

Trabajo Fin de Grado

AUTOMATIZACIÓN DE GRANJA DE GANADO PORCINO

Pig farm automation

Autor

Beñat Baines Asenjo

Director

Antonio Laliena Bielsa

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Junio 2025



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

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

MEMORIA

AUTOMATIZACIÓN DE GRANJA DE GANADO PORCINO

Pig farm automation

424.25.117

Autor: Beñat Baines Asenjo
Director: Antonio Laliena Bielsa
Fecha: 06 2025

INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. DESARROLLO	6
5. DESARROLLO	38
6. SIMULACIÓN	54
7. PRESUPUESTOS	55
8. CONCLUSIONES	59
9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	61
10. BIBLIOGRAFÍA	62

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	2
2. ABSTRACT	3
2.1. KEY WORDS	3
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1. OBJETIVOS	4
4. DESARROLLO	6
4.1. URBANISMO	6
4.2. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN	8
4.2.1. Etapa de engorde	8
4.3. DISTRIBUCIÓN DE LA GRANJA	9
4.3.1. Distribución de las cuadras	9
4.3.2. Diseño de la granja	12
4.4. SISTEMA DE LA GRANJA	13

4.4.1. Suelo	13
4.4.2. Separadores	14
4.4.3. Sistema de alimentación	16
4.4.3.1. Comederos	17
4.4.3.2. Transporte de comida	18
4.4.3.3. Motor de transporte de comida	20
4.4.3.4. Silo de comida	21
4.4.4. Sistema de hidratación	22
4.4.4.1. Bebederos	22
4.4.4.2. Bomba de transporte de agua	23
4.4.4.3. Tanques de agua	25
4.4.5. Sistema de ventilación	26
4.4.5.1. Ventilación natural	26
4.4.5.2. Ventilación artificial	26
4.4.6. Sistema de iluminación	27
4.4.7. Sistema de control	28
4.4.8. Configuración del software de control	30
4.5. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL	30
4.5.1. Sensores y sondas	30
4.5.2. Sistema de control	33
4.5.2.1. Fuente de alimentación	33
4.5.2.2. Autómata	34
4.5.2.3. HMI	35
4.5.2.4. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE	36
5. DESARROLLO	38
5.1. PROGRAMACIÓN	38
5.1.1. OB1	38
5.1.2. FC 1	39
5.1.3. FC 2	41
5.1.4. FC 3	43
5.1.5. FC 4	45
5.1.6. FC 5	48
5.2. PROGRAMACIÓN SCADA	50
5.2.1. PANTALLA INICIO	50
5.2.2. PANTALLA DISTRIBUCIÓN DE AGUA	51
5.2.3. PANTALLA DISTRIBUCIÓN DE COMIDA	52
5.2.4. PANTALLA TEMPERATURA	53
6. SIMULACIÓN	54

6.1. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	54
6.2. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMIDA	54
6.3. CONTROL DE TEMPERATURA EN PLANTA	54
7. PRESUPUESTOS	55
7.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	56
7.2. SISTEMA DE HIDRATACIÓN	56
7.3. SISTEMA DE VENTILACIÓN	57
7.4. SISTEMA DE ILUMINACIÓN	57
7.5. SISTEMA DE CONTROL	57
7.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	58
7.7. RESUMEN PRESUPUESTOS	58
8. CONCLUSIONES	59
9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	61
10. BIBLIOGRAFÍA	62

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Datos parcela de la finca	6
Ilustración 2 Parcela de la finca	7
Ilustración 3 Finca	7
Ilustración 4 Coordenadas de la finca	7
Ilustración 5 Superficie de la nave.	8
Ilustración 6 Distribución de tipo vagón	10
Ilustración 7 Distribución tipo Sueco	10
Ilustración 8 Distribución tipo Danés	11
Ilustración 9 distribución de la granja.	12
Ilustración 10 suelo solido de hormigón.	13
Ilustración 11 slats plásticos.	14
Ilustración 12 slats parciales.	14

Ilustración 13 separadores de hormigón.	15
Ilustración 14 separadores de polipropileno.	15
Ilustración 15 semipaneles de PP.	16
Ilustración 16 alimentación seca.	16
Ilustración 17 alimentación líquida.	17
Ilustración 18 alimentación mixta.	17
Ilustración 19 tolva mixta.	18
Ilustración 20 transporte por espiral.	19
Ilustración 21 transporte por cadena de émbolos.	19
Ilustración 22 motorreductor.	21
Ilustración 23 complemento de silo.	21
Ilustración 24 elección silo.	22
Ilustración 25 bebedero.	23
Ilustración 26 bomba de agua pozo.	24
Ilustración 27 bomba PRA/I 0,50T.	24
Ilustración 28 deposito de agua.	26
Ilustración 29 ventilador seleccionado.	27
Ilustración 30 tubo led.	28
Ilustración 31 SIMATIC S7-300.	29
Ilustración 32 pantalla HMI.	29
Ilustración 33 sensor de temperatura.	31
Ilustración 34 sensor de nivel radar VEGAPULS C 21.	32
Ilustración 35 sensor KQ6002.	33
Ilustración 36 PS307 24V/5A.	34
Ilustración 37 CPU 314C-2DP.	35
Ilustración 38 HMI MP 277 10".	36
Ilustración 39 configuración del programa.	36
Ilustración 40 conexión MPI.	37

Ilustración 41 Hardware.	37
Ilustración 42 OB1.	38
Ilustración 43 FC1 segmentos 1 y 2.	39
Ilustración 44 FC1 segmentos 3 y 4.	40
Ilustración 45 FC2 segmento 1.	41
Ilustración 46 FC2 segmento 2, 3 y 4.	42
Ilustración 47 FC3 segmento 1.	43
Ilustración 48 FC3 segmento 2.	44
Ilustración 49 FC4 segmento 1.	45
Ilustración 50 FC4 segmento 2 y 3.	46
Ilustración 51 FC4 segmento 4.	47
Ilustración 52 FC5 segmento 1.	48
Ilustración 53 FC5 segmento 2 y 3.	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 calculo de las cuadras.	12
Tabla 2 espiral de 55mm.	19
Tabla 3 características motorreductor.	20
Tabla 4 Características bomba pozo.	23
Tabla 5 características bomba distribución.	24
Tabla 6 sensor de temperatura.	31
Tabla 7 características VEGAPULS C 21.	32
Tabla 8 características sensor KQ6002.	33
Tabla 9 sistema de alimentación.	56
Tabla 10 sistema de hidratación.	56
Tabla 11 sistema de ventilación.	57

Tabla 12 sistema de iluminación.	57
Tabla 13 sistema de control.	57
Tabla 14 instalación eléctrica.	58
Tabla 15 resumen de presupuestos.	58

1. RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema de automatización integral para una granja de engorde de ganado porcino, ubicada en Berbinzana (Navarra). La automatización busca optimizar la gestión de los recursos y mejorar el bienestar animal mediante el control centralizado de los sistemas de alimentación, hidratación, ventilación, iluminación y monitorización ambiental.

Para alcanzar estos fines, se ha desarrollado una solución basada en un autómata programable (PLC Siemens S7-300) y una interfaz HMI táctil que permite la supervisión en tiempo real de los parámetros críticos del entorno de cría. El sistema integra sensores de nivel, temperatura y flujo, así como actuadores que controlan la distribución de alimento, el suministro de agua y la climatización de la nave. Todo el proceso ha sido diseñado para funcionar tanto en modo automático como manual, proporcionando flexibilidad y seguridad operativa.

La metodología empleada incluye el análisis de las necesidades zootécnicas en la etapa de engorde, la selección de componentes adecuados del mercado, el diseño del sistema de control y la simulación del comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones. Se ha hecho especial énfasis en asegurar la compatibilidad entre los diferentes subsistemas y en cumplir con la normativa vigente sobre bienestar animal.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema automatizado permite reducir la intervención humana, mejorar el control sobre las condiciones ambientales y garantizar un suministro constante y eficiente de alimento y agua. Asimismo, se consigue una reducción en el desperdicio de recursos y una mejor respuesta ante fallos mediante alarmas inteligentes.

En conclusión, este proyecto representa una solución viable y escalable para la modernización de explotaciones porcinas, con potencial para mejorar significativamente la productividad y la sostenibilidad del proceso de cría intensiva.

1.1. PALABRAS CLAVE

- Automatización
- Granja porcina
- Sistema de control
- Bienestar animal
- Alimentación automática

2. ABSTRACT

This project is about the automation of a pig fattening farm in Berbinzana, Navarra. The main goal is to improve the way the farm works by using machines and technology to control feeding, water, temperature, light, and air for the pigs.

To do this, we use a PLC (programmable logic controller) and a touchscreen screen (HMI) to check and control everything. The system uses sensors to measure things like temperature and the level of water or food. It also uses pumps, motors, and fans to keep everything working well. The farm can work in automatic mode or manual mode, depending on what is needed.

The steps of the project included studying the needs of the pigs, choosing the right equipment, programming the control system, and testing how it works. The design follows rules to protect the animals and make their environment better.

The results show that the system helps the farm work better, saves time and resources, and keeps the animals in good condition. It also helps workers know if something goes wrong, thanks to alarms.

In summary, this project is a good example of how technology can make pig farming easier, safer, and more efficient.

2.1. KEY WORDS

- Automation
- Pig farm
- Control system
- Animal welfare
- Automatic feeding

3. INTRODUCCIÓN

Nuestro principal objetivo es desarrollar un sistema automatizado que regule tanto la alimentación (comida y agua) como las condiciones ambientales de los animales, favoreciendo así su crecimiento óptimo. Para lograrlo, será imprescindible implementar un control automático del nivel de alimento almacenado en el silo.

En esta granja, buscamos optimizar el engorde de los animales, asegurando que siempre dispongan de la cantidad de agua y comida necesaria. Para ello, implementaremos un sistema de control automático basado en un PLC, el cual gestionará estos factores mediante sensores y actuadores. Además, contará con un sistema de alertas que notificará a los operarios a través de una pantalla.

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto se centran en la automatización y el control de los aspectos clave en una granja de engorde porcina, incluyendo la gestión eficiente de los recursos y la atención a las necesidades de los animales. A lo largo de todo el proceso, nos aseguraremos de cumplir con el Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, que establece las normas mínimas para la protección de los cerdos.

- **Análisis de condiciones óptimas:** Evaluar los factores ambientales, de alimentación y de infraestructura necesarios para garantizar el bienestar y el desarrollo adecuado de los animales.
- **Investigación de mercado:** Seleccionar los componentes y tecnologías más adecuados para el proyecto, considerando calidad, eficiencia y costo.
- **Desarrollo del sistema:** Diseñar y programar el sistema de control automatizado, integrando sensores, actuadores y dispositivos de monitoreo.
- **Implementación y prueba:** Instalar y poner en marcha el sistema, verificando su correcto funcionamiento en condiciones reales.

- **Evaluación y mejora:** Analizar los resultados obtenidos, identificar oportunidades de optimización y realizar los ajustes necesarios para mejorar la eficiencia del sistema.

4. DESARROLLO

El párrafo anterior tiene aplicado el estilo TFG_Título1

Dividido en epígrafes. En este apartado, el más amplio, se expondrá el cuerpo fundamental del trabajo y se argumentarán las ideas principales y secundarias del mismo.

Detalla el proceso que se ha llevado a cabo para la elaboración del TFG y la metodología adoptada dependiendo de la naturaleza del TFG escogido (contenido teórico, caso práctico, proyecto, estudio técnico, revisión bibliográfica y estado de la cuestión, justificación, resultados...), pero en todo caso debe estar dividido en capítulos homogéneos y numerados.

4.1. URBANISMO

La instalación elegida para automatizar y diseñar nuestra planta será una granja de ganado porcino, pertenece al municipio de Berbinzana (Navarra). [1]

La parcela cuenta con una superficie de 8030m con dos naves, nosotros vamos a utilizar la nave situada en el medio de la finca que es de 833m² construidos.

Consulta de referencia catastral

Municipio: BERBINZANA (53)

Polígono: 2

Parcela: 939

Paraje: EL LINTE

Superficie: 8.030,38 m²

----- Opciones para la Parcela ----- ▾

Subáreas

SUBÁREA	Calle	Portal	
1	DS. DISEMINADOS	S-P	Ver Unidades

Subparcelas rústicas

Valor "de Decretos"

Bien Inmueble	SUBPARCELA	Tipo de Tierra	Cultivo	Clase	Superficie (m ²)
310000000002322822ZZ *	A	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	0	8.030,38

(*) Este bien inmueble está conformado por varias unidades inmobiliarias (unidades urbanas y/o subparcelas)

Nafarroako
Gobernua  Gobierno
de Navarra

Ilustración 1 Datos parcela de la finca

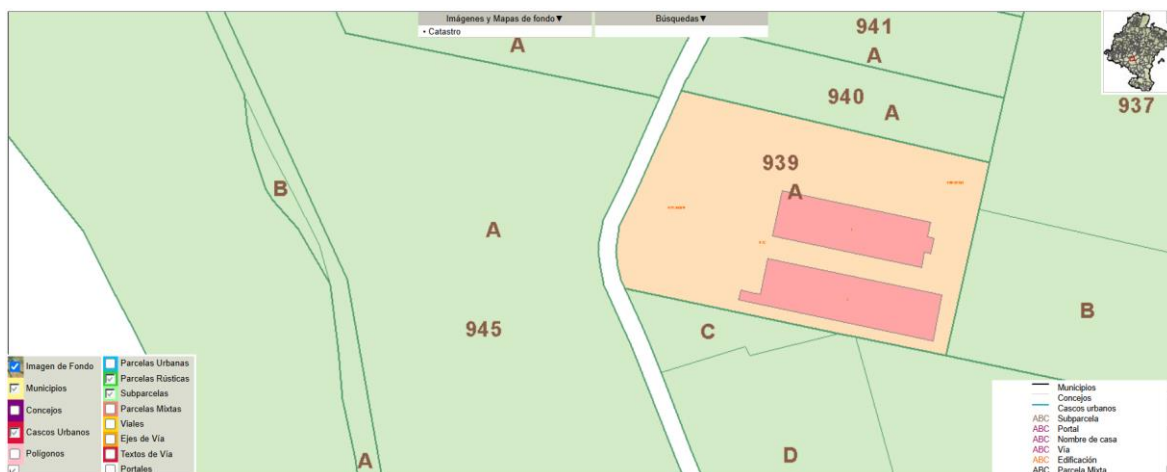


Ilustración 2 Parcela de la finca

La situación geográfica de esta zona de Navarra hace que sean zonas con un clima mediterráneo templado, de veranos secos y cálidos. Siendo las temperaturas de unos 18º de media, con precipitaciones anuales escasas. Contando con 3 o 4 meses de secos veranos.

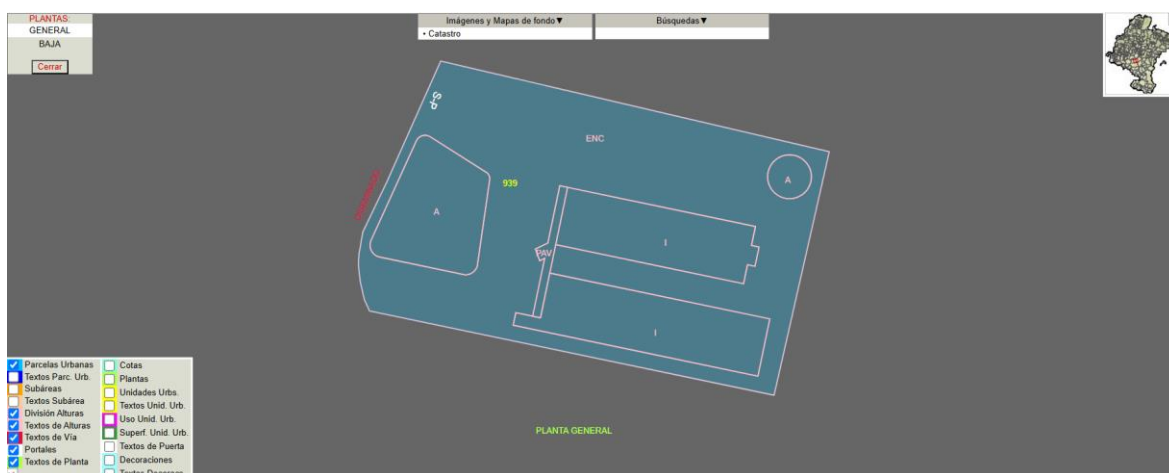


Ilustración 3 Finca

ETRS-89
42° 31' 5,46" N
1° 49' 26,45" W
UTM x: 596.599
30N y:4.707.982

Ilustración 4 Coordenadas de la finca

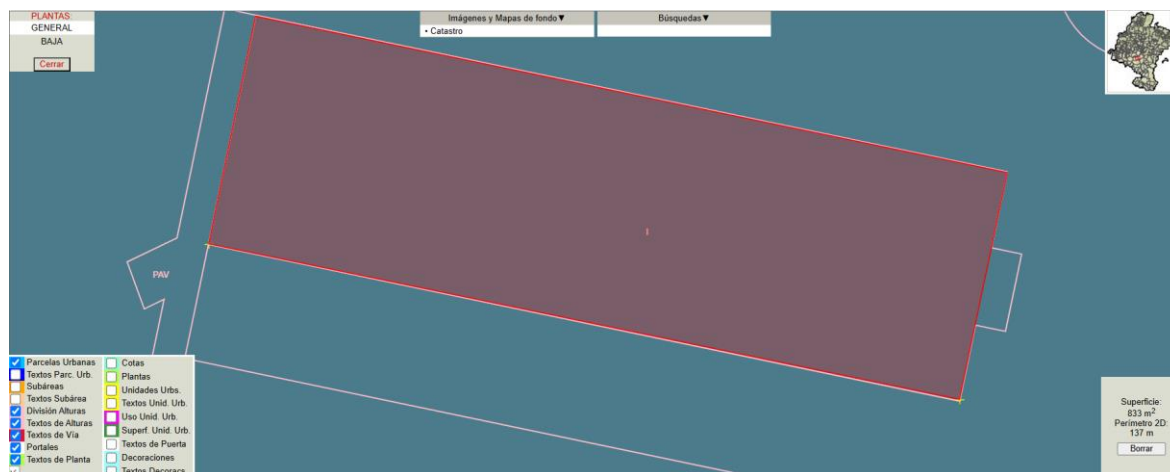


Ilustración 5 Superficie de la nave.

Como hemos dicho anteriormente la nave que vamos a usar para la etapa de engorde va a ser la del medio. Tiene 16m de ancho por 52m de largo, lo cual hace una nave de 832m². [1]

4.2. DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN

El desarrollo de la producción porcina se compone de tres etapas fundamentales: Maternidad, destete y engorde. Cada una de estas fases presenta variaciones en las necesidades, el comportamiento y las características fisiológicas de los cerdos. La gestión adecuada de las instalaciones y del ambiente durante cada etapa es crucial para garantizar la salud de los animales y optimizar los índices zootécnicos.

Este estudio se centra en la fase de engorde de los cerdos, un período clave en la producción porcina, donde los animales son alimentados hasta alcanzar el peso óptimo para su sacrificio. Aunque esta etapa no presenta los mismos desafíos críticos que las semanas posteriores al destete, sigue siendo esencial para garantizar el bienestar de los cerdos y la eficiencia en el proceso productivo.

4.2.1. Etapa de engorde

El período comprendido desde el destete lo cual comúnmente ocurre alrededor de 21 a 28 días hasta el momento en que el cerdo alcanza el peso de venta lo cual se da alrededor de las 22 semanas de edad según las demandas del mercado, es lo que se conoce como etapa de engorde.

Durante este periodo de producción es donde se tiene importantes oportunidades para lograr que los cerdos logren expresar todo su potencial de producción.[2]

El objetivo principal es que los cerdos crezcan a un ritmo promedio de 800 gramos por día, consuman en total un promedio de 223 kilos de alimento para que alcancen un peso promedio de venta de 103 kilos.

Para que se den estos resultados deben transcurrir un promedio de 126 días ó 18 semanas. Durante dicho lapso pueden darse una serie de situaciones que limiten el llegar a los resultados esperados.

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LA GRANJA

La distribución de una granja porcina es un aspecto clave para garantizar la eficiencia productiva, el bienestar animal y la bioseguridad de la explotación. Una planificación adecuada de los espacios permite optimizar el manejo diario, facilitar el flujo de trabajo y reducir el riesgo de enfermedades. La disposición lógica y ordenada de las secciones, junto con el uso de tecnologías automatizadas, permite un control más preciso de las condiciones ambientales y una mejora en la eficiencia operativa del sistema productivo.

4.3.1. *Distribución de las cuadras*

- Distribución tipo vagón

Consiste en un pasillo longitudinal donde da acceso a otros pasillos perpendiculares, estos pasillos perpendiculares dan acceso a las cuadras de manera individual (véase imagen siguiente). esta distribución puede tener pavimento total o parcial.[3]

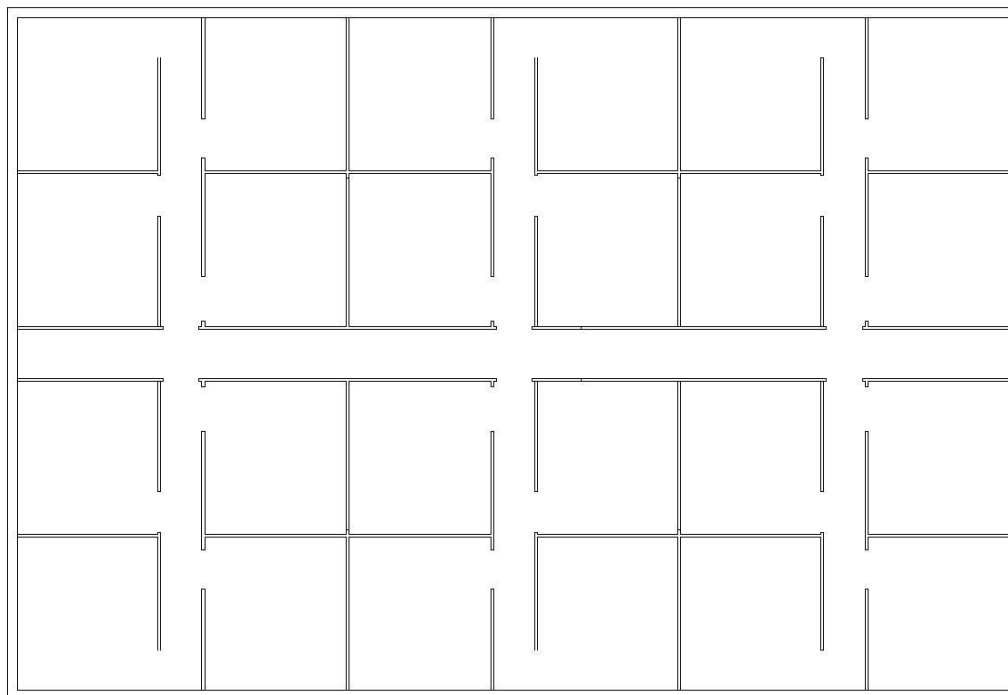


Ilustración 6 Distribución de tipo vagón

- Distribución tipo Sueco

Los pasillos de manejo se encuentran adosados a la fachada longitudinal.

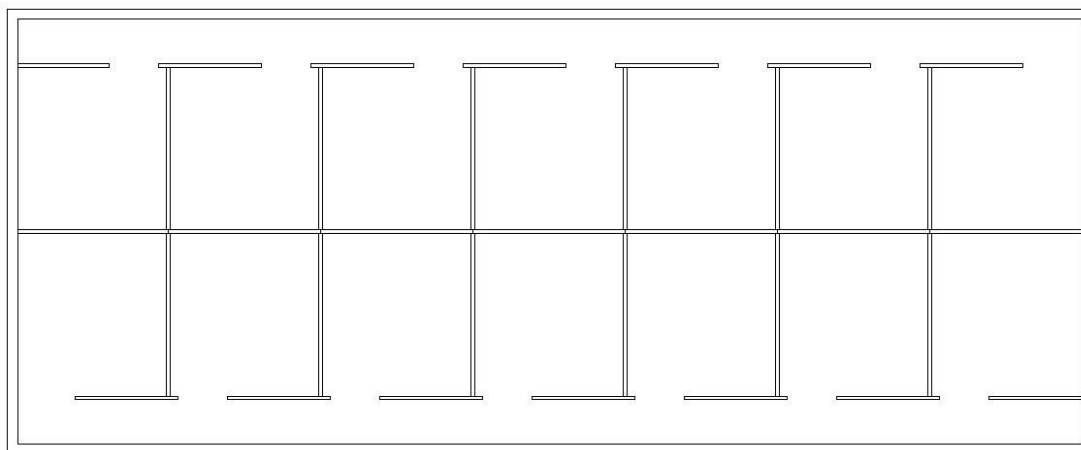


Ilustración 7 Distribución tipo Sueco

Las ventajas es una mejora del control de los animales, así como contacto entre ellos mismo si se utilizan separaciones metálicas o de hormigón con huecos pasantes, también tendremos una mejor temperatura para los animales, pues los corrales se encuentran alejados de los cerramientos longitudinales, el inconveniente principal sería la altura de la nave.

- Distribución tipo Danés

Los corrales se sitúan a ambos lados de los pasillos de manejo.

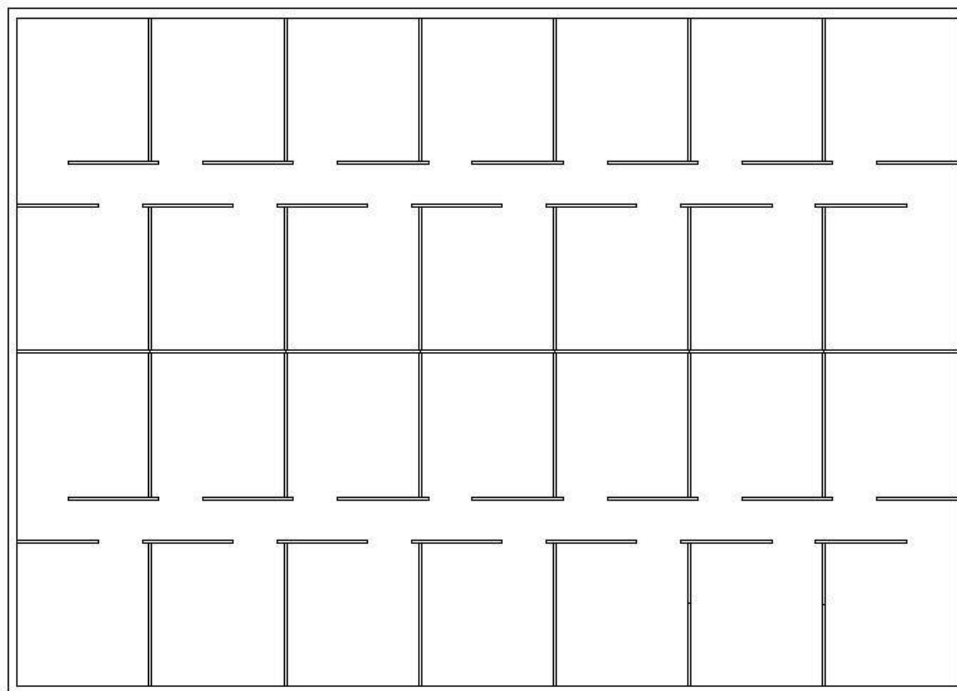


Ilustración 8 Distribución tipo Danés

Las ventajas principales es que la nave no necesita una altura elevada, ahorrando costes, tampoco se pierde superficie útil como en el caso de la distribución tipo vagón, el principal inconveniente es que no se consigue una buena refrigeración.

- Distribución tipo conjunta

Los cerdos agrupados en corrales de 500 cabezas. Esta solución es la menos indicada, pues no se puede llevar un control estricto de la evolución de los cerdos, por eso no es recomendable.

Se ha optado por utilizar la **distribución tipo danés** debido a las ventajas que ofrece en relación con la nave disponible. Esta configuración permite aprovechar de forma más eficiente la superficie útil, al situar los corrales a ambos lados de los pasillos de manejo, lo cual reduce el espacio desperdiciado. Además, no requiere una nave con gran altura, lo que resulta ideal considerando las características constructivas del edificio existente y permite una optimización de los costes de infraestructura. Aunque presenta ciertas limitaciones en cuanto a la refrigeración, estas pueden ser compensadas mediante un sistema de ventilación adecuado, manteniendo el bienestar animal y la funcionalidad operativa.

4.3.2. Diseño de la granja

Tras estudiar las cuatro distribuciones anteriores, hemos decidido emplear la distribución de tipo danés como distribución para la planta, ya que el desperdicio de superficie útil es muy reducido, así como la altura de la nave, que no se necesita de una gran altura. Estos factores se traducen en una menor inversión inicial.

Este tipo de distribución es muy común en las plantas de engorde de ganado porcino, debido a su facilidad de acceso a las cuadras, así como la sencillez que nos aporta este tipo de distribución a la hora de controlar la evolución individual de cada cerdo.

Uno de los principales inconvenientes de esta distribución sería el control de la temperatura, así como de la extracción de gases, que conseguiremos controlar mediante extracción forzada.

Las dimensiones de los corrales son de 4,37 m de ancho por 5,12 m de largo, lo que nos da una superficie total de **22,37 m²** por cuadra. Se han dispuesto un total de **30 cuadras**, según se observa en la siguiente distribución tipo danés, con pasillos de manejo entre bloques.

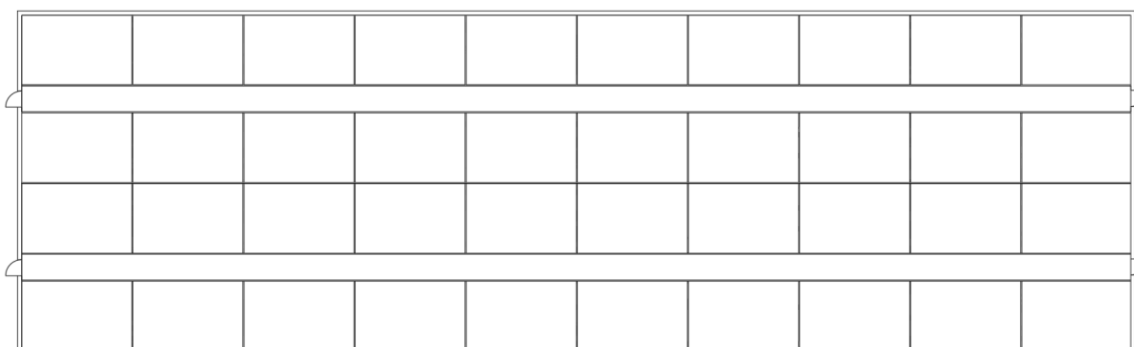


Ilustración 9 distribución de la granja.

DIMENSIÓN	ANCHO	LARGO	SUPERFICIE	Cerdos/cuadra (0,8m ²)
VALOR	4,37 m	5,12 m	22,37 m ²	28 cerdos

Tabla 1 calculo de las cuadras.

En esta tabla podemos ver como en cada cuadra hay 28 cerdos que en 30 cuadras hacen una granja de **840 cerdos**.

También debemos calcular o comprobar si se cumple el valor de superficie necesaria por animal de engorde, que ronda los **0,7 y 0,8 m²/animal**. Para ello realizaremos el siguiente cálculo:

$$\frac{4,37m \times 5,12m}{28 \text{ cabezas}} = 0,78m^2 \text{ por cerdo}$$

4.4. SISTEMA DE LA GRANJA

Con el objetivo de optimizar el rendimiento de la explotación porcina, se ha realizado un estudio detallado sobre los distintos sistemas que compondrán la infraestructura técnica de la granja. A continuación, se detallan los principales elementos que forman parte de la instalación, adaptados a las necesidades específicas de una planta de engorde.

4.4.1. Suelo

La elección del tipo de suelo en instalaciones porcinas tiene una repercusión directa en la limpieza, el confort del animal y la eficiencia del drenaje. Se han valorado varias opciones, entre ellas:[4]

- **Suelo sólido de hormigón:** Constituye una superficie continua y estable, aunque presenta dificultades en cuanto al drenaje. Este tipo suele requerir el uso de paja para proporcionar aislamiento térmico y evitar deslizamientos. Además, que estén contruidos de tal forma que no causen daño ni sufrimiento a los animales.[4]



Ilustración 10 suelo solido de hormigón.

- **Slats plásticos (rejilla completa):** Facilitan el paso de purines a un sistema de recogida inferior, optimizando la limpieza. No obstante, cuando están mojados, incrementan el riesgo de caídas.



Ilustración 11 slats plásticos.

- **Slats parciales:** Combinan zona de descanso sólida con área de evacuación de purines mediante rejilla, lo que permite un balance adecuado entre confort y limpieza.



Ilustración 12 slats parciales.

La solución seleccionada ha sido el sistema de **slats de hormigón parcial**, por su durabilidad, facilidad de mantenimiento y comodidad del porcino.

4.4.2. Separadores

Los separadores o divisores entre cuadras son esenciales para estructurar adecuadamente el espacio y permitir una gestión eficiente del ganado. Su función principal es dividir a los animales en grupos, permitiendo controlar mejor la alimentación, el crecimiento y la limpieza.

Se han valorado diferentes materiales utilizados comúnmente:

- **Separadores de hormigón:** Robustos y con una alta durabilidad, aunque su peso puede dificultar las labores de limpieza y reconfiguración.[5]



Ilustración 13 separadores de hormigón.

- **Separadores de polipropileno (PP):** Ofrecen una excelente resistencia, son ligeros y permiten una limpieza más eficaz. Al ser impermeables y no porosos, evitan acumulaciones de suciedad y microorganismos.[6]



Ilustración 14 separadores de polipropileno.

- **Semipaneles de PP:** Utilizados especialmente en las zonas de contacto con las paredes, aportan protección adicional y mejor estanqueidad.



Ilustración 15 semipaneles de PP.

Considerando sus ventajas, se ha optado por **paneles de polipropileno**, tanto en formato de separadores como en semipaneles, por su facilidad de manejo, higiene y capacidad de adaptación al diseño modular de las cuadras.

4.4.3. Sistema de alimentación

El sistema de alimentación elegido combina eficiencia, higiene y reducción de desperdicios. Se evaluaron tres modelos principales:

- **Alimentación seca:** Uso de pienso granulado, sencillo de gestionar, pero menos eficiente en términos digestivos.



Ilustración 16 alimentación seca.

- **Alimentación líquida:** Sistema automatizado que mezcla piensos con agua, permite personalizar las dietas, pero implica una inversión elevada.[7]



Ilustración 17 alimentación líquida.

- **Alimentación mixta:** Combinación de pienso seco que se mezcla con agua en el comedero. Aumenta la palatabilidad del alimento y mejora su absorción sin incrementar significativamente el coste.



Ilustración 18 alimentación mixta.

En este caso, se optó por una **alimentación mixta**, que ofrece un equilibrio entre eficiencia digestiva y coste de instalación. Cada cuadra dispondrá de un comedero mixto, lo que supone un total de 76 unidades.

4.4.3.1. Comederos

Los comederos seleccionados son de tipo tolva mixta. Este diseño permite mantener el alimento seco hasta el punto de consumo, donde

se mezcla con agua, facilitando su digestión. Las características clave de esta solución son:

- Capacidad para varios animales simultáneamente.
- Dosificación automática del pienso.
- Reducción del desperdicio alimentario.
- Mejora del índice de conversión alimenticia.
- Regulación de la caída de pienso: es fundamental que sea preciso y fácil de manejar. Determinará el mayor o menor desperdicio de pienso.
- Profundidad y altura del plato donde se suministra el pienso.
- Durabilidad y coste: los materiales con los que están fabricadas este tipo de tolvas determinarán la durabilidad y por lo tanto el coste a largo plazo.



Ilustración 19 tolva mixta.

El modelo elegido proporciona pienso y agua en el mismo compartimento, asegurando una buena ingesta y mayor comodidad para los animales.

4.4.3.2. Transporte de comida

Para el transporte del alimento desde los silos a los comederos, se barajaron dos sistemas:

- **Transporte por espiral (tornillo sin fin):** Utiliza una espiral giratoria en el interior de una tubería, adecuada para instalaciones de tamaño medio y largas distancias.



Ilustración 20 transporte por espiral.

- **Transporte por cadena con émbolos:** Apropriado para distancias más cortas y alimentos diferenciados.

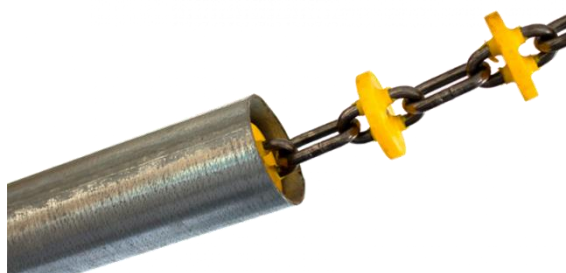
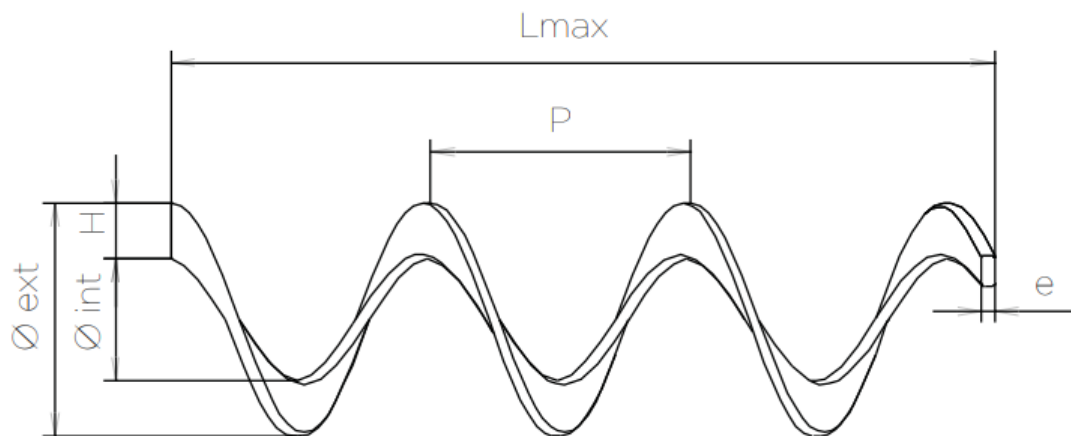


Ilustración 21 transporte por cadena de émbolos.

Dado que toda la granja maneja el mismo tipo de pienso, se implementó un sistema **de espiral con tubería de PVC de 55 mm de diámetro**.

CÓDIGO	EXTERIOR Ø (D) mm	INTERIOR Ø (d) mm	PASO ENTRE ESPIRAS (P) mm	LONGITUD DEL ROLLO m	TUBO Ø mm
G02013022140	38	22	40	100	55

Tabla 2 espiral de 55mm.



Hemos seleccionado el sistema de espiral por las siguientes características:[8]

- Espiral fabricada en acero templado de alta resistencia, lo que garantiza una larga vida útil.
- Una solución económica y eficiente para el transporte, de productos granulados o molidos, para el sector ganadero e industrial, donde no se requiere un alto caudal de producción por hora.
- Uso en tramos tanto lineales como curvos, de incluso considerable longitud.
- Consumo energético bajo.
- Capacidad de transporte desde 400 kg/h hasta 4000 kg/h.
- Reducción de mano de obra y sencillez de manejo.

4.4.3.3. Motor de transporte de comida

El sistema de transporte por espiral requiere dos motorreductores específicos, capaz de garantizar un suministro continuo y sin atascos. El fabricante del sistema de distribución por espiral nos recomienda el siguiente motor con sus características:

CÓDIGO	TIPO	POTENCIA CV	MOTOR V	FRECUENCIA Hz
3G99T0015A2A	Trifásico	1,5	230/400	50/60

Tabla 3 características motorreductor.

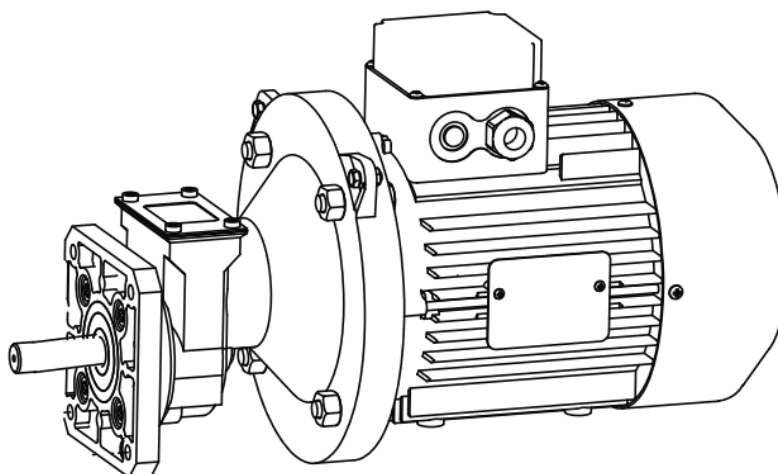


Ilustración 22 motorreductor.

Estos motoredutores accionan dos sinfines que extraen el alimento del silo y lo introducen en las líneas de transporte principales mediante el siguiente complemento que se le puede poner en la parte inferior a los silos.

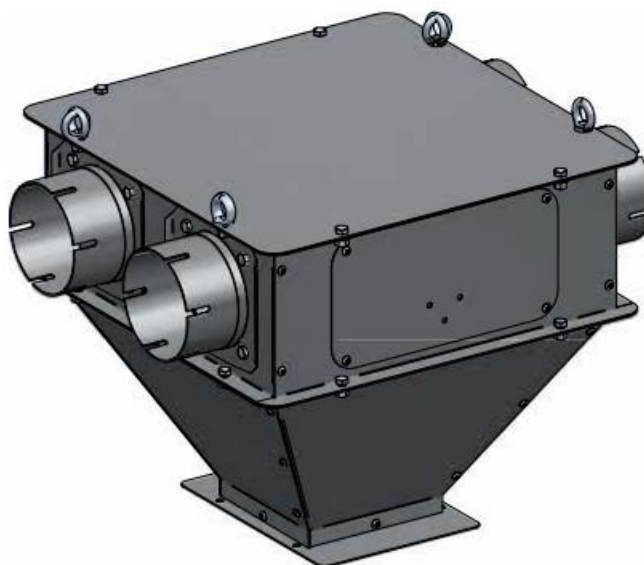


Ilustración 23 complemento de silo.

4.4.3.4. Silo de comida

En la instalación de engorde para los **840 cerdos proyectados**, es imprescindible contar con un sistema de almacenamiento de pienso fiable, higiénico y diseñado para funcionar de forma continua. A continuación se presentan los tipos de silos disponibles y la justificación

de la elección, siempre dentro de la línea **SYMAGA**, como marca ya utilizada.

• Cálculo de capacidad necesaria

- Consumo diario total:
 $840 \text{ cerdos} \times 2,75 \text{ kg/día} = \mathbf{2.310 \text{ kg/día}}$
- Autonomía prevista: 10 días $\rightarrow 23.100 \text{ kg}$
- Considerando piensos de densidad $\approx 600 \text{ kg/m}^3 \rightarrow$ se requieren $\geq 38,5 \text{ m}^3$ de silo

Modelo		Ø		Nº Anillos	Ángulo Tolva	Nº de patas	Capacidad			Altura de carga		Altura total con protección	
		m	pies				m³	pies³	toneladas*	m	pies	m	pies
6 PATAS	G01SG275G60	275	9	1	60	6	12,42	438,61	8,07	4.89	16.04	5.21	17.09
	G01SG275G60			2	60	6	19,19	677,69	12,47	6.03	19.78	6.35	20.83
	G01SG275G60			3	60	6	25,96	916,77	16,87	7.17	23.52	7.49	24.57
	G01SG275G60			4	60	6	32,73	1.155,85	21,28	8.31	27.26	8.63	28.31
	G01SG275G60			5	60	6	39,50	1.394,93	25,68	9.45	31.00	9.77	32.05
	G01SG320G60	320	10	1	60	6	18,27	645,20	11,88	5.43	17.81	5.60	18.37
	G01SG320G60			2	60	6	27,44	969,04	17,84	6.57	21.55	6.74	22.11
	G01SG320G60			3	60	6	36,61	1.292,87	23,80	7.71	25.29	7.88	25.85
	G01SG320G60			4	60	6	45,78	1.616,71	29,76	8.85	29.03	9.02	29.59
	G01SG320G60			5	60	6	54,95	1.940,54	35,72	9.99	32.77	10.16	33.32

Ilustración 24 elección silo.

El modelo G01SG320G60 tiene una capacidad total de **36,61 m³**, lo que equivale a unos **23,8 toneladas** de pienso (considerando una densidad de 0,65 t/m³), cumpliendo perfectamente con este requisito sin sobredimensionar la instalación.[9]

4.4.4. Sistema de hidratación

El suministro de agua debe garantizarse de forma constante y eficiente en una explotación de engorde porcina. El sistema diseñado incluye bebederos automáticos, tuberías de distribución, una bomba de impulsión y depósitos de almacenamiento.

4.4.4.1. Bebederos

Dado que en esta explotación se empleará un sistema de alimentación con pienso mixto (mezclado con agua), se instalarán **bebederos tipo cazoleta de acero inoxidable**, más adecuados que los chupetes convencionales. Estos bebederos permiten que los cerdos beban cómodamente y consuman el alimento húmedo sin desperdicio, manteniendo el nivel de agua gracias a una **válvula de boya integrada**.



Ilustración 25 bebedero.

El modelo elegido está fabricado en **acero inoxidable AISI 304**, con un diseño profundo que evita salpicaduras y facilita el acceso del animal. Su construcción robusta y de fácil limpieza garantiza higiene y durabilidad en condiciones intensivas.

Se colocará **un bebedero por cuadra**, sumando un total de **30 unidades**, distribuidas junto a los puntos de alimentación para favorecer el consumo coordinado.

4.4.4.2. Bomba de transporte de agua

Para llevar el agua desde el pozo hasta el depósito principal de almacenamiento, se requiere una bomba adecuada capaz de cumplir con las exigencias del caudal y la altura de aspiración necesarias. En este proyecto se ha optado por un modelo de bomba sumergible que destaca por su rendimiento y fiabilidad frente a líquidos con posibles impurezas.

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de la bomba seleccionada para esta función:[10]

Referencia	Potencia	Caudal máximo	Altura de aspiración	Entrada/Salida
XTVS100 (Ref. 663189)	1 HP	350 L/min	14 m	2"

Tabla 4 Características bomba pozo.



Ilustración 26 bomba de agua pozo.

Este modelo ha sido escogido por su capacidad para bombear grandes volúmenes de agua con una potencia contenida, así como por su resistencia al manejo de agua con partículas en suspensión, evitando así obstrucciones.

El sistema de distribución de agua también requiere una segunda bomba, encargada de trasladar el agua desde el depósito hasta cada uno de los puntos de consumo ubicados en las distintas cuerdas. Para ello se ha seleccionado una bomba más pequeña, pero con una presión suficiente para alimentar toda la red hidráulica interna:[11]

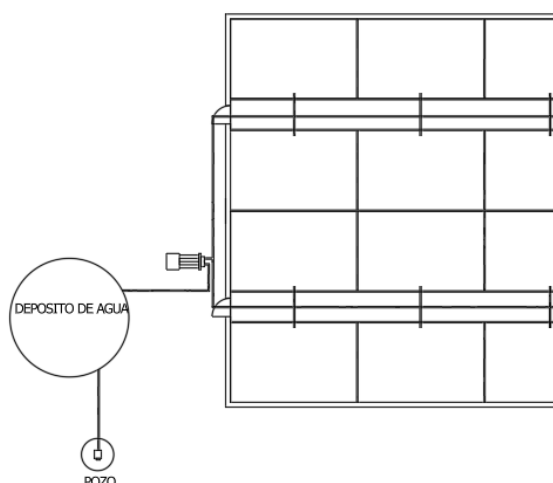
Referencia	Potencia	Caudal máximo	Altura de aspiración	Entrada/Salida
PRA/I 0,50 T	0,37KW	35 L/min	45 m	2"

Tabla 5 características bomba distribución.



Ilustración 27 bomba PRA/I 0,50T.

El diseño del circuito de agua consiste en una tubería principal de 50 mm de diámetro que parte del depósito. Esta se divide en dos líneas secundarias de 32 mm, dispuestas a lo largo de los pasillos de la nave. Desde estas, se derivan tuberías de menor diámetro (10 mm) que llegan directamente a cada una de las 76 cuadras, garantizando así una distribución eficiente y homogénea.



El sistema hidráulico se construirá íntegramente con tuberías de PVC, por su ligereza, facilidad de instalación y buena relación calidad-precio. Este material también facilita futuras tareas de mantenimiento o ampliación del sistema.

4.4.4.3. Tanques de agua

Según datos técnicos, un cerdo en fase de engorde consume aproximadamente **6 litros de agua al día**. Para asegurar el abastecimiento incluso en caso de incidencias o fallos en el sistema de extracción, se recomienda dimensionar el depósito para al menos **10 días** de autonomía.

- **Cálculo diario de consumo:**

$840 \text{ cerdos} \times 6 \text{ litros/día} = 5.040 \text{ litros/día}$.

- **Capacidad necesaria para 10 días:**

$5.040 \text{ litros/día} \times 10 \text{ días} = 50.400 \text{ litros}$.

Para cumplir con estos requisitos, se requiere un depósito con una capacidad mínima de 50.400 litros, es decir, **50,4 m³**.

Modelo	Diámetro (m)	Altura (m)	Capacidad (litros)	Material
BMM.DDF01007	8,0	1,1	56.000	Acero galvanizado



Ilustración 28 depósito de agua.

Este depósito cumple con el margen de seguridad necesario y ofrece una buena relación entre tamaño y facilidad de instalación, especialmente si eliges un modelo modular de acero galvanizado con revestimiento interior, lo que asegura durabilidad y resistencia a la corrosión.[12]

4.4.5. Sistema de ventilación

El confort térmico de los animales es clave para mantener su salud y optimizar su crecimiento. La ventilación permite regular la temperatura, la humedad y eliminar gases nocivos como el amoníaco.

4.4.5.1. Ventilación natural

La ventilación natural aprovecha las corrientes de aire y las diferencias de temperatura entre el interior y exterior de la nave para renovar el aire de forma continua, sin equipos mecánicos. El aire fresco entra por aberturas laterales y el caliente se evacua por salidas en la cubierta.

Este sistema es simple, económico y silencioso, ideal para granjas en zonas de clima templado con baja densidad de animales. Sin embargo, su eficacia depende de factores externos como el viento o la orientación del edificio, por lo que puede requerir apoyo mecánico en ciertas condiciones.

4.4.5.2. Ventilación artificial

La ventilación artificial permite un control preciso de la temperatura, humedad y calidad del aire dentro de la nave, mediante el uso de extractores eléctricos. Es especialmente útil en climas extremos o instalaciones con alta densidad de animales, donde la ventilación natural resulta insuficiente.

Existen tres tipos principales según la presión generada:

- **Presión positiva:** el aire entra con ventiladores y sale por aberturas. Útil en climas fríos.
- **Presión neutra:** se equilibra el aire entrante y saliente con ventiladores en ambos sentidos.
- **Presión negativa:** se extrae el aire con ventiladores, provocando la entrada de aire exterior por aberturas. Es el sistema más común en granjas intensivas.

Para esta instalación se ha optado por un sistema de **presión negativa**, por su eficiencia y facilidad de mantenimiento. Se instalarán **dos ventiladores tipo chimenea**, colocados en la parte superior de la nave para garantizar la extracción uniforme del aire.

- **Ventiladores seleccionados:**

Modelo	Tensión (V)	Corriente (A)	Caudal (m ³ /h)	Aislamiento	Protección
GES.P4E40Q	230	1	4840	Clase F	IP65



Ilustración 29 ventilador seleccionado.

Estos ventiladores aseguran una renovación de aire eficaz, contribuyendo al bienestar de los animales y al control de gases como el amoníaco.[13]

4.4.6. Sistema de iluminación

Una correcta iluminación en la granja es fundamental para garantizar el bienestar de los animales y facilitar el trabajo diario. Es importante evitar zonas con iluminación deficiente o excesiva, ya que los cerdos pueden mostrar rechazo a atravesarlas, afectando su comportamiento.

También es esencial evitar el uso de luminarias con parpadeo, como los fluorescentes tradicionales, ya que este efecto puede causar estrés en los animales. Por ello, se recomienda el uso de tecnología LED, que proporciona una luz estable, uniforme y de bajo consumo.

Para esta instalación se han elegido **tubos LED** distribuidos homogéneamente por toda la nave, garantizando una iluminación uniforme y sin zonas oscuras.

Modelo	Temperatura color	Lúmenes	Potencia	Voltaje
Philips CorePro LEDtube 1200mm	5000K (luz neutra)	3700 lm	36 W	220-240 V

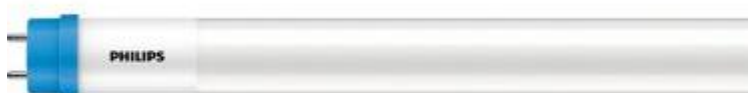


Ilustración 30 tubo led.

4.4.7. Sistema de control

El sistema de control es el núcleo de la automatización de la granja. Su objetivo es gestionar de forma centralizada todos los subsistemas implicados en el bienestar animal: alimentación, hidratación, ventilación, iluminación y temperatura. Esto permite reducir la intervención manual, mejorar la eficiencia energética y asegurar un entorno óptimo para los cerdos en todo momento.

Para este proyecto se ha optado por un **PLC** (Controlador Lógico Programable), una tecnología ampliamente utilizada en entornos industriales por su fiabilidad, modularidad y facilidad de programación.

- **PLC seleccionado**

Modelo: Siemens SIMATIC S7-300 – CPU 314C-2DP

Entradas/Salidas: 24 DI / 16 DO / 4 AI / 2 AO



Ilustración 31 SIMATIC S7-300.

Este modelo ofrece una capacidad suficiente para controlar todos los elementos automatizados de la instalación, manteniendo un equilibrio entre coste y funcionalidad. Además, permite ampliaciones futuras si fuera necesario incorporar más sensores o actuadores.

- **Comunicación**

El autómata se comunica con una **pantalla HMI** (Human-Machine Interface) mediante el protocolo MPI (Multipoint Interface), que permite el intercambio de datos entre el PLC y la interfaz de usuario. Esta red sencilla y robusta es ideal para entornos industriales pequeños y medianos como el de esta granja.

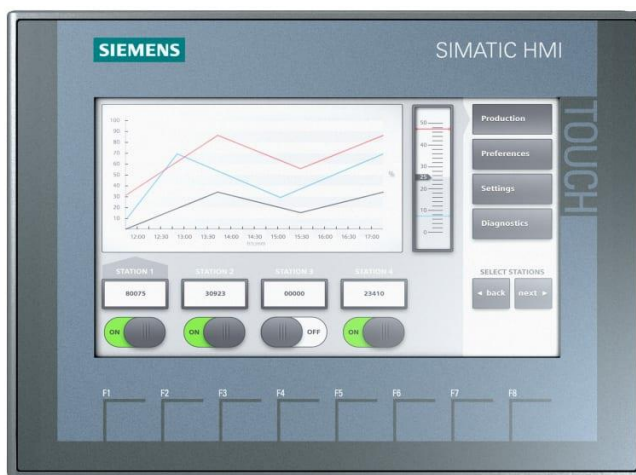


Ilustración 32 pantalla HMI.

- **Software**

La programación del PLC se realiza con el entorno **TIA Portal de Siemens**, que permite configurar el hardware, programar la lógica de control y diseñar la interfaz HMI desde una misma plataforma. Esto

agiliza la puesta en marcha y facilita el mantenimiento del sistema a largo plazo.

Con esta arquitectura, el operario podrá supervisar el funcionamiento completo de la granja desde una única pantalla táctil, realizar ajustes, y recibir avisos o alarmas en tiempo real en caso de fallos o valores fuera de rango.

4.4.8. Configuración del software de control

El software de automatización ha sido desarrollado en **STEP7** y **WinCC Flexible** para la programación del PLC y la interfaz HMI. Se han creado pantallas específicas para cada subsistema (alimentación, agua, ventilación) con indicadores de estado, niveles de silos y depósitos, y botones de activación manual.

La interfaz HMI permite a los operarios actuar sobre los parámetros sin necesidad de modificar el programa del autómatas, facilitando el uso por personal no técnico.

4.5. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL

A continuación, se describen los componentes seleccionados para el control del sistema.

4.5.1. Sensores y sondas

Se han integrado:

- **Sondas de temperatura digital**, para esta instalación se ha optado por una sonda de temperatura Siemens, concretamente el modelo QAM2161.040, seleccionada por su alta compatibilidad con el resto del sistema de automatización. Este sensor permite un control preciso y continuo de la temperatura interior de la nave, un parámetro esencial para garantizar el confort de los animales y, con ello, maximizar el rendimiento productivo de la explotación. La elección se basa en su fiabilidad, facilidad de integración y buena relación calidad-precio.[14]



Ilustración 33 sensor de temperatura.

Modelo	Rango de temperatura °C	Tensión de funcionamiento	Voltaje de salida
QAM2161.040	230	24V	0-10V

Tabla 6 sensor de temperatura.

- **Sondas de nivel por radar.** Para esta instalación se ha seleccionado un sensor de nivel sin contacto VEGA VEGAPULS C 21, una solución versátil y robusta adecuada para el control de nivel en ambientes con líquidos (como el tanque de agua) y sólidos (como el silo de pienso). Este sensor funciona mediante tecnología radar de 80 GHz, lo que le permite realizar mediciones precisas incluso en condiciones de polvo, humedad o vapores.

Gracias a su amplio rango de medición (hasta 15 metros), puede instalarse tanto en el depósito de agua, que cuenta con una altura de 1,1 metros, como en el silo de alimentación, con una altura de 7 metros. Su integración con el sistema de automatización es sencilla, ya que dispone de salida estándar 4...20 mA, compatible con la mayoría de PLCs industriales.

La elección se ha basado en su fiabilidad, su versatilidad de uso en distintos materiales, y su mínimo mantenimiento, al no requerir contacto directo con el producto.[15]



Ilustración 34 sensor de nivel radar VEGAPULS C 21.

Modelo	Rango de medición	Tensión de alimentación	Salida de señal	Protección
VEGAPULS C 21	0-15 m	12-35 V DC	4-20 mA	IP66/IP68

Tabla 7 características VEGAPULS C 21.

- **Sensores capacitivos**, para verificar el correcto funcionamiento del sistema de distribución, se ha optado por instalar sensores capacitivos modelo KQ6002 en el comedero y bebedero de la última cuadra de la instalación. Su función es confirmar que tanto el pienso como el agua están llegando correctamente al final del recorrido, sirviendo así como punto de control del sistema completo.

El sensor KQ6002 detecta la presencia de materiales tanto líquidos como sólidos sin necesidad de contacto directo, utilizando el cambio en la constante dieléctrica del medio. Su diseño compacto y su fácil integración mediante **salida digital PNP** lo convierten en una opción eficaz para entornos ganaderos.

Gracias a su alta sensibilidad, puede detectar la presencia de comida granulada o agua en el interior de los sistemas de distribución, y enviar una señal al autómatas en caso de fallo de suministro. Esta información resulta fundamental para la supervisión automática de la instalación y la activación de alarmas o acciones correctivas.[16]



Ilustración 35 sensor KQ6002.

Modelo	Tensión de alimentación	Salida	Distancia de detección	Tipo de conexión
KQ6002	10–30 V DC	PNP	12 mm	Conector M12

Tabla 8 características sensor KQ6002.

Estos dispositivos ofrecen fiabilidad, precisión y compatibilidad con el sistema PLC.

4.5.2. Sistema de control

4.5.2.1. Fuente de alimentación

Para alimentar el sistema de automatización de la granja se ha seleccionado la fuente de alimentación **Siemens PS307, modelo de 24 V y 5 A**, adecuada para entornos industriales exigentes como el agropecuario. Este dispositivo se encargará de suministrar corriente continua estabilizada a los diferentes componentes del sistema: autómatas, sensores, actuadores y módulos de comunicación.

La elección de este modelo se justifica por su compatibilidad directa con el PLC Siemens S7-300 y por su fiabilidad comprobada en aplicaciones críticas. Su diseño compacto facilita la instalación en cuadros eléctricos y su capacidad de corriente permite alimentar cómodamente todos los dispositivos del sistema con margen suficiente para futuras ampliaciones.[17]

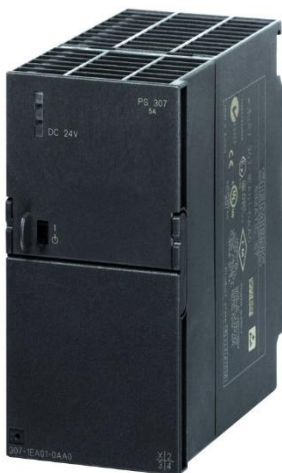


Ilustración 36 PS307 24V/5A.

Modelo	Tensión de salida	Corriente	Entrada	Protección	Montaje
PS307 24V/5A	24 V DC	5 A	120–230 V AC	IP20	Carril DIN

4.5.2.2. Autómata

Para la gestión y control de todos los sistemas automatizados de la granja, se ha seleccionado el modelo Siemens **SIMATIC S7-300 – CPU 314C-2DP**, una CPU compacta que combina entradas/salidas integradas y funciones de comunicación avanzadas. Este modelo permite controlar desde un único equipo los sistemas de alimentación, hidratación, ventilación, iluminación y alarmas, garantizando una operación eficiente y fiable.

Esta CPU cuenta con:[18]

- 24 entradas digitales (DI)
- 16 salidas digitales (DO)
- 4 entradas analógicas (AI)
- 2 salidas analógicas (AO)
- Puerto PROFIBUS DP para comunicaciones rápidas con periféricos
- Memoria de trabajo de 96 KB, suficiente para programaciones complejas

Su integración en el sistema se ha realizado a través del software TIA Portal, facilitando tanto el diseño del programa como la supervisión y diagnóstico. Además, permite una expansión modular si en el futuro se desea añadir nuevas funcionalidades, sensores o actuadores.



Ilustración 37 CPU 314C-2DP.

Modelo	Memoria de trabajo	Entradas/Salidas	Interfaces	Alimentación
CPU 314C-2DP	96 KB	24 DI / 16 DO / 4 AI / 2 AO	PROFIBUS DP, MPI	24 V DC

4.5.2.3. HMI

- Para la visualización y gestión, se emplea una pantalla HMI (Human-Machine Interface). Para facilitar la supervisión y el control del sistema de automatización, se ha incorporado una pantalla táctil **HMI Siemens MP 277 de 10"**, que permite al operario interactuar con todos los subsistemas de la granja de forma visual e intuitiva.

Esta interfaz gráfica, desarrollada con el software WinCC Flexible e integrada en el entorno TIA Portal, ofrece acceso en tiempo real a variables como:[19]

- Estado de los sensores de nivel, temperatura, alimentación y ventilación.
- Activación y desactivación manual o automática de bombas, motores y ventiladores.
- Alarmas de nivel bajo, fallo de distribución o errores del sistema.
- Visualización clara y estructurada de los procesos.

Gracias a su pantalla de 10 pulgadas y tecnología táctil resistiva, el operario puede navegar cómodamente por menús, ajustar parámetros y

consultar el historial de eventos, sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.

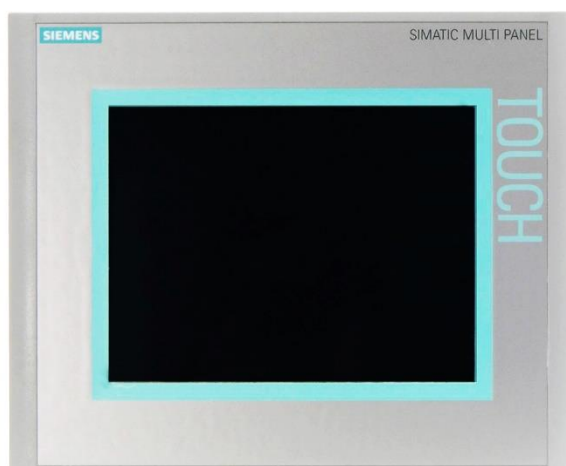


Ilustración 38 HMI MP 277 10".

Modelo	Tamaño	Resolución	Tipo de pantalla	Comunicación	Alimentación
HMI MP 277 10"	10"	640x480 px	TFT táctil	MPI / Profinet	24 V DC

4.5.2.4. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Esta es la configuración de nuestro programa de la granja porcina, compuesta por el Simatic 300 y la estación HMI.

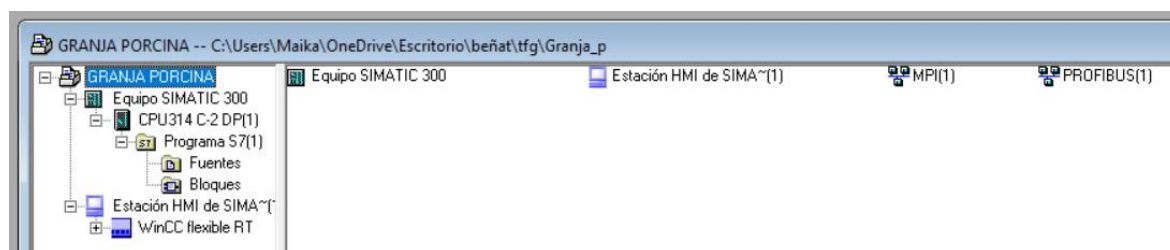


Ilustración 39 configuración del programa.

Después procederemos a realizar la comunicación del PLC con la pantalla HMI, mediante MPI nuestro PLC hará de Maestro en nuestra red y la pantalla hará la función de esclavo.

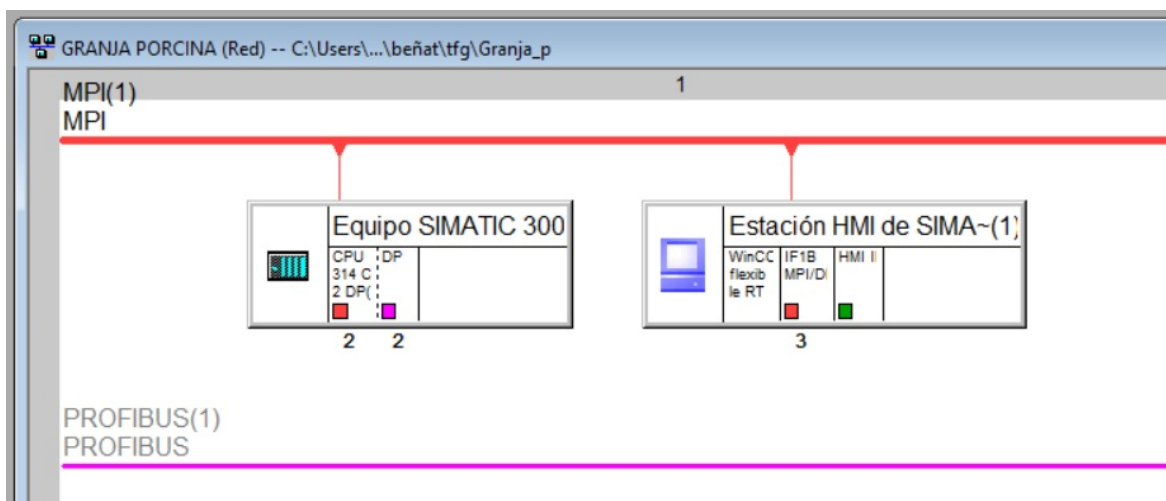


Ilustración 40 conexión MPI.

En la siguiente imagen podemos observar la configuración hardware del equipo SIMATIC 300. Podemos ver la CPU seleccionada con las entradas y salidas a partir del número 124.

HW Config - [Equipo SIMATIC 300 (Configuración) -- GRANJA PORCINA]

Equipo Edición Insertar Sistema de destino Ver Herramientas Ventana Ayuda

2 CPU314 C-2 DP(1)

X2 DP

2.2 DI24/DO16

2.3 AI5/AO2

2.4 Contaje

2.5 Posicionamiento

(0) UR

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0				
2	CPU314 C-2 DP(1)	6ES7 314-6CG03-0AB0	V2.6	2		
X2	DP				1023"	
2.2	DI24/DO16				124...126	124...125
2.3	AI5/AO2				752...761	752...755
2.4	Contaje				768...783	768...783
2.5	Posicionamiento				784...799	784...799

Ilustración 41 Hardware.

5. DESARROLLO

5.1. PROGRAMACIÓN

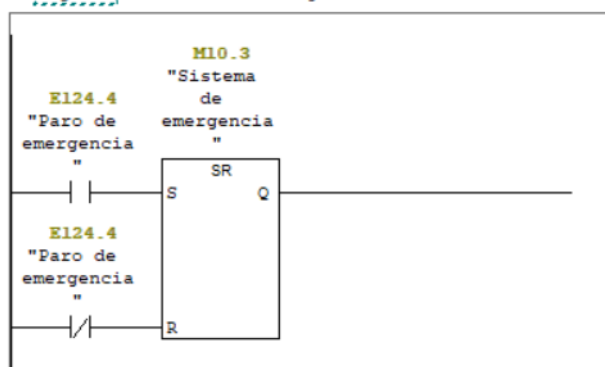
La lógica del sistema ha sido estructurada en bloques funcionales (FCs) que permiten la modularidad del código. Cada bloque gestiona un subsistema (agua, pienso, ventilación), simplificando tanto la depuración como futuras ampliaciones.

5.1.1. OB1

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Bloque de organización, llama a las otras funciones y controla el sistema de emergencia.

Segm. 1: Sistema de emergencia



Segm. 2: Llamada a las funciones del programa.

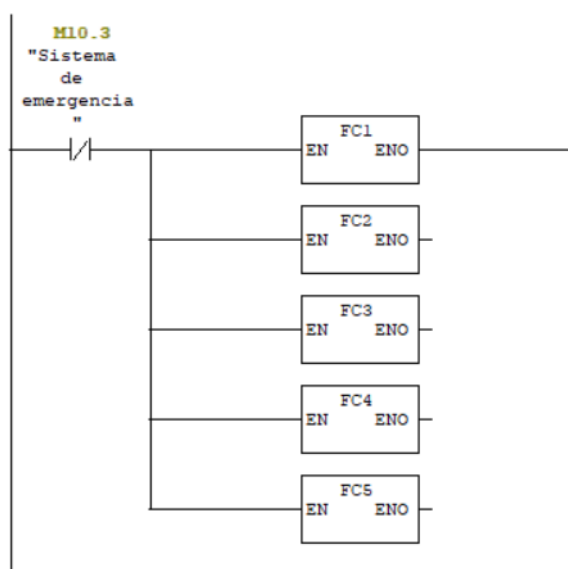


Ilustración 42 OB1.

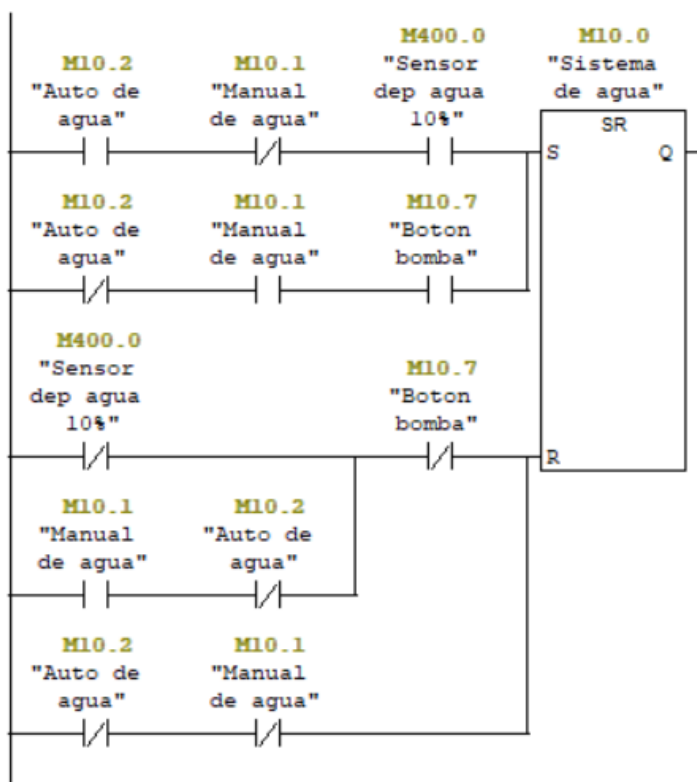
Este bloque es el encargado de organizar el programa. Llama a las funciones y controla el sistema de emergencia para que cuando haya un paro de emergencia no trabajen las otras funciones.

5.1.2. FC 1

FC1 : CONTROL DEL SISTEMA DE AGUA

la M400.0 es la marca del sensor de deposito

Segm. 1: Control del sistema de agua para enviar agua del pozo al tanque



Segm. 2 : Activacion de la bomba de agua del pozo



Ilustración 43 FC1 segmentos 1 y 2.

En este bloque podemos observar la programación necesaria para el sistema de agua de la granja.

En el segmento 1 podemos encontrar la marca que usamos para la distribución de agua desde el pozo al tanque. Esta marca se puede activar mediante el sistema automático cuando al deposito le queda menos de 10% o en sistema manual cuando pulsamos la bomba desde

la pantalla. El automático deja de marcar cuando se llena el tanque 95%.

En el segmento 2 podemos observar la activación de la bomba del pozo mediante la marca 10.

Fig. 3 : Control para enviar agua del tanque a los bebederos

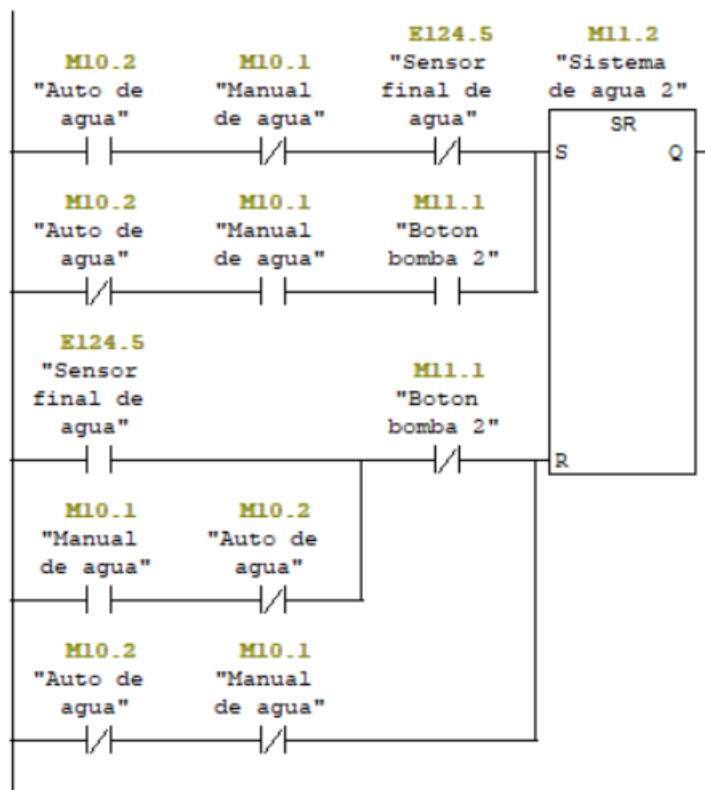


Fig. 4 : Activación de la bomba de agua para los bebederos



Ilustración 44 FC1 segmentos 3 y 4.

El segmento 3 es el encargado del control del agua en los bebederos. Esta marca se activa cuando está activo el automático y el sensor final de agua en el ultimo bebedero no está activo o cuando el proceso está en manual y la bomba 2 está activada.

En el segmento 4 podemos observar como se activa la bomba de agua 2 que es la encargada de mandar el agua del tanque a los bebederos.

5.1.3. FC 2

FC2 : CONTROL DE COMIDA

Comentario:

Segm. 1: Sistema de control de comida

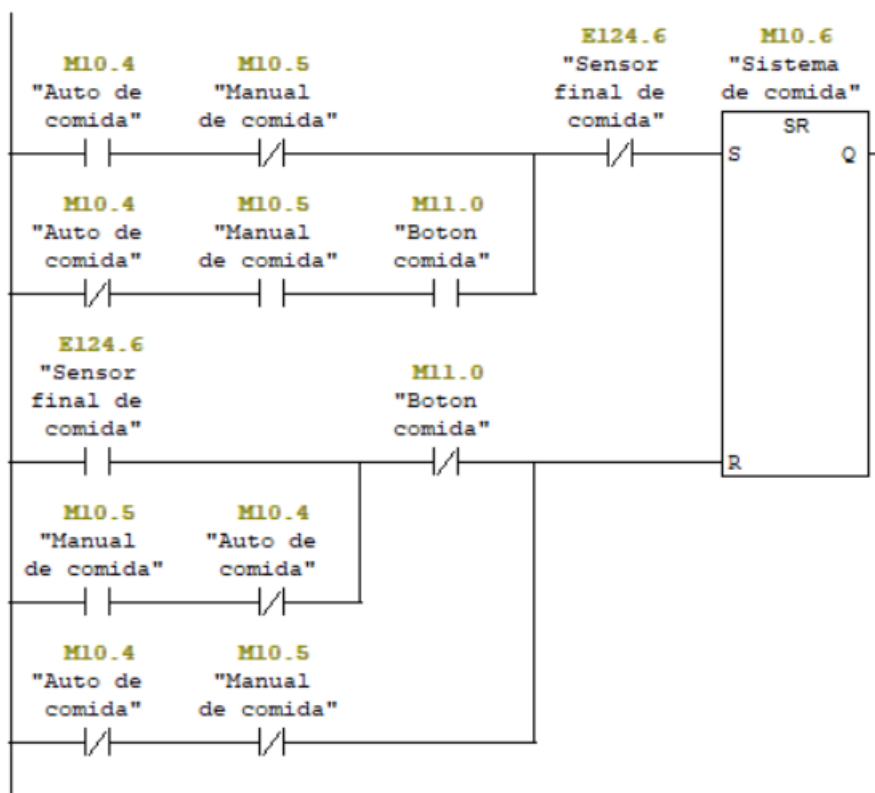


Ilustración 45 FC2 segmento 1.

En este bloque controlamos la distribución de la comida.

En cuanto al segmento 1 podemos observar que el sistema de comida se activa cuando el sensor de comida del ultimo bebedero no está activo.

Segm. 2 : Activacion del motor 1 de comida



Segm. 3: Titulo:



Segm. 4 : Notificacion de nivel bajo de comida en el silo

*Ilustración 46 FC2 segmento 2, 3 y 4.*

En el segmento 2 y 3 activamos los motores que mediante el sistema de espiral de la tubería manda comida a los bebederos. Mientras que el segmento 4 es una activación de emergencia para saber cuando el sensor del deposito de comida se ha vaciado.

5.1.4. FC 3

FC3 : MEDIDOR DE NIVEL DE AGUA EN EL DEPOSITO

Comentario:

Segm. 1 : Escalado de la senal del sensor de nivel

La entrada PEW753 se escala. En concreto se escala la tension que da el sensor, que entra al automata y puede ser de 0V a 10v o a 12 o a 24v. Este rango lo escala el automata de 0 a 27648.

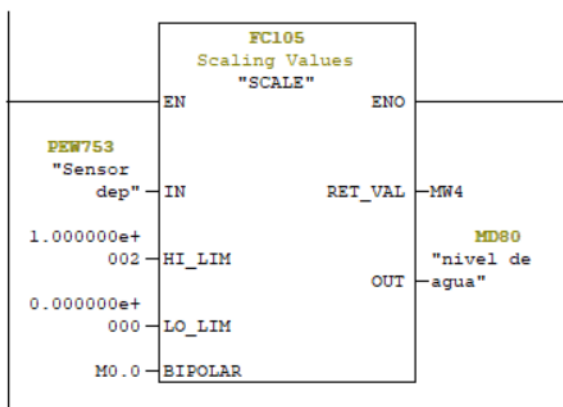


Ilustración 47 FC3 segmento 1.

En el FC3 vamos a regular los sensores analógicos del depósito de agua. Como podemos observar en el segmento 1 queremos que la salida del sensor este regulada entre 0% y 100% y el valor del nivel lo tenemos en la marca MD80 que con ella hemos activado la barra de distribución del HMI.

Segm. 2: Comparacion del nivel del silo con unos valores determinados

EN esta etapa comparamos el valor de salida del escalado (MD80), toma valores de (0% a 100%). Cuando se encuentra el MD80 por encima de 10% el M400.0 no se activa. y si se encuentra por debajo de 10% se activa la marca M400.0 hasta que se llene al 95%.

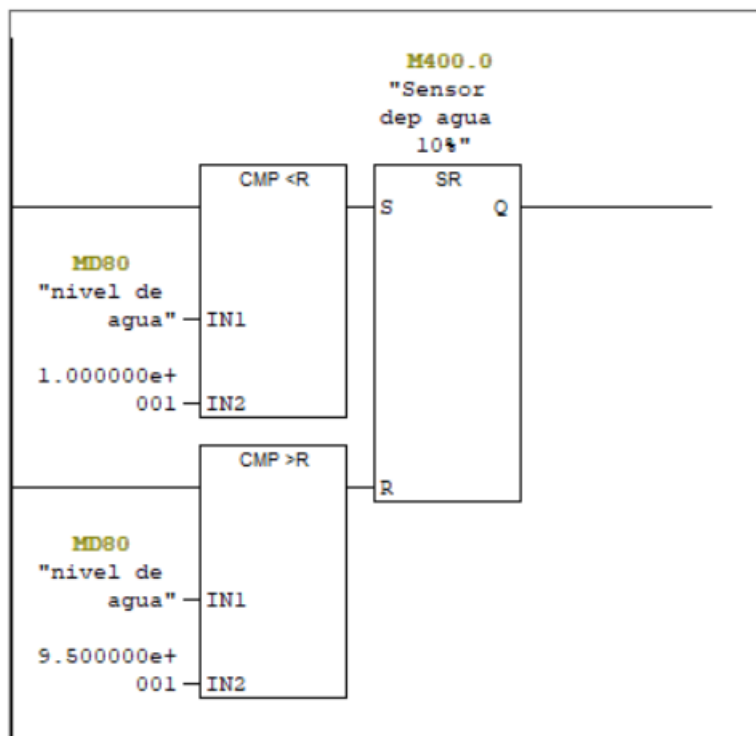


Ilustración 48 FC3 segmento 2.

Mediante este segmento lo que queremos es que la marca M400.0 se active cuando el nivel del depósito este a menos de 10% y este activado hasta que el depósito llegue al 95%.

5.1.5. FC 4

FC4 : MEDIDOR NIVEL DE COMIDA EN EL SILO

Comentario:

Segm. 1: Escalado de la señal del detector de nivel

Realizamos un escalado del nivel de comida que hay en el silo.

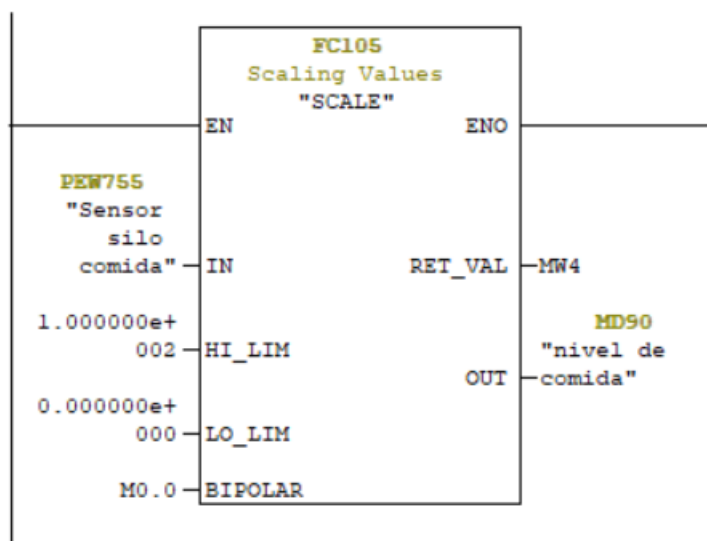
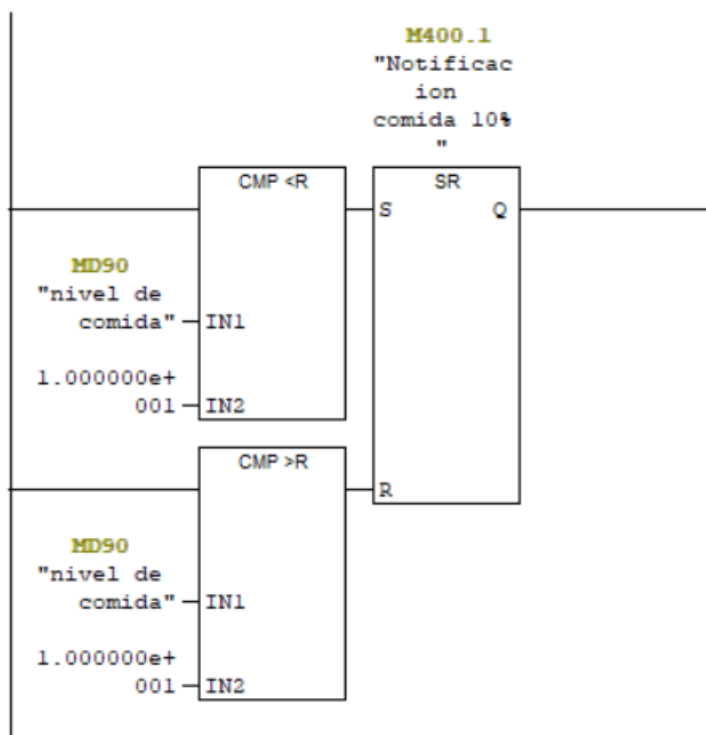


Ilustración 49 FC4 segmento 1.

En el bloque FC 4 hacemos el escalado del nivel de la comida en el silo. Queremos que el valor sea entre 0% y 100% y el valor de salida MD90 lo hemos usado para indicar el nivel en el HMI.

Segm. 2 : Comparacion del nivel de comida con unos valores marcados

Quando el silo de comida se encuentra por debajo del 25%, se activara la M400.1 que sera la encargada de notificar el nivel bajo de silo.



Segm. 3 : Activacion de la senal de emergencia de nivel baho

Con esto conseguiremos activar una notificacion de nivel bajo de silo.



Ilustración 50 FC4 segmento 2 y 3.

En cuanto al segmento 2, podemos observar como queremos tener una marca que se active cuando el deposito de la comida sea menor al 10%. En el segmento 3 activamos la emergencia de nivel bajo silo de comida cuando haya menos del 10% de comida en la cuba de comida.

Segm. 4 : Nivel de deposito por debajo de 1%

Cuando el nivel de silo de comida se encuentre en 1% que se active la marca 400.2 para que se detenga.

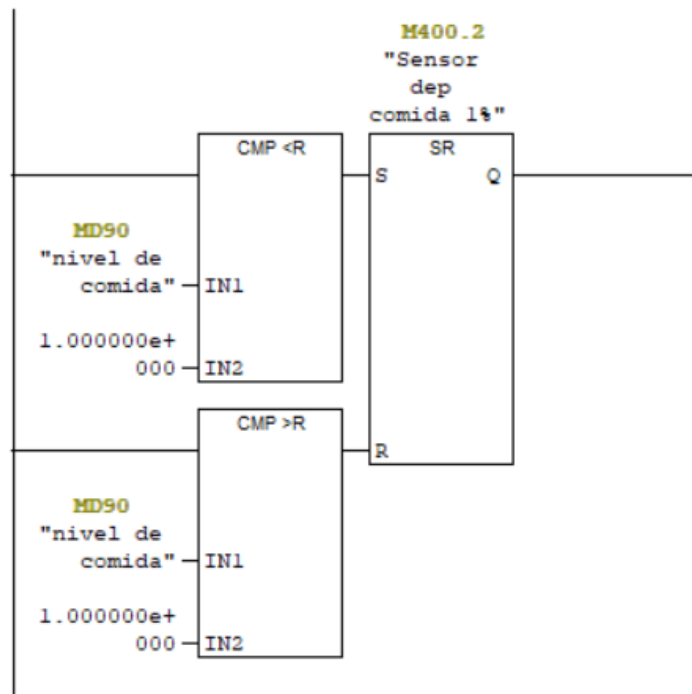


Ilustración 51 FC4 segmento 4.

Finalmente mediante la marca 400.2 podemos saber cuando no hay comida en el deposito.

5.1.6. FC 5

FC5 : MEDICION Y CONTROL DE TEMPERATURA

Comentario:

☒ Segm. 1: Escalado de la senal del sensor de temperatura

Escalado de la temperatura actual

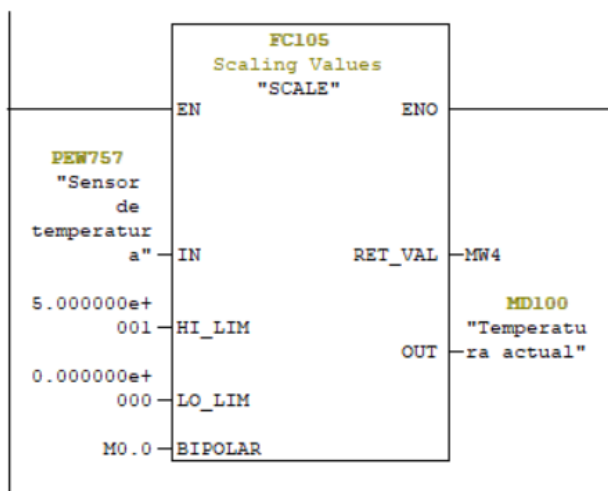


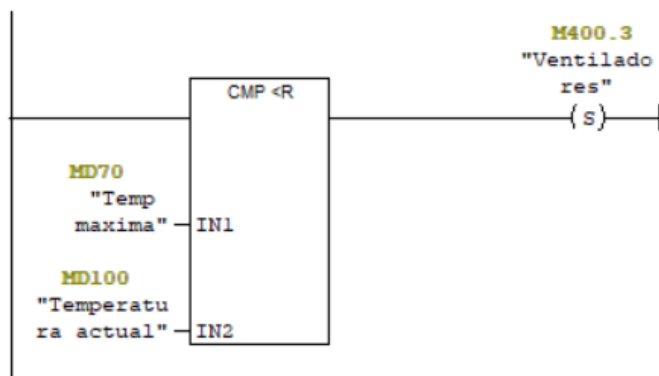
Ilustración 52 FC5 segmento 1.

En este bloque vamos a hacer el escalado del sensor de temperatura.

En el segmento 1 podemos observar como queremos que la temperatura marcada sea entre 0 y 50°C y la temperatura de salida será la marca MD100 que la podremos observar mediante el HMI.

☐ Segm. 2 : Comparacion de la temperatura actual con la maxima

Comparacion del valor de temperatura actual que nos muestra el MD100 y lo comparamos con el valor de temperatura maxima que queremos que lo marca el MD70



☐ Segm. 3 : Comparacion de la temperatura actual con la minima

Comparacion del valor de temperatura actual que nos muestra el MD100 y lo comparamos con el valor de temperatura minima que queremos que lo marca el MD60

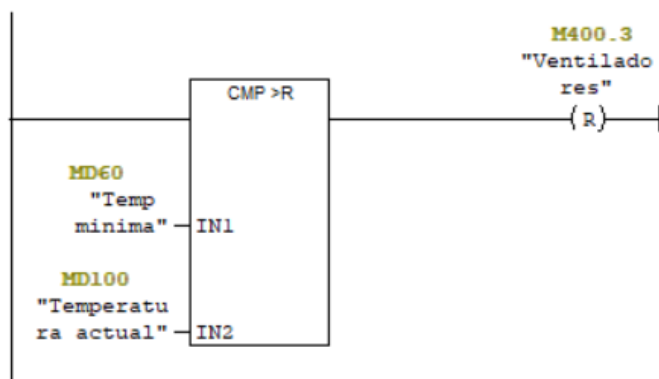


Ilustración 53 FC5 segmento 2 y 3.

El segmento 2 es el encargado de activar los ventiladores cuando la temperatura llega a la máxima marcada por nosotros mismos en el HMI.

Mientras que en el segmento 3 podemos desactivar los ventiladores mediante la temperatura mínima marcada por nosotros en el HMI.

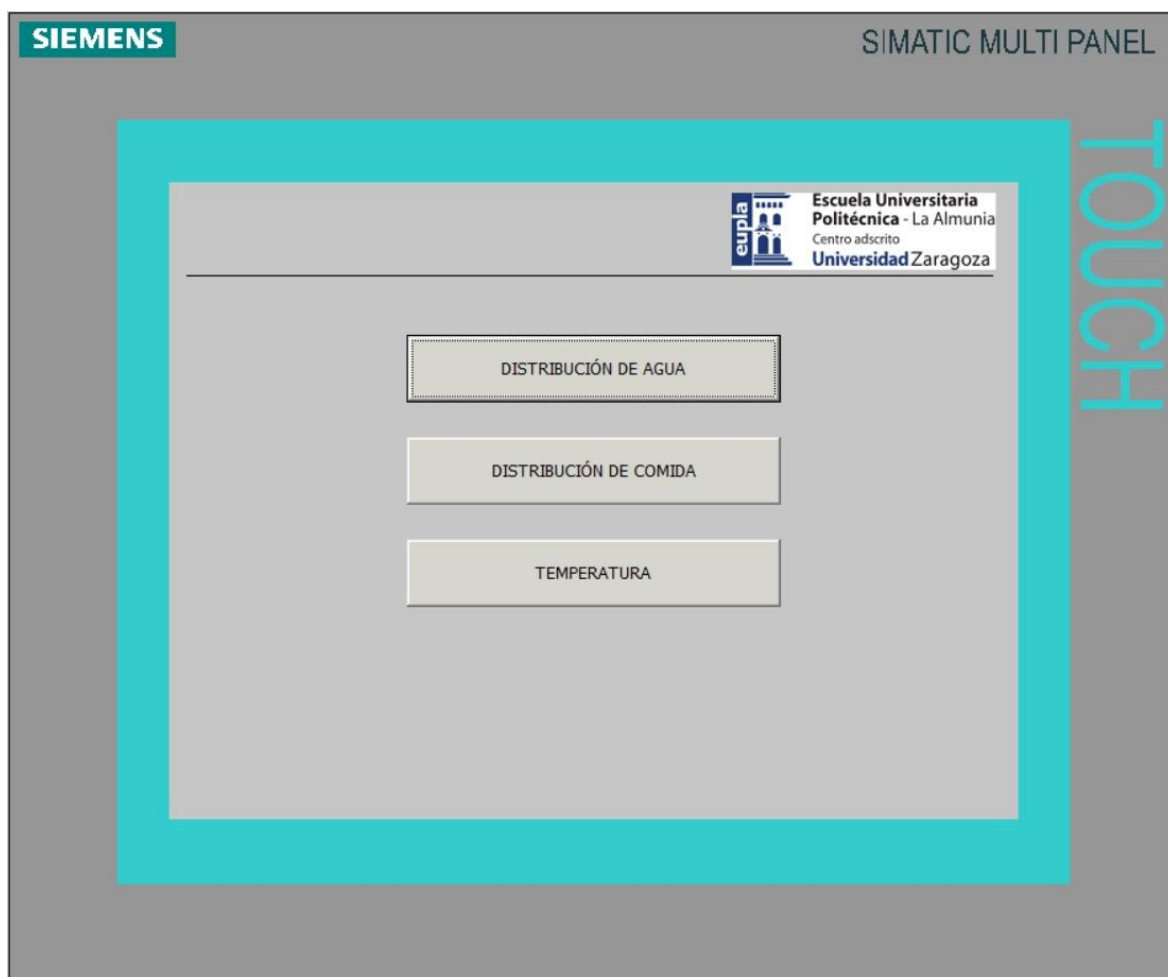
5.2. PROGRAMACIÓN SCADA

La visualización SCADA desarrollada en WinCC Flexible refleja en tiempo real el estado de los distintos sistemas. Las pantallas incluyen:

- Indicadores de nivel en silos y depósitos.
- Estados de bombas, motores y ventiladores.
- Alarmas por fallo o niveles críticos.

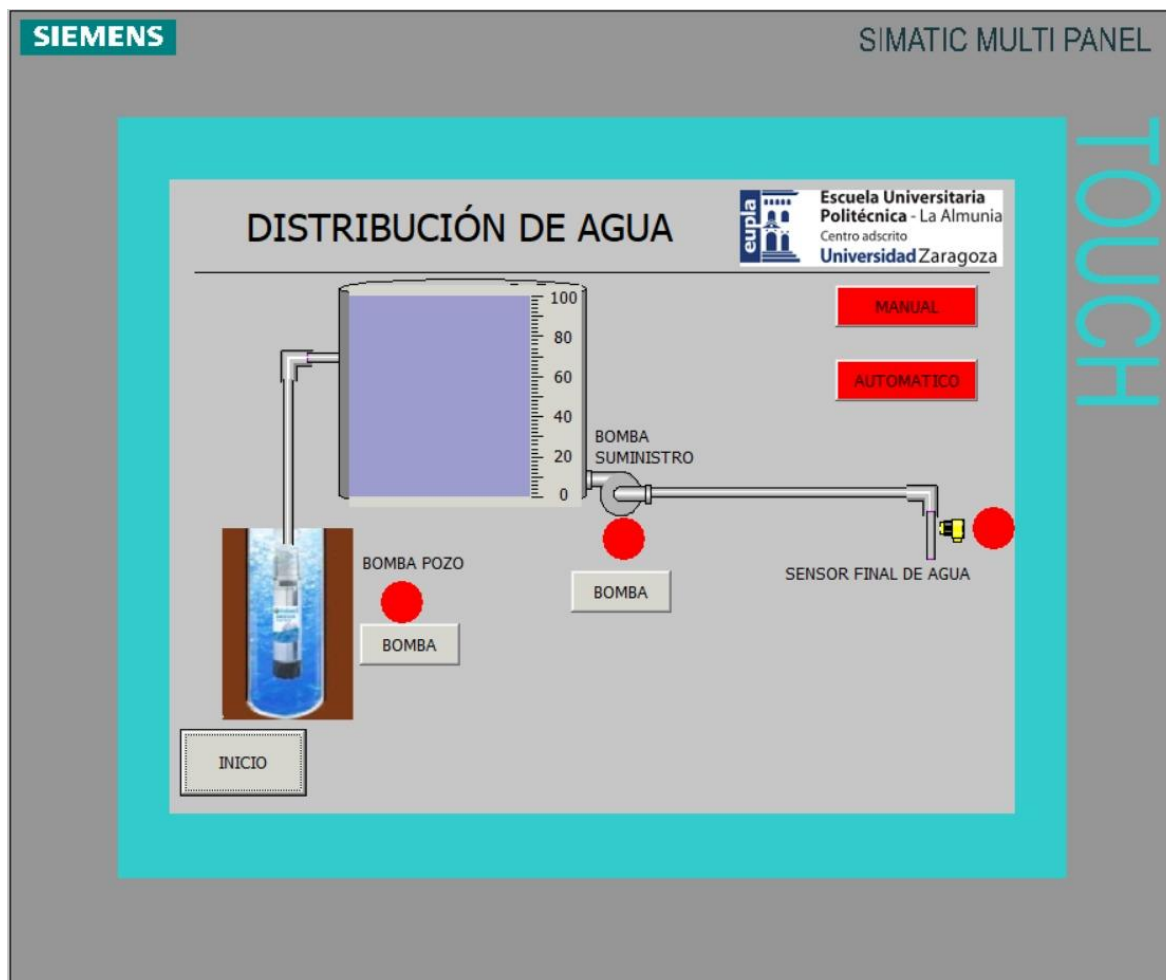
Los usuarios pueden activar modos manuales o automáticos directamente desde la pantalla, aumentando la autonomía del sistema.

5.2.1. PANTALLA INICIO



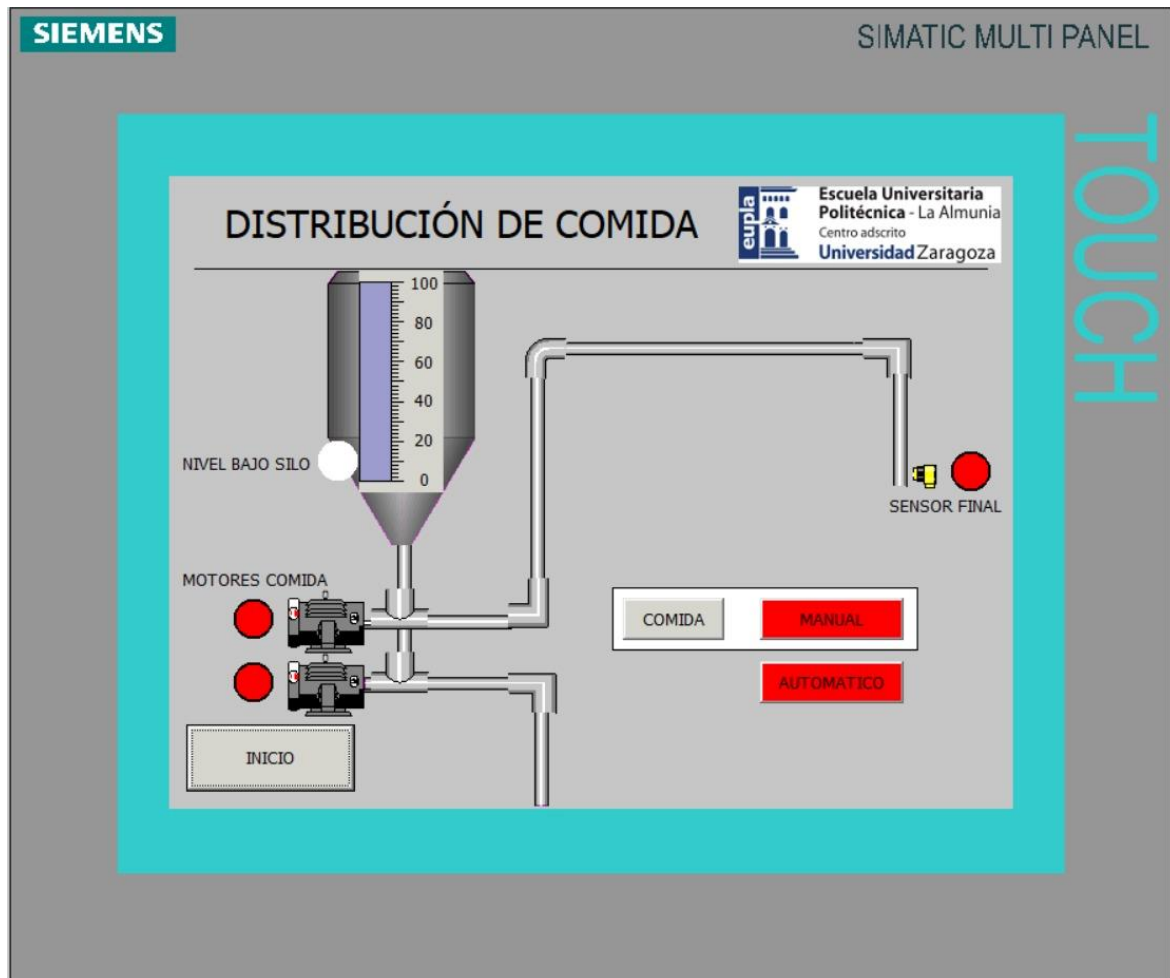
En la pantalla de inicio podemos ir a las 3 pantallas con las que podemos controlar todas nuestras instalaciones. En cada pantalla hay un botón con el que se vuelve directamente a esta pantalla de inicio.

5.2.2. PANTALLA DISTRIBUCIÓN DE AGUA



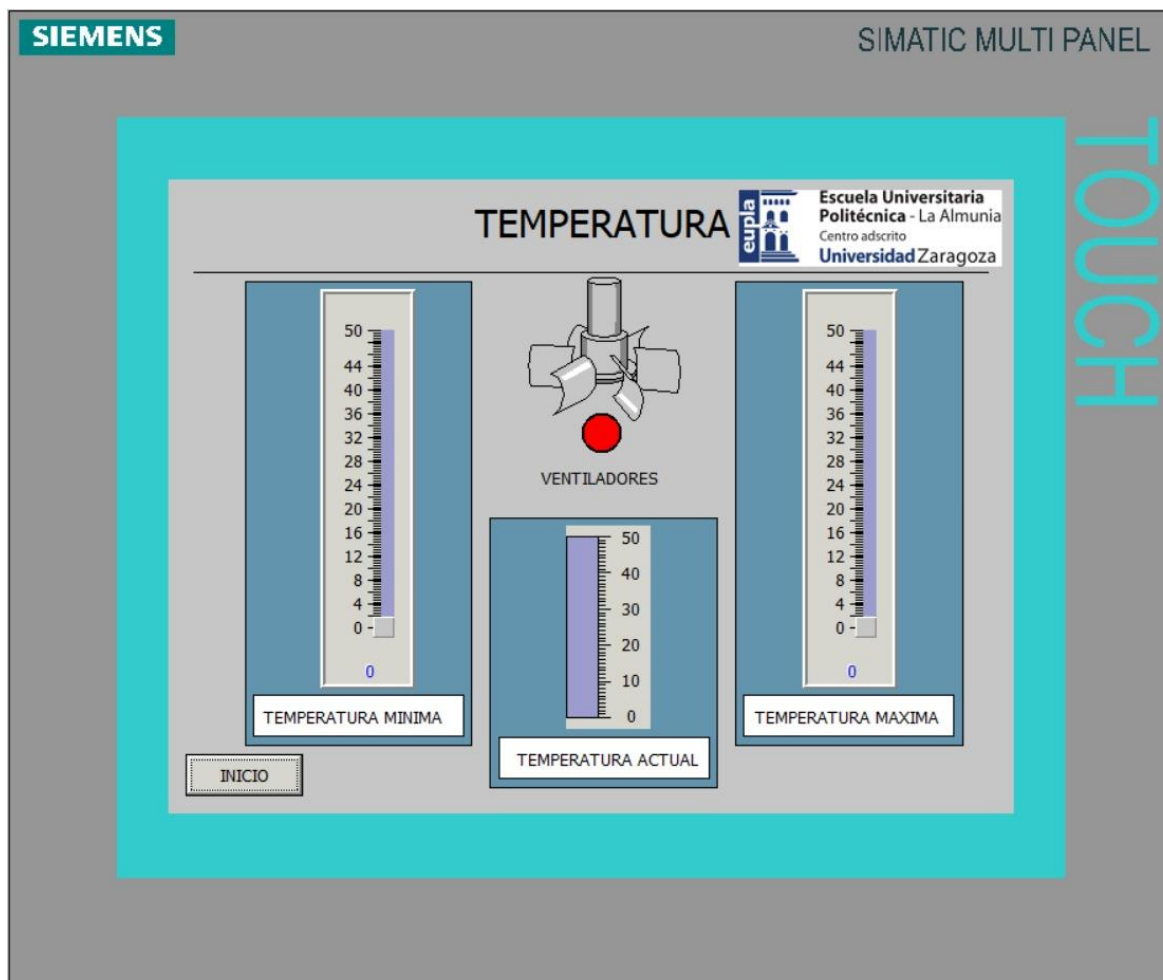
En esta pantalla de distribución de agua podemos poner el agua en automático o en manual. Todos los botones y circunferencias rojas cambian de color al verde cuando se activan para tener una visualización mas sencilla. Si el pulsador manual esta activado podemos activar las diferentes bombas manualmente mediante el pulsador "bomba" que esta en cada una de ellas. Finalmente podemos ver el sensor final de agua, que es el indicador de marcar en verde cuando el agua de la última cuadra ha llegado al máximo posible.

5.2.3. PANTALLA DISTRIBUCIÓN DE COMIDA



En cuanto a la pantalla de distribución de comida podemos observar que el funcionamiento es el mismo. Una vez que pulsamos el manual podemos activar las bombas de distribución de comida mediante el botón "comida".

5.2.4. PANTALLA TEMPERATURA



Finalmente la pantalla de ventiladores la podemos usar tanto para ver la temperatura actual como para modificar la temperatura mínima y máxima con los cuales se activan los ventiladores.

6. SIMULACIÓN

Para validar el correcto funcionamiento, se ha simulado el comportamiento del sistema en distintas condiciones:

6.1. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La simulación demuestra que la bomba se activa cuando el nivel en los depósitos desciende y se detiene al alcanzar el umbral superior. Se ha probado el modo manual y automático, verificando alarmas y tiempos de llenado.

6.2. CONTROL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMIDA

En la simulación, el motor del sinfín se activa automáticamente cuando el nivel del silo desciende. Se verifica la actuación de la alarma en caso de nivel mínimo y la posibilidad de intervención manual.

6.3. CONTROL DE TEMPERATURA EN PLANTA

El sistema de ventilación responde a las variaciones de temperatura ambiente, activando los extractores de forma progresiva según los rangos establecidos. Se han simulado escenarios tanto de invierno como verano.

7. PRESUPUESTOS

El coste total del proyecto incluye los siguientes apartados:

- **Sistema de alimentación (tolvas, tuberías, motor, silo).**
- **Sistema de hidratación (bebederos, bomba, depósitos).**
- **Ventilación (ventiladores, sensores).**
- **Iluminación (pantallas LED, temporizadores).**
- **Sistema de control (PLC, HMI, fuentes, sensores).**
- **Instalación eléctrica (cuadro, canalizaciones, cableado).**

7.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Tolvas mixtas	30	140,00	4.200,00
Espiral transporte 55 mm (100m)	2 rollos	450,00	900,00
Motorreductor trifásico 1.5CV	2	380,00	760,00
Silo SYMAGA G01SG320G60	1	2.900,00	2.900,00
Total alimentación			8.760,00

Tabla 9 sistema de alimentación.

7.2. SISTEMA DE HIDRATACIÓN

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Bebedores acero inoxidable	30	65,00	1.950,00
Bomba sumergible XTVS100	1	280,00	280,00
Bomba distribución PRA/I 0,50 T	1	195,00	195,00
Depósito 56.000 L galvanizado	1	2.300,00	2.300,00
Total hidratación			4.725,00

Tabla 10 sistema de hidratación.

7.3. SISTEMA DE VENTILACIÓN

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Ventilador GES.P4E40Q	2	320,00	640,00
Sensor temperatura QAM2161.040	1	110,00	110,00
Total ventilación			750,00

Tabla 11 sistema de ventilación.

7.4. SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Tubo LED Philips CorePro 120cm	30	15,00	450,00
Temporizador/reloj programable	2	50,00	100,00
Total iluminación			550,00

Tabla 12 sistema de iluminación.

7.5. SISTEMA DE CONTROL

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
PLC SIMATIC S7-300 CPU314C-2DP	1	720,00	720,00
Pantalla HMI MP 277 10"	1	980,00	980,00
Fuente alimentación PS307 24V/5A	1	130,00	130,00
Sensor nivel VEGAPULS C 21	2	350,00	700,00
Sensor capacitivo KQ6002	2	55,00	110,00
Total sistema de control			2.640,00

Tabla 13 sistema de control.

7.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
Cuadro eléctrico	1	700,00	700,00
Cableado y canalizaciones	-	-	800,00
Accesorios y protecciones	-	-	500,00
Total instalación eléctrica			2.000,00

Tabla 14 instalación eléctrica.

7.7. RESUMEN PRESUPUESTOS

Sistema	Total (€)
Sistema de alimentación	8.760,00
Sistema de hidratación	4.725,00
Sistema de ventilación	750,00
Sistema de iluminación	550,00
Sistema de control	2.640,00
Instalación eléctrica	2.000,00
TOTAL GENERAL	19.425,00

Tabla 15 resumen de presupuestos.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo de este Trabajo Fin de Grado ha permitido abordar de forma integral el diseño e implementación de un sistema automatizado para una granja de engorde de ganado porcino. Partiendo del análisis de las necesidades reales de una explotación de este tipo, el trabajo ha profundizado en cada uno de los subsistemas fundamentales: alimentación, hidratación, ventilación, iluminación y sistema de control. El objetivo principal ha sido optimizar la gestión de los recursos, reducir la intervención humana y garantizar un entorno estable y saludable para los animales.

Una de las principales conclusiones es que la automatización en el entorno ganadero no solo es viable, sino necesaria para adaptarse a los nuevos retos del sector: mayor competitividad, cumplimiento normativo en materia de bienestar animal, eficiencia energética y sostenibilidad. La solución diseñada, basada en un autómata programable (PLC Siemens S7-300) y una interfaz HMI, permite al operario controlar y supervisar todos los procesos desde un único punto, facilitando el trabajo diario y aumentando la fiabilidad del sistema.

El empleo de sensores de nivel, temperatura y detección de materiales ha demostrado ser fundamental para garantizar una supervisión precisa y continua. A través de ellos, el sistema es capaz de activar o desactivar motores, bombas o ventiladores en función de las condiciones internas de la nave, asegurando así que los cerdos dispongan en todo momento del alimento, agua y ambiente adecuados. Además, la incorporación de alarmas por fallo o niveles críticos proporciona una capa adicional de seguridad operativa.

Desde el punto de vista económico, se ha realizado un análisis detallado de los costes asociados a la instalación del sistema, concluyendo que, aunque la inversión inicial es significativa, los beneficios a medio y largo plazo son claros: menor gasto en mano de obra, reducción de pérdidas de pienso y agua, mejora en los índices de conversión alimenticia y, en definitiva, una mayor rentabilidad de la explotación.

Otra conclusión importante es que el diseño modular del sistema permite futuras ampliaciones o ajustes. Esto abre la posibilidad de incorporar nuevos sensores, sistemas de climatización más avanzados, control remoto o incluso conexión con plataformas en la nube para la gestión de datos. Es decir, la solución planteada no solo responde a las necesidades actuales, sino que está preparada para evolucionar.

En resumen, este proyecto no solo ha permitido aplicar conocimientos técnicos adquiridos a lo largo del grado en un caso práctico real, sino que ha demostrado que la tecnología puede y debe ser una herramienta clave en la modernización del sector agroganadero.

La automatización, lejos de sustituir al trabajador, lo asiste, lo libera de tareas repetitivas y lo dota de mayor capacidad de gestión y respuesta ante incidencias. Por todo ello, se puede afirmar que los objetivos propuestos al inicio del trabajo se han cumplido satisfactoriamente, y se han sentado unas bases sólidas para futuras mejoras y desarrollos en este ámbito.

9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030:

- Objetivo 4 - Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos



- Meta 4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento

- Objetivo 8 - Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos



- Meta 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra

10. BIBLIOGRAFÍA

[1]«Registro de la Riqueza Territorial». Accedido: 14 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://catastro.navarra.es/navegar/>

[2]P. por E. C. | Nov 1 y 2021 | Engorde | 3 |, «Crecimiento cerdos engorde | MasPorcicultura». Accedido: 3 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://masporcicultura.com/crecimiento-cerdos-engorde/>

[3]«Granjas de cerdos desde 27 €/m2 sum., granja de cerdos, cria de cerdos». Accedido: 24 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.patec.org/granjas-de-cerdos.php>

[4]Skiold, «Sistemas de pisos y suelos para granjas de cerdos | SKIOLD». Accedido: 1 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://skiold.es/cerdos/productos/suelos-para-cerdos>

[5]«Separador de hormigón armado | Ojefer». Accedido: 3 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ojefer.com/project/separador-de-hormigon-armado/>

[6]Rotecna, «Paneles PP para granjas de cerdos». Accedido: 6 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.rotecna.com/producto/panel-paneles-pp/>

[7]«Alimentación líquida en porcino». Accedido: 17 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.3tres3.com/articulos/alimentacion-liquida-en-porcino_779/

[8]«Sistema de distribución de alimento por espiral», Symaga. Accedido: 9 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.symaga.com/sistema-de-distribucion-de-alimento-por-espiral/>

[9]«Descargas», Symaga. Accedido: 1 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.symaga.com/descargas/>

[10]«Bombas Residuales Modelo: XTVS100», Electrobombas.es. Accedido: 14 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.electrobombas.es/bombas-sumergibles/-residuales-xvts-663189.html?srsId=AfmBOooBwkk5QOImD0kq5EOLBWc6HIL7J8v4zhoiXVg4hISpdpDaCfrF>

[11]«Bomba periferica Ebara PRA/I 0,50 T 0.37 KW. 230/400 V.», Corefluid. Accedido: 25 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.corefluid.es/product/bomba-periferica-ebara-pra-i-050-t-0-37-kw-230-400-v/>

[12]«Metálicas BMM», Metálicas BMM. Accedido: 27 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bmm.es/depositos/>

[13]«VENTILADOR M400 CHIMENEA (4.840 m³/h)». Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tiendaganadera.com/VENTILADOR-M500-CHIMENEA-4840M3/>

[14]«Sinopsis de datos de pedido». Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/?mlfb=B PZ%3AQAM2161.040>

[15]V. G. KG, «VEGAPULS C 21», VEGA. Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.vega.com/es-es/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/radar/vegapuls-c-21>

[16]«KQ6002 - Detector capacitivo - ifm». Accedido: 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ifm.com/es/es/product/KQ6002>

[17]«1-phase, 24 V DC (for S7-300 and ET 200M)». Accedido: 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=6ES7307-1EA01-0AA0&utm_source=chatgpt.com

[18]«CPU 314C-2 DP». Accedido: 7 de junio de 2025. [En línea].
Disponible en:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7314-6CH04-0AB0>

[19]«Sinopsis de datos de pedido». Accedido: 2 de junio de 2025.
[En línea]. Disponible en:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6AV6643-0CD01-1AX1>

Relación de documentos

(X) Memoria 75 páginas

(_) Anexos 17 páginas

La Almunia, a 01 de 07 de 2025

Firmado: Beñat Baines Asenjo