



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE
CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN
LA REGION DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE
CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN
LA REGION DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

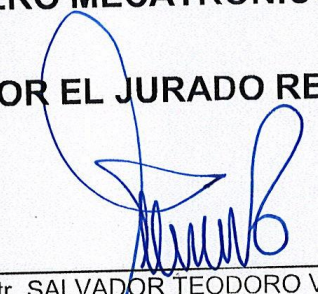
Bach. CUTIPA CABRERA FREDY FERNAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

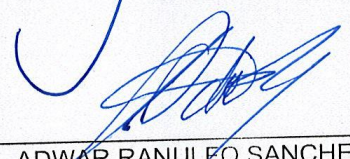
INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

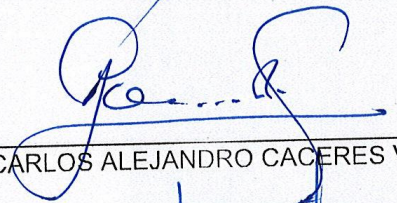
PRESIDENTE

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

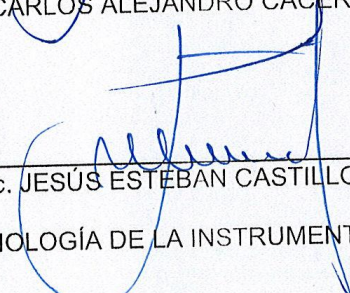
PRIMER MIEMBRO

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACION - P21



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1367-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 9868 presentado por el (la) Bachiller: **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **1er Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miercoles 05 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VILLAMONTE CALLA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 952-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6721, presentado por el señor (a) **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 200-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 574-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 200-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 574-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de ingenierías y títulos profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, designado al señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo (a)
Interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Oscar V. Mamante Calla
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**UNIVERSIDAD ANDINA**
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**RESOLUCIÓN DECANAL N° 574-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 3525 por el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 353- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 012 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIM de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. **Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 012 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASD. OSCAR V. VILLAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 200-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 777, presentado el señor (a) **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO** – N° 105-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 001-2025 del integrante del comité de investigación **EXIMI** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Raulillo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la **ficha de opinión** de la propuesta de investigación formato N° 001-2025- aprobando la propuesta de investigación **titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema **Titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGIÓN DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mg. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 70.25
Interesado (a)



FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA ...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:546389987

Fecha de entrega

15 ene 2026, 7:44 GMT-5

Fecha de descarga

15 ene 2026, 18:01 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70093396_T.docx

Tamaño del archivo

25.5 MB

90 páginas

10.584 palabras

57.599 caracteres



TESIS UANCV

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



METADATOS COMPLEMENTARIOS

Título de la tesis	
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGION DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Fredy Fernan Cutipa Cabrera
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70093396
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-3099-1430
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jesús Esteban Castillo Machaca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Salvador Teodoro Valdivia Cardenas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Adwar Ranulfo Sanchez Carreon
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02064066
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Carlos Alejandro Caceres Vargas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACION - P21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Ubicación País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Coordenadas Latitud: -15.84019268956329 Longitud: -70.02213166827018 Geolocalización https://maps.app.goo.gl/xco7ZbxXJ7QGWAw89 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2025 – noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería y Tecnología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00 Robótica, control automático https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.02 Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PUNO - PERÚ
Dr. César C. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA, identificado con DNI
Nro. 70093396 en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECATRÓNICA

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS
MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN LA REGION DE PUNO

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

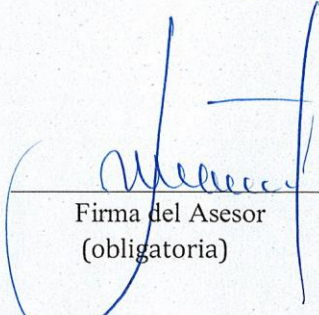
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

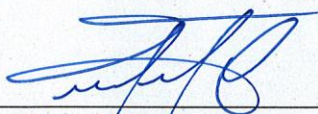
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca, 16 de diciembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión en cada etapa de mi formación académica. Su aliento constante ha sido mi motor para seguir adelante y dar lo mejor de mí. Asimismo, agradezco a mis amigos, quienes con sus palabras de motivación, compañía y confianza me impulsaron a culminar este importante proyecto. Gracias a ustedes aprendí a perseverar y a superarme día a día. Este logro no solo es mío, sino también de quienes creyeron en mí y me acompañaron en el camino.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profundo cariño y gratitud, a mi familia, quienes, con su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante han sido el pilar fundamental en mi vida. A mis amigos, por su compañía, aliento y confianza en cada paso de este camino. Este logro es también para todos aquellos que creyeron en mí y me inspiraron a seguir adelante, recordándome siempre que la perseverancia y el esfuerzo hacen posible alcanzar los sueños.



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
ASPECTOS GENERALES	1
1. 2 Formulación del problema	1
1. 2. 1 Problema general.....	1
1. 2. 2 Problemas específicos	1
1. 4 Objetivos de la investigación.....	2
1. 4. 1 Objetivo general	2
1. 4. 2 Objetivos específicos	2
1. 5 Hipótesis de la investigación.....	2
1. 5. 1 Hipótesis general	2
1. 5. 2 Hipótesis específicas.....	2
1. 6 Variables de investigación	3
1. 7 Operacionalización de variables	3
CAPITULO II.....	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
2. 1 BASES TEORICAS.....	4
2. 1. 1 NIVEL INTERNACIONAL.....	4
2. 1. 2 NIVEL NACIONAL	4
2. 2 DEFINICION DE TERMINOS	5
2. 2. 1 Automatización de procesos industriales.....	5
2. 2. 2 Clasificación de huevo	7
2. 2. 3 Elementos mecánicos de control de movimiento.....	11
2. 2. 4 Equipos de Automatización industrial.....	16
CAPITULO III.....	21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	21
3. 1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	21
3. 2 AMBITO DE LA INVESTIGACION	21
3. 3 POBLACION Y MUESTRA	21



3. 4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACION	21
3. 5 RECOGIDA DE DATOS	22
3. 5. 1 Selección de equipos de automatización.	22
3. 5. 2 Diseño y modelado del sistema de clasificación.	27
3. 5. 3 Planos y diagramas del sistema clasificador	33
3. 5. 4 Desarrollo y programación con controlador Arduino	35
3. 5. 5 Desarrollo y programación de controlador s7 1200	39
3. 5. 6 Integración del sistema	46
3. 5. 7 Conexiones eléctricas y electrónicas	49
CAPITULO IV	52
ANALISIS DE RESULTADO Y DISCUSION.....	52
4. 1 PRESENTACION.....	52
4. 2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	52
4. 3 DISCUSION DE RESULTADOS	56
4. 4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS:.....	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama básico de funcionamiento de un servo motor.	13
Figura 2	Motor Paso a paso para control de posición	15
Figura 3	PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.	17
Figura 4	Pantalla HMI para controlar para supervisar.	18
Figura 5	Celdas de carga o sensor de peso.	19
Figura 6	Amplificador de celdas de carga.....	20
Figura 7	Dibujo de la estructura del soporte en acero negro.....	27
Figura 8	Área y volumen de la bandeja de porta huevos.	28
Figura 9	Bandejas para recolección de datos.....	29
Figura 10	Modelado y presentación de componentes y equipos.	30
Figura 11	Diseño preensamblado del sistema seleccionador de huevo.	30
Figura 12	Asignando la carga que se ha obtenido en los cálculos.....	31
Figura 13	En el estudio se rescata el límite elástico	32
Figura 14	Factor de seguridad en diseño mecánico.....	32
Figura 15	Plano de la estructura mecánica.....	33
Figura 16	Plano eléctrico de la bandeja desplegado.	33
Figura 17	Implementación y visualización lateral.	34
Figura 18	Implementación de los servomotores.	34
Figura 19	Visualización del sistema desde la parte superior.....	34
Figura 20	Diagrama de flujo del sistema de clasificación de huevo.	35
Figura 21	Motor PaP 28BYJ-48 de 5V	36
Figura 22	Motor PaP 28BYJ-48 de 5V	36
Figura 23	Diagrama eléctrico de conexiones.....	37
Figura 24	Diagrama de conexiones de instrumentación.....	40
Figura 25	Creación de carpeta de archivos.	41
Figura 26	Selección de PLC S7 1200 CPU 1214.	42
Figura 27	Lectura de entradas analógicas.....	42
Figura 28	Se configura el peso real en el sistema.	43
Figura 29	Programación en SCL del seleccionador de huevo.	43
Figura 30	Alimentar al servo motor.	44
Figura 31	Para configurar el punto de inicio del servo motor.	44
Figura 32	Restablecer el punto de inicio para nuevamente marcar home.	45



Figura 33 Activar el primer movimiento controlado.....	45
Figura 34 Bandejas recolectoras de huevo del sistema.	46
Figura 35 Alimentador de huevo por gravedad.....	47
Figura 36 Mecanismo de selección de huevo.....	48
Figura 37 Seleccionador de huevo automatizado con PLC.....	48
Figura 38 Tablero eléctrico de seleccionador de huevo.	49
Figura 39 Pantalla HMI de control de proceso.....	50
Figura 40 Implementación del seleccionador de huevo Automático.	51
Figura 41 Prueba de lectura de un huevo 55 gramos.....	52
Figura 42 Lectura de sensor de huevo en Tia Portal.....	53
Figura 43 Corroborando 55g de peso en la gramera.	53
Figura 44 Pruebas de la bandeja de 40 a 55 gramos.....	54
Figura 45 Pruebas de la bandeja de 56 a 60 gramos.....	54
Figura 46 Pruebas de la bandeja de 61 a 65.....	55
Figura 47 Pruebas de la bandeja de 66 a 70 gramos.....	55



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operalización de variables de investigación.	3
Tabla 2 Tabla de clasificación de huevo por peso.	7
Tabla 3 Características de un buen huevo.	8
Tabla 4 Características de PLC para poder realizar la implementación.	22
Tabla 5 Seleccionar el driver compatible con S7 1200 Siemens.	23
Tabla 6 Tabla de selección de motor paso a paso.	24
Tabla 7 Tabla de selección de la precisión de la celda de carga.	25
Tabla 8 Tabla de selección de amplificador de celda de carga.	26
Tabla 9 Descripción de programación en Arduino.	38
Tabla 10 El motor 17HS08-1004S es un motor bipolar de 4 cables.	39
Tabla 11 Conexión de señales de control del PLC al DM442.	39
Tabla 12 Opción recomendada:	41
Tabla 13 Tabla de datos de las muestras	56
Tabla 14 Rendimiento operativo (5 s/egg)	56
Tabla 15 Tabla resume los indicadores más relevantes del sistema	57
Tabla 16 Ficha Técnica de Validación del Sistema.	63



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal desarrollar e implementar un sistema automático de clasificación de huevos basado en el uso de celdas de carga, orientado a optimizar el proceso productivo en la industria avícola de la región de Puno. El proyecto surge ante la necesidad de mejorar la eficiencia, precisión y velocidad en la clasificación de huevos, tarea que tradicionalmente se realiza de forma manual y que presenta altos márgenes de error, variabilidad en la calidad del producto final y pérdida de tiempo operativo.

El sistema propuesto integra sensores de peso (celdas de carga), un microcontrolador programado (como Arduino o similar), una interfaz de usuario y un mecanismo automático de separación por rangos de peso. La automatización permite clasificar los huevos en categorías predefinidas con alta precisión, reduciendo la intervención humana y asegurando mayor uniformidad en los lotes.

Para evaluar el impacto del sistema, se realizaron pruebas en campo midiendo variables como la precisión de clasificación, la homogeneidad del producto final y el porcentaje de errores antes y después de la implementación. Los resultados demostraron una mejora significativa en la calidad del proceso, así como una reducción del tiempo de clasificación y del margen de error humano.

La investigación concluye que la implementación de tecnologías automatizadas mediante celdas de carga representa una solución efectiva, accesible y replicable para pequeñas y medianas granjas avícolas, contribuyendo a la modernización del sector productivo regional.

Palabras clave: clasificación de huevos, automatización, celda de carga, industria avícola, Puno, eficiencia, controladores lógicos programables



ABSTRACT

The main objective of this thesis is to develop and implement an automatic egg grading system based on load cells, aimed at optimizing the production process in the poultry industry in the Puno region. The project arose from the need to improve the efficiency, accuracy, and speed of egg grading, a task traditionally performed manually and characterized by high margins of error, variability in final product quality, and loss of operational time.

The proposed system integrates weight sensors (load cells), a programmed microcontroller (such as Arduino or similar), a user interface, and an automatic weight-range separation mechanism. The automation allows eggs to be graded into predefined categories with high accuracy, reducing human intervention and ensuring greater batch uniformity.

To evaluate the system's impact, field tests were conducted, measuring variables such as grading accuracy, final product homogeneity, and error rates before and after implementation. The results demonstrated a significant improvement in process quality, as well as a reduction in grading time and the margin of human error.

The research concludes that the implementation of automated load cell technologies represents an effective, accessible, and replicable solution for small and medium-sized poultry farms, contributing to the modernization of the regional production sector.

Keywords: egg grading, automation, load cell, poultry industry, Puno, efficiency, programmable logic controllers



INTRODUCCIÓN

La industria avícola es clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico, especialmente en regiones como Puno. Uno de sus procesos esenciales es la clasificación de huevos por peso y calidad, que en muchas granjas aún se realiza manualmente, generando errores, demoras y baja eficiencia.

Ante esta situación, la automatización se presenta como una solución necesaria. Esta investigación propone diseñar e implementar un sistema automático de clasificación de huevos utilizando celdas de carga, microcontroladores y un mecanismo controlado por software. El objetivo es mejorar la precisión, velocidad y uniformidad en el proceso.

El estudio también evalúa el impacto del sistema en la eficiencia de clasificación, comparando resultados antes y después de su aplicación en una granja local. Se espera que esta solución contribuya a la modernización del sector avícola regional y al incremento de la productividad.

Capítulo 1: Se propone un sistema automático de clasificación de huevos en Puno, utilizando celdas de carga, para mejorar la precisión, eficiencia y reducir errores y costos operativos.

Capítulo 2: Se exploran la automatización industrial, las celdas de carga y estudios previos sobre su aplicación en la industria avícola.

Capítulo 3: Se describe el diseño, implementación y pruebas del sistema en una granja avícola.

Capítulo 4: El sistema mejora la precisión, rapidez y reduce errores humanos, además de bajar los costos operativos.

Capítulo 5: El sistema optimiza el proceso y se recomienda su expansión y mejora continua.

ASPECTOS GENERALES

1. 1 Descripción del problema.

En la industria avícola, particularmente en las pequeñas y medianas empresas, el proceso de selección de huevos se realiza de forma manual utilizando balanzas electrónicas de alta precisión. Sin embargo, este método presenta diversas limitaciones, como un margen de error en la clasificación y una alta demanda física que genera fatiga en los operarios. Esta situación afecta la eficiencia del proceso y aumenta el tiempo necesario para completar la tarea. A nivel nacional, la producción de huevos es de gran importancia por su alto valor nutricional y su papel como alimento básico en la dieta diaria. Por ello, resulta fundamental desarrollar soluciones tecnológicas accesibles para los pequeños productores, que permitan automatizar y optimizar la selección de huevos, reduciendo el esfuerzo humano y mejorando la precisión del proceso.

1. 2 Formulación del problema

1. 2. 1 Problema general

¿Cómo puede la implementación de un sistema automático de clasificación de huevos mediante celdas de carga mejorar la precisión, eficiencia?

1. 2. 2 Problemas específicos

PE1: ¿Cómo reducir el esfuerzo físico de los operarios y mejorar la precisión y eficiencia del sistema de clasificación de huevos?

PE2: De qué manera se puede realizar la implementación y desarrollo para que un sistema sea automático.

PE3: Como mejorar la operación y la comunicación con sistemas automatizados en el proceso de clasificación de huevo.

1. 3 Justificación

La automatización de este proceso mediante tecnologías accesibles como las celdas de carga y microcontroladores ofrece una solución viable, que no solo mejora la precisión en la clasificación, sino que también optimiza el tiempo de producción, reduce los costos laborales y minimiza los errores humanos. Además, el uso de sistemas automáticos puede incrementar la capacidad de respuesta ante aumentos de demanda, mejorando la sostenibilidad y la rentabilidad de las granjas avícolas.

1. 4 Objetivos de la investigación

1. 4. 1 Objetivo general

Implementar un sistema automático de clasificación de huevos utilizando celdas de carga, con el propósito de optimizar el proceso de selección en la industria avícola de la región de Puno.

1. 4. 2 Objetivos específicos

OE1: Implementar un prototipo funcional que clasifique automáticamente los huevos en función de su peso.

OE2: Desarrollar y programar el control del sistema mediante un PLC, garantizando la gestión eficiente de sensores y actuadores.

OE3: Desarrollar el software de la interfaz HMI que permita al usuario visualizar datos, ajustar parámetros y supervisar el funcionamiento del sistema en tiempo real.

1. 5 Hipótesis de la investigación

1. 5. 1 Hipótesis general

Si se implementa la clasificación automática de huevo, optimiza y reduce los esfuerzos físicos que esto requiere.

1. 5. 2 Hipótesis específicas

HE1: Si se implementa el prototipo de clasificación huevos, se mejora y reduce el tiempo de selección.

HE2: Si se desarrolla el programa en sistemas PLCs se garantiza el buen funcionamiento mediante sensores y actuadores.

HE3: El desarrollo del interfaz HMI, permitirá el buen funcionamiento del seleccionado de huevo.

1. 6 Variables de investigación

1. 6. 1 Variable Independiente

Implementación del sistema automático de clasificación de huevos

1. 6. 2 Variable Dependiente

Calidad del proceso de clasificación de huevos

1. 7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operalización de variables de investigación.

Variable	Tipo de variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Implementación del sistema automático de clasificación de huevos	Independiente	- Nivel de implementación tecnológica - Interacción hardware/software - Nivel de automatización	- Integración de sensores (celdas de carga) - Presencia de interfaz de usuario - Algoritmo de clasificación implementado - Estabilidad del sistema (fallas, reinicios)	Cualitativa / Ordinal
Calidad del proceso de clasificación de huevos	Dependiente	- Precisión de clasificación - Homogeneidad del producto final - Reducción de errores humanos	- % de clasificación correcta por peso - % de huevos mal clasificados - Consistencia entre lotes - Nivel de satisfacción del operario (opcional)	Cuantitativa / Porcentual / Ordinal

Nota: Elaboración propia..

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2. 1 BASES TEORICAS

2. 1. 1 NIVEL INTERNACIONAL

(Villafuerte Ledesma, 2019) Se diseñó un sistema mecatrónico modular que integra manipulador neumático, pesaje con sensores de fuerza y detección de grietas mediante procesamiento de imágenes. El sistema permite seleccionar hasta 60 huevos por bandeja en menos de 2 minutos, mejorando la eficiencia en plantas de incubación.

(Velasquez Galvez, 2021) Se implementó un proceso de mejora continua en la clasificación y empaquetado de huevos, logrando una reducción de costos y una mejora en la satisfacción del cliente. Aunque no se centra en la automatización, destaca la importancia de optimizar procesos en la industria avícola.

(Limo Huamán, 2017) Se diseñó e implementó un sistema de control semiautomático para el llenado de materia prima en tolvas de almacenamiento, reduciendo tiempos muertos y mejorando la productividad en el procesamiento de alimento balanceado.

2. 1. 2 NIVEL NACIONAL

(Ahmad Fakhri Ab Nasir, 2018) Se desarrolló un sistema automatizado de clasificación de huevos utilizando visión por computadora, comparando la medición por peso con parámetros de forma. Los resultados mostraron que la clasificación basada en parámetros de forma superó en precisión a la basada en peso.

(Xiao Yang, 2023) Se desarrolló un sistema automático basado en visión por computadora para la clasificación de huevos y detección de defectos, alcanzando una precisión de clasificación del 94–96%.

(Ray Malonjao, 2018) Se desarrolló una máquina clasificadora automatizada de una sola línea para huevos de mesa en Filipinas, utilizando componentes mecatrónicos y visión por máquina, logrando una clasificación eficiente y precisa.

2. 2 DEFINICION DE TERMINOS

2. 2. 1 Automatización de procesos industriales.

La automatización industrial es el uso de sistemas computarizados, electrónicos y electromecánicos para operar maquinaria o controlar procesos industriales sin intervención humana constante. Esta disciplina abarca no solo el control automático, sino también la instrumentación industrial, que incluye sensores, actuadores, transmisores de campo, sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA), y aplicaciones de software en tiempo real. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia, seguridad, precisión y productividad de las operaciones industriales. (D'Addario, 2017).

2. 2. 1. 1. Niveles de automatización industrial

La automatización industrial también debe llevar consigo ciertos niveles para que complete su proceso. Cuando se habla de estos niveles de automatización nos referimos a: (ENIMTEC, 2025)

✓ Nivel de Campo o Nivel Operativo (Sensorial y Actuación)

Descripción: Comprende los dispositivos físicos que interactúan directamente con el proceso.

Elementos: Sensores (como celdas de carga), actuadores, válvulas, motores.

✓ Nivel de Control

Descripción: Encargado de procesar las señales de los sensores y tomar decisiones automáticas.

Elementos: PLC (Controladores Lógicos Programables), microcontroladores (como Arduino), relés inteligentes.

✓ **Nivel de Supervisión**

Descripción: Supervisa el funcionamiento del sistema de control en tiempo real.

Elementos: SCADA, HMI, sistemas de visualización.

✓ **Nivel de Gestión o Planeamiento**

Descripción: Integra los datos operativos con la toma de decisiones administrativas.

Elementos: Software ERP, sistemas de planificación de producción.

✓ **Nivel Estratégico (Opcional en sistemas avanzados)**

Descripción: Analiza datos históricos y tendencias para tomar decisiones a largo plazo.

Elementos: Inteligencia artificial, big data, aprendizaje automático.

2. 2. 1. 2. Beneficios de la automatización en la industria avícola

✓ **Reducción de costos operativos**

La automatización permite disminuir el uso de mano de obra y optimizar el consumo de recursos, lo que se traduce en una reducción significativa de los costos operativos. (Editores, 2025).

✓ **Mejora en la conversión alimenticia**

La implementación de tecnologías avanzadas mejora la eficiencia en la conversión de alimentos, lo que contribuye a una mayor productividad y rentabilidad. (Tech, 2025).

✓ **Optimización del bienestar animal**

La automatización facilita el control de las condiciones ambientales y la alimentación, lo que reduce el estrés en las aves y mejora su salud y productividad. (Editores, 2025).

✓ **Aumento de la productividad y eficiencia**

Los sistemas automatizados pueden operar las 24 horas del día, los siete días de la semana, adaptándose fácilmente a nuevos requerimientos con una simple reprogramación, lo que aumenta la eficiencia y la productividad. (UNIR, 2025).

✓ **Mejora en la trazabilidad y control de procesos**

La automatización permite un mejor control de los procesos, costos y precios reales por producto, incluyendo mermas y desperdicios, lo que facilita la toma de decisiones informadas. (WATTPoultry, 2025)

✓ **Reducción de riesgos laborales**

Al automatizar tareas repetitivas y peligrosas, se disminuye la exposición de los trabajadores a riesgos, mejorando la seguridad laboral y reduciendo la rotación de empleados. (UNIR, 2025).

2. 2. 2 Clasificación de huevo

2. 2. 2. 1. Parámetros de clasificación de huevo.

Las regulaciones locales, la clasificación por peso permite estandarizar en categorías, Según la Ficha Técnica del SEACE – Huevo de Gallina Calidad Primera.

Mediante el Peso:

Tabla 2

Tabla de clasificación de huevo por peso.

TAMAÑO	PESO
Super chico	< 50 g
Chico	50 – 55,55 g
Mediano	55,55 – 62,5 g
Grande	62,5 – 68,88 g
Jumbo	68,88 – 72,22 g
Super Jumbo	≥ 72,22

Nota: Fecha de publicación en el SEACE, 05/09/2024 09:29.

Requisitos físicos del huevo:

- ✓ Cascara libre de roturas y quiñaduras.
- ✓ Sin cuerpos extraños ni mancha que alteren la apariencia.
- ✓ Limpio y seco
- ✓ La yema debe tener forma casi esférica, de contorno ligeramente definido, ubicación céntrica vista a través del ovoscopio y firmemente sostenida por las chalazas.

Otras características en la clasificación:**Tabla 3**

Características de un buen huevo.

Características	Especificación
color	Blanco o pardo en sus diferentes tonalidades.
olor	Característico y libre de olores desagradables.
Sabor	Sabor Característico
Cascara	Integra, limpia, seca, lisa y de forma característica
Cámara de aire	Su altura no debe exceder los 5 mm
yema	Céntrica y fija
clara	Transparente, densa y fija

Nota: NTP 011.219:2015, Huevos de gallina. Requisitos y clasificación.**2. 2. 2. 2. Normas Sanitarias y Reglamentarias**

- Resolución Directoral N° D000001-2025-MIDAGRI-SENASA-DSA.

Contenido: Aprueba los requisitos sanitarios para la importación de huevos fértiles de gallina, pollitos recién nacidos y otros productos avícolas.

- Ficha Técnica del SEACE – Huevo de Gallina Calidad Primera, Descripción: Define las características del huevo de gallina de calidad primera, incluyendo aspectos como el peso, la apariencia de la cáscara y la integridad del contenido.

2. 2. 2. 3. Errores Comunes en la Clasificación Manual de Huevos

- ✓ **Clasificación incorrecta por peso**

El operario puede cometer errores al estimar visualmente o manualmente el peso, lo que lleva a huevos mal clasificados en su categoría (M, L, XL, etc.).

- ✓ **Falta de homogeneidad en los lotes**

La clasificación no es uniforme, lo que afecta la presentación y aceptación comercial del producto.

- ✓ **Daños por manipulación**

El manejo excesivo o brusco puede provocar grietas o roturas en la cáscara, reduciendo la calidad del huevo.

- ✓ **Fatiga y error humano**

El cansancio y la repetitividad del proceso afectan la atención del operario, aumentando la tasa de error con el tiempo.

- ✓ **Contaminación cruzada**

Si no se siguen protocolos de higiene, el contacto manual puede transferir contaminantes entre huevos.

- ✓ **Lentitud en el proceso**

El ritmo de trabajo manual limita la capacidad de respuesta ante grandes volúmenes de producción, reduciendo la eficiencia operativa.

- ✓ **Falta de registros o trazabilidad**

En procesos manuales es difícil mantener un control preciso de la cantidad y calidad de los huevos clasificados.

2. 2. 2. 4. certificaciones y requisitos necesarios en Perú

1. Registro Sanitario del Establecimiento Avícola (DIGESA / SENASA)

- Entidad responsable: SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria).
- Requisitos: Buenas Prácticas de Producción Avícola (BPP), control sanitario, limpieza y desinfección, trazabilidad.
- Objetivo: Garantizar que los huevos provienen de un establecimiento autorizado y controlado sanitariamente.

2. Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

- requerido si el huevo es clasificado, empacado o transformado industrialmente.
- Establece estándares de higiene, infraestructura, personal capacitado, control de plagas y calidad del agua.

3. Norma Técnica Peruana (NTP 209.311:2009 – Huevos frescos de gallina)

- Define los requisitos mínimos de calidad, clasificación por peso y calidad interna y externa.
- Clasificación por categoría: A, B, C.
- Clasificación por peso: S (pequeño), M (mediano), L (grande), XL (extra grande).

4. Registro como Establecimiento Procesador o Comercializador

- Para operar legalmente, especialmente si el sistema automatizado forma parte de un centro de empaque o distribución.

5. Autorización y calibración de equipos de medición (INACAL)

- Si se utiliza una celda de carga o balanza electrónica para la clasificación por peso, debe estar calibrada y certificada por INACAL (Instituto Nacional de Calidad del Perú).
- Verifica que los sistemas de pesaje cumplan con tolerancias aceptables y normativas legales de metrología.

6. Certificado de Inocuidad Alimentaria (opcional pero recomendable)

- Especialmente útil si se desea exportar o vender a supermercados grandes.
- Se puede gestionar bajo esquemas como HACCP o incluso ISO 22000 (según el nivel del emprendimiento).

7. Rotulado y etiquetado conforme a normativa de DIGESA y el Codex Alimentarius

- Etiquetas deben incluir: fecha de producción, vencimiento, número de lote, lugar de origen, categoría, peso y registro sanitario.

2. 2. 3 Elementos mecánicos de control de movimiento.

2. 2. 3. 1. Tipos de bandas transportadoras

En el mundo industrial y logístico, existen diferentes clases de bandas transportadoras, cada una diseñada para satisfacer necesidades específicas de transporte. A continuación, presentaremos la clasificación de bandas transportadoras y sus características distintivas para que conozcas los criterios que te permitan elegir la banda más adecuada. (lab, 2025).

- **Cintas transportadoras de rodillos:** Ideales para el manejo de cajas, paquetes y objetos regulares en almacenes y centros logísticos.

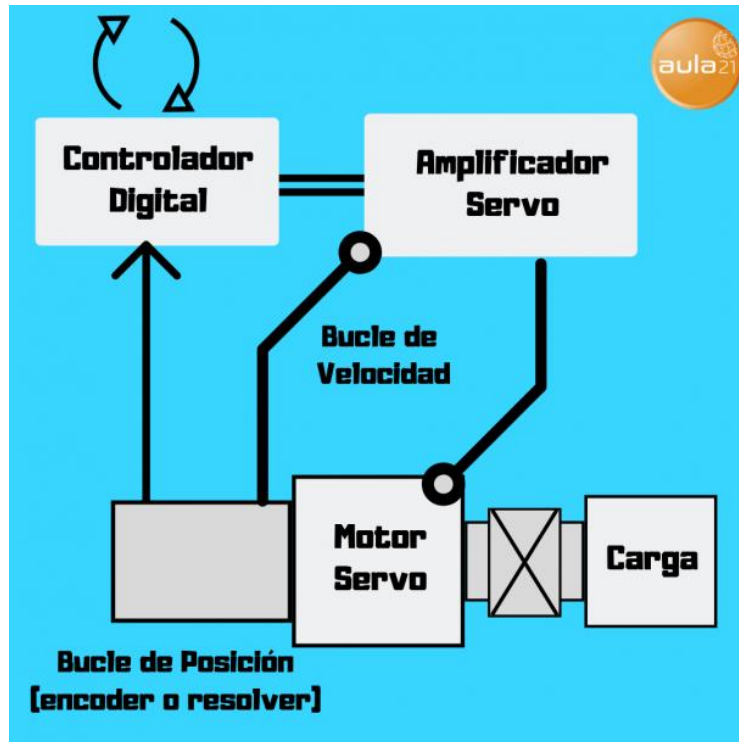
- **Cintas transportadoras de banda:** Versátiles y utilizadas en múltiples industrias, permiten transportar productos a granel y objetos pequeños con facilidad.
- **Cintas transportadoras de cadena:** Diseñadas para cargas pesadas y entornos exigentes como minería y construcción.
- **Cintas transportadoras modulares:** Alta flexibilidad y adaptabilidad, ideales para trayectorias curvas y cambios de elevación.
- **Cintas transportadoras telescópicas:** Ajustables en longitud, optimizan la carga y descarga de camiones y contenedores en logística y transporte.
- **Cintas transportadoras curvas:** Permiten un transporte eficiente en espacios reducidos y líneas de producción con cambios de dirección.
- **Cintas transportadoras de gravedad:** Económicas y sin consumo energético, aprovechan la inclinación natural para el desplazamiento de objetos. (lab, 2025)
- **Cintas transportadoras neumáticas:** Usadas en la industria química y alimentaria para el transporte de materiales en polvo o granulados mediante aire comprimido.

2. 2. 3. 2. Servo Motores en la industria

Los servomotores son dispositivos compactos, pero con gran capacidad, valorados por su alta eficiencia energética. Este texto tiene como objetivo explicar su funcionamiento, describir sus partes y analizar su uso en distintos sectores industriales, como la robótica y la industria aeroespacial, donde juegan un papel fundamental. (21, 2025).

Figura 1

Diagrama básico de funcionamiento de un servo motor.



Nota: Centro de información técnica para la industria.

Los servomotores en acción: Aplicaciones y usos

Los servomotores son como los superhéroes de la ingeniería, siempre listos para entrar en acción cuando se necesitan variaciones rápidas de velocidad o cuando hay riesgo de calentamiento excesivo del motor.

- **Industrias:** En sectores como el de maquinaria industrial, empaquetado, automatización de plantas, manipulación de materiales, impresión y montaje, los servomotores son piezas fundamentales. Siempre que haya una tarea compleja que requiera precisión y fuerza, es muy probable que un servomotor esté detrás de su ejecución.

- **Robótica:** En el ámbito robótico, los servomotores funcionan como los músculos del sistema, ofreciendo movimientos suaves y precisos. Desde brazos mecánicos en fábricas hasta robots que exploran otros planetas, estos motores permiten que los robots se desplacen y operen con exactitud.
- **Aeroespacial:** Dentro de la aviación y el espacio, los servomotores cumplen un rol esencial al regular los sistemas hidráulicos, controlando el flujo de fluidos y asegurando el funcionamiento correcto de los mecanismos críticos.
- **Juguetes con Control Remoto:** En los juguetes operados a distancia, los servomotores son los responsables de los movimientos detallados, aportando control y realismo a su funcionamiento.
- **Electrónica de Consumo:** En aparatos como reproductores de DVD y otros dispositivos similares, estos motores permiten la apertura y cierre preciso de bandejas, garantizando movimientos suaves y exactos.
- **Automóviles:** En el sector automotriz, los servomotores se encargan de mantener funciones como la velocidad constante, contribuyendo a una conducción estable y segura.

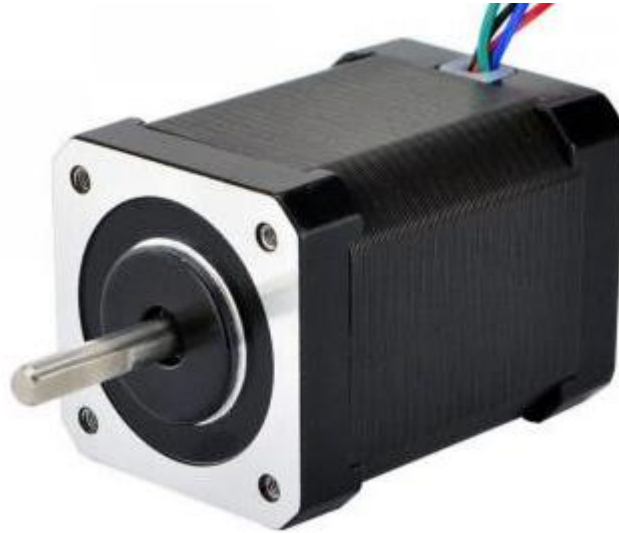
2. 2. 3. 3. Motores paso a paso.

Un motor paso a paso es un tipo de actuador electromecánico que transforma la electricidad en movimiento mecánico. Se trata de un motor síncrono sin escobillas que tiene la capacidad de fraccionar una vuelta completa en numerosos pasos individuales. Al recibir impulsos eléctricos

en el orden correcto, el eje del motor se desplaza en incrementos definidos, lo que permite posicionarlo con gran precisión sin necesidad de sensores de retroalimentación, siempre y cuando el motor sea el apropiado para la tarea que se desea realizar. (STEPPERONLINE, 2025).

Figura 2

Motor Paso a paso para control de posición



Nota: Centro de información técnica para la industria

Tipos de motores paso a paso

Existen tres tipos principales:

- **Motor de reluctancia variable (VR):**
 - ✓ Tiene un rotor de hierro dulce con dientes y un estator bobinado.
 - ✓ Funciona al alinear los dientes del rotor con los polos del estator energizados.
 - ✓ Es rápido, simple y fácil de controlar, pero ofrece bajo par y baja resolución.

- **Motor de imanes permanentes (PM):**
 - ✓ Contiene imanes permanentes en el rotor.
 - ✓ El cambio de corriente en las bobinas genera el movimiento del rotor.
 - ✓ Ofrece mejor par que el VR, pero su resolución sigue siendo baja.
Tiene un costo moderado.
- **Motor híbrido (HY):**
 - ✓ Combina las ventajas de los tipos VR y PM.
 - ✓ Usa imanes magnetizados axialmente y dientes en el rotor para mayor precisión.
 - ✓ Es el más común en la industria por su alta resolución, buen par y velocidad, aunque es más caro.
- **Fórmula para calcular pasos por vuelta:**
 - ✓ $SPR = NR \times \emptyset$
 - ✓ SPR: pasos por revolución
 - ✓ NR: número de dientes del rotor
 - ✓ $\emptyset$: número de fases del motor

2. 2. 4 Equipos de Automatización industrial.

Las innovaciones más recientes en el ámbito de la automatización industrial es el PLC (Controlador Lógico Programable). Este dispositivo es una computadora diseñada específicamente para entornos industriales, cuya función principal es automatizar los procesos dentro de una línea de producción. Su responsabilidad consiste en gestionar y controlar los sistemas que operan las máquinas.

2. 2. 4. 1. PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC

El S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC es un PLC compacto de Siemens diseñado para automatizar procesos industriales pequeños y medianos. La nomenclatura DC/DC/DC indica lo siguiente:

Características clave:

- ✓ Alimentación: 20.4–28.8 VDC (típicamente 24 VDC).
- ✓ Entradas digitales: 14 entradas tipo DC.
- ✓ Salidas digitales: 10 salidas transistor (DC), ideales para conmutación rápida.
- ✓ Memoria integrada: para programa y datos.
- ✓ Comunicación: Incluye puerto PROFINET para integración en redes.
- ✓ Ampliable: permite módulos adicionales (E/S, comunicación, etc.).
- ✓ Programación: mediante el software TIA Portal.

Figura 3

PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C



Nota: Controlador lógico programable siemens.

2. 2. 4. 2. Interfaz maquina Humano.

En sistema HMI es un panel de control o una pantalla que conecta al operario con una máquina, un dispositivo o un proceso productivo.

Aunque el concepto puede aplicarse a cualquier interfaz de usuario, en el ámbito industrial el término se refiere a las pantallas que permiten supervisar y controlar maquinaria en tiempo real.

Figura 4

Pantalla HMI para controlar para supervisar.



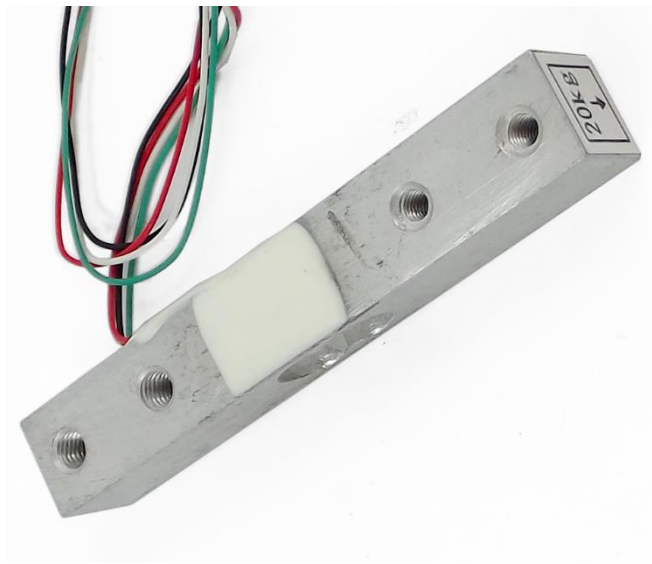
Nota: Pantalla de control HMI de marca delta.

2. 2. 4. 3. Sensor de peso o Celda de carga

Las celdas de carga son transductores que soportan cargas de compresión, tensión y flexión y las convierten en una magnitud eléctrica proporcional a la carga. Existen celdas de carga de tipo hidráulico, neumático y con galgas extensiométricas, siendo estas últimas las más utilizadas en la industria por su precisión, durabilidad y precio. La aplicación principal de las celdas de carga es la medición de peso en la industria de alimentos, medicamentos, transporte entre otras. (Naylamp, 2025)

Figura 5

Celdas de carga o sensor de peso.



Nota: Sensor de peso de 10 a 20 kg de peso.

2. 2. 4. 4. Amplificador de celdas de carga.

El amplificador de celda de carga Double E Group es un acondicionador de señal y unidad de visualización de tensión. El dispositivo proporciona alimentación y recibe una señal en milivoltios de las celdas de carga. Un procedimiento de calibración rápida proporciona una visualización y salida precisas de una señal amplificada de 0-10 V o 4-20 mA seleccionable por el usuario para su uso con pantallas, controladores de tensión y / o PLC de la máquina. (Grup, 2025).

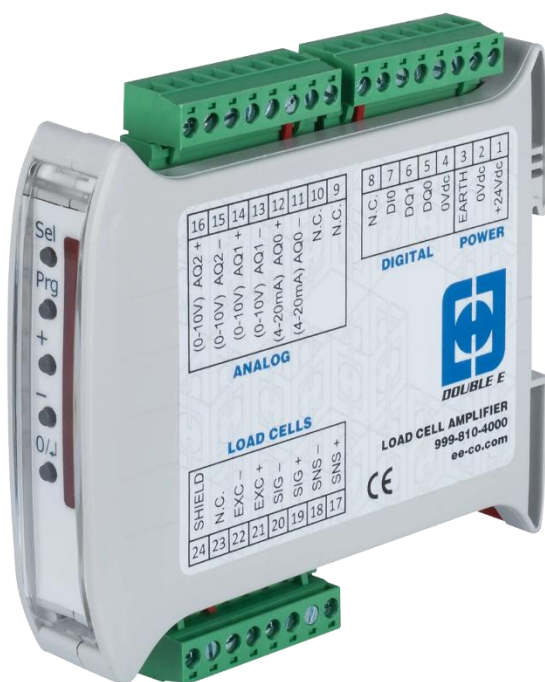
Características del módulo.

- La pantalla LED muestra la lectura de la tensión actual
- Calibración sencilla a través del teclado digital, sin puentes ni interruptores
- Caja compacta para riel DIN

- Salidas seleccionables: 0-10 V, 4-20 mA, en un solo dispositivo.
- Se puede usar una amplia gama de celda de carga con sensibilidad mV/V
- Compatible con las celdas de carga más reconocidas
- Dos salidas de alarma programables
- Se comunica con su controlador, variador o PLC
- Salida estable con mínimas desviaciones por temperatura
- Peso de calibración seleccionable.

Figura 6

Amplificador de celdas de carga.



Nota: Se usa para obtener una señal entera de 0 a 10v.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. 1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es aplicada, ya que busca desarrollar una solución tecnológica. Tiene un enfoque cuantitativo, al trabajar con datos como el peso de los huevos. El nivel es tecnológico-explicativo, y el diseño es experimental, ya que se implementará y probará un prototipo de clasificador automático de huevos

3. 2 AMBITO DE LA INVESTIGACION

La investigación se desarrolla en el ámbito tecnológico y productivo, enfocada en la industria avícola de la región de Puno. Está orientada a mejorar el proceso de clasificación de huevos mediante la implementación de un sistema automático basado en celdas de carga. El estudio abarca tanto el diseño como la prueba del prototipo en un entorno real de producción, con el objetivo de optimizar la eficiencia, precisión y productividad del sector avícola local.

3. 3 POBLACION Y MUESTRA

- **Población:** Plantas avícolas de la región de Puno.
- **Muestra:** Se seleccionará una granja avícola representativa de la región para la instalación y prueba del sistema automatizado.

3. 4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACION

Las técnicas de estudio es la observación directa, experimentación y medición que se realice al sistema automatizado. Y los Instrumentos que se tienen son las Celdas de carga, PLC, software de control, bases de datos para el registro de pesos y clasificaciones, y hojas de registro técnico.

3. 5 RECOGIDA DE DATOS

3. 5. 1 Selección de equipos de automatización.

3. 5. 1. 1. Seleccionar el PLC para la instrumentación.

Para seleccionar los equipos de control se han analizado las marcas más adecuadas en la industria que trabajarían de acuerdo a sus especificaciones técnicas, primero se buscara un PLC adecuado para ello.

Tabla 4

Características de PLC para poder realizar la implementación.

Característica	Siemens 7-1200 CPU 1214C	Siemens S7-200 SMART	Mitsubish i FX5U	Delta DVP-ES2
Entradas digitales	14	16	16	16
Salidas digitales	10 (transistor)	16	16 (transistor)	16 (transistor)
Salidas PTO (control de pulsos)	2 canales PTO integrados	2 canales PTO	Hasta 4 canales PTO	2 canales PTO
Velocidad máx. de PTO	~100 kHz	~50–100 kHz	Hasta 200 kHz	50–100 kHz
Expansión de I/O	Sí (módulos SM/SB)	Sí	Sí	Sí
Lenguaje de programación	Ladder, FBD, STL (TIA Portal)	Ladder (STEP 7 MicroWIN)	Ladder, FBD, ST (GX Works 3)	Ladder (WPLSoft)
Comunicación	PROFINET, Modbus TCP	Modbus RTU	Ethernet, Modbus TCP/RTU	Modbus RTU
Tensión de alimentación	24VDC	24VDC	24VDC	24VDC
Compatibilidad con drivers Step/Dir	Alta	Media	Alta	Media
Uso recomendado	Industria, precisión media-alta	Automatización económica	Alta velocidad y precisión	Sistemas simples o medianos

Nota: Elaboración propia.

Los motores paso a paso no pueden conectarse directamente al PLC S7-1200, ya que el PLC no genera señales de paso (step) y dirección (dir) directamente. Necesitas:

- ✓ Un driver (controlador de motor paso a paso) para cada motor.
- ✓ El PLC se comunica con los drivers mediante salidas digitales.

para controlar 3 motores, elige un modelo con suficientes salidas digitales (o módulos adicionales): el s7 1200 CPU 1214 con DC/DC/DC. De manera que un controlador mas asociado a la instrumentación en el sur del Perú.

3. 5. 1. 2. Seleccionar el driver adecuado compatible con PLC S7 1200

Para seleccionar el driver adecuado se han analizado las marcas que podrían trabajar adecuadamente.

Tabla 5

Seleccionar el driver compatible con S7 1200 Siemens.

Características	Leadshine DM442	Leadshine DM556	JMC iHSS57	JMC iHSS60	TB6600 (industrial)
Compatibilidad con S7-1200	Alta	Alta	Alta	Alta	Media
Tipo de señal de entrada	Pull / Dir	Step / Dir	Step / Dir (servo híbrido)	Step / Dir (servo híbrido)	Step / Dir
Tensión señal Step/Dir	5–24 VDC	5–24 VDC	5–24 VDC	5–24 VDC	5 V (algunos 24V)
Corriente máxima de salida	Hasta 4.2 A	Hasta 5.6 A	Hasta 4.5 A	Hasta 6 A	Hasta 4 A
Resolución microstepping	Hasta 1/256	Hasta 1/256	Automático	Automático	Hasta 1/64
Ventajas	Robusto, preciso	Mayor potencia	Enconder integrado, no pierde pasos	Más torque y precisión	Económico y simple
Aplicación recomendada	Industrial general	Cargas medias y altas	Alta precisión	Procesos intensivos	Prototipos o básicos

Nota: Elaboración propia.

En esta investigación se utilizará el driver leadshine DM442, que tiene una compatibilidad alta con la marca siemens y que puede regular la corriente de salida desde 0.5 hasta 4.2 amperios.

3. 5. 1. 3. Seleccionar motor paso a paso para el sistema.

Para seleccionar el tipo de motor es necesario considerar los drivers y el PLC seleccionado, y también considerar el torque del motor que se esta buscando, para ello se genera una tabla de comparación de motores que se tiene de alternativa.

Tabla 6

Tabla de selección de motor paso a paso.

Características	17HS08-1004S	17HS19-1684S	23HS22-2804S
Tipo de Motor	Bipolar	Bipolar	Bipolar
Tamaño (NEMA)	NEMA 17	NEMA 17	NEMA 23
Corriente Nominal por Fase	1.0 A	1.68 A	2.8 A
Par de Torque (Nm)	0.22	0.4	1.26
Voltaje Nominal por Fase	3.3 V	3.6 V	3.2 V
Pasos por Revolución	200 (1.8° por paso)	200 (1.8° por paso)	200 (1.8° por paso)
Tipo de Señal	PUL/DIR	PUL/DIR	PUL/DIR
Aplicación Recomendada	Clasificación de huevos, robótica ligera, automatización básica	Proyectos con mayor torque, impresoras 3D, robots pequeños	Máquinas CNC, automatización industrial

Nota: Elaboración propia.

Los motores 17HS08-1004S de nema 17 con una corriente de trabajo de 1 Amperio y un voltaje de 3.3 v DC, son adecuados para lo que

se necesita en el proyecto y es compatible con driver DM442 y el PLC S7 1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

3. 5. 1. 4. Seleccionar el sensor de peso.

Se necesita un sensor que pueda medir parámetros como 0 a 100 gramos, entonces se desea buscar una celda de carga con esos parámetros para ello buscaremos alternativas para que pueda trabajar con PLC S7 1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

Tabla 7

Tabla de selección de la precisión de la celda de carga.

Característica	Celda 1: 0.3 kg / 2.0 mV/V	Celda 2: 0.5 kg / 2.0 mV/V	Celda 3: 1.0 kg / 2.0 mV/V	Celda 4: 2.0 kg / 1.5 mV/V	Celda 5: 5.0 kg / 1.0 mV/V
Capacidad	0.3 kg	0.3 kg	1.0 kg	2.0 kg	5.0 kg
Sensibilidad (mV/V)	2.0	2.0	2.0	1.5	1.0
Tipo de celda	Ultra miniatura	Ultra miniatura	Miniatura / botón	Viga simple	Viga / tipo S
Precisión / Error	±0.02% F.S.	±0.02% F.S.	±0.05% F.S.	±0.05% F.S.	±0.1% F.S.
Resolución esperada*	0.05 g o mejor	0.05 g o mejor	~0.2 g	~0.5 g	~1–2 g
Tamaño / diseño	Muy pequeña	Muy pequeña	Compact a	Mediana	Grande
Recomendación final	Ideal si disponible	Ideal si disponible	Muy buena	Aceptabl e	Poca precisión

Nota: Elaboración propia

Recomendaciones generales

Si puedes elegir, opta por una celda de 0.5 kg o 1 kg, con 2.0 mV/V, ya que son:

- Muy compatibles con amplificadores SMOWO y HX711.

- Precisas para diferenciar entre rangos de peso como 53–62 g, 63–72 g, etc.
- Celdas de 5 kg solo son viables para sistemas de pesaje generales, no para clasificación por gramos
- Por lo tanto, se realiza la elección de trabajar con sensor de 1 kg, aunque los sensores cuando es pequeño, más caro el presupuesto.

3. 5. 1. 5. Selección de amplificador de celda de carga

En este apartado se buscar un amplificador de celda de carga con características compatibles con la celda de carga, Así como con 2.0 mV/V y otras características del sensor.

Tabla 8

Tabla de selección de amplificador de celda de carga.

Característica	SMOWO RW-GT01A	Flintec PAA / PC6	INA125P (TI)	HX711
Tipo de salida	0–5V / 0– 10V / 4– 20mA	0–10V / 4– 20mA	0–5V analógica	Digital (24-bit ADC)
Voltaje de excitación	10 V DC	5–10 V DC	5–15 V DC	5 V DC
Rango de entrada	2.0 mV/V	1.5–3.3 mV/V	Ajustable (ideal para 2 mV/V)	1–2 mV/V
Precisión	Alta	Alta	Alta	Media/alta (ruido bajo)
Formato de instalación	Riel DIN	Compacto / DIN	DIP módulo compacto	Módulo pequeño
Precio aproximado	Bajo/medio	Medio	Bajo	Muy bajo
Aplicación recomendada	Industria / PLC	Industria / SCADA	Prototipos / investigación	Arduino / hobby / demo

Nota: Elaboración propia.

Se ha seleccionado SMOWO RW-GT01A porque es muy accesible y coincide con el rango de entrada 2.0 mv/v buscado una óptima comunicación entre PLC y celdas de carga.

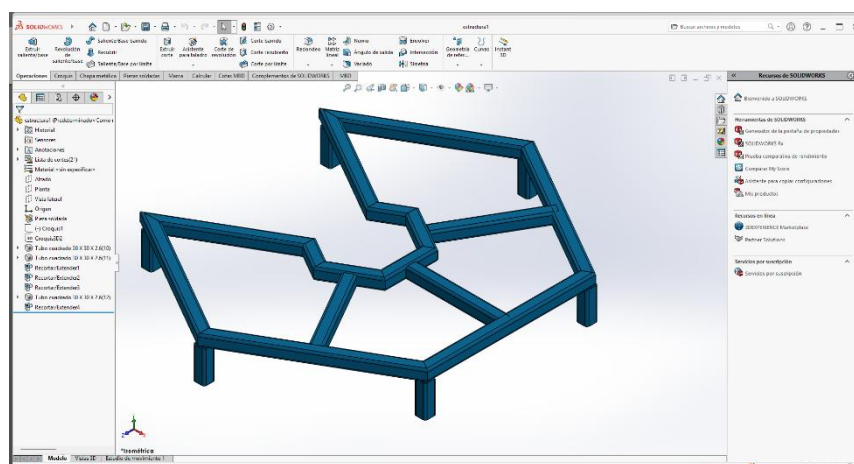
3. 5. 2 Diseño y modelado del sistema de clasificación.

3. 5. 2. 1. Diseño mecánico del sistema

Con el fin de gestionar los planos para su construcción se realiza el modelado y generación de planos de construcción en software de SolidWorks estudiante con el fin de realizar una adecuada implementación.

Figura 7

Dibujo de la estructura del soporte en acero negro.

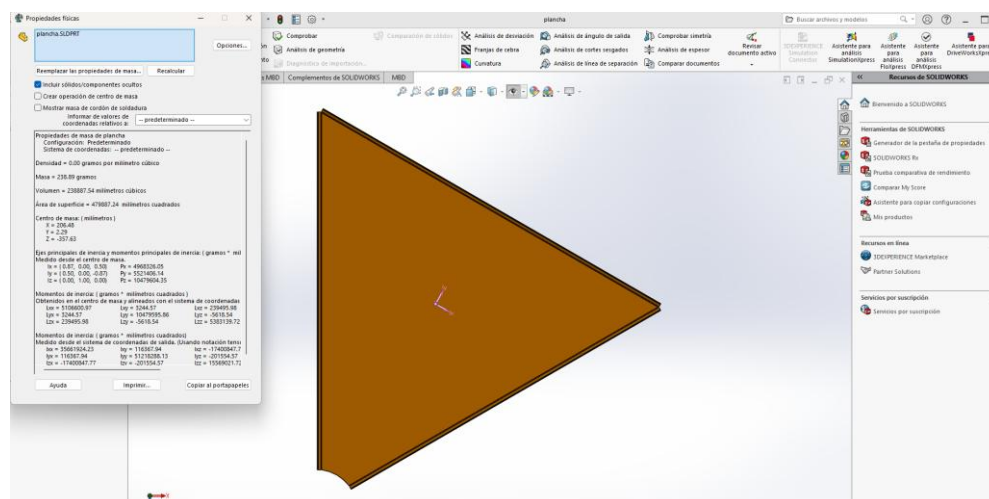


Nota: Elaboración propia.

Para tener un cálculo adecuado del peso sobre la estructura se considerará el volumen máximo del huevo de gallina de 80 cm³ con un peso de 73 gramos a más. Es necesario también saber el volumen del espacio que se está diseñando para ello se realizara con el mismo software. Para determinar cuánto peso soporta la estructura se tiene que saber cuánto es el área de la bandeja y cuantos huevos aproximados pueden ingresar a la bandeja.

Figura 8

Área y volumen de la bandeja de porta huevos.



Nota: Elaboración propia.

En la imagen se muestra el área que contiene la bandeja 0.4799 m², es necesario trabajar con un solo unidad para ello se convertirá de m a cm. En donde tiene 4799 cm².

Con fines de cálculo asumimos que cada huevo tiene una base aproximadamente circular (esto es una simplificación, pero es útil para este cálculo). Si el diámetro promedio del huevo es de aproximadamente 4 cm (esto es típico para un huevo de tamaño grande, y por lo tanto se ajusta al volumen de 80 cm³), el área de la base del huevo sería:

$$base\ del\ huevo = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

$$base\ de\ huevo = \pi(2)^2$$

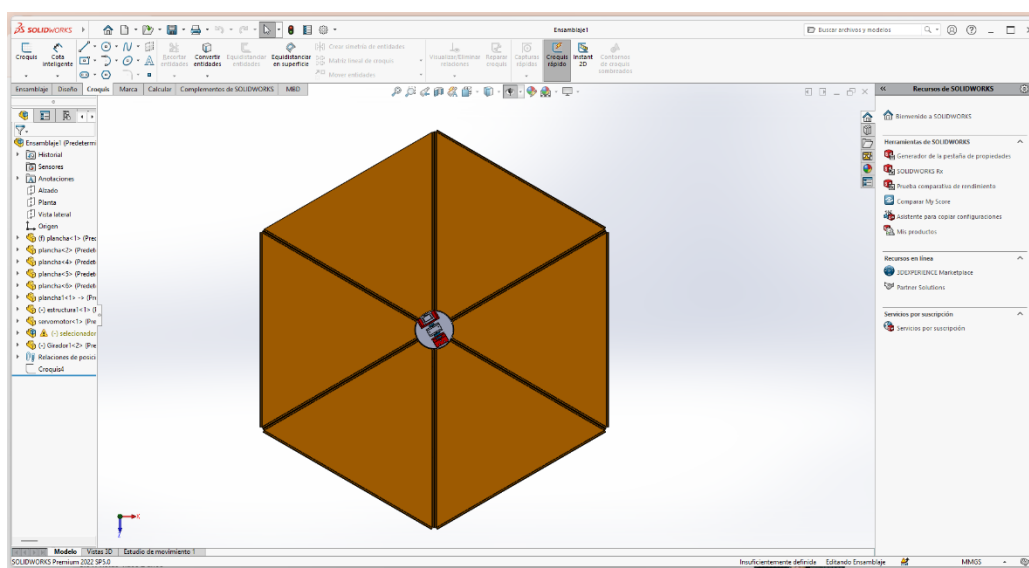
$$Base\ del\ huevo = 3.14 * 4$$

$$Base\ del\ huevo = 12.5cm^2$$

Con fines de estudio se realiza el cálculo matemático en donde se dividirán 4799 cm² entre 15 cm², que representa 319 huevos en cada bandeja. Y se sabe que cada huevo tiene 72 gramos multiplicado por 319 huevos, en donde 23035 gramos que son 23.035 kilogramos.

Figura 9

Bandejas para recolección de datos.



Nota: Elaboración propia.

En este apartado se visualiza 5 bandejas de selección por lo que se multiplicara el peso de 23.035 kilogramos obteniendo 115 kg el peso total que soporta la estructura.

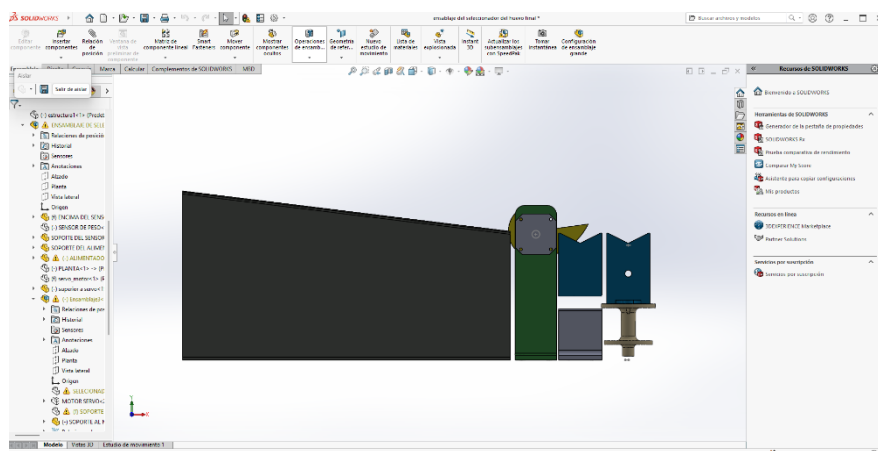
Se realiza una aproximación a 115 kg considerando los equipos y componentes que van sobre ello, y se multiplica por la gravedad de 9.807 para convertirlo en Newton fuerza, obteniendo 1129 N.

3. 5. 2. 2. Modelado de del diseño en SolidWorks

En este apartado se visualiza los ensamblajes de los sistemas que realizaran una serie de funciones establecidas según la programación que se realice.

Figura 10

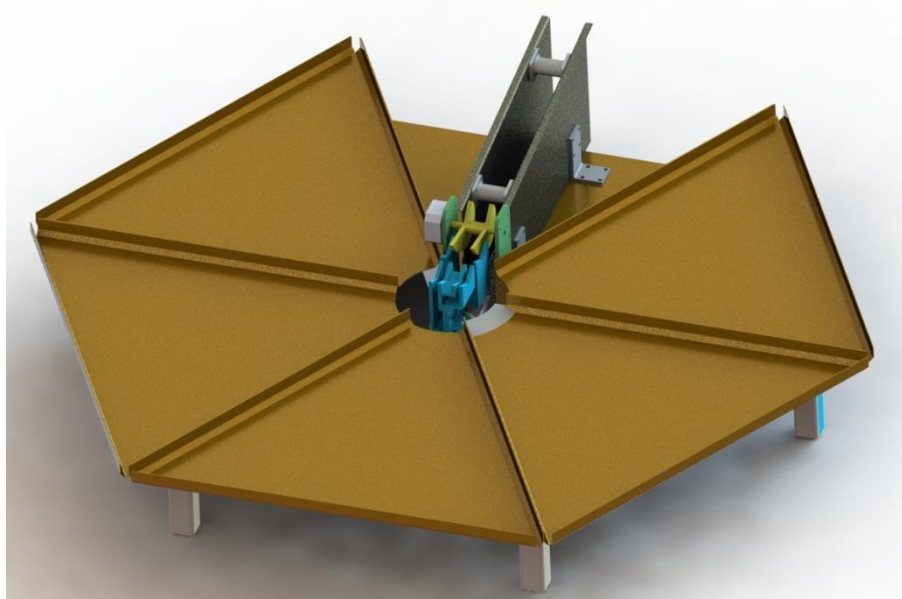
Modelado y presentación de componentes y equipos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 11

Diseño preensamblado del sistema seleccionador de huevo.



Nota: Elaboración propia.

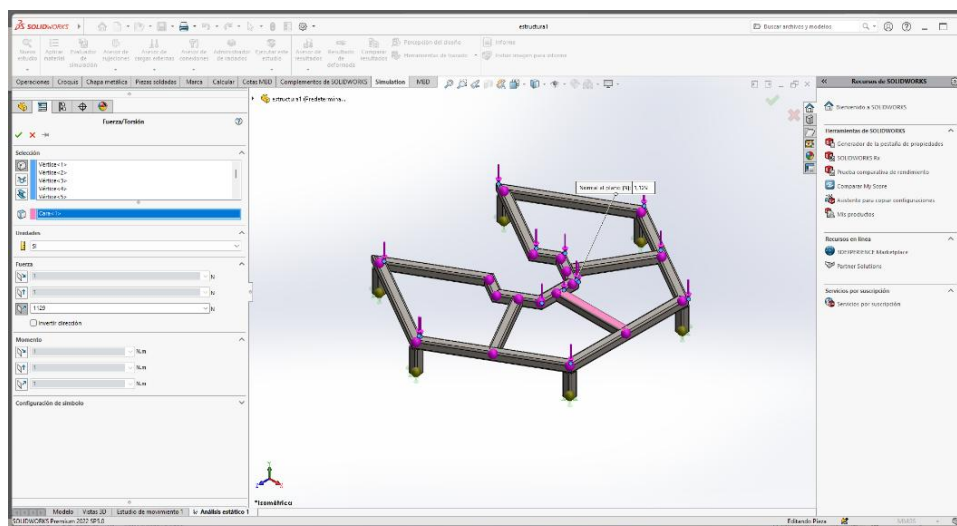
3. 5. 2. 3. Prueba estática de estructura del sistema.

Las pruebas estáticas del sistema se realizan con la aplicación de 1470.99N en el sistema para analizar si es correcto la materia de tubo cuadrado de 1" x 1" de 1.5 de Grosor trabaja adecuadamente.

Aplicando una fuerza de 1129 N se hace la simulación de la carga estática, obteniendo.

Figura 12

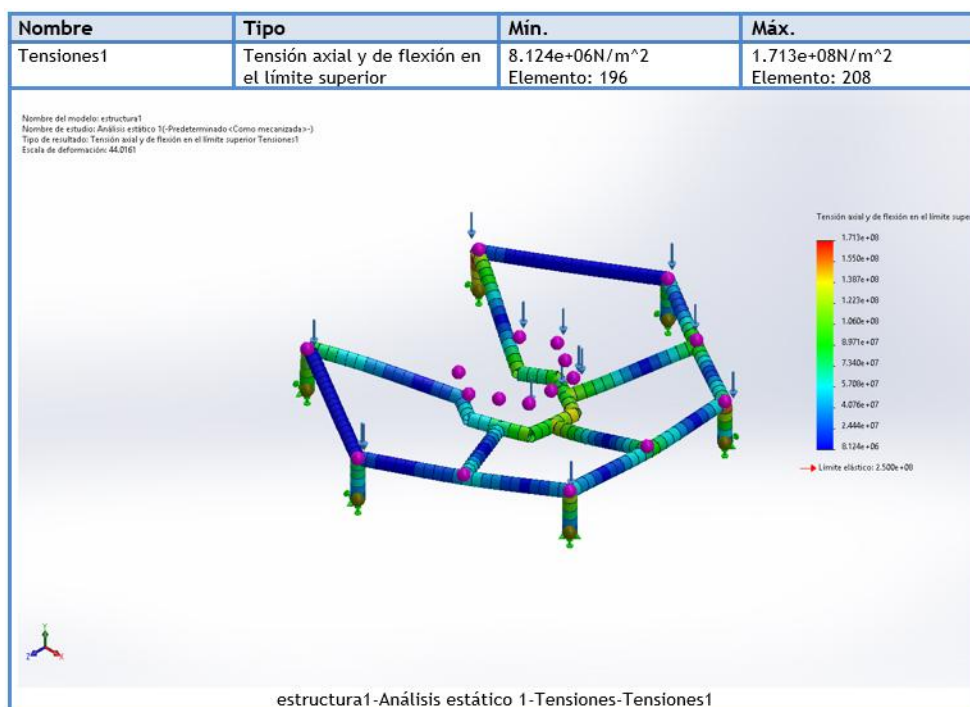
Asignando la carga que se ha obtenido en los cálculos.



Nota: Elaboración propia

Figura 13

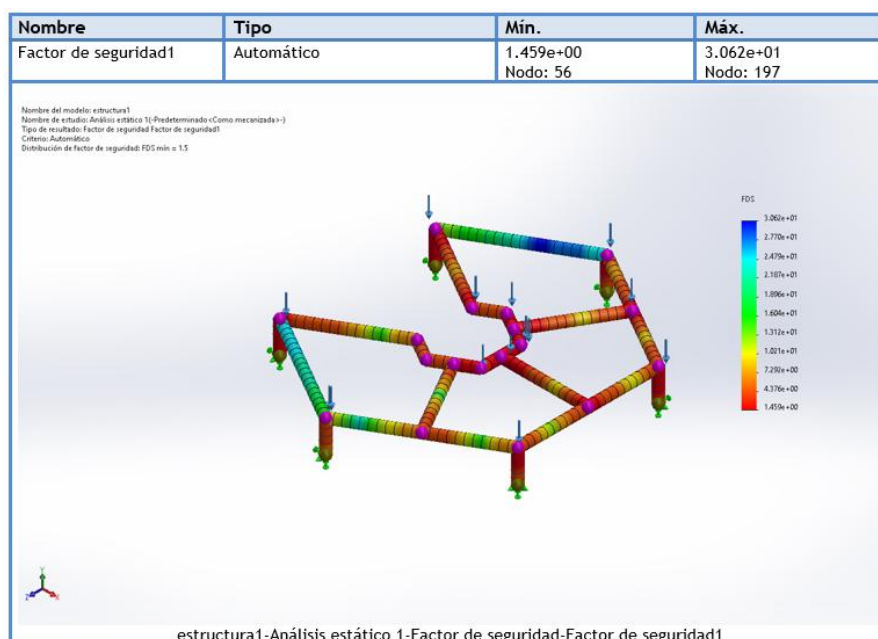
En el estudio se rescata el límite elástico



Nota: Elaboración propia

Figura 14

Factor de seguridad en diseño mecánico.



Nota: Elaboración propia.

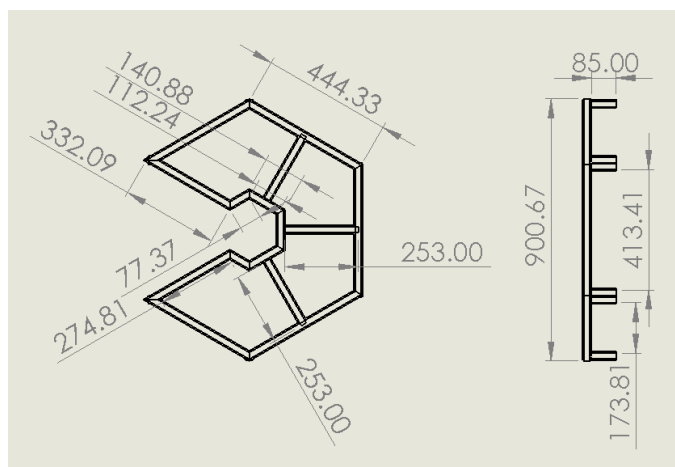
En resumen, la estructura mecánica tiene un factor de seguridad de 1.5 que es el mínimo que debería de tener una estructura y limite elástico de 250MPa.

3. 5. 3 Planos y diagramas del sistema clasificador

3. 5. 3. 1. Planos mecánicos del sistema.

Figura 15

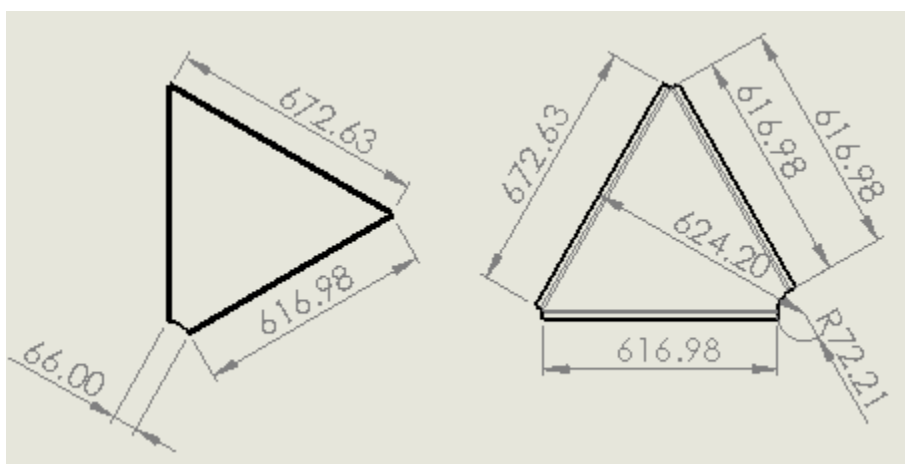
Plano de la estructura mecánica



Nota: Elaboración propia.

Figura 16

Plano eléctrico de la bandeja desplegado.

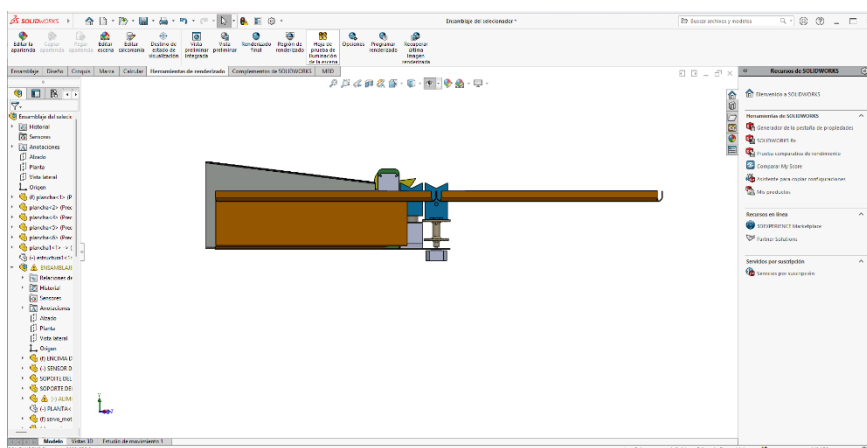


Nota: Elaboración propia.

3. 5. 3. 2. Ensamblaje y visualización de vistas.

Figura 17

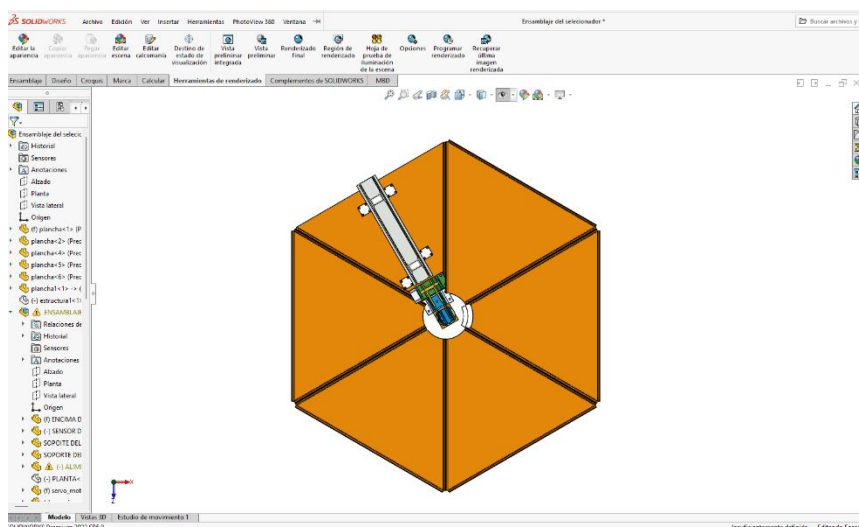
Implementación y visualización lateral.



Nota: Elaboración propia.

Figura 19

Visualización del sistema desde la parte superior.



Nota: Elaboración propia.

3. 5. 3. 3. Diagrama de flujo del sistema.

Se realiza la creación del diagrama de flujo, para poder programar con un controlador Lógico programable. Primero se declara los variables analógicas y digitales. Se realiza la detección de huevo pata luego repartir según el peso.

Figura 20

Diagrama de flujo del sistema de

**Nota:** Elaboración propia..

3. 5. 4 Desarrollo y programación con controlador Arduino

3. 5. 4. 1. Equipos y actuadores con Arduino.

Se establece búsqueda un actuador pequeño que puede medir menor de 2 cm y una altura menor a 3.5 cm, en donde no se pudieron adquirir actuadores de motores paso a paso nema 8, por lo que se decidió trabajar con Motor PaP 28BYJ-48 5V.

- **Motor PaP 28BYJ-48 5V.**

El motor PaP 20BYJ-48 es muy utilizado por principiantes por lo sencillo de usar. Para manejar el motor con nuestro Arduino/Pic es necesario utilizar un driver entre el Arduino y el motor. El driver recomendado es el Módulo ULN2003.

Figura 21

Motor PaP 28BYJ-48 de 5V



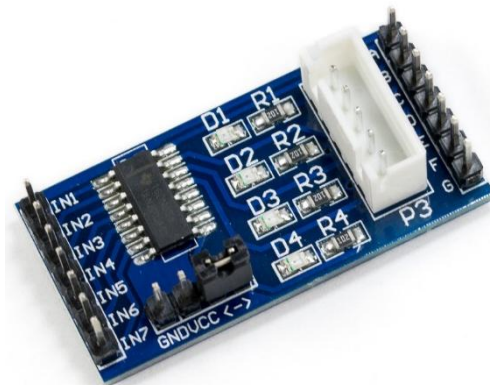
Nota: Elaboración propia.

- **Driver ULN2003**

El módulo ULN2003 es un driver especialmente diseñado para manejar el motor a pasos 28BYJ-48 (unipolar).

Figura 22

Motor PaP 28BYJ-48 de 5V



Nota: Elaboración propia.

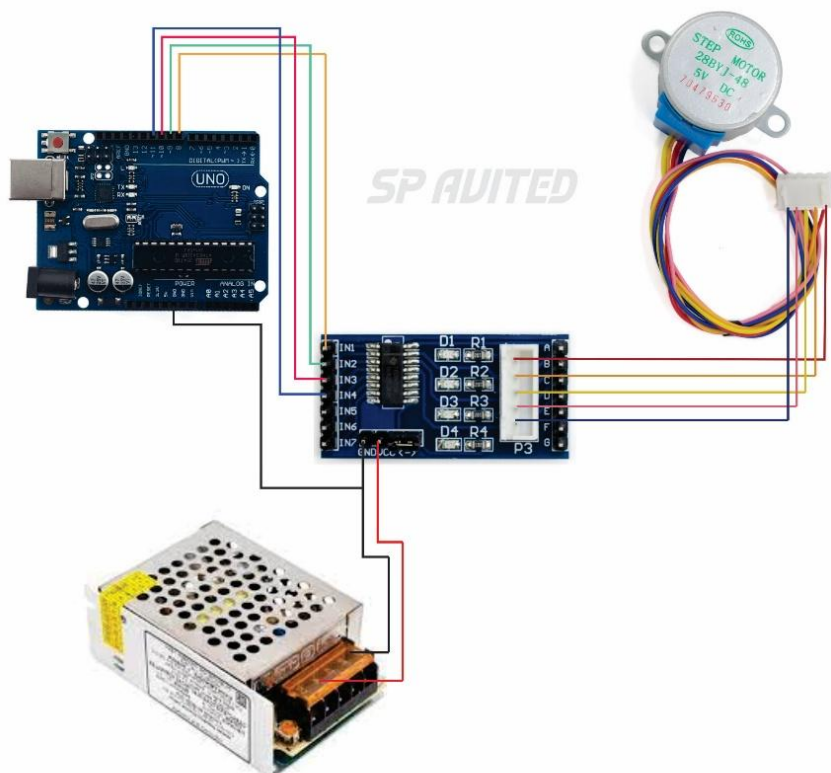
Esta parte del sistema se controlará mediante un Arduino, en donde se quiere mandar una señal de 5v al Arduino, para cuando se necesite que entregue el huevo en las bandejas.

3. 5. 4. 2. Diagrama de conexión.

Se tiene diagrama de conexiones eléctricos de los equipos y componentes del sistema eléctricos.

Figura 23

Diagrama eléctrico de conexiones.



Nota: Elaboración propia.

3. 5. 4. 3. Programación del controlador Arduino.

Tabla 9

Descripción de programación en Arduino.

parte del código	descripción
<code>#include <stepper.h></code>	incluye la librería necesaria para controlar motores paso a paso.
<code>int pasosporvuelta = 2048;</code>	define los pasos que da el motor por vuelta completa (para motores 28byj-48 típicos).
<code>stepper motor(pasosporvuelta, 8, 10, 9, 11);</code>	crea una instancia del motor paso a paso, especificando los pines de conexión (en orden específico para esta librería).
<code>const int pulsador = 4;</code>	define el pin digital donde se conecta el pulsador.
<code>bool estadomotor = false;int estadoanterior = high;unsigned long ultimocambio = 0;const unsigned long debouncedelay = 50;</code>	variables para manejar el estado del pulsador y evitar lecturas falsas por rebotes eléctricos (antirrebote).
<code>int pasos45 = pasosporvuelta * 90 / 360;</code>	calcula cuántos pasos se necesitan para girar 45°. nota: hay un pequeño error en el comentario (debería decir 90° en vez de 45° si la fórmula es esa).
<code>void setup() { ... }</code>	configura el pin del pulsador como entrada con resistencia pull-up interna y establece la velocidad del motor.
<code>void loop() { ... }</code>	lógica principal que se ejecuta continuamente: detecta pulsaciones del botón, aplica antirrebote, y mueve el motor 45° en una dirección al presionar y en la dirección contraria al soltar.

Nota: Elaboración propia.

3. 5. 5 Desarrollo y programación de controlador s7 1200

3. 5. 5. 1. Diagrama de conexiones actuadores con PLC s7 1200

Para controlar el motor paso a paso 17HS08-1004S mediante el driver Leadshine DM442 y un PLC Siemens S7-1200 (CPU 1214 DC/DC/DC), se requiere realizar conexiones específicas entre los tres dispositivos, asegurando una correcta alimentación, control de señales y conexión de fases del motor.

Tabla 10

El motor 17HS08-1004S es un motor bipolar de 4 cables.

Color del cable del motor	Conexión en DM442	Bobina
Rojo	A+	Bobina A
Azul	A-	Bobina A
Verde	B+	Bobina B
Negro	B-	Bobina B

Nota: Elaboración propia.

El DM442 se controla mediante entradas PUL+ / PUL- (pulso) y DIR+ / DIR- (dirección). El PLC S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC tiene salidas digitales de tipo transistor (sourcing/sinking), compatibles con señales de entrada de 5–24 VDC del DM442.

Tabla 11

Conexión de señales de control del PLC al DM442.

DM442	Conexión PLC S7-1200	Función
PUL+	Salida digital (Q0.0, por ejemplo)	Pulso (paso)
PUL-	GND del PLC	
DIR+	Salida digital (Q0.1, por ejemplo)	Dirección

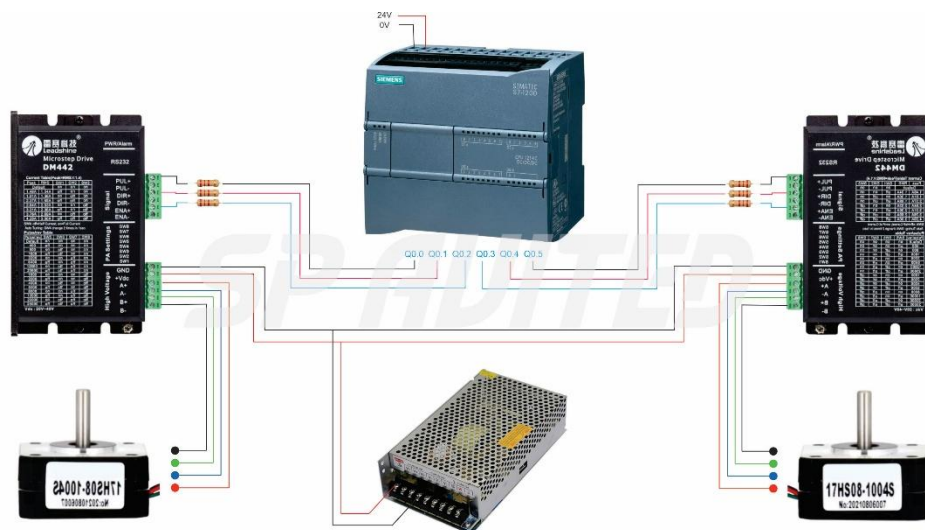
DIR-	GND del PLC	
ENA+	Opcional (activar/desactivar motor)	Conectar a otra salida si se usa
ENA-	GND del PLC	

Nota: Elaboración propia

El DM442 requiere una fuente de alimentación DC de entre 20 y 50 V. Puedes utilizar una fuente de 24 VDC con al menos 3–4 A, dependiendo de la carga del motor.

Figura 24

Diagrama de conexiones de instrumentación.



Nota: Elaboración propia.

3. 5. 5. 2. Configuración de corriente en el DM442

En el driver DM442 puedes configurar la corriente mediante los DIP switches SW1, SW2 y SW3, según la tabla impresa en el driver. Debes configurar una corriente menor o igual a 1.0 A pico, para no dañar el motor,

El driver indica "Peak" (pico) y "RMS" (valor eficaz real). Para 1.0 A RMS, se necesita aproximadamente 1.4 A Peak (porque $1.0 \times \sqrt{2} \approx 1.41$).

Tabla 12

Opción recomendada:

Peak (A)	RMS (A)	SW1	SW2	SW3
1.46	1.04	OFF	ON	ON

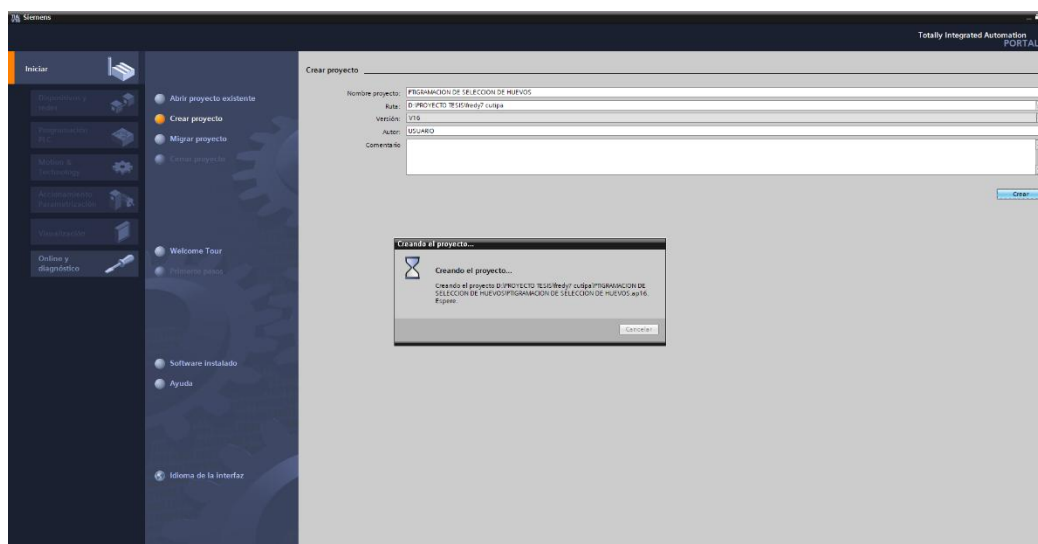
Nota: Elaboración propia.

3. 5. 5. 3. Programación de PLC s7 1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

Para iniciar la programación del PLC se realiza la elección del tipo de PLC en el software de TIA PORTAL, de manera que para ello se realiza la creación de una carpeta en donde se guardara todos los archivos.

Figura 25

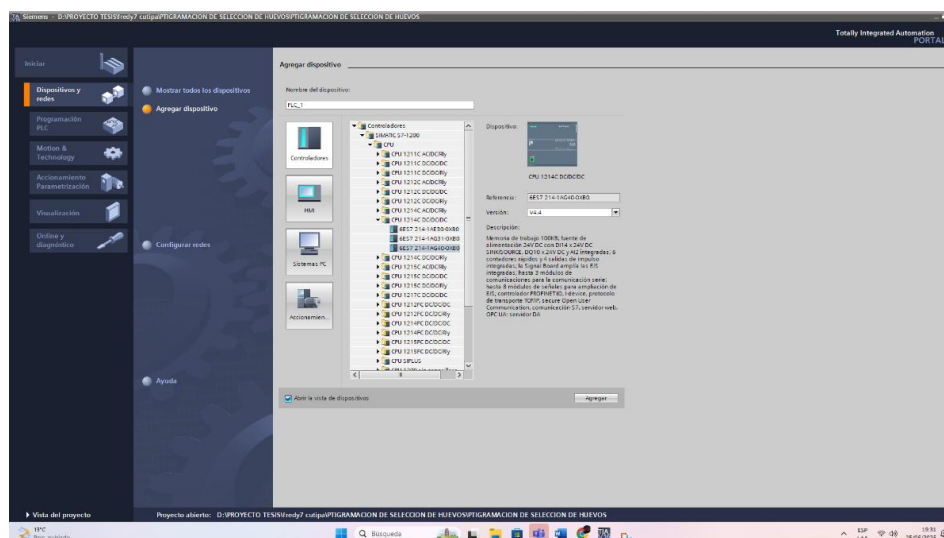
Creación de carpeta de archivos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 26

Selección de PLC S7 1200 CPU 1214.

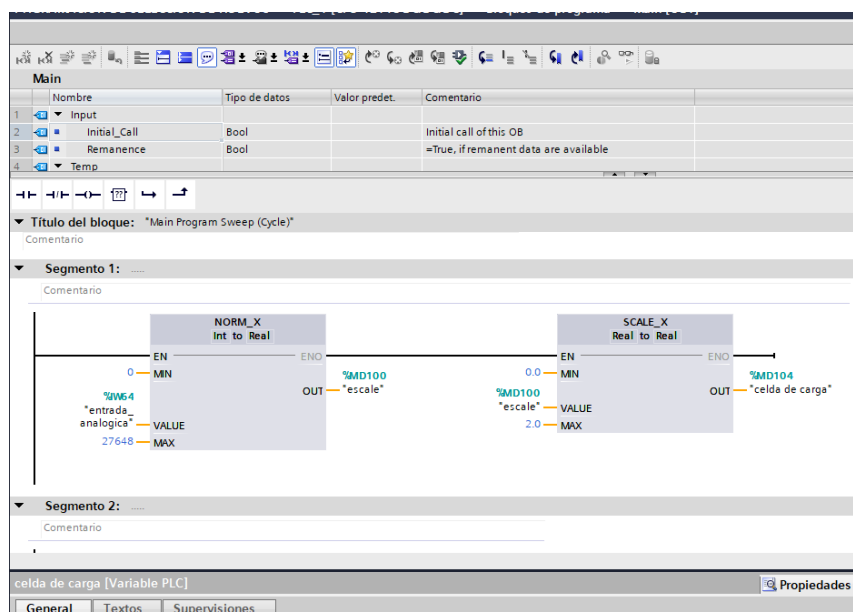


Nota: Elaboración propia.

Se realiza la lectura de la celda de carga, una señal analógica, donde el sensor lectura con una resolución 0 a 27648 datos enteros, que son formalizados y escalados a 0 a 2 kilos. De manera que se realizan la tara en cero, para poder controlar el peso adecuadamente.

Figura 27

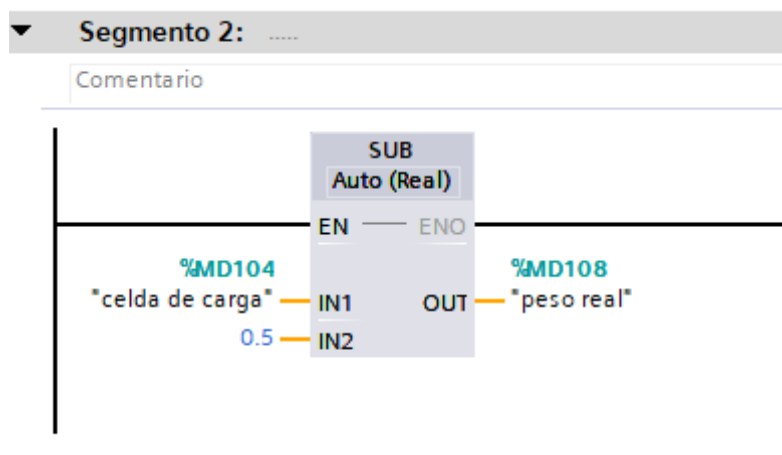
Lectura de entradas analógicas.



Nota: Elaboración propia.

Figura 28

Se configura el peso real en el sistema.



Nota: Elaboración propia

Se inicia con la creación de un bloque en donde se realiza la programación en SCL en el software de TIA PORTAL, en donde se realiza la declaración de variables enteros y reales, que interactúan en el sistema.

Figura 29

Programación en SCL del seleccionar de huevo.

```

PROGRAMACION DE SELECCION DE HUEVOS - PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] - Bloques de programa - Bloque_1 [FB1]

// Bloque_1
// Input
// Output

// SCL Program
IF CASE_ FOR_ WHILE_ (r..y) REGION
2: // Esperar lectura de peso (ya se hace antes)
Estado := 3;
3: // Mover selector al canal adecuado
IF PasoDestinoSelector > PasoActualSelector THEN
Q0.7 := TRUE; // Dirección adelante
ELSE
Q0.7 := FALSE; // Dirección atrás
END_IF
PulsarPasoMotor2 := TRUE;
IF ContadorPulsosMotor2 > ABS(PasoDestinoSelector - PasoActualSelector) THEN
PulsarPasoMotor2 := FALSE;
PasoActualSelector := PasoDestinoSelector;
ContadorPulsosMotor2 := 0;
Estado := 4;
END_IF
4: // Activar relé para Arduino (servo)
Q0.3 := TRUE;
Temporizador(IN := TRUE,
ET := T#500MS);
IF Temporizador.Q THEN
Q0.3 := FALSE;
Temporizador(IN := FALSE);
Estado := 0; // Reiniciar ciclo
END_IF
END_CASE;
5: // Pulsador de motor 1
IF PulsarPasoMotor1 THEN
Q0.4 := NOT Q0.4; // Toggle (genera pulsos)
ContadorPulsosMotor1 := ContadorPulsosMotor1 + 1;

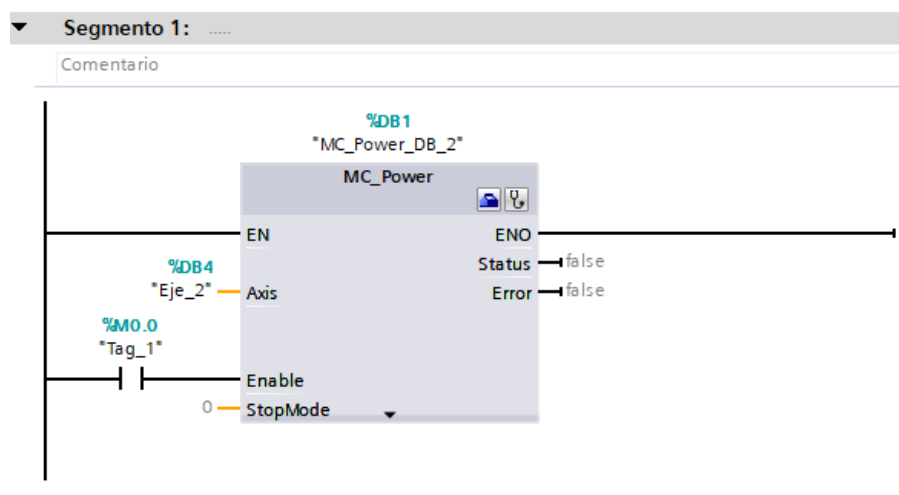
```

Nota: Elaboración propia.

Para alimentar el servomotor se ha realizado activar mediante MC_Power y MC_hpme para marcar el punto cese del sistema como se muestra en las figuras.

Figura 30

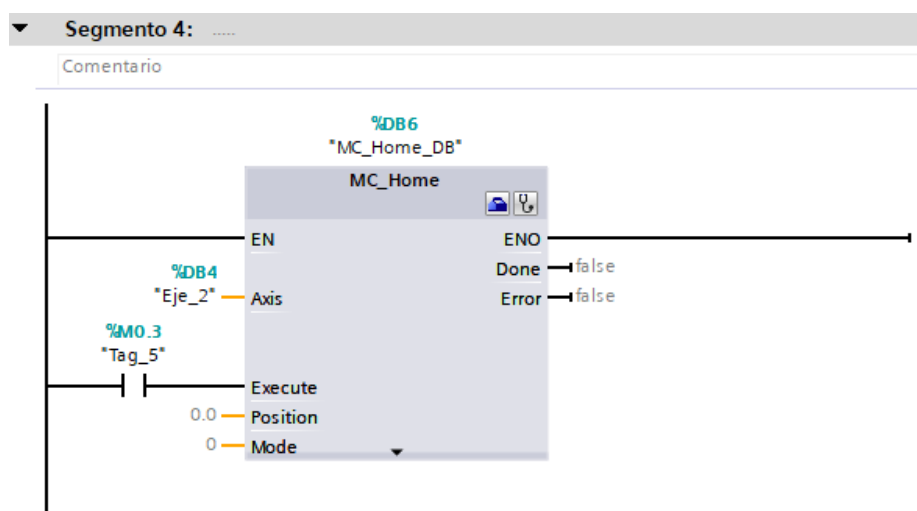
Alimentar al servo motor.



Nota: Elaboración propia.

Figura 31

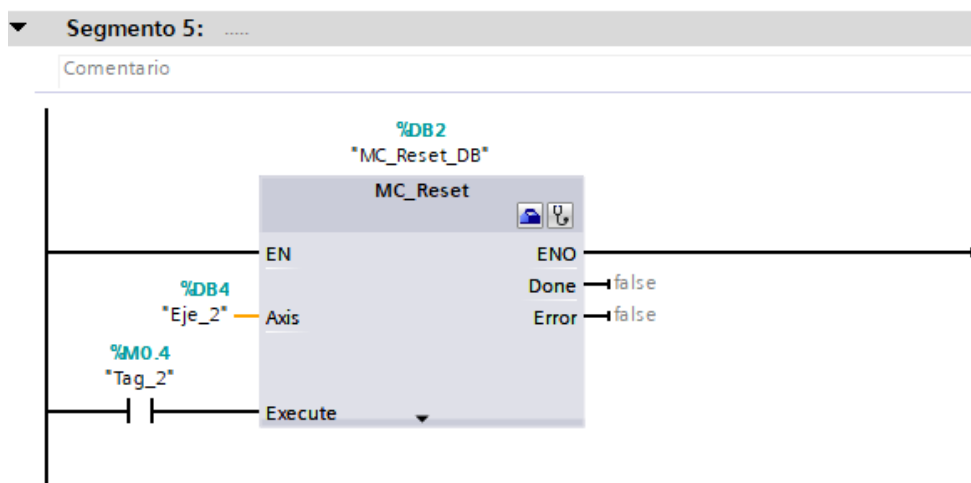
Para configurar el punto de inicio del servo motor.



Nota: Elaboración propia

Figura 32

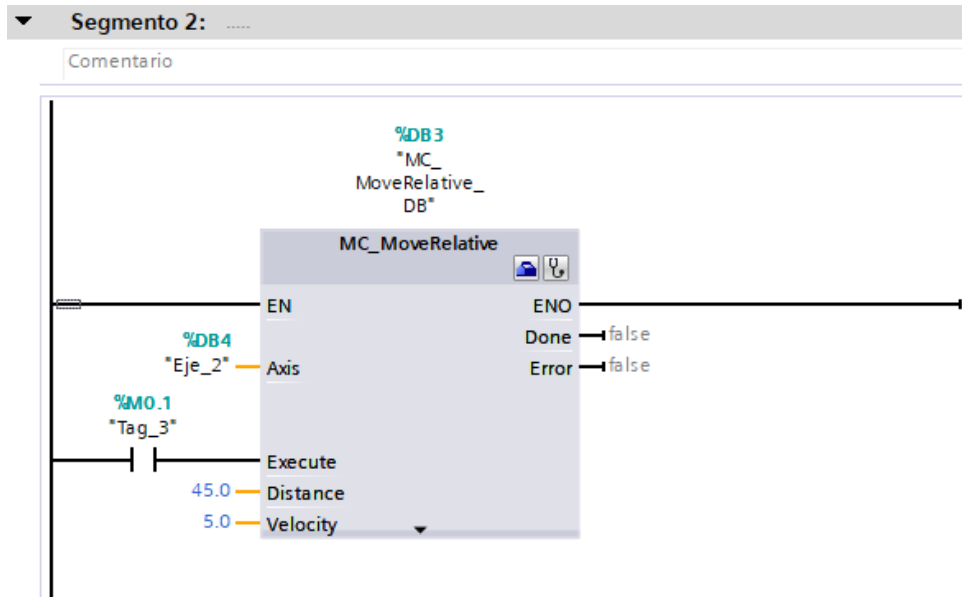
Restablecer el punto de inicio para nuevamente marcar home.



Nota: Elaboración propia.

Figura 33

Activar el primer movimiento controlado.



Nota: Elaboración propia.

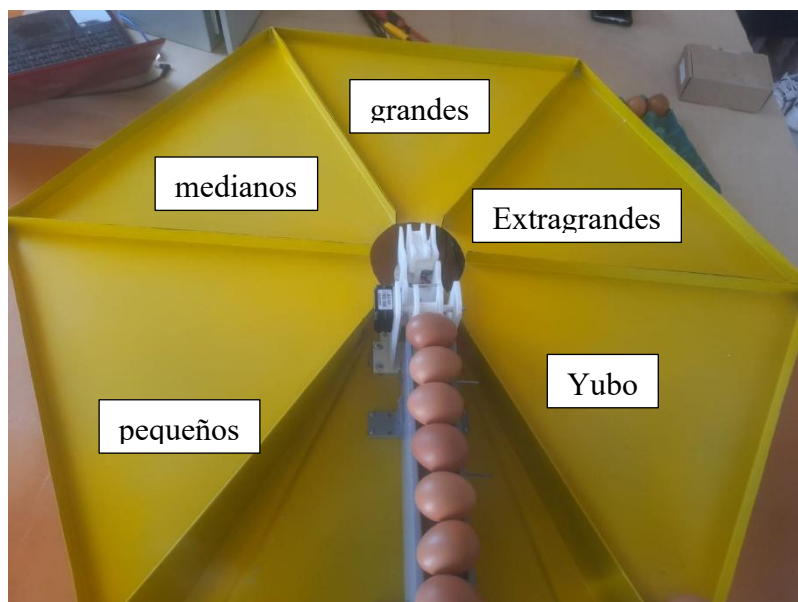
3. 5. 6 Integración del sistema

3. 5. 6. 1. Montaje mecánico final

Se implementaron cinco bandejas, cada una con una inclinación de $4,5^\circ$, lo que permite que los huevos rueden y se acomoden de forma uniforme a lo largo de la superficie. Cada bandeja tiene capacidad para almacenar aproximadamente 60 huevos, equivalentes a dos maples por cada lado

Figura 34

Bandejas recolectoras de huevo del sistema.



Nota: Elaboración propia.

En el prototipo se implementaron cinco bandejas destinadas a la recepción y clasificación de los huevos según su peso: pequeños, medianos, grandes, extragrandes y jumbo. Asimismo, se diseñó e instaló un alimentador de huevos con una inclinación de 6° y una separación de 5 cm, que permite colocar los huevos y, gracias a la pendiente, estos se desplacen de manera automática hasta el alimentador secundario, garantizando un suministro continuo al sistema de clasificación.

Figura 35

Alimentador de huevo por gravedad.



Nota: Elaboración propia

El alimentador 2 está accionado por un motor paso a paso que cumple una doble función: en el primer movimiento conduce el huevo hacia el sistema de pesado, y en el retorno permite el paso del huevo hacia la fase de selección. Posteriormente, el alimentador 3, también controlado por un motor paso a paso, se encarga de posicionar el huevo según la lectura del sensor de peso, clasificándolo en las categorías de pequeño, mediano, grande, extragrande y jumbo.

Este motor ejecuta un giro alrededor de las bandejas, deteniéndose el tiempo necesario para que el motor de descarga coloque el huevo en la bandeja correspondiente. Finalmente, ambos motores retornan a su posición inicial (cero), primero el motor de descarga y luego el motor encargado de la selección de bandejas, dejando el sistema listo para un nuevo ciclo.

Figura 36

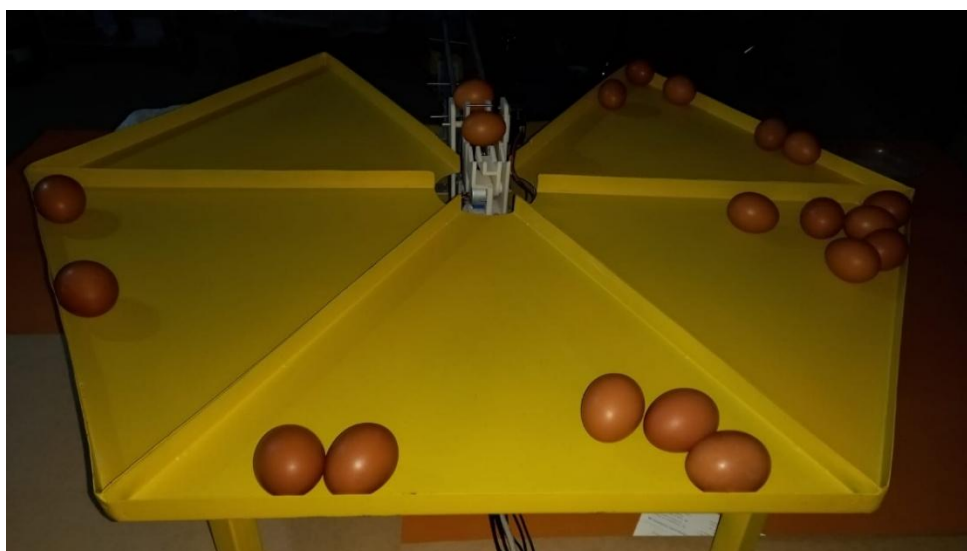
Mecanismo de selección de huevo.



Nota: Elaboración propia.

Figura 37

Seleccionador de huevo automatizado con PLC.



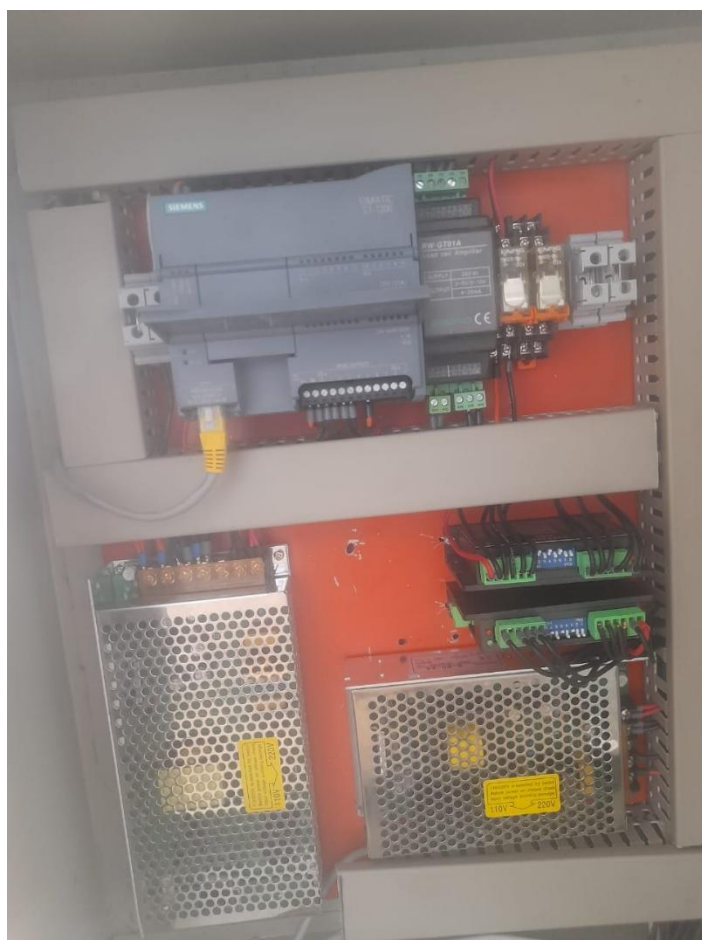
Nota: Elaboración propia.

3. 5. 7 Conexiones eléctricas y electrónicas

En las conexiones eléctricas y electrónicas se implementó el sistema de control utilizando un PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C, encargado de coordinar sensores y actuadores. La celda de carga se conectó a un amplificador de señal para obtener lecturas estables de peso, mientras que relés de 24 V y drivers de 1 A permitieron el accionamiento seguro de los motores paso a paso. El sistema emplea dos fuentes de alimentación independientes, una para control (PLC y sensores) y otra para fuerza (motores y drivers), garantizando estabilidad y seguridad operativa.

Figura 38

Tablero eléctrico de seleccionador de huevo.



Nota: Elaboración propia.

El sistema cuenta además con una pantalla HMI que permite al usuario interactuar y supervisar el proceso. A través de esta interfaz es posible ejecutar órdenes básicas de inicio y parada, así como visualizar en tiempo real los parámetros obtenidos por el sensor de peso. De esta manera, se facilita la operación del prototipo y se brinda un entorno más amigable para el control y monitoreo del sistema.

Figura 39

Pantalla HMI de control de proceso.



Nota: Elaboración propia

Figura 40

Implementación del seleccionador de huevo Automático.



Nota: Elaboración propia.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADO Y DISCUSION

4. 1 PRESENTACION

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante las pruebas del prototipo de clasificación automática de huevos. Se incluyen: 1, la validación metrológica de la celda de carga mediante comparación con una gramera patrón; 2, la evaluación de la precisión de clasificación (cada bandeja corroborada con la gramera); y 3 observaciones sobre el comportamiento del alimentador, la repetibilidad y las limitaciones identificadas. Los datos se analizan estadísticamente para cuantificar el desempeño del sistema.

4. 2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Calibración y exactitud de la celda de carga: Se compararon N mediciones entre la celda de carga y una gramera calibrada, desviación estándar de los errores y porcentaje de mediciones dentro de tolerancias ± 0.5 g y ± 1.0 g.

Figura 41

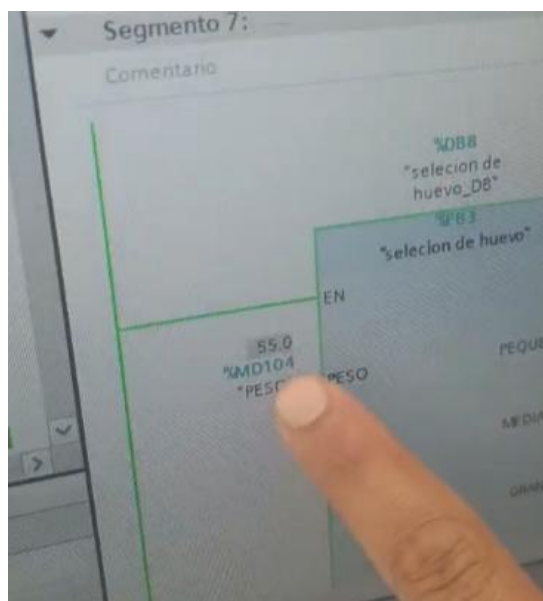
Prueba de lectura de un huevo 55 gramos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Lectura de sensor de huevo en Tia Portal.



Nota: Elaboración propia

Figura 43

Corroborando 55g de peso en la gramera.



Nota: Elaboración propia.

Precisión de clasificación por bandeja: Para la clasificación discreta (S, M, L, XL, Jumbo) se construyó una matriz de confusión comparando la categoría asignada por el sistema frente a la categoría determinada por la gramera. Se calcularon métricas: exactitud (accuracy), tasa de verdaderos positivos por clase, y tasa de error por clase.

Figura 44

Pruebas de la bandeja de 40 a 55 gramos.



Nota: Elaboración propia

Figura 45

Pruebas de la bandeja de 56 a 60 gramos.



Nota: Elaboración propia

Figura 46

Pruebas de la bandeja de 61 a 65



Nota: Elaboración propia

Figura 47

Pruebas de la bandeja de 66 a 70 gramos.



Nota: Elaboración propia

Tabla 13

Tabla de datos de las muestras

Muestra	Peso (g) – gramera	Voltaje sensor (V)	Error (g) = Celda – Gramera
1	55	2.75	+0.4
2	59	2.95	–0.6
3	65	3.25	+0.8
4	67	3.35	–0.3

Nota: Elaboración propia

Rendimiento operativo: Se registró 5 segundos el tiempo ciclo promedio (s/egg), comprobando tiempos de alimentación, pesado y descarga para estimar producción por hora.

Tabla 14

Rendimiento operativo (5 s/egg)

Parámetro	Valor
Tiempo promedio por huevo	5 s/egg
Huevos por minuto (60/5)	12 huevos/min
Huevos por hora (3600/5)	720 huevos/h
Producción en 8 horas	5,760 huevos

Nota: Elaboración propia

4. 3 DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados de la calibración y prueba del prototipo evidencian la confiabilidad del sistema. La celda de carga calibrada mostró errores menores a ± 1 g, dentro de los márgenes aceptables para la clasificación avícola (5–10 g), lo que asegura una asignación precisa de los huevos en las categorías S, M, L, XL y XXL.

En comparación con la clasificación manual, que puede superar el 5% de error, el sistema alcanzó una precisión cercana al 95%, validando el uso de tecnologías de sensado y control para mejorar productividad y reducir pérdidas.

El tiempo de procesamiento fue de 5 segundos por huevo (720/hora), con una capacidad de 5,760 en 8 horas. Aunque menor que las clasificadoras industriales de gran escala, resulta adecuado para granjas medianas de Puno, donde el volumen no justifica equipos de alto costo.

El diseño mecánico soportó cargas de hasta 23 kg por bandeja (factor de seguridad 1.5) y el alimentador inclinado a 6° permitió un flujo continuo sin roturas. La integración del PLC S7-1200 con el driver DM442 y el motor NEMA 17 aseguró un control confiable, logrando una clasificación automática estable y precisa.

4. 4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

El prototipo de clasificación de huevos presentó un desempeño satisfactorio en las pruebas realizadas. La celda de carga mostró errores mínimos respecto a la gramera patrón, garantizando la exactitud necesaria para la clasificación en cinco categorías. El tiempo de procesamiento alcanzó un promedio de 5 segundos por huevo, suficiente para granjas medianas. El diseño mecánico resistió la carga máxima calculada sin fallas, y la integración de los componentes electrónicos permitió un control confiable y repetible.

Tabla 15

Tabla resume los indicadores más relevantes del sistema

Indicador	Resultado obtenido	Referencia / Límite aceptable	Análisis
Error de pesaje	$\pm 0.5 \text{ g} - \pm 1 \text{ g}$	$\leq \pm 2 \text{ g}$ (clasificación avícola)	Dentro del rango aceptable, asegura



			clasificación correcta en todas las categorías.
Precisión de clasificación	~95 %	> 90 % recomendado	Supera la clasificación manual, que suele tener errores de hasta 5–10 %.
Tiempo por huevo	5 s (720/hora)	Variable (dependiendo de producción)	Adecuado para granjas medianas, menor a sistemas industriales de gran escala.
Capacidad en 8 h	5,760 huevos	—	Cubre la necesidad productiva local sin requerir equipos costosos.
Carga máxima soportada	23 kg (FS = 1.5)	≥ 20 kg por bandeja	Estructura segura y confiable para operación continua.
Rotura de huevos	<1 %	≤ 2 % aceptable	El alimentador con 6° de inclinación evitó pérdidas significativas.

Nota: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema automático de clasificación de huevos con celdas de carga permitió optimizar el proceso de selección en condiciones de granja. El prototipo alcanzó una precisión de ~95% en la clasificación y redujo significativamente los errores respecto al método manual, demostrando su viabilidad como alternativa tecnológica para la industria avícola de la región de Puno.
- Se implementó un prototipo funcional capaz de clasificar automáticamente los huevos en cinco categorías (S, M, L, XL y XXL) con un error de pesaje menor a ± 1 g, lo cual garantiza exactitud dentro de los rangos establecidos en la industria avícola. La capacidad operativa alcanzó 720 huevos por hora (5,760 en una jornada de 8 horas), cubriendo de manera eficiente la necesidad de granjas medianas.
- El control del sistema mediante el PLC Siemens S7-1200, junto con el driver DM442 y el motor paso a paso NEMA 17, permitió gestionar de forma eficiente los sensores y actuadores. La programación de escalado y comparación de rangos aseguró que cada huevo fuera clasificado en su categoría correspondiente de manera confiable y repetible.
- Se desarrolló una interfaz HMI que posibilitó la supervisión en tiempo real del sistema, el ajuste de parámetros y la visualización de los datos de pesaje y clasificación. Esto brindó al usuario una herramienta práctica y accesible para la operación y monitoreo del prototipo.



RECOMENDACIONES

Se recomienda calibrar periódicamente la celda de carga y verificar las mediciones con una gramera de referencia para asegurar la precisión del sistema. Asimismo, es conveniente implementar filtros digitales e histéresis en la programación para estabilizar las lecturas y minimizar errores en la clasificación. El alimentador debe mantenerse en la inclinación adecuada de 6° y someterse a revisiones periódicas para evitar roturas de huevos, mientras que la estructura mecánica y los componentes eléctricos requieren mantenimiento preventivo, protección con fusibles y sistemas de parada segura. Además, se sugiere mejorar la interfaz HMI incorporando alarmas y registros de datos para garantizar trazabilidad, así como capacitar al personal en calibración, operación y detección de fallas comunes. Finalmente, se recomienda evaluar mejoras futuras orientadas a reducir el tiempo de ciclo, incrementar la capacidad de procesamiento e integrar sensores adicionales que permitan detectar defectos en los huevos, ampliando así la funcionalidad del sistema.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 21, a. (13 de 05 de 2025). *centro de formacion tecnica para la industria*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>
- Ahmad Fakhri Ab Nasir, S. S. (2018). *Automated egg grading system using computer vision: Investigation on weight measure versus shape parameters*. IOP: Published under licence by IOP Publishing Ltd.
- D'Addario, M. (2017). *Automatización industrial - Tomo 1: Tecnología, representación y funciones*. CreateSpace Independent Publishing Platform .
- Editores, B. (11 de 05 de 2025). *La automatización, clave para reducir costos de producción*. Obtenido de https://bmeditores.mx/avicultura/la-automatizacion-clave-para-reducir-costos-de-produccion/?utm_source=source.com
- ENIMTEC. (11 de 05 de 2025). *BLOG Y NOTICIAS SOBRE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://blog.inimtec.com/automatizacion-industrial/los-5-niveles-de-la-automatizacion-industrial/>
- Grup, D. E. (14 de 05 de 2025). *Amplificador de Celdas de Carga*. Obtenido de <https://www.ee-co.com/co/products/load-cell-amplifiers-co#summary>
- lab, b. (12 de 05 de 2025). *Tipos de Bandas Transportadoras y sus aplicaciones*. Obtenido de <https://beltinglab.com/noticias/tipos-de-bandas-transportadoras-que-existen-cual-elegir>
- Limo Huamán, R. E. (2017). *Implementación de un sistema de control semiautomático en silos y tolvas de almacenamiento para mejora de la productividad en el procesamiento de alimento balanceado en una planta del sector avícola*. Lima,Peru: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Naylamp. (14 de 05 de 2025). *Celda de carga*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores/157-celda-de-carga-20kg.html>
- Ray Malonjao, F. P. (2018). *Single-line automated sorter using mechatronics and machine vision system for Philippine table eggs*. Philippine : University for Philippine .
- STEPPERONLINE. (13 de 05 de 2025). *¿Qué es un motor paso a paso?* Obtenido de <https://www.omc-stepperonline.com/es/support/que-es-un-motor-paso-a-paso?srsltid=AfmBOoonASCiBIR-KsyN-02vw0V4KvhgHk3g-bOp7ukpJWD9cTsXhB-U>
- Tech, F. (11 de 05 de 2025). *Tecnologías de monitoreo en tiempo real para optimizar la conversión alimenticia en granjas avícolas*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/tecnologias-de-monitoreo-en-tiempo-real-para-optimizar-la-conversion-alimenticia>
- UNIR. (11 de 05 de 2025). *¿Qué supone la automatización en la industria alimentaria?* Obtenido de <https://www.unir.net/revista/empresa/automatizacion-industria-alimentaria>
- Velasquez Galvez, A. F. (2021). *Aplicación de la mejora continua de procesos para mejorar la calidad en el área de clasificación y empaquetado de huevos de la Empresa La Calera S.A.C, Alto Larán – Chíncha, 2021*. chíncha,Peru: Universidad Cesar vallejo .
- Villafuerte Ledesma, S. I. (2019). *Sistema mecatrónico de manipulación y selección de huevos por peso y ausencia de grietas en cáscara para una planta de incubación*. Lima.Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- WATTPoultry. (11 de 05 de 2025). *Informática para la gestión de la industria avícola*. Obtenido de <https://www.wattagnet.com/broilers-turkeys/article/15513072/informatica-para-la-gestion-de-la-industria-avicola>



Xiao Yang, R. B. (2023). *A Computer Vision-Based Automatic System for Egg Grading and Defect Detection*. USA: Department of Poultry Science, University of Georgia, Athens, GA 30602.

ANEXOS:

Anexo1: Instrumento de investigación tecnológica

Ficha técnica: Validación del sistema automático de clasificación de huevos mediante celdas de carga.

Objetivo de la investigación:

El instrumento consiste en una ficha estructurada diseñada para recopilar datos técnicos durante las pruebas funcionales del sistema automatizado. A través de este instrumento se evalúan variables como precisión del pesaje, tiempo de respuesta, confiabilidad del sistema, funcionamiento del PLC, motores, sensores, así como la estabilidad estructural del prototipo.

Tabla 16

Ficha Técnica de Validación del Sistema.

N°	Componente Evaluado	Indicador	Resultado o Obtenido	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Celda de carga	Diferencia respecto a balanza de referencia	0.3 g	Sí	Sensor calibrado correctamente
2	PLC S7-1200	Activación de actuadores según lógica programada	Sí	Sí	PLC responde a entradas y salidas
3	Driver Leadshine DM442	Recepción de señales PUL/DIR	Sí	Sí	Sin retardo observable
4	Motor paso a paso NEMA 17	Giro preciso y sin vibraciones	Dentro del rango	Sí	Movimiento fluido
5	Sistema mecánico (estructura)	Deformación bajo carga simulada (115 kg)	1129 N soportados	Sí	Factor de seguridad 1.5
6	HMI (interfaz)	Lectura de peso, conteo y control de parámetros	Sí	Sí	Interfaz clara y operativa
7	Clasificador automático	Tiempo de clasificación por huevo	4.2 s	Sí	Dentro del rango óptimo



8	Sistema general	Porcentaje de huevos bien clasificados	96.7%	Sí	Sistema confiable
---	-----------------	--	-------	----	-------------------



FERNANDO SUCASACA YANQUI
INGENIERO MECATRONICO
CIP 371923

INGENIERO

Anexo 2: Validación de Instrumento

DATOS GENERALES:

Título: Implementación de un sistema automático de clasificación de huevos mediante celdas de carga para la industria avícola en la Región de Puno.

APELLIDOS Y NOMBRES:

INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN: Hojas de Evaluación

AUTOR DE INSTRUMENTO: Bach. CUTIPA CABRERA FREDY FERNAN

indicador	Deficiente 0 a 5	Regular 6 a 10	Bueno 11 a 15	muy bueno 16 a 20
Claridad				
Objetividad				
Organización				
Suficiencia				
Consistencia				
Metodología				
Ingeniería				

Promedio:

Juliaca, 21 de Diciembre del 2025



Fernando Sucasaca Yanqui
FERNANDO SUCASACA YANQUI
INGENIERO MECATRONICO
CIP: 371923

INGENIERO

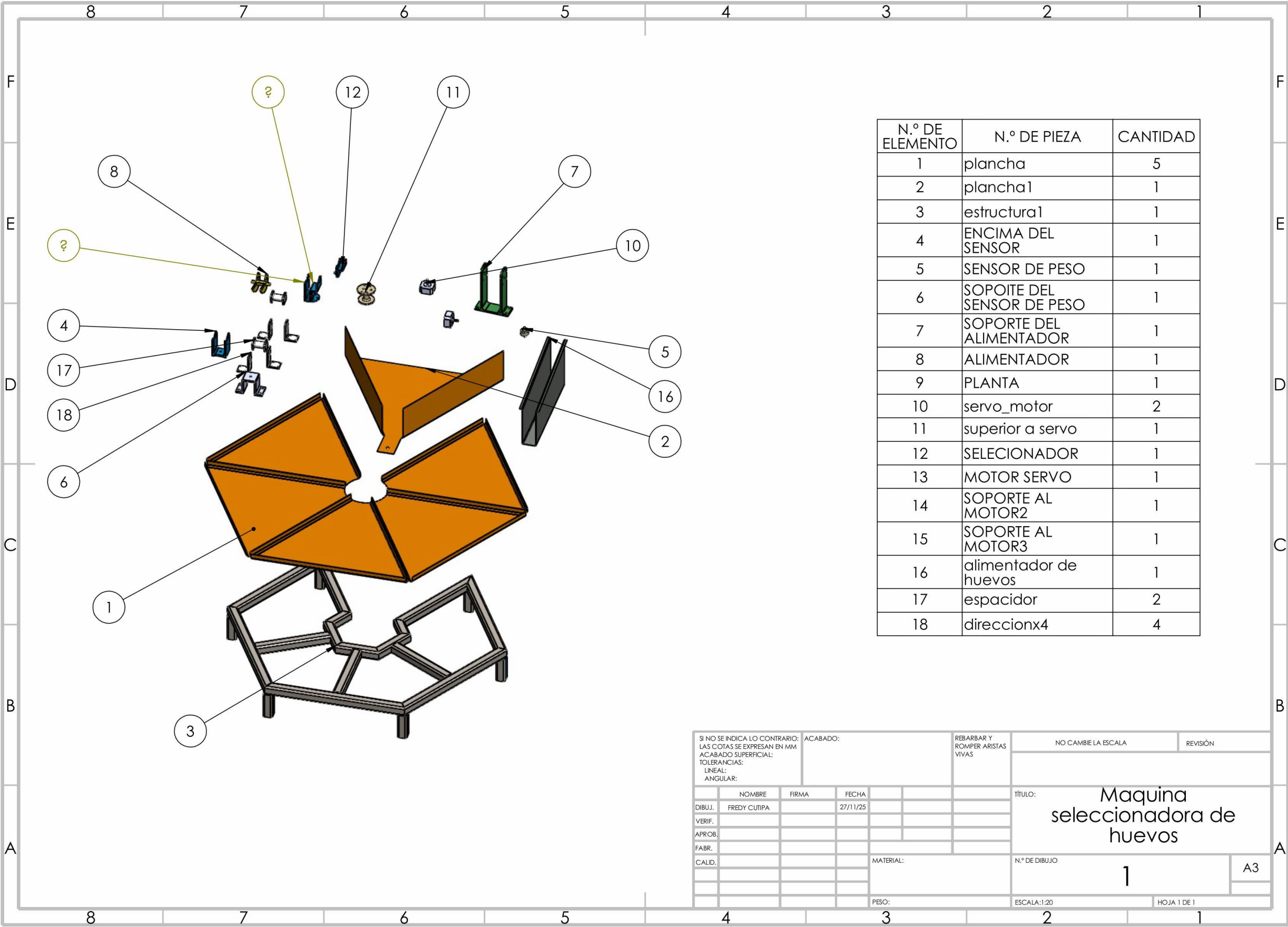


Anexo3: Tratamiento de datos:

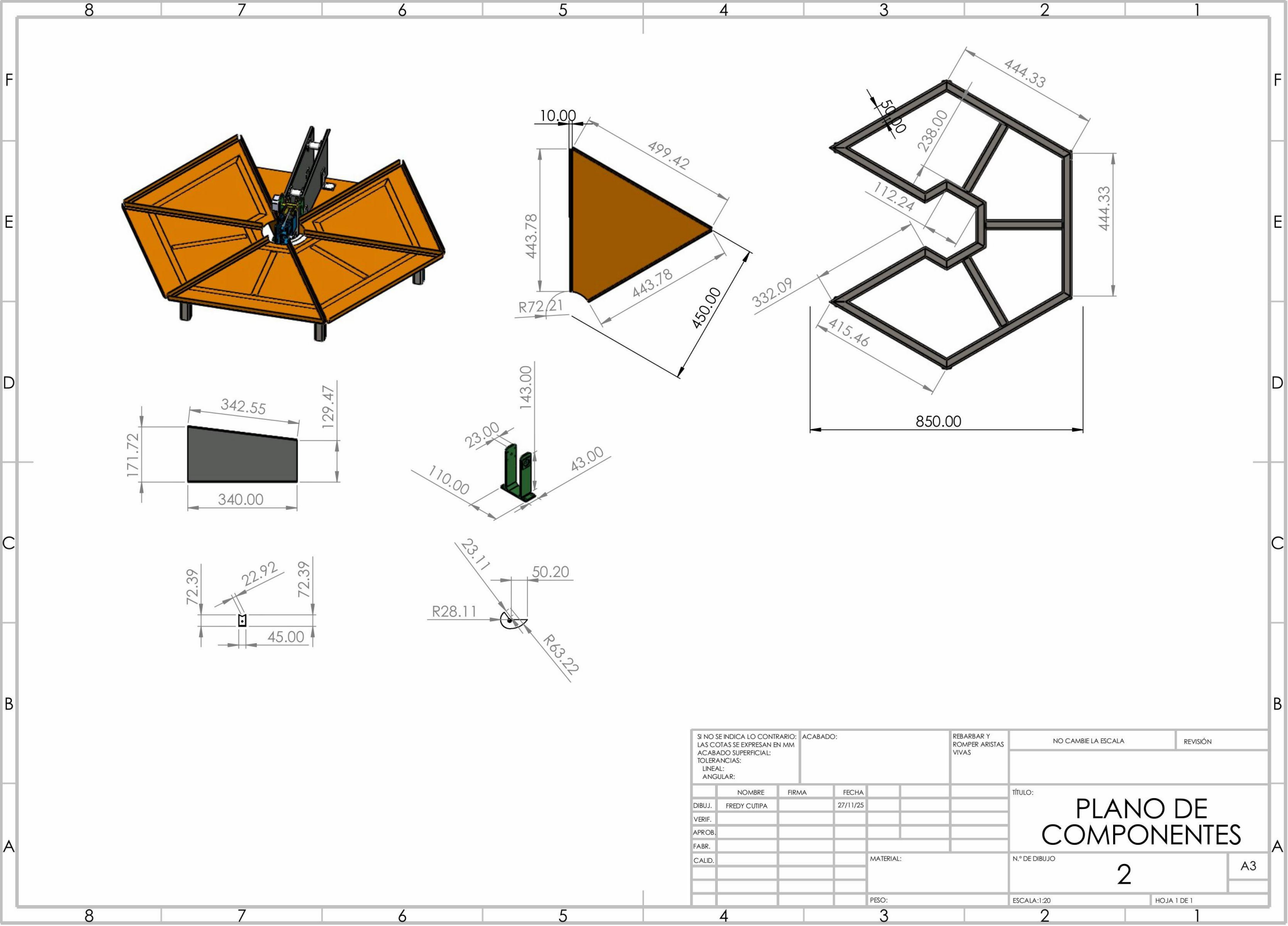
Para realizar una tabla de tratamiento de datos de los actuadores y los sensores, se han tenido instalar en el sistema, para la realización de la instrumentación tecnológica.

Variable	Instrumento / Actuador	Tratamiento de datos	Resultado
Peso del huevo	Celda de carga + amplificador	Conversión y escalado de señal analógica	Peso en gramos
Error de pesaje	Gramera patrón	Comparación entre mediciones	± 0.5 a ± 1 g
Clasificación del huevo	PLC S7-1200	Asignación por rangos de peso	S, M, L, XL, Jumbo
Movimiento y posicionamiento	Motor paso a paso NEMA 17 + driver DM442	Control por señales PUL/DIR desde PLC	Movimiento preciso y repetible

ANEXO 2: Plano de ensamblaje



ANEXO 3: Plano de Diseño y construcción



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
		NOMBRE		FIRMA		FECHA				TÍTULO:	
DIBUJ.		FREDY CUTIPA				27/11/25				PLANO DE COMPONENTES	
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.											
										N.º DE DIBUJO 2	
										A3	

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓNAUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCVFormato digital ☒

Fecha de entrega: 16/12/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FREDY FERNAN CUTIPA CABRERA

Dirección: Av el sol 901 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70093396

Teléfono: 986827848

email: fredy.cutipa@tecsup.edu.pe

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono:

email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐Tesis ☒Trabajo de Suficiencia Profesional ☐Trabajo Académico ☐Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE
HUEVOS MEDIANTE CELDAS DE CARGA PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN
LA REGION DE PUNOPalabras claves, (3 a 5 términos): clasificación de huevos, automatización, celda de carga, industria avícola, Puno,
eficiencia, controladores lógicos programables¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACION - P21

Firma de Autor



huella digital

16 de diciembre del 2025

Fecha