https://www.macoga.es/depositos-de-agua-para-granjas/deposito-metalico-con-funda-80214-litros-diam-955x112.html>

[43] (Vostermans, n.d) // Selector de productos. (n.d.).
https://productselector.vostermans.com/es/product/V4D50AAM10100?filter_query=filters%5B0%5D%3DdefaultProduct,eq,1%26filters%5B1%5D%3DdefaultProduct,eq,1%26filters%5B2%5D%3Dname,in,Panel%20fans%26filters%5B3%5D%3Dphase,in,3%26filters%5B4%5D%3DmarketSegments,in,pigs%26filters%5B5%5D%3DcirculationTypes,in,circulation%26page%3D1

[44] (Motor Elevador De Ventanas 400 Kg Trivic MF220 | Calfri, 2023) // Motor elevador de ventanas 400 kg Trivic MF220 | Calfri. (2023, January 18). La Tienda Online De Aire Acondicionado Y Calefacción - Calfri. <https://www.calfri.com/tienda/motor-elevador-de-ventanas-400-kg-trivic-mf220/#>

[45] (Eurogan, n.d.) // Eurogan. (n.d.). Silos de chapa galvanizada ondulada. https://www.eurogan.com/es/productos-detalle.php?id_pro=159

[46] (Level Sensors - EGE-Elektronik Spezial-Sensoren GmbH - Catálogo PDF | Documentación Técnica | Brochure, n.d.) // Level Sensors - EGE-Elektronik Spezial-Sensoren GmbH - Catálogo PDF | Documentación técnica | Brochure. (n.d.). https://pdf.directindustry.es/pdf-en/ege-elektronik-spezial-sensoren-gmbh/level-sensors/15876-24383-_15.html

[47] (Electrónica, 2023)// Electrónica, M. (2023, April 14). Sensor de Temperatura y Humedad Relativa del Ambiente, Aire. Maher Electrónica. <https://www.maherelectronica.com/sensores-agricolas-clima/sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa/>

[48] Herrero, A. B. P. S. S. Y. R. (n.d.). 2.1 Sensores industriales | Introducción a la Automatización Industrial. https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sensores-industriales.html

[49] Principio de trabajo de una célula de carga a compresión. (2020, November 9). HBM. <https://www.hbm.com/es/7325/principio-de-trabajo-de-una-celula-de-carga-a-compresion/>

[50] Omega. (n.d.). <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>

[51] (6ES7307-1EA01-0AA0 SIEMENS SIMATIC S7-300 PS307 | Siemens | WIAutomation, s. f.). 6ES7307-1EA01-0AA0 SIEMENS SIMATIC S7-300 PS307 | Siemens | WIAutomation. (s. f.). https://es.wiautomation.com/siemens/fuente-de-alimentacion/simatic-s7/s7-300/6ES73071EA010AA0?gclid=CjwKCAjw5_GmBhBIEiwA5QSMxAzJHIUVzVz6QbjxUQG7EKNE2qmit-wJKEWn-6tNNqgL2RrgtSf4gBoCp0sQAvD_BwE

[52] (CPU 314C-2 PN/DP - Global eBusiness - Siemens WW, n.d.). CPU 314C-2 PN/DP - Global eBusiness - Siemens WW. (n.d.).

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10088673>

[53] B, H. A., V. (2022, January 7). Automatización para cerdos. Hotraco Agri. <https://www.hotraco-agri.com/es/cerdos/>



Relación de documentos

(X) Memoria 113 páginas

(_) Anexos 162 páginas

La Almunia, a 30 de 08 de 2023

Firmado: Óscar Sebastián Guarch