

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

Diseño de un sistema de llenado automático de tolvas de alimentación AQ1 para camarón mediante el uso de microcontroladores con comunicación inalámbrica y energizado mediante un sistema fotovoltaico.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por:

Félix Omar Palacios Macías

Angel Alcides Ceballos Vargas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto, en primer lugar, a mis padres que han sido el pilar fundamental de mi vida y sin ellos no sería la persona que soy hoy en día. A mi novia, por su incondicional apoyo durante mi carrera profesional y ser una gran inspiración. A mi tutor, Jonathan Avilés, por ser un guía en el desarrollo de este proyecto.

Angel Ceballos

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, mis hermanos, mi novia, mi familia, mis amigos y a mi tutor de tesis. En especial le dedico esto a mis padres, por hacer de mí la persona que soy y por apoyarme sobre todo cuando más perdido me sentía. Todos ustedes, día a día, fueron convenciendo a mi mente y a mi corazón de seguir adelante hasta lograrlo. Gracias por nunca dejar de alentarme, los llevo en mi corazón.

Omar Palacios

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a Christian Paredes, gerente de operaciones y Edgar García, jefe de mantenimiento de Apracom S.A. por su apertura y colaboración. La información brindada sobre los equipos AQ1 y la infraestructura que manejan dentro de las granjas fue vital para el desarrollo de este trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Angel Alcides Ceballos Vargas* y *Félix Omar Palacios Macías* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



**Angel Alcides
Ceballos Vargas**



**Félix Omar
Palacios Macías**

EVALUADORES

Dennys Dick Cortez Álvarez

PROFESOR DE LA MATERIA

Jonathan Abraham Avilés Cedeño

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de un sistema de llenado automático de tolvas de alimentadores AQ1 para camarones usando sensores de nivel y control digital con comunicación inalámbrica. Se espera que este aporte contribuya al proceso de producción de la Industria Camaronera, aumentando la operatividad de las tolvas y disminuyendo la carga laboral de los operadores.

Para dar solución a la problemática abordada, se diseñó un sistema de tracción de tolvas mediante un mecanismo de poleas motorizado y un sistema de dosificación de balanceado para camarones. Además, se desarrollaron prototipos basados en el microcontrolador ESP32 con comunicación LoRa para el monitoreo del sistema y control de nivel de la tolva. Se implementó una base de datos que permite el registro de datos del llenado de tolva, realizar notificaciones y alertas mediante Node-RED sobre una Raspberry Pi.

Se realizaron pruebas del funcionamiento, conectividad con el servidor y alcance de recepción a diferentes distancias en una camaronera. Los resultados demuestran que es posible realizar un control sobre las tolvas en movimiento por la nula influencia del efecto Doppler sobre la señal de transmisión que alcanzó los 2 km.

Por otro lado, se realizó un análisis energético para el diseño de un sistema fotovoltaico aislado que permite la operabilidad del sistema. Adicional se realizó un análisis de costos para evaluar la factibilidad de la implementación del sistema y una estimación del periodo de retorno de la inversión.

Palabras Clave: Industria camaronera, Sistemas AQ1, Llenado automático, LoRa.

ABSTRACT

This paper presents the design of an automatic filling system for AQ1 System's shrimp feeders using level sensors and digital control with wireless connection. We expect to contribute to the production process of shrimp farming in Ecuador, increasing the operability of feeders and reducing the operators' workload.

To solve the problem raised, a shrimp food dispenser with a motorized pulley mechanism was proposed. In addition, prototypes based on the ESP32 microcontroller with LoRa communication were developed for monitoring the food storage level on the feeder. A database was implemented on a Raspberry Pi that storage level and filling rate, notifies and send alerts with Node-RED.

Performance, connectivity, and reception range test took place at different distances in a shrimp farm. The results showed that it is possible to send a signal under LoRa to the feeders in motion due to the null influence of the Doppler effect. Furthermore, the transmission signal was able to reach 2 km.

An energy analysis was conducted to size an isolated photovoltaic system design that allows the operability of the system. In addition, a cost analysis was carried out to evaluate the feasibility of the system implementation and estimate the return on investment.

Keywords: *Shrimp farming, AQ1 Systems, Automatic filling, LoRa*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
CAPÍTULO 1	16
1. Introducción	16
1.2 Descripción del problema	17
1.3 Justificación del problema.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Marco teórico	19
1.4.1 Sistema de alimentación automática para camarones	19
1.4.2 Sistema de llenado automático de tolvas para alimentación de camarones.	20
1.4.3 Sistema de almacenamiento	21
1.4.4 Sistema de tracción.....	22
1.4.5 Sistema de transporte para materiales sólidos	22
1.4.6 Red inalámbrica	23

1.4.7	Sensores	25
1.4.8	Actuadores	25
1.4.9	Sistema fotovoltaico autónomo	25
CAPÍTULO 2		28
2.	Metodología	28
2.2	Sistema de tracción para la tolva alimentadora	28
2.1.1	Cálculo teórico para la tensión en el cable de tracción	30
2.1.2	Cálculo teórico para el torque aplicado en el cable por la polea	33
2.1.3	Cálculo teórico para la potencia mecánica y eléctrica del motor	34
2.2	Sensores.....	36
2.2.1	Sensor de nivel.....	36
2.2.2	Sensor de posición.....	37
2.3	Actuadores.....	38
2.3.1	Sistema de dosificación.....	38
2.3.2	Válvula con actuador eléctrico	39
2.3.3	Motor de tracción.....	40
2.4	Microcontroladores	41
2.4.1	ESP32 - Módulo SX1276 LoRa 915 MHz.....	41
2.4.2	Raspberry Pi3	42
2.5	Red LoRa.....	43
2.5.1	Frecuencia	43
2.5.2	Ancho de banda (BW)	43
2.5.3	Poder de transmisión	43
2.5.4	Factor de dispersión (SF).....	43
2.6	Topología de la red.....	44
2.7	Dispositivos de la red.....	45

2.7.1	Gateway	45
2.7.2	Tolva Alimentadora	46
2.7.3	Silo Maestro	48
2.7.4	Servidor	51
2.8	Análisis de frecuencia de muestreo	52
2.9	Sistema fotovoltaico del Silo Maestro	54
2.9.1	Estudio de cargas del sistema fotovoltaico	54
2.9.2	Voltaje del sistema fotovoltaico	56
2.9.3	Cálculo de número de módulos fotovoltaicos	57
2.9.4	Selección del controlador de carga solar	58
2.9.5	Cálculo del inversor de voltaje	60
2.9.6	Cálculo de banco de baterías.....	61
2.10	Sistema de llenado	63
2.10.1	Tolva receptora del balanceado.	63
2.10.2	Sistema de distribuidor con tuberías	63
CAPÍTULO 3.....		65
3	Resultados y Análisis	65
3.1	Caso de estudio	65
3.2	Pruebas de alcance	66
3.3	Costos.....	70
3.3.1	Inversión.....	72
3.3.2	Retorno de inversión	73
CAPÍTULO 4.....		75
4.	Conclusiones y Recomendaciones	75
4.1	Conclusiones	75
4.2	Recomendaciones	76

BIBLIOGRAFÍA.....	77
APÉNDICES	79
APÉNDICE A	80
APÉNDICE B	93
APÉNDICE C.....	94
APÉNDICE D.....	103
APÉNDICE E	106
APÉNDICE F	110
APÉNDICE G.....	113
APÉNDICE H.....	138
APÉNDICE I	152
APÉNDICE J.....	155

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SFA	Sistema Fotovoltaico Autónomo
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PWM	Modulación por ancho de pulso
IP	Internet Protocol
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LoRa	Long Range
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SNR	Signal to Noise Ratio
BW	Ancho de banda
SF	Factor de dispersión
IDE	Entorno de desarrollo integrado
GPIO	Entrada/Salida de propósito general
I2C	Inter Integrated Circuit
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
PVC	Policloruro de vinilo

SIMBOLOGÍA

ppt	Partes por mil
kg	Kilogramo
°C	Grados celcius
N	Newton
Nm	Newton por metro
m	Metro
W	Watt
Ah	Amperios hora
Hz	Hertz
A	Amperios
V	Voltios
HP	Caballos de fuerza
dB	Decibel
dB _i	Decibel relativo a 1 mW
RPM	Revoluciones por minuto
rad	Radianes

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Sistema inteligente de alimentación del camarón AQ1 [6]	21
Figura 1.2 P&ID de un sistema de llenado automático de tolvas	21
Figura 1.3 Silo de fondo cónico para productos de granel [8].....	21
Figura 1.4. Polea con cables de tracción [10]	22
Figura 1.5 Dosificador de tornillo inclinado [12]	23
Figura 1.6 Comparativa entre redes de comunicación inalámbrica [13]	24
Figura 1.7 Arquitectura LoRa	24
Figura 1.8 Diagrama de bloques de Sistema Fotovoltaico Autónomo	26
Figura 1.9 Módulo fotovoltaico [15].....	26
Figura 1.10 Controlador de carga solar [15]	27
Figura 1.11 Inversor de voltaje [15].....	27

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Fuerza de arrastre aplicada en la tolva alimentadora	29
Figura 2.2 Sistema de poleas	29
Figura 2.3 Fuerzas de tensión aplicadas en cable	30
Figura 2.4 Clasificación del cable de acero [18].....	31
Figura 2.5 Estrés aplicado en el cable por la torsión de la polea.....	33
Figura 2.6 Sensor capacitivo [14].....	36
Figura 2.7 Sensor fotoeléctrico difuso [14].....	37
Figura 2.8 Silo con dosificador de tornillo [20]	38
Figura 2.9 Válvula con actuador eléctrico	39
Figura 2.10 Motorreductor del sistema de tracción	40
Figura 2.11 Motor Driver para el motor de tracción.....	40
Figura 2.12 Tarjeta de desarrollo Heltec ESP32-LoRa V2.....	41
Figura 2.13 Raspberry Pi3	42
Figura 2.14 Topología de la red LoRa	44
Figura 2.15 Topología de la red de la camaronera	45
Figura 2.16 Diagrama de flujo del dispositivo Gateway (cliente)	46

Figura 2.17 Diagrama de flujo del dispositivo TOLVA	47
Figura 2.18 Diagrama de conexiones simplificado de la TOLVA	48
Figura 2.19 Diagrama de flujo del dispositivo SILO	49
Figura 2.20 Diagrama de conexiones simplificado del SILO	50
Figura 2.21 Diagrama de flujo del Servidor	51
Figura 2.22 Voltaje del sistema fotovoltaico.....	57
Figura 2.23 Regulador de carga CV2024	59
Figura 2.24 Inversor Green Cell.....	60
Figura 2.25 Batería Dancar.....	62
Figura 2.26 Embudo de tolva alimentadora	63
Figura 2.27 Sistema de distribución	64

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Distribución de las tolvas en una piscina	65
Figura 3.2 Camaronea San José	67
Figura 3.3 RSSI y SNR con SF10	69

APÉNDICE B

Figura B.1 Prototipo de TOLVA ALIMENTADORA	93
Figura B.2 Prototipo de SILO MAESTRO	93

APÉNDICE C

Figura C.1 Visita a la camaronera San José.....	94
Figura C.2 Colocación del dispositivo transmisor	94
Figura C.3 Lectura en el dispositivo receptor.....	95
Figura C.4 Prueba de transmisión a 50 metros	95
Figura C.5 Prueba de transmisión a 100 metros	96
Figura C.6 Prueba de transmisión a 150 metros	96
Figura C.7 Prueba de transmisión a 250 metros	97
Figura C.8 Prueba de transmisión a 500 metros	97
Figura C.9 Prueba de transmisión a 750 metros	98
Figura C.10 Prueba de transmisión a 1000 metros	98

Figura C.11 Prueba de transmisión a 1250 metros	99
Figura C.12 Prueba de transmisión a 1500 metros	99
Figura C.13 Prueba de transmisión a 1750 metros	100
Figura C.14 Prueba de transmisión a 2000 metros	100
Figura C.15 Prueba de transmisión a 2150 metros	101
Figura C.16 Prueba de transmisión a 2500 metros	101
Figura C.17 Prueba de transmisión a 2750 metros	102
Figura C.18 Prueba de transmisión a 3000 metros	102

APÉNDICE E

Figura E.1 Menú principal de la interfaz de control	106
Figura E.2 Resumen de notificaciones y llenado de tolva	106
Figura E.3 Consultar reporte de llenado de tolvas	107
Figura E.4 Consultar reporte de alertas y notificaciones	107
Figura E.5 Ingreso de nuevas piscinas	108
Figura E.6 Ingreso de operadores y usuarios	108
Figura E.7 Correo con notificaciones, alertas y reportes	109

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Fuerza de arrastre aplicada en función de la velocidad	29
Tabla 2.2 Características de cables de acero de alma acero galvanizado [19]	31
Tabla 2.3 Tensión en el cable en función del diámetro para una distancia $S=150$ m	32
Tabla 2.4 Factor de seguridad en función de la tensión y la fuerza de arrastre.....	32
Tabla 2.5 Fuerza de fricción en el cable en función de la longitud.....	33
Tabla 2.6 Características del cable y polea de acero [17]	34
Tabla 2.7 Velocidad del motor en función de la velocidad de arrastre	34
Tabla 2.8 Potencia requerida para una distancia $S=50$ m y $n=70\%$	35
Tabla 2.9 Potencia requerida para una distancia $S=100$ m y $n=70\%$	35
Tabla 2.10 Potencia requerida para una distancia $S=150$ m y $n=70\%$	35
Tabla 2.11 Clasificación de los sensores de nivel discretos	36
Tabla 2.12 Especificaciones técnicas del sensor capacitivo.....	37
Tabla 2.13 Clasificación de los sensores de posición discretos.....	37
Tabla 2.14 Especificaciones técnicas del sensor fotoeléctrico difuso	38
Tabla 2.15 Especificaciones técnicas del motor dosificador	39
Tabla 2.16 Especificaciones técnicas de la válvula	39
Tabla 2.17 Especificaciones técnicas del motor con caja reductora	40
Tabla 2.18 Especificaciones técnicas del motor driver	41
Tabla 2.19 Especificaciones técnicas de la tarjeta de desarrollo Heltec ESP32-LoRa V2	41
Tabla 2.20 Especificaciones técnicas de Raspberry Pi3.....	42
Tabla 2.21 Factor de dispersión de LoRa a 125KHz [22]	43
Tabla 2.22 Dispersiones realizadas durante 1 hora.....	52
Tabla 2.23 Dispersiones realizadas durante 2 horas	53
Tabla 2.24 Ejemplo de cuadro de estudio de cargas.....	54
Tabla 2.25 Demanda del controlador del Silo Maestro	55
Tabla 2.26 Estudio de cargas en el Silo Maestro.....	56
Tabla 2.27 Especificaciones técnicas del panel solar	58
Tabla 2.28 Especificaciones técnicas del regulador de carga	59

Tabla 2.29 Especificaciones técnicas del inversor	61
Tabla 2.30 Especificaciones técnicas de la batería	62

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Tensión en el cable T_C y T_D	66
Tabla 3.2 Tensión total	66
Tabla 3.3 Longitud del cable de acero 1/8"	66
Tabla 3.4 Prueba de alcance de la señal con SF10 (Parte 1).....	67
Tabla 3.5 Prueba de alcance de la señal con SF10 (Parte 2).....	68
Tabla 3.6 Costo de los elementos que componen a la tolva alimentadora	70
Tabla 3.7 Costo de los elementos que componen al silo maestro	71
Tabla 3.8 Costo de los elementos que componen al LoRa Gateway.....	71
Tabla 3.9 Costo de los elementos que componen al servidor Raspberry	72
Tabla 3.10 Costo fijo para una piscina de 4 tolvas.....	72
Tabla 3.11 Costo final del proyecto dependiendo del número de piscinas en USD...	72
Tabla 3.12 Costo fijo anual de un operador	73
Tabla 3.13 Costo fijo anual para el llenado de tolvas manual	74

APÉNDICE D

Tabla D.1 Costos de los equipos para el Tablero 1: Sistema fotovoltaico	103
Tabla D.2 Costos de los equipos para el Tablero 2: Controlador - Motor drivers.....	104
Tabla D.3 Costos de los equipos de para el Tablero 3: Arrancador de motor dosificador	104
Tabla D.4 Costos de los componentes del controlador SILO MAESTRO.....	105
Tabla D.5 Costos de los componentes del controlador TOLVA ALIMENTADORA..	105

ÍNDICE DE PLANOS

Planos mecánicos

- PLANO 1 Plano llave
- PLANO 2 Tolva alimentadora
- PLANO 3 Estructura principal
- PLANO 4 Sistema de dosificación
- PLANO 5 Distribuidor con soporte
- PLANO 6 Soporte de motor reductor
- PLANO 7 Motor de tracción
- PLANO 8 Polea Secundaria
- PLANO 9 Tope de posición
- PLANO 10 Instalación eléctrica
- PLANO 11 Anclaje para cables
- PLANO 12 Embudo con criba
- PLANO 13 Soporte de sensor de nivel
- PLANO 14 Soporte de sensor de posición
- PLANO 15 Soporte de abrazadera
- PLANO 16 Distribuidor (Base y Tapa)
- PLANO 17 Soporte base 1
- PLANO 18 Soporte base 2
- PLANO 19 Soporte tapa 1
- PLANO 20 Soporte tapa 2
- PLANO 21 Soporte de motor de tracción
- PLANO 22 Tubo soporte de anclaje
- PLANO 23 Soporte de anclaje
- PLANO 24 Soporte lateral
- PLANO 25 Soporte superior
- PLANO 26 Soporte de sensor capacitivo
- PLANO 27 Soporte de sensor fotoeléctrico

Planos eléctricos

PLANO 28 Circuito Esquemático del controlador de TOLVA ALIMENTADORA

PLANO 29 Circuito Esquemático del controlador de SILO MAESTRO

PLANO 30 Circuito de monitoreo de nivel y posición TOLVA ALIMENTADORA

PLANO 31 Sistema fotovoltaico, regulación y carga de baterías SILO MAESTRO

PLANO 32 Circuito de control y fuerza del sistema dosificador y tracción SILO MAESTRO

PLANO 33 Circuito arrancador de motor dosificador SILO MAESTRO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se explora la posibilidad de contribuir con una de las industrias más importantes del Ecuador como lo es la industria camaronera. Se conoce que en el año 2018 el camarón del Ecuador ocupaba el cuarto lugar a nivel mundial [1]. Mientras que en el ámbito nacional la industria del camarón se encuentra solo por detrás de la del petróleo y representa la fuente más grande de ingresos para el sector privado del país [2].

Si bien es cierto que debido a su importancia para el país se convirtió en uno de los clientes principales de las distintas áreas del conocimiento, en esta ocasión se procurará abordar de manera oportuna una problemática no resuelta dentro del proceso de alimentación del camarón. Con el fin de lograr una mejor comprensión de esta problemática es necesario conocer más acerca de esta industria, sus orígenes, su evolución y su tamaño.

Las empresas camaroneras pioneras procedían de la provincia del Oro en los años 50, donde la población se dedica principalmente a la agricultura. En esa época los agricultores notaron que estos crustáceos se desarrollaban con facilidad en estanques próximos a sus cultivos [3]. Para la siguiente década ya existían alrededor de 600 hectáreas destinadas a la cría de camarón.

La inversión privada y las tendencias internacionales sobre crianza de camarón, permitió a la industria camaronera entrar en un auge, donde se vio el nacimiento de plantas de balanceado, laboratorios de larva y empacadoras. De acuerdo con [4] la República del Ecuador cuenta con alrededor de 25.637.000 hectáreas continentales, de las cuales se sabe que 220.000 hectáreas estaban destinadas a la cría de camarón en el año 2018 [5].

En un principio, la dispersión de alimento en los estanques se realizaba de manera manual desde una barca. Años más tarde, en Ecuador se introdujeron los alimentadores automáticos que dispersaban alimento de manera temporizada. Luego de múltiples estudios científicos, que proporcionaron más información sobre los hábitos de este crustáceo, su anatomía y ciertas características de interés, se mejoraron los alimentadores automáticos.

A partir de este punto, la nueva tendencia de fabricación fue integrar a estos equipos sondas que proporcionen información sobre la intención de comer de los camarones, un ejemplo de esto son los sistemas AQ1. Los datos proporcionados por las sondas permiten al sistema realizar la alimentación por demanda. Mediante los sonidos que genera el camarón ante una dosis de prueba, el equipo determina la siguiente dosis de alimento. Buscando de esta forma distribuir alimento para un óptimo crecimiento [6].

Debido a la incipiente tecnificación, actualmente la tarea de los operadores de granja ha cambiado por priorizar que los equipos automáticos se encuentren abastecidos de alimento para que operen. Por ello, se presentará el diseño de un sistema automático para el llenado de las tolvas de los alimentadores automáticos AQ1. Con esto último, se buscará integrar el presente proyecto a una tecnología vanguardista, en auge y con gran presencia en esta industria.

1.2 Descripción del problema

El sistema automático de alimentación AQ1 consiste en una tolva con capacidad de 300 kg de balanceado y un sistema motorizado para su distribución. Por otro lado, el controlador SF200 registra el sonido de los camarones y acciona el sistema de distribución.

El sistema opera de manera continua mientras la tolva contenga balanceado y el dosificador no se encuentre obstruido, caso contrario el motor dosificador de alimento envía una alerta. Sin embargo, esta alerta solo puede ser visible con la aplicación “SmartFeeder”, cuyo uso está limitado a personal de mantenimiento que debe enlazarse con un dispositivo móvil en la periferia de la piscina cercana a la tolva.

Las notificaciones y alertas de los sistemas de “SmartFeeder” y “SoundFeeding”, que permiten monitorear el sistema de manera remota, solo están disponibles para el personal de supervisión. Por ello, las empresas camaroneras optan por asignar operadores encargados de realizar rondas para distribuir el alimento de manera oportuna, teniendo en cuenta la cantidad de alimento y el promedio de veces que deben llenar las tolvas de una piscina durante una jornada laboral.

Los operadores trasladan el balanceado diariamente en sacos a una estación, para su almacenamiento temporal, cerca de las piscinas. Al realizarse las rondas se localizan aquellas tolvas que se encuentran vacías observando detenidamente el nivel de balanceado por simple inspección de la sombra que se genera a través del material translúcido de la tolva. La tolva es llevada a la orilla mediante cuerdas, amarradas en postes de anclaje y así es posible acceder a la tapa superior para introducir los sacos de balanceado necesarios para llenarla. Finalmente, la tolva es regresada a su posición original para continuar con la distribución de alimento.

Las empresas que proveen de servicios de monitoreo, mantenimiento e instalación de sistemas de alimentación automática para camarones, solo contemplan la distribución del balanceado mediante tolvas y no el abastecimiento de estas como parte de los servicios que ofrecen. Por esta razón, etapas del proceso, como el llenado de las tolvas, siguen siendo de tipo manual y de inspección visual con múltiples posibilidades de automatización.

1.3 Justificación del problema

El llenado de tolvas es una parte necesaria del proceso de alimentación y se caracteriza por ser un trabajo manual. Esta tarea consiste en la intervención de operadores que llevan la tolva hasta los bordes de las piscinas, llenarla y regresarla a su posición original con la finalidad de mantener trabajando al sistema de alimentación automática de manera continua.

En una empresa camaronera, la carga laboral del trabajo de llenado aumenta conforme la extensión de terreno dedicado a la crianza sea mayor. Por ejemplo, la granja camaronera Lebama cuenta con 75 unidades de tolvas alimentadoras que requieren de 12 operadores para realizar la distribución de balanceado en las tolvas, llenándolas 2 veces diariamente. Esta intervención requiere de aproximadamente de 5 a 6 horas para cumplir con el llenado de todas las tolvas.

El tiempo de respuesta para cumplir con esta tarea se encuentra ligado a la cantidad de recurso humano y la extensión de la granja. Por lo tanto, es posible automatizar esta

etapa del proceso con la finalidad de ahorrar recursos, disminuyendo la carga laboral de operadores y los tiempos de respuesta de llenado de tolvas.

Además, minimizar la interacción humana el proceso de llenado de las tolvas alimentadoras permite disminuir los errores tales como, la introducción accidental de objetos ajenos al alimento que pueden estropear el mecanismo de distribución por obstrucción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de llenado automático de tolvas mediante el uso de un control digital y sensores de nivel con comunicación inalámbrica con el fin de reducir la carga laboral de los operadores y aumentar el tiempo operativo de las tolvas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar el diseño del sistema de control electrónico.
2. Desarrollar un prototipo a pequeña escala que simule el comportamiento del sistema de control electrónico y permita evaluar el rendimiento de los dispositivos de comunicación LoRa.
3. Diseñar el sistema de alimentación fotovoltaico para la energización de todos los equipos y dispositivos.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistema de alimentación automática para camarones

Son sistemas que mediante diferentes tipos de mecanismos realizan la dispersión de balanceado y se ubican en piscinas para la cría de camarón con flotadores que les permiten posicionarse en el lugar óptimo para cumplir dicha función. Se caracterizan por poseer un recipiente llamado tolva y al menos un motor eléctrico para realizar la dispersión del balanceado. Estos equipos pueden funcionar con energía alterna desde el sistema de distribución o pueden estar provistos de un sistema fotovoltaico autónomo. Se presentan en variados formatos, pueden ser dispositivos sencillos que dispersan el

alimento de acuerdo con temporizadores programados por un operador. Por otro lado, pueden presentarse como equipos más sofisticados que dispersan alimento almacenado en función de las variables del medio que registran los sensores.

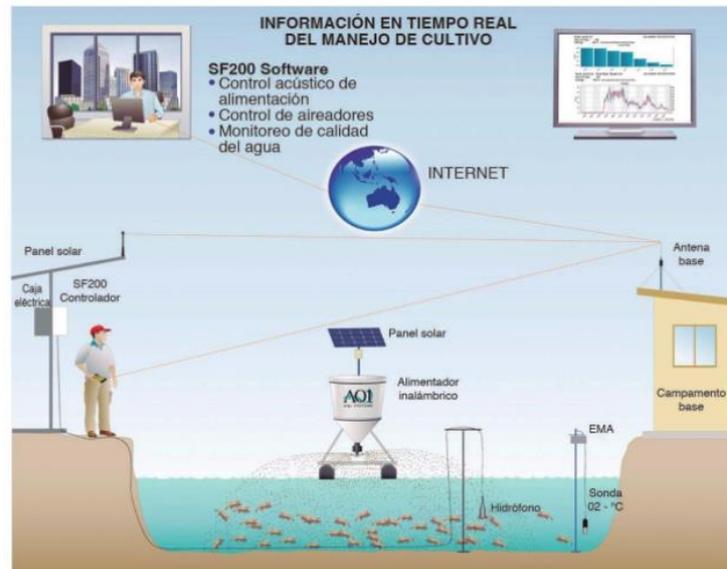


Figura 1.1 Sistema inteligente de alimentación del camarón AQ1 [6]

1.4.2 Sistema de llenado automático de tolvas alimentadoras para camarón

Se trata de un sistema electromecánico cuya función es abastecer de balanceado a los sistemas de alimentación automática de camarones. En esencia este sistema se encuentra formado por un silo maestro, tolvas de alimentación automática, sensores de nivel, mecanismo de tracción de tolvas, mecanismo de dosificación de alimento y un sistema de comunicación inalámbrico.

Su funcionamiento se basa en la medición del nivel de balanceado en cada una de las tolvas de alimentación automática mediante sensores que detectan cuando el alimento se encuentra próximo a ser insuficiente. De esta forma es posible conocer cuando es propicio accionar mecanismos que lleven a la tolva hacia una estación de llenado, la cual cuenta con mayor autonomía y se encarga del suministro de alimento para rellenar las tolvas de alimentación automática que eventualmente retornan a su ubicación inicial. Este tipo de sistemas pueden ser energizados mediante conexión directa a la red principal o con sistemas fotovoltaicos.

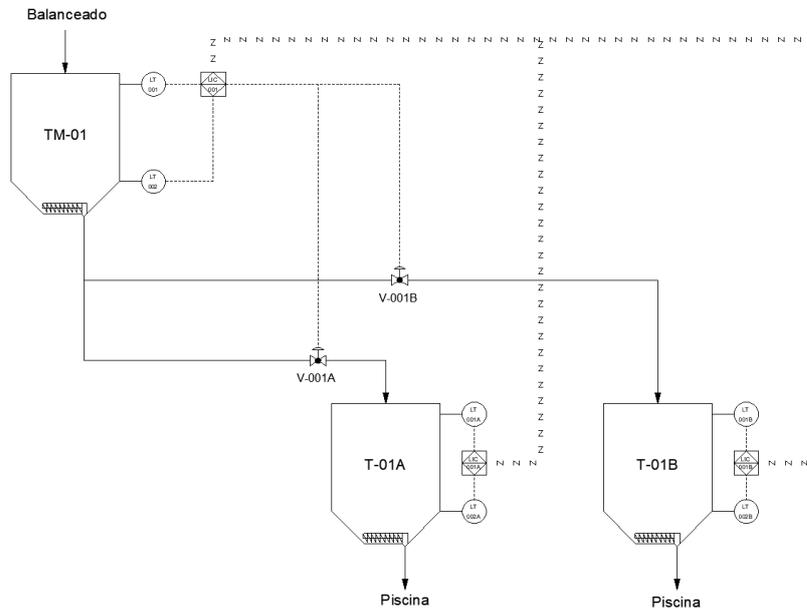


Figura 1.2 P&ID de un sistema de llenado automático de tolvas

1.4.3 Sistema de almacenamiento

- **Silo**

Un silo es una construcción vertical destinado a contener material sólido o líquido durante periodos de tiempo transitorio entre el llenado y extracción del material. Estos deben ser capaces de resistir las propiedades abrasivas del material, la presión ejercida en las paredes por la cantidad máxima del material y las condiciones del entorno donde se localizan [7]. Los silos con forma cilíndrica y fondo cónico son los más utilizados a nivel industrial.



Figura 1.3 Silo de fondo cónico para productos de granel [8]

1.4.4 Sistema de tracción

- **Cables**

Los cables de tracción son estructuras compuestas por hilos de acero o fibra agrupados por torones con forma helicoidal que encierran un núcleo llamado alma. Los cables son susceptibles a la abrasión por contacto con superficies, corrosión en su medio de trabajo y fatiga por deformación [9].

- **Poleas**

Las poleas son ruedas con un canal por donde una banda o cable de tracción ejerce fricción provocando un par que gira su eje central [9]. Su función principal es transformar el movimiento rotacional en lineal y actúa como soporte en los sistemas de tensión.



Figura 1.4. Polea con cables de tracción [10]

1.4.5 Sistema de transporte para materiales sólidos

- **Dosificador**

El dosificador es un mecanismo encargado del transporte de materiales a diferentes partes de un proceso, los cuales se clasifican dependiendo de: las propiedades físicas del material, la cantidad de material a despachar y el principio de funcionamiento [11].

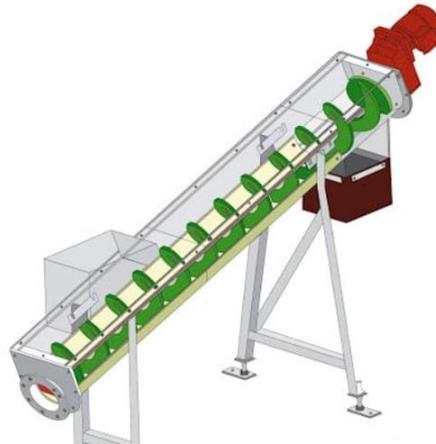


Figura 1.5 Dosificador de tornillo inclinado [12]

- ***Dosificadores volumétricos***

Los sistemas volumétricos dependen de actuadores mecánicos que transportan el material mediante una superficie de soporte a lo largo de una trayectoria recta. Los más utilizados son: los transportadores de paletas, elevadores de cangilones y los tornillos sin fin [11].

- ***Dosificadores gravimétricos***

Los sistemas gravimétricos permiten disponer del material conforme se ejerce presión sobre el material inferior por efecto de la gravedad. Por ello, la cantidad de material despachado depende de la cantidad de material restante en el tanque de entrada [11].

1.4.6 Red inalámbrica

- ***LPWAN***

Las redes LPWAN por sus siglas *Low Power Wide Area Network* son redes que se caracterizan por amplia capacidad de conexión a una baja tasa de transferencia de datos, lo que permite establecer comunicación entre dispositivos con un bajo coste energético. Estas redes utilizan la estructura estrella donde los dispositivos finales son conocidos como nodos, y los puntos centrales donde se transmite información desde y hacia los nodos son conocidos como gateways [13].

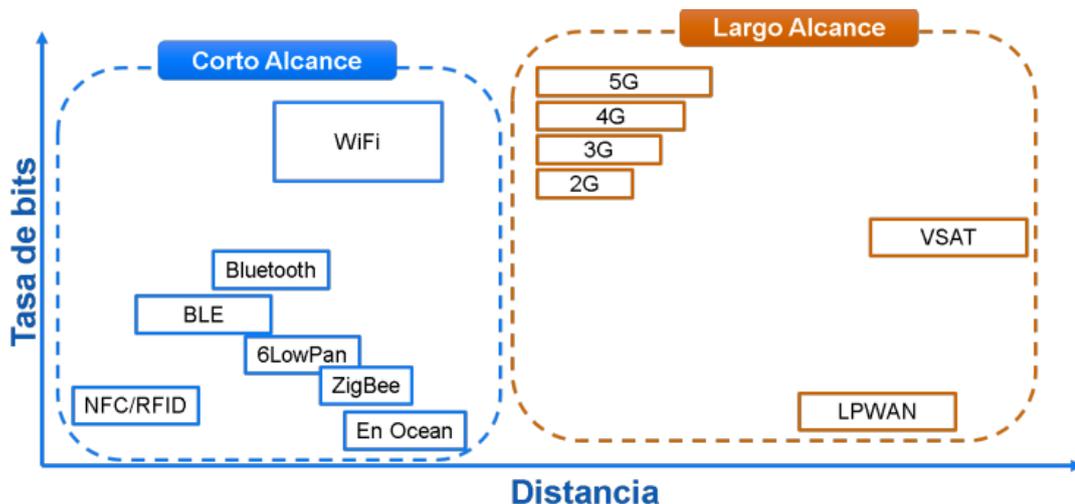


Figura 1.6 Comparativa entre redes de comunicación inalámbrica [13]

- **LoRa**

LoRa, por sus siglas Long Range, es una tecnología LPWAN que se caracteriza por establecer comunicación a largas distancias (mayor a 5 km) a coste de un bajo consumo. La red se compone de dispositivos finales que se encargan de la recopilación de información del entorno mediante sensores y activar actuadores ubicados en el mismo u otro dispositivo, y las pasarelas funcionando como concentradores de la información que administran la comunicación entre dispositivos y un servidor [13].

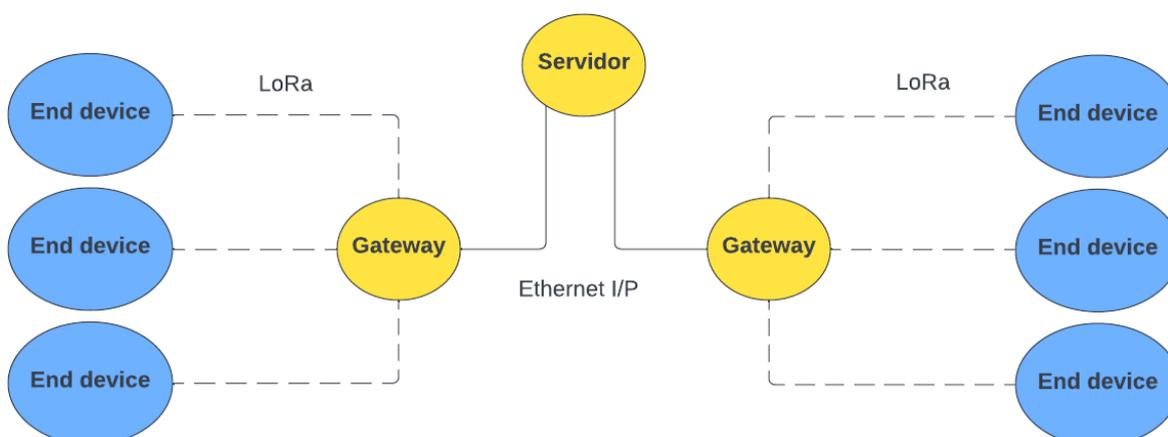


Figura 1.7 Arquitectura LoRa

1.4.7 Sensores

- ***Sensor de nivel discreto***

Un sensor de nivel es un dispositivo que permite la detección de sustancias en un contenedor mediante sistema electromecánicos que reciben información discreta de la presencia de sólidos o líquidos ubicados en diferentes localizaciones en un tanque [14].

- ***Sensor de posición discreto***

Un sensor de posición discreto permite detectar la ubicación de un objeto que sigue una trayectoria prefijada, mediante el uso de un mecanismo de tracción, al momento de entrar en contacto con un obstáculo [14].

1.4.8 Actuadores

- ***Motor DC***

El motor de corriente continua transforma la energía eléctrica en mecánica rotatoria, gracias al campo magnético del estator y las bobinas en el rotor [14]. Los motores tienen una amplia gama de aplicaciones en la industria y el sistema de llenado automático requiere de un sistema de tracción para la tolva, control de apertura para válvulas y dosificación de alimento. Por ello se requiere de motores con caja reductora, que se caracterizan por el aumento en el par a bajas velocidades.

1.4.9 Sistema fotovoltaico autónomo

- ***Sistema fotovoltaico autónomo (SFA)***

Se conoce como un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) a un sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía solar, cuyo propósito es satisfacer la demanda de cargas eléctricas que no se encuentran conectadas a una red de suministro eléctrico. Este tipo de sistemas se encuentra pensado para cargas o conjuntos de ellas que pueden o no encontrarse en ubicaciones donde o bien no existe tendido eléctrico o se requiere prescindir de él de forma permanente. De manera general estos sistemas se encuentran constituidos por: módulos fotovoltaicos o paneles solares, controlador de carga solar, banco de baterías y un inversor de voltaje en caso de que el sistema cuente con cargas que funcionen con corriente alterna.

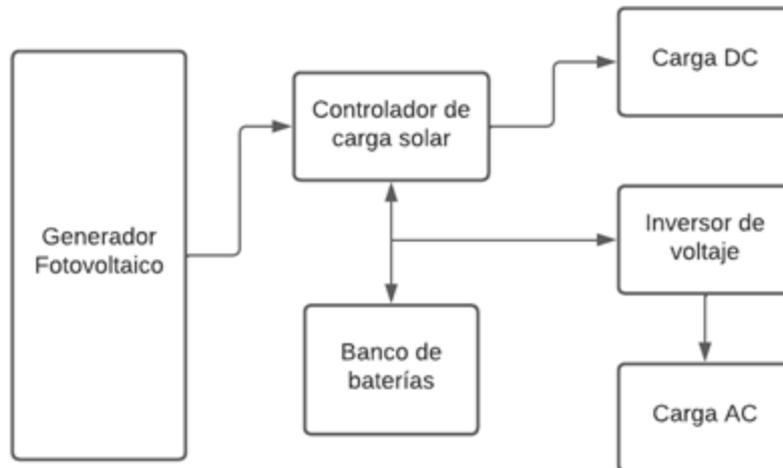


Figura 1.8 Diagrama de bloques de Sistema Fotovoltaico Autónomo

- ***Módulo fotovoltaico***

Se trata del conjunto de celdas fotovoltaicas de material semiconductor, generalmente silicio, las cuales están interconectadas. Su función es captar la radiación solar para su transformación en energía eléctrica continua mediante el efecto fotovoltaico. Los parámetros que tienen mayor relevancia en estos dispositivos son: potencia pico, corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto [15]. Estos dispositivos son esenciales dentro de un sistema de generación fotovoltaica.



Figura 1.9 Módulo fotovoltaico [15]

- ***Controlador de carga solar***

El controlador de carga solar es el dispositivo encargado de cargar a las baterías del sistema fotovoltaico, prolonga la vida útil de las baterías. Además, se encarga de dirigir la energía generada a la carga o al banco de baterías de acuerdo con la demanda

actuante. Sin embargo, este equipo no protege únicamente a las baterías, ya que también evita corrientes de retorno hacia los módulos fotovoltaicos. Dos tipos muy reconocidos son los MPPT y los PWM, no obstante, pueden encontrarse en variadas presentaciones dependiendo de las características de la aplicación final [15].



Figura 1.10 Controlador de carga solar [15]

- **Inversor de voltaje**

Este dispositivo es el encargado de transformar la energía almacenada en las baterías como la corriente continua en corriente alterna, según sea necesario para alimentar cargas de corriente alterna a baja tensión. Dependiendo de la naturaleza de la aplicación se pueden encontrar inversores con salida senoidal pura, senoidal modificada y de onda cuadrada. Los parámetros de interés de estos equipos por lo general son la potencia, el tipo de onda y la potencia pico [15].



Figura 1.11 Inversor de voltaje [15]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.2 Sistema de tracción para la tolva alimentadora

El sistema de control contempla la característica de trasladar la tolva alimentadora hacia la orilla mediante un sistema de poleas accionado por un motor para realizar su respectivo llenado. El movimiento que realiza la tolva dependerá de la fuerza de tensión en el cableado sujeto al armazón de la tolva y la fuerza de arrastre en la superficie de contacto en los tanques flotadores.

La fuerza de arrastre que experimenta la tolva es:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \quad (2.1)$$

Donde C_D es el coeficiente de arrastre de la tolva, ρ es la densidad del agua en las piscinas de 1018.1 kg/m^3 , A es el área transversal al movimiento de 0.14137 m^2 y v es la velocidad promedio que experimenta la tolva. Las camaroneras tienen piscinas de agua dulce como salada, por lo que se usará la densidad de agua salada 30ppt a una temperatura de 30°C como referencia. El área transversal varía en función de la cantidad de balanceado en la tolva, por lo que se ha considerado que los tanques se encuentran sumergidos hasta la mitad cuando la tolva está llena según el jefe de operaciones. Finalmente, el coeficiente de arrastre es una constante experimental que depende de la forma y orientación del objeto. Por lo tanto, para una estimación de dicho valor se toma en consideración una forma poco hidrodinámica con un $C_D = 1.35$, la cual es un 50% mayor que el coeficiente de un cilindro con las dimensiones del tanque flotador [16].

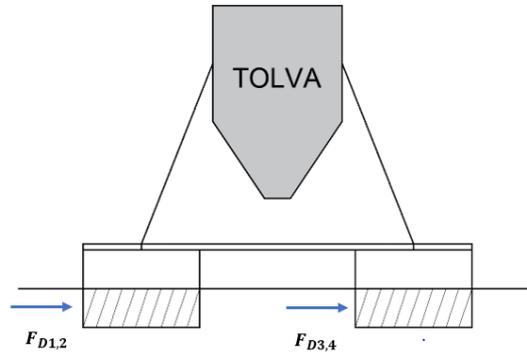


Figura 2.1 Fuerza de arrastre aplicada en la tolva alimentadora

$$F_D = \sum F_{Dtanque} = 4F_{Dtanque} \quad (2.2)$$

Como para el cálculo de la fuerza de arrastre es necesario de coeficientes de tipo experimental y la forma de los tanques de la tolva es atípica, se utilizará un factor de corrección $f_c = 1.5$, para garantizar que la fuerza realmente requerida siempre puede ser proporcionada por los motores e infraestructura seleccionados.

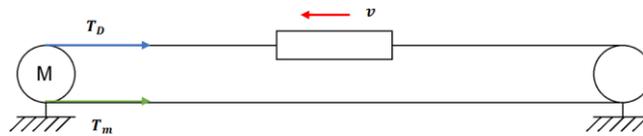


Figura 2.2 Sistema de poleas

Tabla 2.1 Fuerza de arrastre aplicada en función de la velocidad

$v_{tolva} [m/min]$	$v_{tolva} [m/s]$	$F_D [N]$	$F_D \cdot f_c [N]$
10	0.167	10.795	16.192
15	0.25	24.288	36.432
20	0.333	43.179	64.769
25	0.417	67.467	101.201

2.1.1 Cálculo teórico para la tensión en el cable de tracción

El modelo del cable de tracción suspendido en la piscina es aquel donde los extremos se encuentran nivelados y separados por una distancia S entre las poleas, donde se realiza el llenado de la tolva y la distribución del balanceado respectivamente. Por el propio peso cable, se define una parábola con un punto inferior y_c , asumiendo que parte del cable se encuentra sumergido hasta un máximo de 0.6 metros al igual que el punto mínimo de la tolva localizado en la mitad, generado una tensión máxima en el cable T_c en los extremos del cable [17].



Figura 2.3 Fuerzas de tensión aplicadas en cable

Tensión horizontal aplicada en las poleas:

$$t_c = \frac{WS^2}{8y_c} \quad (2.3)$$

Longitud del cable:

$$L = S \left(1 + \frac{8y_c^2}{3S^2} \right) \quad (2.4)$$

Tensión aplicada en las poleas:

$$T_c = \frac{t_c}{\cos\theta} \quad (2.5)$$

Ángulo del vector de tensión con respecto al eje horizontal:

$$\tan\theta = \frac{WS}{2t_c}, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{WS}{2t_c} \right) \quad (2.6)$$

Donde:

W carga distribuida en el cable por su propio peso.

Por superposición, la tensión máxima total aplicada en el cable durante el movimiento de la tolva es la suma de tensión aplicada para mover la tolva y por el propio peso del cable:

$$T_{max} = T_c + T_D \quad (2.7)$$

Para seleccionar el diámetro óptimo del cable se utiliza un factor de seguridad n en función de la tensión total en el cable y la tensión de ruptura de este.

$$n = \frac{C_{rot}}{T_{max}} \quad (2.8)$$

Debido al ambiente húmedo y salino de las piscinas, el cable de acero del sistema de tracción debe ser de acero galvanizado para resistir los factores corrosivos y abrasivos manteniendo su flexibilidad durante el proceso de arrastre de la tolva. Las características de resistencia a la flexión y abrasión definen la cantidad de torones e hilos en un cable dependiendo de la aplicación en la industria.

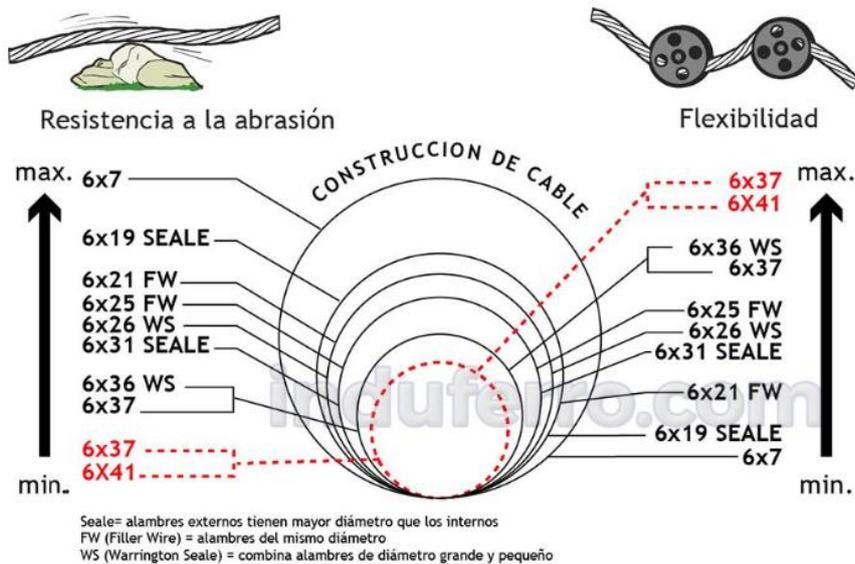


Figura 2.4 Clasificación del cable de acero [18]

Como el cable se encuentra flexionado durante breves periodos de tiempo, de ida y vuelta de la tolva, se da importancia a la resistencia de abrasión. Por lo tanto, el cable de acero debe ser uno de 6x7 o 6x19 con alma de acero de un calibre disponible en el mercado.

Tabla 2.2 Características de cables de acero de alma acero galvanizado [19]

d [mm]	W [kg/m]	C_{rot} [N]
2	0.015	2750
2.5	0.024	4290
3	0.035	6180
4	0.061	11000
5	0.096	17200

Tabla 2.3 Tensión en el cable en función del diámetro para una distancia S=150 m

d [mm]	t_c [kg]	θ [°]	T_c [kg]	T_c [N]
2	70.313	0.016	70.321	689.643
2.5	112.500	0.016	112.514	1103.429
3	164.063	0.016	164.083	1609.167
4	285.938	0.016	285.974	2804.548
5	450.000	0.016	450.058	4413.715

En TABLA 2.4 se puede observar que el coeficiente de seguridad mínimo recomendado para un cable en mecanismos móviles para transporte de material es de 3.5, para una distancia de 150 m entre la estación de llenado y la tolva alimentadora. Por lo que el cable resaltado en color ámbar no cumple con dicha condición. Por ello, se escoge el cable de acero 3mm o 1/8" por su disponibilidad en el mercado, y óptima velocidad de transporte de 20 m/min con las características antes mencionadas.

Tabla 2.4 Factor de seguridad en función de la tensión y la fuerza de arrastre

		v [m/min]	10	15	20	25
d [mm]	T_c [N]	T_D [N]	16.192	36.432	64.769	101.201
2	689.643	n	3.896	3.787	3.645	3.477
2.5	1103.429		3.832	3.764	3.672	3.561
3	1609.167		3.802	3.755	3.692	3.613
4	2804.548		3.900	3.872	3.834	3.786
5	4413.715		3.883	3.865	3.841	3.810

Finalmente, se obtienen los valores de la fricción aplicada sobre las poleas con un coeficiente de rozamiento por rodadura de 0.002 (al igual que los rieles de acero) para diferentes distancias de la trayectoria S según el diámetro escogido:

$$F_f = n_p b T_c \sin(\alpha/2) \quad (2.9)$$

Donde:

n_p número de poleas del sistema de tracción.

b es el coeficiente de rozamiento de la polea.

T_c es la tensión presente en el cable.

α es el ángulo de contacto del cable con la polea.

Tabla 2.5 Fuerza de fricción en el cable en función de la longitud

$S [m]$	$T_c [kg]$	$T_c [N]$	$F_f [N]$
50	18.230	178.786	0.715
100	72.918	715.107	2.860
150	164.064	1608.974	6.436

2.1.2 Cálculo teórico para el torque aplicado en el cable por la polea

Para que el cable se flexione alrededor de la polea, se requiere de doblar el cable de 3mm en la superficie de contacto (180°). Por tanto, el torque necesario para realizar dicho trabajo se define como:

$$\tau_d = \frac{2n_p E I}{d_p} \quad (2.10)$$

$$I = \frac{\pi d_c^4}{64} = 3.976 \times 10^{-12} [m^4] \quad (2.11)$$

Donde:

n_p número de poleas en el sistema de tracción.

E módulo de elasticidad del cable.

I inercia de la sección transversal del cable.

d_p diámetro de la polea.

d_c diámetro del cable.

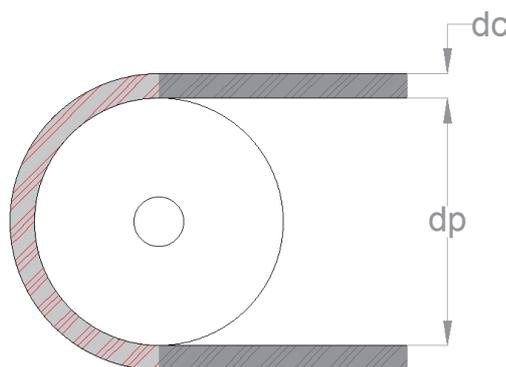


Figura 2.5 Estrés aplicado en el cable por la torsión de la polea

Mientras el cable de acero sea más resistente a la abrasión menos flexible es y, por ende, mayor torque se requiere para doblarlo. Esta propiedad depende de la construcción del cable y número de hilos presentes en los torones.

Tabla 2.6 Características del cable y polea de acero [17]

<i>cable</i>	$d_{polea\ MIN}$	$d_{polea\ RECOMENDADO}$	$A_{transversal}$	$E_r [kg/m^2]$
6x7	42d	63d	0.38d ²	11x10 ⁹
6x19	30d	45d	0.4d ²	10x10 ⁹

Finalmente, se obtienen los valores del torque requerido en la polea para un diámetro de 45 veces del diámetro de cable 6x19 ya que el ciclo de trabajo del sistema de tracción es de aproximadamente 4 veces al día solo durante el llenado de las tolvas. La medida de la polea puede variar en función de la disponibilidad en el mercado, pero debe tener un mínimo de 9 cm de diámetro.

2.1.3 Cálculo teórico para la potencia mecánica y eléctrica del motor

La potencia del sistema mecánico es igual a la suma de las potencias requeridas por el sistema de tracción: la fricción en la polea, torque para doblar el cable y fuerza de arrastre de la tolva dependiendo de la velocidad de trabajo.

$$P_e = \frac{P_m}{n} = \frac{F_d v + F_f v + \tau_d \omega}{n} \quad (2.12)$$

Donde:

P_e potencia eléctrica del motor.

P_m potencia mecánica del sistema de tracción.

v velocidad de trabajo del sistema.

ω velocidad angular de la polea.

n eficiencia del motor.

Tabla 2.7 Velocidad del motor en función de la velocidad de arrastre

$v [m/min]$	$v [m/s]$	$\omega [rad/s]$	$\omega [rpm]$
10	0.167	2.469	23.578
15	0.25	3.704	35.368
20	0.333	4.938	47.157
25	0.417	6.173	58.946

Tabla 2.8 Potencia requerida para una distancia S=50m y n=70%

v [m/min]	$F_d v$ [W]	$F_f v$ [W]	$\tau_d \omega$ [W]	P_m [W]	T_m [Nm]	P_E [W]	$P_N = 1.25P_N$	ZD
10	2.699	0.119	2.909	5.727	2.319	8.181	10.226	15
15	9.108	0.179	4.363	13.650	3.686	19.500	24.375	25
20	21.590	0.238	5.818	27.646	5.598	39.494	49.367	60
25	42.167	0.298	7.272	49.737	8.057	71.053	88.817	120

Tabla 2.9 Potencia requerida para una distancia S=100m y n=70%

v [m/min]	$F_d v$ [W]	$F_f v$ [W]	$\tau_d \omega$ [W]	P_m [W]	T_m [Nm]	P_E [W]	$P_N = 1.25P_N$	ZD
10	2.699	0.477	2.909	6.084	2.464	8.692	10.865	15
15	9.108	0.715	4.363	14.187	3.830	20.266	25.333	40
20	21.590	0.953	5.818	28.361	5.743	40.515	50.644	60
25	42.167	1.192	7.272	50.631	8.202	72.330	90.413	120

Tabla 2.10 Potencia requerida para una distancia S=150m y n=70%

v [m/min]	$F_d v$ [W]	$F_f v$ [W]	$\tau_d \omega$ [W]	P_m [W]	T_m [Nm]	P_E [W]	$P_N = 1.25P_N$	ZD
10	2.699	1.073	2.909	6.680	2.705	9.543	11.929	15
15	9.108	1.609	4.363	15.080	4.072	21.543	26.929	40
20	21.590	2.145	5.818	29.553	5.984	42.218	52.773	60
25	42.167	2.682	7.272	52.121	8.444	74.459	93.073	120

Finalmente, se selecciona el valor de la velocidad de trabajo de 20 m/min para utilizar un único motor de 60W para cualquier distancia de trabajo hasta los 150 metros según la potencia de motor disponible de un fabricante ZD para un motor DC con caja reductora con un torque mecánico de T_m mínimo de 6Nm y una velocidad nominal alrededor de los 48 RPM (en función del diámetro de la polea). El motor de tracción se debe acoplar a la polea mediante una transmisión directa, por banda o cadena que cumpla con las características antes mencionadas, en caso de no disponer de un motor cuyas características mecánicas sean las mismas.

2.2 Sensores

2.2.1 Sensor de nivel

El nivel de balanceado en las tolvas alimentadoras y el silo matriz se debe monitorear mediante sensores que pueden ser de tipo analógicos o discretos. Los primeros se caracterizan por enviar una señal proporcional al nivel del tanque, pero representan un alto coste de adquisición y mantenimiento para una aplicación de llenado donde controlar el nivel exacto del tanque no es la prioridad. Por ello se ha optado por los sensores discretos, los cuales se clasifican dependiendo del mecanismo de detección:

Tabla 2.11 Clasificación de los sensores de nivel discretos

Tipo de sensor	Sustancia		Invasivo	Partes móviles	Costo
	Sólido	Líquido			
Óptico	X	X			Alto
Conductivo		X	X		Medio
Vibración		X	X	X	Alto
Flotación		X	X	X	Bajo
Capacitivo	X	X	X		Medio

El sensor capacitivo es un sensor de tipo electrónico que permite detectar sólidos y líquidos en un pequeño rango de acción [14]. Por su amplio uso en la industria, su accesibilidad en el mercado, la ausencia de partes móviles y su nulo impacto en la sustancia de interés (balanceado para camarones) es una opción óptima para este proyecto.



Figura 2.6 Sensor capacitivo [14]

Tabla 2.12 Especificaciones técnicas del sensor capacitivo

Voltaje de operación	6-36 [V]
Corriente	300 [mA]
Rango de detección	1-10 [mm]
Salida	PNP
Protección	IP65

2.2.2 Sensor de posición

La tolva alimentadora se debe ubicar en 2 lugares para ser llenada y distribuir el alimento, por ello se requiere de sensores de posición para monitorear la llegada o salida de un punto en concreto. Los sensores discretos son una opción rentable, ya que la exactitud de la posición de la tolva no es necesaria. Por ello se ha optado por los sensores discretos, los cuales se clasifican dependiendo del mecanismo de detección:

Tabla 2.13 Clasificación de los sensores de posición discretos

Tipo de sensor	Material	Rango de detección	Contacto físico	Partes móviles	Costo
Fotoeléctrico	Sólidos	Medio			Medio
Capacitivo	Sólidos, líquidos	Corto			Medio
Inductivo	Metales	Corto			Medio
Ultrasónico	Sólidos, líquidos	Largo			Alto
Fin de carrera	Sólidos	Corto	X	X	Bajo

Los sensores fotoeléctricos de tipo difuso son una opción que permite la detección del anclaje para amortiguar el impacto en la tolva y no requiere contacto con los obstáculos, el frenado de la tolva no perjudicaría la integridad del sensor.



Figura 2.7 Sensor fotoeléctrico difuso [14]

Tabla 2.14 Especificaciones técnicas del sensor fotoeléctrico difuso

Voltaje de operación	10-30 [V]
Corriente	200 [mA]
Rango de detección	0-50 [cm]
Salida	PNP
Protección	IP66

2.3 Actuadores

2.3.1 Sistema de dosificación

El sistema de alimentación eleva el balanceado desde la parte inferior del cono del silo mediante una bota que redirige el alimento hacia la tubería de dosificación y mediante un tornillo flexible permite transportar el material hacia la parte superior. El mecanismo de transporte es impulsado mediante un motorreductor con una capacidad de 3100 kg/h. Por lo que, se puede llenar una tolva de 300kg en 5.8 minutos. Sin embargo, el tiempo de llenado puede ser menor cuando el límite para el nivel de bajo no es cero.



Figura 2.8 Silo con dosificador de tornillo [20]

Tabla 2.15 Especificaciones técnicas del motor dosificador

Potencia mecánica	1.5 [HP]
Potencia eléctrica	1120 [W]
Voltaje de entrada	127/220 [VAC]
Fases	1
Frecuencia	50/60 [Hz]
Flujo de alimento	3100 [kg/h]

2.3.2 Válvula con actuador eléctrico

El sistema de dosificación permite elevar el balanceado a un nivel superior a la tapa de la tolva alimentadora para dejarlo caer mediante gravedad. Sin embargo, para que no exista pérdida de alimento después del llenado de la tolva se deben utilizar válvulas para sólidos con el fin de contener el balanceado y evitar su exposición al ambiente.



Figura 2.9 Válvula con actuador eléctrico

Tabla 2.16 Especificaciones técnicas de la válvula

Voltaje de operación	24 [V]
Potencia	15 [W]
Control	ON/OFF
Tipo de válvula	Mariposa
Torque	20 [Nm]
Material	ABS/PVC
Diámetro	75 [mm]
Protección	IP67

2.3.3 Motor de tracción

El motor requerido en el sistema de tracción es uno con las características mecánicas y eléctricas halladas en la sección 2.2. El control de movimiento del motor debe permitir el accionamiento, ajuste de velocidad manual y cambio de giro mediante un driver con las señales de control digital provenientes del microcontrolador.



Figura 2.10 Motorreductor del sistema de tracción

Tabla 2.17 Especificaciones técnicas del motor con caja reductora

Voltaje de entrada	24 [V]
Potencia	60 [W]
Corriente nominal	3.5 [A]
Torque nominal	0.33 [Nm]
Velocidad nominal	3000 [RPM]
Torque (con caja reductora)	19.7 [Nm]
Velocidad (con caja reductora)	50 [RPM]



Figura 2.11 Motor Driver para el motor de tracción

Tabla 2.18 Especificaciones técnicas del motor driver

Voltaje de operación	6-30 [V]
Corriente arranque MAX	30 [A]
Corriente nominal MAX	10 [A]
Voltaje de control	1.8-12 [V]

2.4 Microcontroladores

2.4.1 ESP32 - Módulo SX1276 LoRa 915 MHz

Es una tarjeta de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32 D0WDQ6, que incluye un módulo LoRa SX1276, una pantalla OLED de 0.96" y convertidor de USB a Serial, por lo que será empleado en los silos, tolvas y gateways para efectos de captar información de sensores, procesarla, controlar a actuadores y establecer comunicación con los nodos de la red.



Figura 2.12 Tarjeta de desarrollo Heltec ESP32-LoRa V2

Tabla 2.19 Especificaciones técnicas de la tarjeta de desarrollo Heltec ESP32-LoRa V2

Voltaje de operación	5 V
Corriente (Activo)	160-250 mA
Corriente (Deep Sleep)	0.8 mA
Módulo ESP32	ESP32-D0WDQ6
Frecuencia ESP32	240 MHz
Módulo LoRa	SX1276
Frecuencia LoRa	868 – 915 MHz
Alcance de señal	3.6 Km
Potencia de transmisión	+20 dBm
Otros	Wifi, Bluetooth, pantalla OLED

2.4.2 Raspberry Pi3

Es un ordenador de placa reducida y permite la instalación de periféricos para gestionar el software de manera local. El dispositivo trabaja con el sistema operativo propio basado en Debian y cuenta con las siguientes características:



Figura 2.13 Raspberry Pi3

Tabla 2.20 Especificaciones técnicas de Raspberry Pi3

Voltaje de operación	5 V, 3.3 V
Corriente de operación	2.5 A
Procesador	Quad Core 1.2 GHz broacom BCM2837 64bit CPU
Memoria RAM	1 GB
Corriente máxima de GPIO	16 mA
Almacenamiento	Tarjeta SD 64GB
Puertos	4 USB 2.0 Micro USB HDMI 100 Base Ethernet
Wifi	Dual-band 802.11ac Wireless LAN Bluetooth 4.2
Otros	40 GPIO, UART, SPI, 4 canales PWM

2.5 Red LoRa

2.5.1 Frecuencia

La capa física del protocolo LoRa utiliza el espectro de las señales de radio y debe asignar el canal específico para la región donde se realiza la instalación. En Ecuador, se utiliza la frecuencia de 915MHz [21].

2.5.2 Ancho de banda (BW)

El ancho de banda se refiere a la cantidad de datos y tiempo requerido para enviar dichos datos de manera exitosa. Mientras menor sea el ancho de banda, menor es la cantidad de paquetes enviados y mayor es el alcance. El módulo LoRa se encuentra configurado por defecto con un BW de 125KHz.

2.5.3 Poder de transmisión

La potencia de transmisión de una señal de radio frecuencia debe ser máximo 20dB para no interferir con otras redes inalámbricas. Por defecto, la ganancia del módulo es de 17dB para encontrarse por debajo del límite con la ganancia de una antena de 3dB.

2.5.4 Factor de dispersión (SF)

El factor de dispersión es una característica permite modificar la cantidad de paquetes y la energía requerida para enviar dichos paquetes. El factor de dispersión puede configurarse como: SF7, SF8, SF9, SF10, SF11 y SF12; tal y como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 2.21 Factor de dispersión de LoRa a 125KHz [22]

Spreading Factor (For UL at 125 KHz)	Bit Rate	Range (Depends on Terrain)	Time on Air for an 11-byte payload
SF10	980 bps	8 km	371 ms
SF9	1760 bps	6 km	185 ms
SF8	3125 bps	4 km	103 ms
SF7	5470 bps	2 km	61 ms

Mientras mayor sea el factor de dispersión, la señal puede alcanzar mayores distancias sin dar cabida a errores con menor cantidad de información enviada. Por lo que, es posible modificar el SF en función la distancia requerida para transmisión TOLVA – SILO – GATEWAY. Además, los paquetes con diferentes SF son ortogonales y pueden transmitirse por un mismo canal sin interferir sus señales [22]. Por lo que al momento de la recepción de paquetes con diferentes SF ambos pueden demodularse. Sin embargo, cuando sucede una colisión de paquetes con el mismo SF, el receptor demodula el que tenga mayor ganancia (más cercano).

2.6 Topología de la red

La red contempla 4 dispositivos elementales: Silo Maestro, Tolva Alimentadora, Gateway y Servidor. Cada piscina de la camaronera requiere los dos primeros para realizar correctamente el llenado automático, en caso de haber más de 4 tolvas se requiere de un segundo silo para administrar de forma eficiente el llenado y a cada uno se le asigna tolvas de forma equitativa. El dispositivo Gateway recibe los mensajes de los silos y envía solicitudes al Servidor para almacenar información y generar alertas.

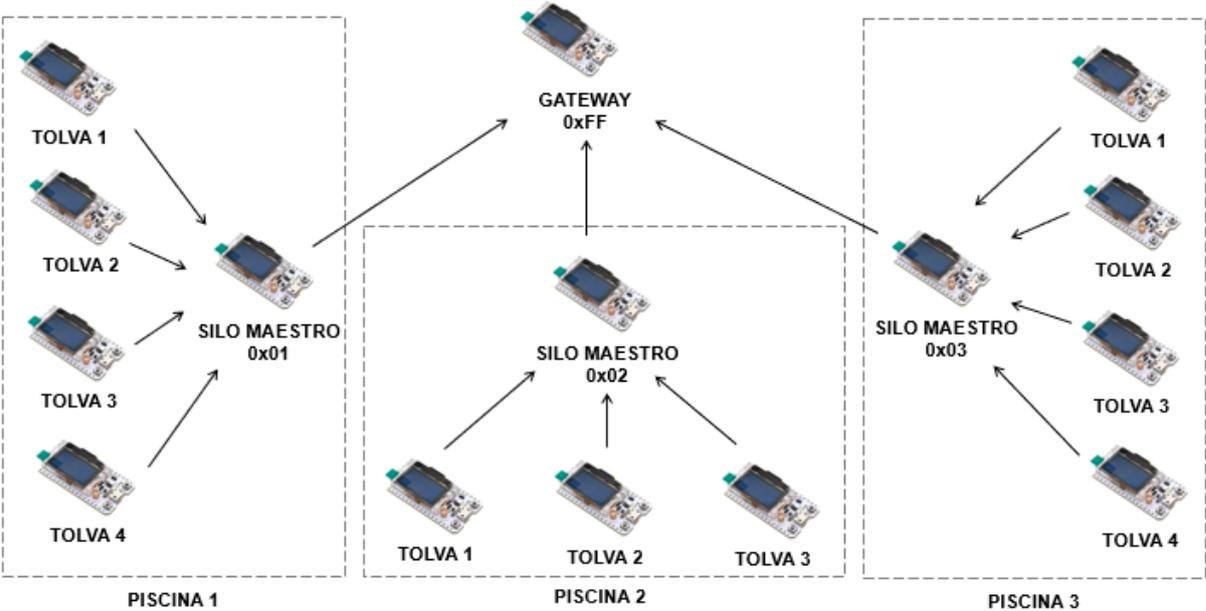


Figura 2.14 Topología de la red LoRa

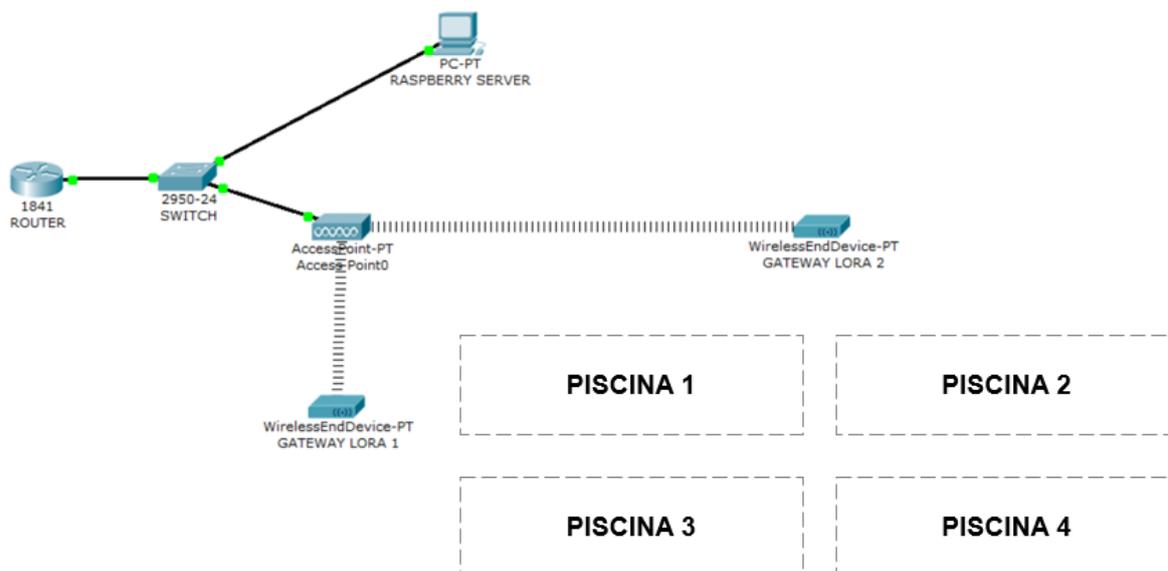


Figura 2.15 Topología de la red de la camaronera

2.7 Dispositivos de la red

2.7.1 Gateway

El GATEWAY es el dispositivo encargado de administrar la comunicación en la red LoRa y se debe localizar en las inmediaciones de las piscinas, donde se encuentre a línea de vista con respecto a los dispositivos SILOS. Por lo tanto, los lugares estratégicos para posicionar este dispositivo son las antenas de comunicación inalámbrica del SF200, donde se puede encontrar conexión a la red privada y conexión a un suministro de energía, mediante el sistema fotovoltaico que energiza las antenas de la red inalámbrica en la camaronera. El Gateway realizar el siguiente proceso:

- Principalmente se encuentra a la espera de una señal entrante.
- Valida si la dirección de remitente coincide con los registros de la red.
- Valida si los identificadores coinciden con los dispositivos de la red.
- En caso de tratarse de un SILO, se envía la solicitud dependiendo del mensaje recibido al SERVIDOR mediante MQTT con un tópico de identificación de la camaronera e identificación del Gateway.

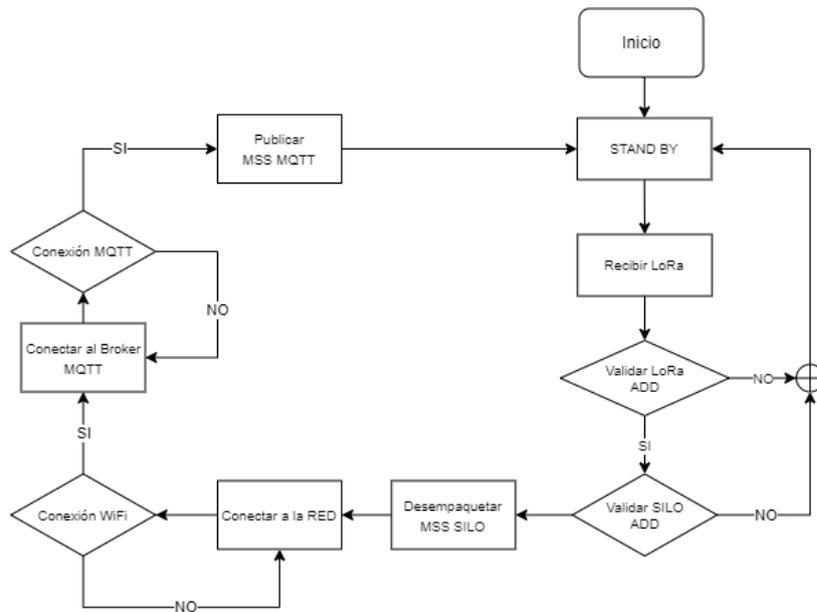


Figura 2.16 Diagrama de flujo del dispositivo Gateway (cliente)

2.7.2 Tolva Alimentadora

La TOLVA es el dispositivo terminal encargado de monitorear los sensores de nivel del tanque y su posición en la piscina, realizando el siguiente proceso:

- Mientras la tolva se encuentra en operación, el controlador se mantiene en reposo con los sensores deshabilitados hasta que llega el tiempo de muestreo activando los sensores y monitorear el nivel actual de la tolva. En caso de presentar un nivel superior al nivel bajo, el controlador vuelve al reposo.
- Cuando se detecta que el nivel es inferior al nivel bajo, el tanque se encuentra en espera hasta que el motor de tracción se active y entra en proceso de llenado, abandonando la posición 1.
- Mientras se encuentra en proceso de llenado, el Feeder es desactivado para evitar desperdiciar alimento en lugares no efectivos para el engorde del camarón.
- La TOLVA envía un mensaje de manera constante al SILO con el estado de los sensores, sobre todo en puntos críticos al detectarse la posición 2 (estación de llenado) y el nivel de tanque alto.

- Cuando la tolva regresa a la posición 1, se vuelve a habilitar el Feeder y deshabilitar los sensores, reiniciando el proceso.

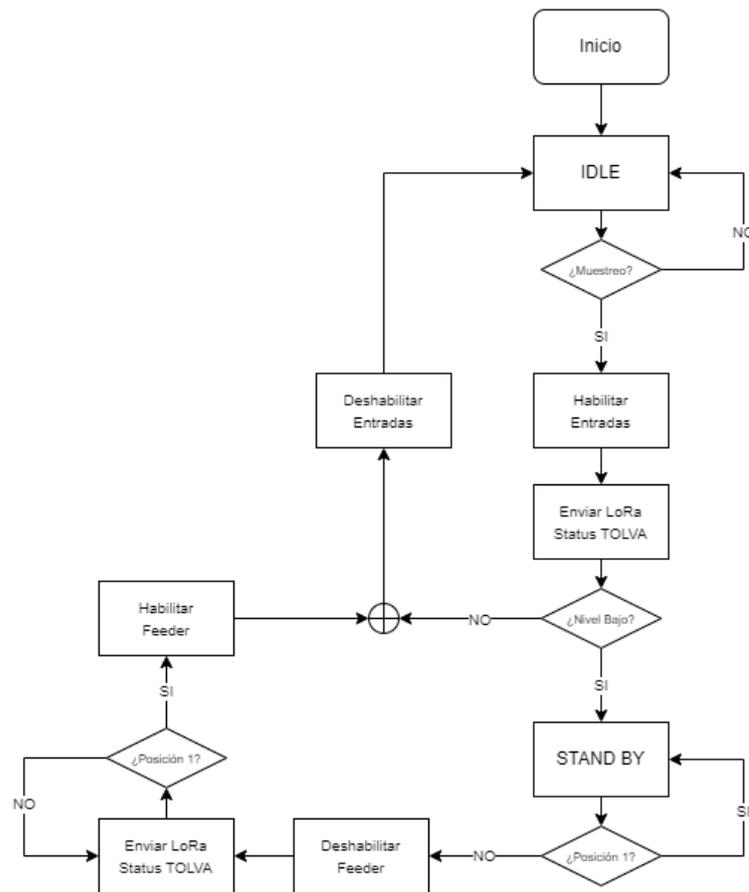


Figura 2.17 Diagrama de flujo del dispositivo TOLVA

El circuito esquemático del controlador y diagrama eléctrico de conexiones se detallan en el APÉNDICE I y APÉNDICE J respectivamente.

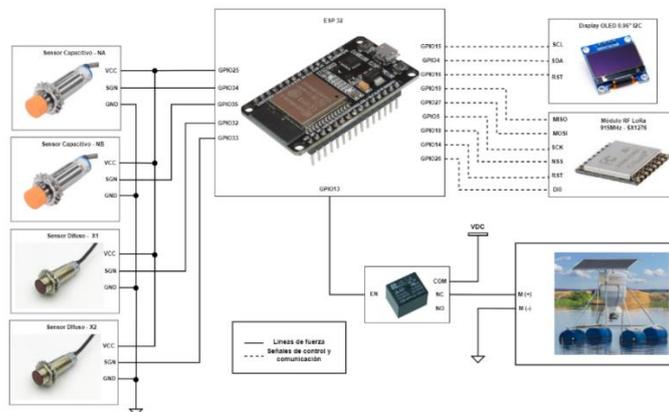


Figura 2.18 Diagrama de conexiones simplificado de la TOLVA

2.7.3 Silo Maestro

El SILO es el dispositivo terminal encargado del llenado de las tolvas con las señales de retroalimentación de los sensores y supervisa el nivel de balanceado en el silo para notificar a los operadores, realizando el siguiente proceso:

- Al momento de iniciar el proceso, el controlador supervisa el nivel del silo.
- En caso de encontrarse vacío, se envía un mensaje de alerta al GATEWAY para notificarlo a los operadores. Después entra en reposo y monitorea el nivel cada cierto tiempo para saber que se está llenando.
- Cuando el silo se está por vaciar, se envía un mensaje de notificación y continúa operando normalmente.
- El sistema entra en espera hasta recibir un mensaje de una tolva cuyo nivel sea bajo empezando el proceso de llenado, trasladando la tolva mediante el motor de tracción hasta la estación de llenado en posición 2.
- Cuando la tolva llega, el motor es detenido y se abre la válvula respectiva. Una vez abierta, el dosificador se enciende para empezar a llenarla.
- Mientras se encuentre llenando una tolva, se monitorea que el silo no se vacíe o se sobrecargue el motor dosificador activando el relé térmico. Cuando se detecta una de las dos condiciones, el llenado se aborta y la tolva es devuelta a la posición 1.

- Caso contrario la tolva es llenada hasta en nivel alto y se envía un mensaje de confirmación al Gateway cuando el llenado se culmina, deteniendo el dosificador y cerrando la válvula.
- Cuando la válvula es cerrada, se activa el motor para retornar a la posición 2.
- En el momento que la tolva llega a su posición de distribución el proceso de llenado finaliza y se vuelve al estado inicial para atender otra tolva vacía.

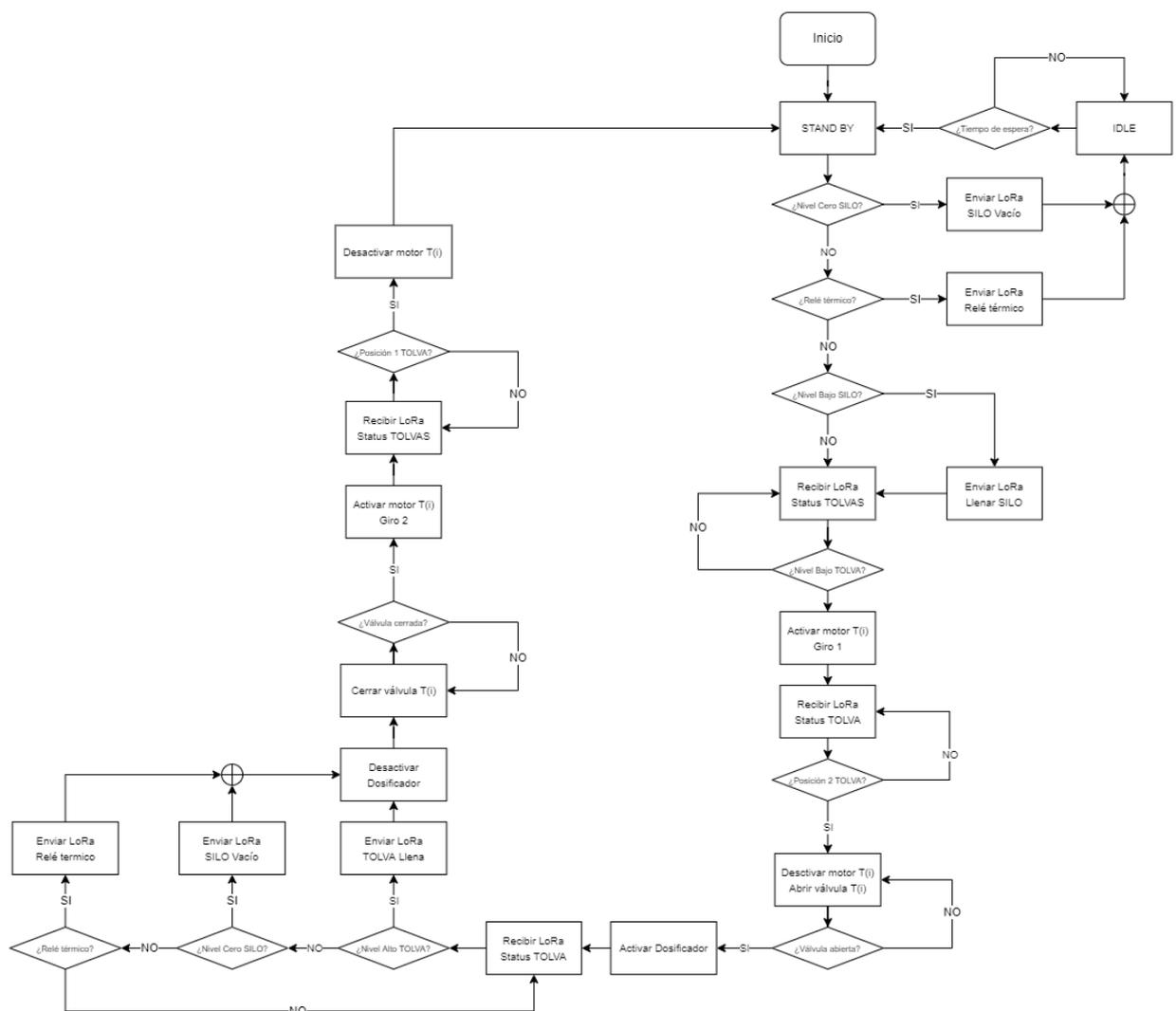


Figura 2.19 Diagrama de flujo del dispositivo SILO

El circuito esquemático del controlador y diagrama eléctrico de conexiones se detallan en el APÉNDICE I y APÉNDICE J respectivamente.

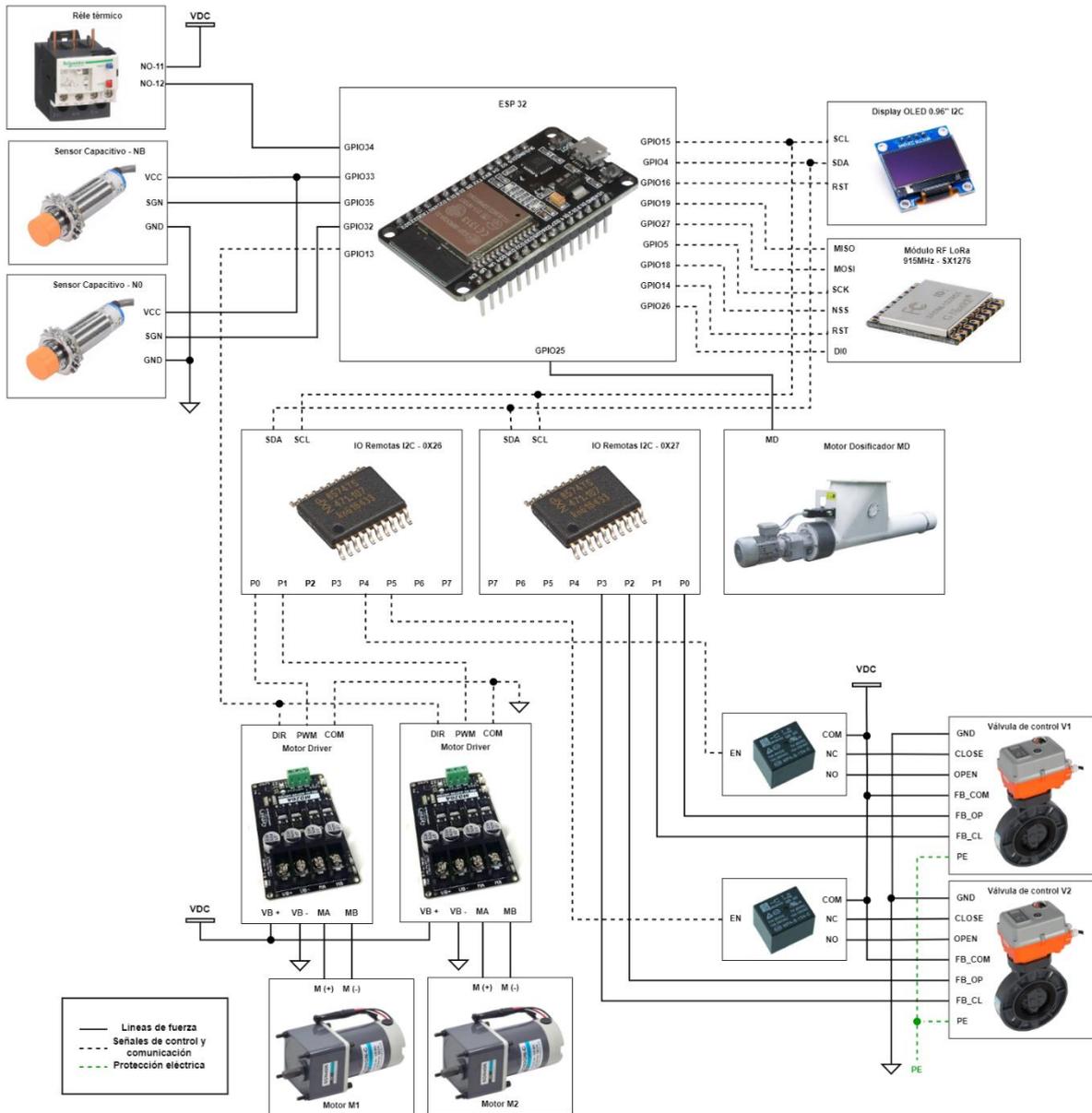


Figura 2.20 Diagrama de conexiones simplificado del SILO

2.7.4 Servidor

El servidor es administrado en Node-RED y se encarga de la recepción de las solicitudes de los SILOS que son publicados en un tópico MQTT y dependiendo del mensaje enviado se realiza la acción respectiva:

- Cuando el mensaje es una alerta por el nivel bajo del silo o vacío del silo, se envía una solicitud para notificar al personal para llenar el tanque.
- Cuando se llena una TOLVA, se actualiza el registro de llenado de tolvas en la base de datos con las veces que el sistema llena las tolvas para contabilizar la cantidad de alimento consumido mediante MySQL.
- Cuando el relé térmico del motor reductor se dispara durante el proceso de llenado, se envía una solicitud para contactar con el personal de mantenimiento para su respectivo diagnóstico.

El código del nodo desarrollado en Node-RED y capturas de la interfaz de control para el usuario se especifican en el APÉNDICE E.

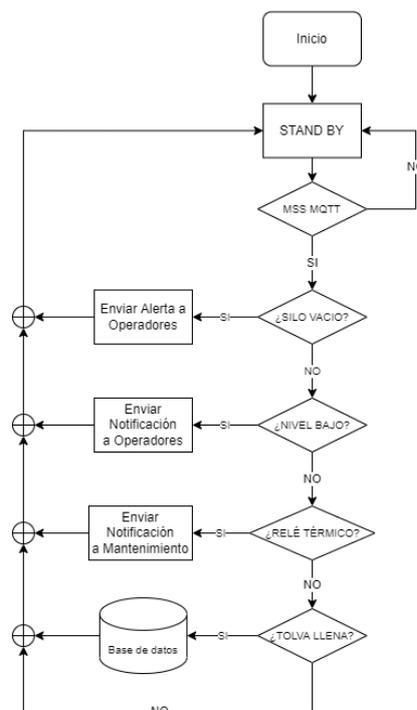


Figura 2.21 Diagrama de flujo del Servidor

2.8 Análisis de frecuencia de muestreo

Con la finalidad de lograr que el sistema propuesto tenga una mayor eficiencia energética se plantea el siguiente análisis, donde se buscará establecer la mejor frecuencia de muestreo para los sensores del sistema. Este análisis consiste en la comparación de la información levantada de las gráficas de alimentación de diez estanques de tres diferentes granjas camaroneras. Los datos empleados fueron proporcionados por el cliente. Para efectos de análisis se hará referencia a estas granjas como Granja A, Granja B y Granja C, mientras que se etiquetará alfabéticamente a los estanques por cada granja.

La información compartida muestra la actividad de ejemplares que se encuentran sobre los 10 gramos, ya que de acuerdo con el cliente existe gran actividad a partir de dicho gramaje. Adicionalmente, los horarios utilizados para este estudio muestran mayor actividad, lo cual se ajusta con la búsqueda de la mejor frecuencia de muestreo. En este sentido se muestran a continuación el número de dispersiones efectuadas en un período de una hora:

Tabla 2.22 Dispersiones realizadas durante 1 hora

Granja	Estanque	Dispersiones
Granja A	A	10
Granja A	B	5
Granja B	A	9
Granja B	B	9
Granja C	A	7
Granja C	B	6
Granja C	C	7
Granja C	D	9
Granja C	E	8
Granja C	F	11

Se puede observar a partir de esta información que 9 dispersiones por hora es un dato que se repite una mayor cantidad de veces en esta muestra. Por otro lado, la frecuencia

de dispersión por hora promedio es de 8 si consideramos que el número de dispersiones se dan por números enteros. Es de utilidad mencionar que la frecuencia más alta es de 11 dispersiones por hora, mientras que la más baja es de solo 5 dispersiones por hora.

Tabla 2.23 Dispersiones realizadas durante 2 horas

Granja	Estanque	Dispersiones en 2 horas	Dispersiones por hora
Granja A	A	16	8
Granja A	B	10	5
Granja B	A	17	8
Granja B	B	17	8
Granja C	A	13	6
Granja C	B	12	6
Granja C	C	13	6
Granja C	D	15	7
Granja C	E	15	7
Granja C	F	20	10

Se realiza el mismo análisis para un intervalo de dos horas, con el fin de conocer que sucede en un periodo más grande. En este caso se tiene que 7 dispersiones por hora es un dato que se repite una mayor cantidad de veces en esta muestra, por otro lado, la frecuencia de dispersión por hora promedio es de 7 si consideramos que el número de dispersiones se dan por números enteros. Es de utilidad mencionar que la frecuencia más alta es de 10 dispersiones por hora, mientras que la más baja es de solo 5 dispersiones por hora.

Debido a que se desea lograr la detección de los cambios de nivel en las tolvas inclusive en los escenarios más dinámicos, se considerará como frecuencia de muestreo la correspondiente a 7 dispersiones por hora, es decir que tendremos un periodo de muestreo de 500 segundos aproximadamente.

2.9 Sistema fotovoltaico del Silo Maestro

2.9.1 Estudio de cargas del sistema fotovoltaico

El estudio de cargas de un sistema fotovoltaico es el trabajo de campo que consiste en el levantamiento de información correspondiente a las cargas eléctricas a las que se desea suministrar energía eléctrica. Para dicho estudio se requiere de datos como: la ubicación en la que operará dicho SFA, el tipo de dispositivo, la cantidad de equipos por tipo, la potencia de estos y el nivel de voltaje al que operan los dispositivos.

Tabla 2.24 Ejemplo de cuadro de estudio de cargas

Tipo de dispositivo	Cantidad	Potencia [W]	Voltaje [Vac]	Horas de uso [h]	Consumo diario [Wh/día]	Demanda máxima [W]
Equipo 1	Cantidad 1	Potencia 1	Voltaje 1	Horas 1	Consumo 1	Demanda 1
Equipo 2	Cantidad 2	Potencia 2	Voltaje 2	Horas 2	Consumo 2	Demanda 2
...
Equipo n	Cantidad n	Potencia n	Voltaje n	Horas n	Consumo n	Demanda n
				Total		

A partir de estos datos se obtendrá el consumo diario, el cuál por cada tipo de dispositivos será:

$$\text{Consumo diario} = \text{Cantidad} \cdot \text{Potencia} \cdot \text{Horas} \quad (2.13)$$

En el caso del consumo diario total, con el fin de asegurar la autonomía del sistema, se considera lo siguiente:

$$\text{Consumo diario}_{total} = 1.2 \cdot (\text{Consumo 1} + \text{Consumo 2} + \dots + \text{Consumo n}) \quad (2.14)$$

Además, también se podrá obtener a partir de la información levantada la demanda máxima, la cuál será por cada dispositivo:

$$\text{Demanda máxima} = \text{Cantidad} \cdot \text{Potencia} \quad (2.15)$$

Esto a excepción del caso de motores y bombas, en los cuales se considerará que la demanda máxima es:

$$\text{Demanda máxima} = 3 \cdot (\text{Cantidad} \cdot \text{Potencia}) \quad (2.16)$$

Esto último con el fin de considerar los efectos que puede tener la corriente de arranque en el sistema fotovoltaico. La demanda máxima total será simplemente:

$$Demanda\ máxima_{total} = 1.2 \cdot (Demanda\ 1 + \dots + Demanda\ n) \quad (2.17)$$

En el caso particular de los equipos instalados en conjunto con el Silo, la tabla que se obtendrá para el estudio de cargas es:

Tabla 2.25 Demanda del controlador del Silo Maestro

Tipo de dispositivo	Voltaje de operación [V]	Corriente de operación [mA]	Potencia [mW]	Horas de uso [h]	Consumo diario [Wh/día]
ESP 32 (activo)	3.3	160	528	24	12.672
Módulo LoRa (recepción)	3.3	10	33	24	0.792
PCF8475	3.3	0.1	0.33	24	0.008
OLED	3.3	25	82.5	24	1.98
Relé (válvula)	24	20	480	0.015	0.0072
Relé (dosificador)	24	20	480	0.3	0.144
Otros	3.3/24	25/5	202.5	24	4.86
				TOTAL	20.463

Tabla 2.26 Estudio de cargas en el Silo Maestro

Tipo de dispositivo	Tipo de carga	Cantidad	Potencia [W]	Voltaje [V]	Horas de uso [h]	Consumo diario [Wh/día]	Demanda máxima [W]
Controlador	DC	1	0.85	24	24	20.463	0.85
Sensores de Nivel	DC	2	7.32	24	1	14.64	14.64
Motor de tracción	DC	4	84	24	0.25	84	84
Motor drive	DC	4	3	24	0.25	3	3
Válvulas	DC	4	15	24	0.0083	0.5	15
Motor (Tornillo sin fin)	AC	1	1120	220	0.5	560	3360
Contactador	DC	1	2.4	24	0.5	1.2	2.4
					TOTAL	683.8	3479.89

Se puede observar que el consumo diario total es de 683.8 [Wh/día], lo cual se tendrá en cuenta a la hora de dimensionar otros equipos del sistema como el controlador de carga solar, mientras que la única carga AC del sistema con un consumo diario de 1120 [Wh/día] se tendrá en cuenta de manera independiente para dimensionar equipos como el inversor de voltaje. En el caso de la demanda total se tiene que su valor es de 3479.89 [W].

2.9.2 Voltaje del sistema fotovoltaico

Con el fin de dimensionar y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico es necesario establecer el nivel de voltaje al que operará el banco de baterías. Dicho voltaje es escogido mediante criterios que se relacionan directamente con la potencia, la cual guarda relación a su vez con el voltaje y la corriente eléctrica. El consumo diario total será empleado para discriminar el nivel de voltaje del banco de baterías de la siguiente forma:

$$\text{Voltaje de baterías} = \begin{cases} 12[V]; & \text{Si el consumo diario total es inferior a } 2000[W/h] \\ 24 [V]; & \text{Si el consumo diario total está entre } 2001 \text{ a } 4000[W/h] \\ 48 [V]; & \text{Si el consumo diario total es superior a } 4000[W/h] \end{cases}$$

Figura 2.22 Voltaje del sistema fotovoltaico

Teniendo en cuenta la demanda total de los equipos eléctricos que acompañan al silo, se establece que el voltaje del sistema debería de ser de 24 voltios. Por lo que, las cargas en el sistema deben trabajar a ese voltaje de operación.

2.9.3 Cálculo del número de módulos fotovoltaicos

Es posible escoger el arreglo de paneles solares con el que se desea trabajar de forma anticipada, de acuerdo con las especificaciones técnicas de los paneles disponibles (potencia, voltaje de circuito abierto, corriente de corto circuito) y a otros parámetros, así como también los tipos de conexiones que los mismos tendrán. Para determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos requeridos inicialmente es necesario hallar la potencia fotovoltaica, la cual es:

$$\text{Potencia fotovoltaica} = \frac{\text{Consumo diario}_{total}}{\text{Hora solar mínima}} \quad (2.18)$$

La hora solar mínima es un dato que puede conocerse a través de la ubicación geográfica del SFA, haciendo uso de herramientas como Data Access Viewer que ponen a disposición de todo el mundo bases de datos que proveen información meteorológica para apoyar proyectos relacionados con energías renovables y procesos agrícolas. En este caso se halló que la hora solar mínima es de 3,5 [h] y por ende la potencia fotovoltaica requerida resulta ser de 195.37 [W]. Por medio de la potencia fotovoltaica se puede determinar de manera tentativa la cantidad de paneles solares como sigue:

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potencia fotovoltaica}}{\text{Potencia del módulo}} \quad (2.19)$$

En caso de no obtenerse un resultado múltiplo de la unidad, se escogerá de forma tentativa el entero superior inmediato al resultado obtenido. En este caso el panel que

tiene stock el cliente es el EGE-330M-60 de Eco Green Energy que cuenta con las siguientes especificaciones:

Tabla 2.27 Especificaciones técnicas del panel solar

Potencia máxima (Pmax)	330 [W]
Tolerancia de potencia	0-+5 [W]
Eficiencia del módulo	19.78 %
Máxima capacidad de voltaje (Vmp)	33.54 [V]
Máxima capacidad de corriente (Imp)	9.84 [A]
Voltaje de circuito abierto (Voc)	40.80 [V]
Corriente de cortocircuito (Isc)	10.24 [A]

Finalmente, de acuerdo con la ecuación anterior se tiene se va a requerir de 1 módulo fotovoltaico.

2.9.4 Selección del controlador de carga solar

En cuanto a la selección del controlador o regulador de carga solar es necesario tener en cuenta que debe de existir congruencia entre las especificaciones de este equipo, las especificaciones de los módulos fotovoltaicos, el número de módulos fotovoltaicos que tentativamente se han calculado y el nivel de voltaje del banco de baterías. Las especificaciones del controlador nos indicarán la corriente que soporta en su entrada, el voltaje máximo de entrada, los niveles de voltaje de salida a los que trabaja y la potencia que recomienda el fabricante que se conecte de acuerdo con el nivel de voltaje de salida escogido.

La corriente máxima de entrada del controlador junto con la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico nos permite saber cuántos módulos pueden ser conectados en paralelo. Cada vez que se añade un módulo en paralelo se considera que las corrientes de corto circuito se suman y esta suma debe ser inferior a la corriente máxima de entrada del controlador.

En el caso del voltaje máximo de entrada del controlador junto con el voltaje de circuito abierto del módulo fotovoltaico, estos nos permiten saber cuántos módulos pueden ser conectados en serie. Cada vez que se añade un módulo en serie se considera que los

voltajes de circuito abierto se suman y esta suma debe ser inferior al voltaje máximo de entrada del controlador.

Por medio de estos dos criterios será determinada la cantidad final de módulos fotovoltaicos y sus conexiones. La cantidad de módulos es recomendable que sea igual o superior a la calculada de forma previa. Adicionalmente el controlador debe de contar con una configuración de funcionamiento que le permita operar con un voltaje de salida igual al escogido de forma previa para el banco de baterías.

Debido a que el cliente cuenta con diferentes controladores de carga en su inventario, de los cuales se halló que el CV2420A de RoHS es el equipo adecuado para esta aplicación y cuenta con las especificaciones mencionadas a continuación:



Figura 2.23 Regulador de carga CV2024

Tabla 2.28 Especificaciones técnicas del regulador de carga

Voltajes típicos de salida	12 / 24 [VDC]
Corriente de entrada	20 [A]
Voltaje mínimo de operación	10.7 / 21.4 [V]
Voc de la matriz solar máximo	17.4 / 34.8 [V]
Tipo de control de carga	PWM

2.9.5 Cálculo del inversor de voltaje

En los sistemas autónomos la potencia del inversor de voltaje tiene una relación directa con las cargas a las que este va a suministrar energía, por tanto, se empleará la demanda máxima total de las cargas AC, la cual se obtuvo a partir del estudio de cargas para dimensionar este dispositivo, el equipo a escoger debe ser capaz de superar dicha demanda. Adicional se debe tener en cuenta que el equipo sea capaz de operar con un banco de baterías con el nivel de voltaje continuo igual al previamente establecido, así como también debe de proveer un nivel de voltaje alterno que concuerde con el de las cargas. Debe tenerse en cuenta la eficiencia de este equipo para el cálculo de baterías. Puede darse el caso en que el dispositivo escogido integre al controlador de carga solar y al inversor, en ese caso debe analizarse de forma independiente las características de ambas funcionalidades.

A diferencia del controlador de carga solar, el cliente no cuenta con un equipo que se ajuste a las necesidades de los equipos AC. Por lo que, se halló un proveedor que cuenta con el dispositivo requerido. El equipo escogido es el inversor de 1500 [W] 24 [VDC] de la marca Green Cell que cuenta con una salida senoidal pura y con las especificaciones siguientes:



Figura 2.24 Inversor Green Cell

Tabla 2.29 Especificaciones técnicas del inversor

Voltaje DC nominal de entrada	24 [V]
Potencia continua	1500 [W]
Potencia instantánea	3000 [W]
Inverter encendido – sin carga	0.63 [A]
Eficiencia	85 %
Voltaje AC nominal de salida	230 [V]
Frecuencia de salida	50 [Hz]

2.9.6 Cálculo del banco de baterías

El cálculo de la totalidad del banco de baterías se debe dividir en dos partes, debido a que este debe satisfacer el consumo diario total determinado por las baterías en paralelo, teniendo en cuenta el voltaje del sistema fotovoltaico el cual se logra con las baterías en serie. Otro aspecto por tomar en cuenta será la eficiencia con la que cuenta el inversor de voltaje. El parámetro que relaciona lo antes mencionado es la corriente por hora que se consume al día, lo cual se describe por la siguiente ecuación:

$$Ah/día = \frac{\frac{\text{Consumo diario}_{total}}{\text{Eficiencia}_{inversor}}}{\text{Voltaje del sistema}} \quad (2.20)$$

Para calcular las baterías en paralelo debemos decidir los días de autonomía que deseamos para nuestro sistema, la profundidad de descarga que se desea que alcance la batería (se recomienda que sea máximo 50%) y la capacidad de la batería a utilizar, a mayor capacidad menos baterías emplearemos en paralelo. Una vez que contamos con estos datos, la cantidad de baterías en paralelo se calculará de la siguiente forma:

$$\text{Baterías paralelo} = \frac{Ah/día \cdot \text{Días de autonomía}}{\frac{\text{Profundidad de descarga}}{\text{Capacidad de baterías}}} \quad (2.21)$$

A partir de las ecuaciones propuestas se obtiene que la corriente consumida diariamente es 33.52 [Ah/día] y con una profundidad del 50% de descarga se requiere de un banco de baterías de 67.040 [Ah]. Por lo que se emplearán una de las baterías de ciclo profundo

de la marca Dacar modelo 31-DC-100 Millenium S-2000 que cuenta con las siguientes características:



Figura 2.25 Batería Dancar

Tabla 2.30 Especificaciones técnicas de la batería

Voltaje	12 [V]
Capacidad 20H	107 [Ah]
Capacidad 10H	100 [Ah]
Capacidad 1H	67 [Ah]
Corriente máxima de carga	30 [A]
Peso	27 [kg]

Por otra parte, con la finalidad de lograr el voltaje del sistema escogido se realiza el cálculo de las baterías en serie, la operación a realizar será la siguiente:

$$Baterías\ serie = \frac{Voltaje\ del\ sistema}{Voltaje\ de\ batería} \quad (2.22)$$

Entonces se tiene que son necesarias 2 baterías en serie para lograr el voltaje requerido, por lo que cumpliendo tanto con la corriente requerida como con el voltaje del sistema se tiene que el banco de baterías estará formado por 2 baterías.

2.10 Sistema de llenado

2.10.1 Tolva receptora del balanceado.

El balanceado se recibe en el sistema de tuberías del dosificador mediante gravedad al momento de apertura de la válvula correspondiente. Tiene como función guiar el alimento hasta el interior de la tolva alimentadora y mediante un tamiz se evita la contaminación por humedad durante la temporada lluviosa. Las modificaciones que se deben realizar a la tolva se muestran en el APÉNDICE F.



Figura 2.26 Embudo de tolva alimentadora

2.10.2 Sistema de distribuidor con tuberías

El sistema de dosificación requiere de la distribución del alimento para llenar individualmente cada tolva, debido a que el sistema de tracción no permite que las trayectorias de las tolvas puedan superponerse. Por ello, se debe instalar un sistema de tuberías con las válvulas propuestas en la sección 2.3 para la dosificación aprovechando la gravedad y dependiendo del número de tolvas alimentadoras se ubican las salidas en

dirección del embudo de la tolva, una vez llegue a la posición 2. Las tuberías deben soportar el ambiente corrosivo de las piscinas, resistir la abrasión del alimento y ser ligeras. Por ello, PVC rígido es un material que cumple con dichas características y ser económicamente viable. Además, se debe instalar una estructura que funcione como soporte y cobertura, la cual se muestra en el APÉNDICE G.

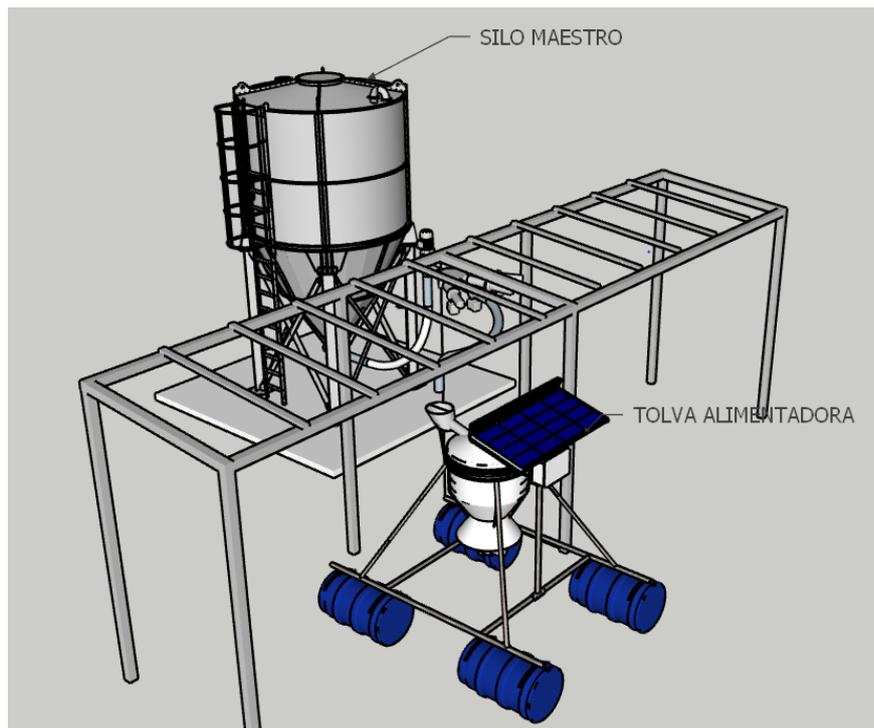


Figura 2.27 Sistema de distribución

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Caso de estudio

Actualmente, las granjas camaroneras que implementan el sistema AQ1 pueden variar en extensión, cantidad de piscinas, tamaño de las piscinas, profundidad de las piscinas y número de unidades alimentadoras, por lo que se analizó una distribución estándar para estimar la distancia mínima que debe tener el silo alimentador para todas las tolvas alimentadoras en piscinas de 5 hectáreas donde las tolvas son colocadas en dos zonas para maximizar la distribución del alimento en grandes grupos de concentración de los camarones. Las tolvas se ubican de tal forma como se observa en el APÉNDICE F.

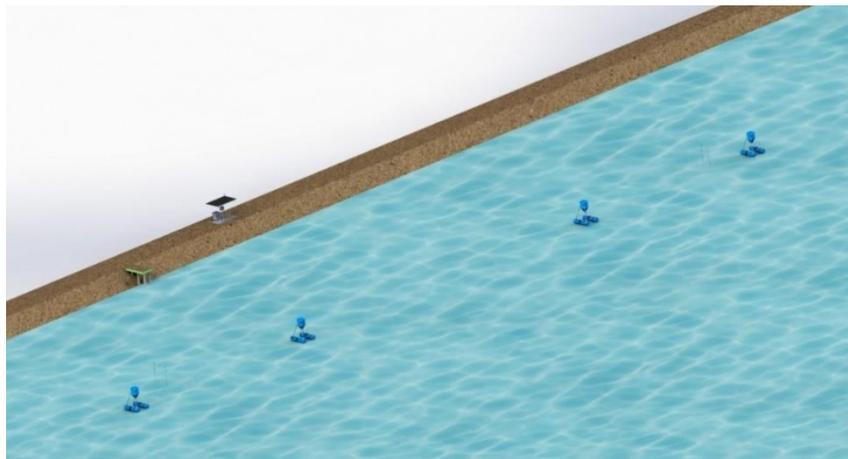


Figura 3.1 Distribución de las tolvas en una piscina

Las estructuras se deben cimentar con una profundidad mínima de 60cm con respecto al fondo de la piscina para la polea secundaria y los topes para los sensores de posición y con respecto al nivel del terreno del borde de la piscina para las vigas de soporte. Por otro lado, el material que debe ser usado en las estructuras debe ser resistente y no alterar químicamente el medio biótico durante largos periodos de tiempo por el contacto directo con el agua de la piscina. Por ello, se ha considerado el hierro galvanizado como una alternativa económicamente viable, al ser el mismo material del cual están compuestos los herrajes y los anclajes de las tolvas.

Por otro lado, las partes que conforman el sistema de tracción se seleccionan en base a la distancia entre la estación de llenado y la zona de distribución.

Tabla 3.1 Tensión en el cable T_c y T_D

S [m]	t_c [kg]	θ [°]	T_c [kg]	T_c [N]	T_D [N]
80.63	8.819	9.09	8.931	87.583	64.769
53.15	5.813	9.09	5.887	57.732	64.769

Finalmente, la fuerza aplicada en la polea de tracción y secundaria es el doble de la tensión aplicada en un solo cable y los anclajes de la tolva distribuyen la fuerza máxima durante el proceso de tracción. Por lo tanto, los pernos de anclaje deben tener un índice mínimo de rotura por corte con un factor de seguridad f_s mínimo de 3.5.

Tabla 3.2 Tensión total

T [N]	T [kg]	T_{polea} [kg]	$T_{polea} \cdot f_s$ [kg]	T_{tolva} [kg]	$T_{tolva} \cdot f_s$ [kg]
152.352	15.535	31.07	108.745	15.535	54.373
122.501	12.492	24.984	87.444	12.492	43.722

Además, teniendo en cuenta la Ecuación 2.4 se puede estimar la cantidad de cable requerido para esta aplicación, de modo que se cotice el precio de cable por cada metro requerido en el sistema de tracción de las tolvas cercanas y lejanas.

Tabla 3.3 Longitud del cable de acero 1/8"

S [m]	L [m]	Cable [m]	Cantidad	Subtotal [m]
80.63	80.97	161.94	2	324
53.15	53.38	106.76	2	214
			TOTAL	538

3.2 Pruebas de alcance

Mediante el uso de prototipos de los nodos que componen a la red LoRa (TOLVA, SILO y GATEWAY) APÉNDICE B, se realizaron pruebas del funcionamiento para el proceso de llenado, conectividad con el servidor y alcance de recepción de los mensajes para diferentes distancias en un ambiente similar al presente en camaroneras. Por ello, se

realizó una visita a la camaronera San José ubicada en la vía Duran-Bolicho km 16, la cual tiene implementado el sistema AQ1 para la alimentación de camarones.



Figura 3.2 Camaronera San José

Para analizar el desempeño de la señal se propuso realizar mediciones enviando 5 paquetes al Gateway con una configuración del factor de dispersión de 10, de los cuales se le obtuvo los valores de RSSI y SNR mediante las funciones de la librería LoRa. Los puntos de medición se pueden observar en APÉNDICE C.

Tabla 3.4 Prueba de alcance de la señal con SF10 (Parte 1)

Distancia [m]	Mensajes enviados	Mensajes recibidos	RSSI [dBm]	SNR [dB]
1	5	5	-64	12.00
5	5	5	-83	11.75
10	5	5	-87	11.75
20	5	5	-93	11.50
50	5	5	-103	10.25
100	5	5	-110	9.00
150	5	5	-111	8.25
250	5	5	-113	6.75

Tabla 3.5 Prueba de alcance de la señal con SF10 (Parte 2)

Distancia [m]	Mensajes enviados	Mensajes recibidos	RSSI [dBm]	SNR [dB]
500	5	5	-116	5.50
750	5	5	-117	4.25
1000	5	5	-118	4.75
1250	5	5	-119	0.75
1500	5	5	-119	-2.00
1750	5	5	-120	-3.75
2000	5	5	-121	-5.00
2250	5	4	-121	-7.50
2500	5	3	-123	-10.25
2750	5	1	-123	-14.75
3000	5	0	-	-

Conforme la distancia aumenta la potencia de la señal recibida (RSSI) es menor, y los obstáculos presentes en las instalaciones como las propias tolvas, vegetación y vehículos motorizados que utilizan los operadores contribuyen a la pérdida de ganancia de la señal. Por otro lado, mientras mayor es la distancia es más probable que señales externas como los radioenlaces del sistema AQ1 se perciban con ruido disminuyendo la relación de ganancia con respecto al ruido (SNR) en los dispositivos receptores (SILOS y GATEWAY).

LoRa opera por debajo del nivel de ruido y para un Factor de dispersión (SF) de 10 se considera aceptable hasta una SNR de -15 [dB]. Sin embargo, la pérdida de paquetes a partir de los 2250 [m] es un factor decisivo para establecer el alcance máximo de la señal enviada. Por lo tanto, se puede asegurar que los SILOS deben encontrarse en el área de cobertura del GATEWAY, hasta 2 km de distancia de separación. Mientras que la ubicación de las TOLVAS con respecto al SILO no supera los 150 m, no se presentan problemas de comunicación por la ausencia de obstáculos en la trayectoria del mensaje enviado [23].

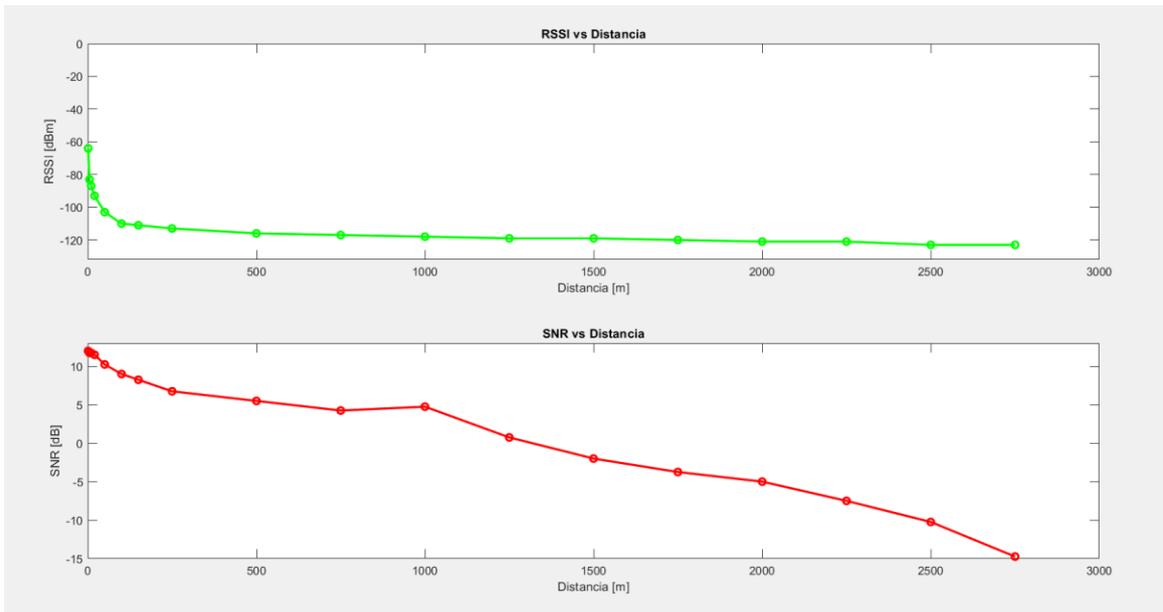


Figura 3.3 RSSI y SNR con SF10

Durante el proceso del registro de mediciones en las pruebas de alcance, los datos receptados no presentaban alteraciones durante los periodos de movimiento desde un punto de medición a otro. Por lo tanto, el efecto Doppler no representa un problema para la transmisión de datos desde un dispositivo en movimiento.

3.3 Costos

Con el fin de estimar un costo fijo para el sistema de llenado automático, se enlistan los elementos que lo componen para el caso de estudio propuesto en la sección 3.1. Por lo que, se debe tener en cuenta la distribución de las tolvas en la piscina para establecer el costo del sistema de tracción y la longitud de las vigas de metal que cumplen una función estructural.

En la TABLA 3.6 se presenta los componentes requeridos para modificar la tolva alimentadora actual, tal y como se observa en el APÉNDICE F. Por otro lado, el desglose de los componentes que componen las partes individuales se puede observar en el APÉNDICE D, APÉNDICE G y APÉNDICE H.

Tabla 3.6 Costo de los elementos que componen a la tolva alimentadora

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Controlador	1	58.80	58.80
Sensor capacitivo	2	11.50	23.00
Sensor fotoeléctrico	2	28.20	56.40
Relé 24VDC 15 A	1	24.34	24.34
Anclajes para cables	1	31.80	31.80
Soporte de sensor de nivel	1	13.54	13.54
Soporte de sensor de posición	2	6.00	12.00
Embudo con criba	1	45.20	50.20
		TOTAL	270.08

En la TABLA 3.7 se presentan los componentes requeridos para la infraestructura de la estación de llenado, la cual está compuesto por el almacenamiento (silo), sistema de dosificación, sistema fotovoltaico y las instalaciones eléctricas para el monitoreo y control de la operación de llenado de tolvas, tal y como se observa en el APÉNDICE F. Por otro lado, el desglose de los componentes que componen las partes individuales se puede observar en el APÉNDICE D, APÉNDICE G y APÉNDICE H.

Tabla 3.7 Costo de los elementos que componen al silo maestro

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Estructura principal	1	854.52	854.52
Sistema de dosificación	1	2293.62	2293.62
Motor de tracción	4	211.14	844.56
Polea secundaria	4	102.03	408.12
Cable de acero galvanizado 6x19 con alma de acero 1/8" 538 m	-	230.48	230.48
Tablero 1: Sistema fotovoltaico	1	978.55	978.55
Tablero 2: Controlador y motor drivers	1	337.91	337.91
Tablero 3: Arrancador de motor dosificador	1	386.06	386.06
Instalación eléctrica: Tuberías y cajas de paso	-	34.67	34.67
Sensor capacitivo	2	11.50	23.00
Tope de posición	8	19.54	156.32
Silo	1	2500.00	2500.00
Cimentación	-	557.62	557.62
		TOTAL	9605.43

En la TABLA 3.8 se presentan los componentes requeridos para el correcto funcionamiento del dispositivo Gateway.

Tabla 3.8 Costo de los elementos que componen al LoRa Gateway

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Módulo DC-DC	1	7.00	7.00
ESP32 - LoRa	1	40.00	40.00
Caja plástica 10x10	1	1.50	1.50
		TOTAL	48.50

En la TABLA 3.9 se presentan los componentes requeridos para la instalación del servidor en la red privada de la camaronera.

Tabla 3.9 Costo de los elementos que componen al servidor Raspberry

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Raspberry pi3	1	98.00	98.00
Cable Ethernet CAT 5e	1	1.50	1.50
		TOTAL	99.50

En la TABLA 3.10 se presentan el costo total requerido para la instalación del sistema de llenado automático para una piscina de cuatro tolvas, tal y como se analizó en el caso de estudio.

Tabla 3.10 Costo fijo para una piscina de 4 tolvas

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Tolva alimentadora	4	270.00	1080.00
Silo maestro	1	9605.00	9605.00
		TOTAL	10685.00

3.3.1 Inversión

En la TABLA 3.11 se presenta el costo total requerido para la instalación del sistema de llenado automático para una piscina de cuatro tolvas, tal y como se analizó en el caso de estudio incluyendo los costos de logística y mano de obra como 30% del proyecto. Sin embargo, dicho valor puede variar en función de la ubicación de la camaronera.

Tabla 3.11 Costo final del proyecto dependiendo del número de piscinas en USD

Piscinas	Gateway	Sistema de llenado	Servidor	Subtotal	Logística y mano de obra 30%	TOTAL
1	48.5	10,685	99.5	10,833	3,250	14,083
5	48.5	53,425	99.5	53,573	16,078	69,645
10	48.5	106,850	99.5	106,998	32,100	139,098
20	48.5	213,700	99.5	213,848	64,155	278,003
50	48.5	534,250	99.5	534,398	160,320	694,718
100	48.5	1'068,500	99.5	1'068,648	320,595	1'389,243

3.3.2 Retorno de inversión

Para analizar el retorno de la inversión del proyecto, se procede a estimar los costos fijos requeridos para la operación de llenado de tolvas alimentadoras manualmente. Dichos procesos dependen de cada camaronera y los costos ascienden conforme a la cantidad de piscinas que conforman la granja.

Los operadores que se encargan de dicha función deben residir cerca de las instalaciones, por lo que resulta conveniente que permanezcan en las instalaciones de la camaronera durante la jornada laboral. Lo que supone gastos de servicios básicos, alimentación y hospedaje; además del salario y gastos del seguro social que debe cubrir el empleador, tomado como referencia un salario básico unificado (SBU). Sin embargo, los costos fijos pueden ser mayores dependiendo de las negociaciones, puesto que un SBU puede no ser un buen incentivo para trabajar en las condiciones antes mencionadas.

Tabla 3.12 Costo fijo anual de un operador

Componente	Cantidad	Costo [USD]	Subtotal [USD]
Salario	12	425.00	5100.00
Seguro	12	51.64	619.65
Décimo tercero	1	425.00	425.00
Décimo cuarto	1	425.00	425.00
Alimentación	12	160.00	1920.00
Servicios básicos	12	7.00	84.00
		TOTAL	8573.65

$$\text{Costo fijo total} = (\text{Costo fijo de operador}) * (\# \text{ de operadores}) \quad (3.1)$$

Tabla 3.13 Costo fijo anual para el llenado de tolvas manual

Piscinas	Tolvas	Operadores	TOTAL [USD]
1	4	1	8,573.65
5	20	3	25,720.95
10	40	6	51,441.90
20	80	12	102,883.80
50	200	30	257,209.50
100	400	60	514,419.00

Por otro lado, los costos del transporte motorizado que permite a los operadores para realizar las rondas y transportar el balanceado representan un gasto variable que depende de la producción de la granja. Por lo que, hacer uso de todas piscinas al mismo tiempo representa el máximo coste y mayor tiempo invertido por el capital humano en el proceso de llenado.

Finalmente, el retorno de inversión del proyecto depende de la cantidad de operadores mínima requeridos para mantener llenas las estaciones de llenado y el mantenimiento de este. Por lo que se puede estimar en función de un flujo del recorte en gastos anual. El periodo de retorno de la inversión para los dueños de la camaronera se estima en aproximadamente 4 años para un flujo de caja constante relativo a la reducción de costos del proceso de llenado manual.

$$PRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Flujo}} \quad (3.2)$$

Además, es posible una reducción en los costos dependiendo de las negociaciones con los proveedores. Las cuales fueron realizadas para una sola piscina y el silo almacén, que representa un 25% de la inversión, con una capacidad de 7.63 toneladas. Sin embargo, puede tener una menor capacidad para ajustarse a las necesidades de la dosis de alimentación de camarones.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. El llenado automático de los alimentadores es posible gracias al monitoreo permanente del nivel de las tolvas y la intercomunicación con el sistema de llenado que suministra el balanceado.
2. La aplicación de un modelo de llenado automático permite disminuir el tiempo requerido para dicho proceso. El tiempo de llenado depende de la capacidad de dosificación del tornillo sin fin y la velocidad de los motores de tracción que movilizan la tolva de un punto a otro de la piscina.
3. El control de llenado automático posibilita la optimización del tiempo de uso de las tolvas, disminuyendo el tiempo inoperativo cuando se vacía una tolva alimentadora fuera de la jornada laboral.
4. La conexión directa a la red eléctrica de la camaronera permite reducir el gasto de un sistema fotovoltaico autónomo, dependiendo de la cercanía que tengan las piscinas con el sistema de distribución eléctrica interno de la camaronera.
5. La inversión de mensajes IQ en el modo recepción y transmisión permite disminuir el tráfico en la red LoRa. De esta forma, los nodos Gateway no son capaces de procesar los mensajes enviados por las Tolvas Alimentadoras, a pesar de su mayor densidad en la camaronera.
6. La altura a la que se debe colocar el Gateway depende de los obstáculos cercanos a la torre de comunicaciones como: edificaciones y la vegetación.
7. El modo de sueño profundo del controlador ESP32 permite un monitoreo constante a los cambios de nivel en la tolva alimentadora priorizando la eficiencia energética.
8. La capacidad de almacenamiento del silo puede variar en función de la dosificación de las piscinas establecida por los históricos de las mismas. Sin embargo, la instalación de un silo con una capacidad mayor a 3 toneladas requiere del uso de maquinaria que facilite el llenado del silo a los operadores.

4.2 Recomendaciones

1. El modo Access Point Wifi del ESP32 puede ser usado para configurar el controlador y la dirección del módulo LoRa en los dispositivos Tolvas, Silos y Gateway para una rápida puesta en marcha del sistema.
2. El sistema de tracción puede mejorarse, colocando el motor en el herraje de la tolva alimentadora ya que la potencia mecánica requerida es mucho menor. Sin embargo, se debe realizar un rediseño del sistema fotovoltaico por el aumento de la demanda de energía en la tolva.
3. La aplicación de una tarjeta de desarrollo que tenga implementado Ethernet permite una conexión a la red de manera rápida y estable en comparación con el módulo de comunicación Wifi del ESP32.
4. La ejecución de pruebas generales es fundamental para estimar el tiempo de vida de las estructuras metálicas, así como las medidas de mantenimiento requeridas para contrarrestar los efectos corrosivos del agua de las piscinas.
5. El uso de una interfaz de control debe limitarse a personal capacitado con credenciales únicas, donde personal de monitoreo y administrativo pueda navegar a través de los menús para modificar la información de los operadores encargados y gestionar los registros de datos.
6. Se recomienda el uso de aplicaciones de mensajería instantánea para una comunicación rápida y efectiva con los operadores encargados del mantenimiento. Sin embargo, se requiere del ingreso manual de los correspondientes ID de los operadores de diferentes servicios como Telegram.
7. El sistema de tracción puede dividirse en dos zonas para movilizar dos tolvas a la vez, para reducir el tiempo de espera de llenado de las tolvas evitando la colisión entre las mismas durante el transporte hacia y desde la estación de llenado.
8. La interfaz de control puede mejorarse mediante una conexión IP directa, con fin de mantener el servidor seguro sin comprometer la integridad del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Acebo., M. Álvarez, F. Marcillo, J. Rodríguez, S. Menéndez y J. Quijano, “Industria de Acuicultura”, ESPAE-ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2018.
- [2] APRACOM S.A., “Tecnificamos la Industria Camaronera”, 2021. [Online]. Disponible en: <https://apracom-aq1latam.com/>
- [3] E. Tagle, “Historia del camarón en Ecuador, innovación y desarrollo”, 1ra edición, 2021. [Online]. Disponible en: <https://incatrailfoods.com/news/historia-del-camaron-en-ecuador-innovacion-y-desarrollo/>
- [4] D. Salazar, W. Villafuerte, M. Cuichàn, D. Orbe y J. Márquez., “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2016”, INEN, Quito, Ecuador, 2016.
- [5] Y. Piedrahita, “La industria de cultivo de camarón en Ecuador”, 1ra edición, 2018. [Online]. Disponible en: <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>
- [6] J. Zendejas, “Beneficios del sistema automatizado de alimentación AQ1, bajo condiciones óptimas en sistemas de cultivo semi intensivo de camarón”, Panorama acuícola, vol. 27, no. 3, pp. 28-33, Marzo/Abril, 2022.
- [7] D. Ortega y F. Torres, “Diseño de un silo de fondo cónico para almacenar maíz con capacidad de 25 toneladas con carga y descarga”, UNIVERIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito, Ecuador, 2016.
- [8] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, 8va edición, McGraw-Hill, 2008.
- [9] AGRITECH, “Productos Configurables”, 2020. [Online]. Disponible en: <https://www.agritech.it/es/online-shop/productos-configurables/configurador-agritech/>
- [10] M. Torres, “Sistemas de polea y correa”, 2014. [Online]. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html
- [11] J. Fonseca, “Diseño y construcción de un dosificador de biomasa forestal para gasificador tipo downdraft ubicado en el laboratorio de térmicas de la facultad de mecánica de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, Ecuador, 2017.

- [12] Industrial Quick Search, "Screw conveyors", 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.iqsdirectory.com/articles/screw-conveyors.html>
- [13] W. Porras y O. Salah, "Implementación de una Red LPWAN de Sensores para el Monitoreo de Condiciones Ambientales", *Met&Flu*, vol. 14, pp. 48-67, 2019.
- [14] T. R. Kuphaldt, "Lessons in Industrial Instrumentation", versión 2.33, 2019
- [15] C. Orbegozo y R. Arivilca, "Energía Solar Fotovoltaica, Manual técnico para instalaciones domiciliarias", 2010. [Online]. Disponible en: https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ__a_solar_fotovoltaica__manual
- [16] R. Mott, "Mecánica de fluidos", 6ta edición, Pearson, 2006.
- [17] C. Loayza y D. Zapta, "Diseño del sistema teleférico tipo turístico de 700 m de longitud entre el barrio 6 de diciembre y balneario de la Sucia, ubicado en el cantón San Miguel de los Bancos", UNIVERSIDAD POLITECNICA NACIONAL, Quito, Ecuador, 2012.
- [18] Induferro, "Todo lo que necesitas saber sobre cables de acero", 2021. [Online]. Disponible en: <https://www.induferro.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-cables-de-acero/>
- [19] IPH, "Cables de acero para uso general", 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.iphglobal.com/uploads/downloads/296763001513024041.pdf>
- [20] MIAVE, "Sistema de alimentación", 2022. [Online]. Disponible en: <https://miave.com.ec/productos/silos/sistema-de-alimentacion-3/sistema-de-alimentacion.html>
- [21] The Things Network, "Frequency Plans by Country", 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/frequencies-by-country/>
- [22] SEMTECH, "LoRa and LoRaWAN: Technical overview | DEVELOPER PORTA", 2022. [Online]. Disponible en: <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan>
- [23] The Things Network, "RSSI and SNR", 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/rssi-and-snr/>

APÉNDICES

APÉNDICE A

En esta sección se presentan los códigos usados en los prototipos usados en las simulaciones de control y monitoreo del sistema de llenado automático.

NODO TOLVA ALIMENTADORA

```
/*
Nodo de Tolva alimentadora
Autores: Angel Alcides Ceballos Vargas & Félix Omar Palacios Macias
*/

// Librerías
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_GFX.h>

// Modulo de comunicacion RF LoRa
#define LORA_MISO 19
#define LORA_MOSI 27
#define LORA_SCK 5
#define LORA_CS 18
#define LORA_RST 5
#define LORA_IQR 26
// Configuración LoRa
#define FREQ 915E6
#define SF 10

// Modulo OLED I2C
#define OLED_SDA 4
#define OLED_SCK 15
#define OLED_RST 16
#define DISPLAY_WIDTH 128
#define DISPLAY_HEIGHT 64

// Entradas
#define SENSOR_NA 34
#define SENSOR_NB 35
#define SENSOR_X1 32
#define SENSOR_X2 33

// Salidas
#define EN_SENSOR 25
#define DIS_FEEDER 13

// Variables de muestreo
#define uS_S 1000000
#define mS_S 1000
#define tiempo_muestreo 500

//Identificadores
byte PISCINA = 0x01;
byte TOLVA = 1;
byte IDENT = 0;

int num = 1;

Adafruit_SSD1306 display(DISPLAY_WIDTH, DISPLAY_HEIGHT, &Wire, OLED_RST);

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  //_____INICIALIZACION OLED_____
  //Reseteo por HW de la pantalla OLED
  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(20);
  digitalWrite(OLED_RST, HIGH);
  //Configuración de pines I2C OLED
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCK);
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C, false, false)) {
    Serial.println("Comunicación I2C: OLED ERROR");
    for(;;);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(10,0);
  display.print("TOLVA ALIMENTADORA");
  display.setCursor(0,10);
  display.print("PISCINA: " + String(PISCINA, HEX));
  display.display();

  //_____INICIALIZACION LORA_____
  //Configuración de pines SPI LoRa
  SPI.begin(LORA_SCK, LORA_MISO, LORA_MOSI, LORA_CS);
  //Configuración de pines I/O LoRa
  LoRa.setPins(LORA_CS, LORA_RST, LORA_IQR);

  if (!LoRa.begin(FREQ)) {
    Serial.println("Comunicación LoRa: ERROR");
    for(;;);
  }
}
```

```

// Palabra de sincronización de la Camaronera
LoRa.setSyncWord(0xC5);
LoRa.setSpreadingFactor(SF);
LoRa_txMode();

Serial.println("Comunicacion LoRa: OK");
display.setCursor(0,20);
display.print("Comunicacion LoRa: OK");
display.display();
delay(5000);
display.clearDisplay();

//_____INICIALIZACION I/O_____
// Deshabilitar Feeder
pinMode(DIS_FEEDER, OUTPUT);
digitalWrite(DIS_FEEDER, LOW);
// Deshabilitar Sensores
pinMode(EN_SENSOR, OUTPUT);
digitalWrite(EN_SENSOR, LOW);
// inicializar Sensores
pinMode(SENSOR_NA, INPUT);
pinMode(SENSOR_NB, INPUT);
pinMode(SENSOR_X1, INPUT);
pinMode(SENSOR_X2, INPUT);

display.setCursor(0,0);
display.print("INICIANDO");
display.display();
for (int i = 0; i < 5; i++) {
  display.setCursor(55 + i*5,0);
  display.print(".");
  display.display();
  delay(1000);
}
display.clearDisplay();
}

void loop() {
  switch(num){
    case 1: {
      digitalWrite(EN_SENSOR, HIGH);          // Se habilitan sensores
      delay(2000);                            // Tiempo de espera inicializar de sensores

      enviar_LoRa();                          // Envio del estado de los sensores

      if (digitalRead(SENSOR_NB)) {           // Se deshabilitan sensores
        digitalWrite(EN_SENSOR, LOW);
      }

      LoRa.sleep();                          // Cambio a modo sleep LoRa

      display.clearDisplay();
      display.setCursor(0,0);
      display.print("NIVEL DE TOLVA: OK");
      display.setCursor(0,10);
      display.print("IDLE");
      display.display();

      for (int i = 0; i < 5; i++) {
        display.setCursor(25 + i*5,10);
        display.print(".");
        display.display();
        delay(1000);
      }

      display.clearDisplay();

      esp_sleep_enable_timer_wakeup(tiempo_muestreo * uS_S);
      esp_deep_sleep_start();                // Cambio a modo deep sleep ESP32
    }

    num = 2;
  }
  break;
  case 2: {
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0,0);
    display.print("STAND BY");
    display.display();

    if (Temp( 60 * mS_S )) {                 // Se actualiza el estado de los sensores cada 1 min en espera
      enviar_LoRa();
    }

    if (Temp_ON_1(!digitalRead(SENSOR_X1),3000)) { // Confirmación de salida
      digitalWrite(DIS_FEEDER, HIGH);        // Se deshabilita el Feeder

      display.clearDisplay();
      display.setCursor(0,0);
      display.print("PROCESO DE LLENADO");
      display.display();

      num = 3;
    }
  }
  }
  break;
}

```

```

case 3:
{
  if (Temp( 10 * mS_S )) {           // Se actualiza el estado de los sensores cada 10s durante el proceso de tracción
    enviar_LoRa();
  }

  if (digitalRead(SENSOR_X2) ) {
    if (!Temp_ON_1(digitalRead(SENSOR_X2),3000)){
      if (Temp( 500 )) {           // Se actualiza el estado de los sensores cada 500 ms
        enviar_LoRa();
      }
    }
  }

  if (digitalRead(SENSOR_NA) ) {
    if (!Temp_ON_2(digitalRead(SENSOR_NA),3000)){
      if (Temp( 500 )) {           // Se actualiza el estado de los sensores cada 500 ms
        enviar_LoRa();
      }
    }
  }

  if (digitalRead(SENSOR_X1) ) {
    if (Temp( 500 )) {           // Se actualiza el estado de los sensores cada 500 ms
      enviar_LoRa();
    }
    if (Temp_ON_3(digitalRead(SENSOR_X1),3000)) { // Confirmación de llegada
      digitalWrite(DIS_FEEDER, LOW); // Se habilita el Feeder

      display.clearDisplay();
      display.setCursor(0,0);
      display.print("LLENADO COMPLETADO");
      display.display();
      delay(5000);

      num = 1;
    }
  }
}
break;
}

// Cambiar modo recepción LoRa
void LoRa_rxMode(){
  LoRa.enableInvertIQ();
  LoRa.receive();
}

// Cambiar modo transmisión LoRa
void LoRa_txMode(){
  LoRa.idle();
  LoRa.disableInvertIQ();
}

void enviar_LoRa() {

  byte IO_REG = 0x00;

  if (digitalRead(SENSOR_NA) IO_REG |= 0x08; // Cambio del bit de Sensor Nivel Alto
  else IO_REG &= 0xF7;
  if (digitalRead(SENSOR_NB) IO_REG |= 0x04; // Cambio del bit de Sensor Nivel Bajo
  else IO_REG &= 0xFB;
  if (digitalRead(SENSOR_X1) IO_REG |= 0x02; // Cambio del bit de Sensor Posición 1
  else IO_REG &= 0xFD;
  if (digitalRead(SENSOR_X2) IO_REG |= 0x01; // Cambio del bit de Sensor Posición 2
  else IO_REG &= 0xFE;

  // Serial.print("Mensaje enviado: ");
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.write(IDENT);
  // Serial.print(String(IDENT, HEX));
  LoRa.write(PISCINA);
  // Serial.print(": " + String(PISCINA, HEX));
  LoRa.write(TOLVA);
  // Serial.print(": " + String(TOLVA, HEX));
  LoRa.write(IO_REG);
  // Serial.print(": " + String(IO_REG, HEX));
  LoRa.endPacket();
  // Serial.println();
}

// Temporizador
boolean Temp(unsigned long interval) {
  static unsigned long previousMillis1 = 0;
  unsigned long currentMillis1 = millis();
  if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval)
  {
    previousMillis1 = currentMillis1;
    return true;
  }
  return false;
}

```

```

// Temporizador con retardo a la conexión 1
boolean Temp_ON_1(bool IN,unsigned long ton) {
  static bool OUT = false;
  static bool EN = false;
  static unsigned long previousMillis = 0;
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (IN){
    if (OUT) {
      return true;
    }
    else {
      if (EN) {
        if (currentMillis - previousMillis >= ton) {
          previousMillis = currentMillis;
          OUT = true;
          return true;
        }
      }
      else {
        previousMillis = currentMillis;
        EN = true;
      }
    }
  }
  else {
    EN = false;
    OUT = false;
  }
  return false;
}

// Temporizador con retardo a la conexión 2
boolean Temp_ON_2(bool IN,unsigned long ton) {
  static bool OUT = false;
  static bool EN = false;
  static unsigned long previousMillis = 0;
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (IN){
    if (OUT) {
      return true;
    }
    else {
      if (EN) {
        if (currentMillis - previousMillis >= ton) {
          previousMillis = currentMillis;
          OUT = true;
          return true;
        }
      }
      else {
        previousMillis = currentMillis;
        EN = true;
      }
    }
  }
  else {
    EN = false;
    OUT = false;
  }
  return false;
}

// Temporizador con retardo a la conexión 3
boolean Temp_ON_3(bool IN,unsigned long ton) {
  static bool OUT = false;
  static bool EN = false;
  static unsigned long previousMillis = 0;
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (IN){
    if (OUT) {
      return true;
    }
    else {
      if (EN) {
        if (currentMillis - previousMillis >= ton) {
          previousMillis = currentMillis;
          OUT = true;
          return true;
        }
      }
      else {
        previousMillis = currentMillis;
        EN = true;
      }
    }
  }
  else {
    EN = false;
    OUT = false;
  }
  return false;
}

```

NODO SILO MAESTRO

```
/*
Nodo de Silo maestro
Autores: Angel Alcides Ceballos Vargas & Félix Omar Palacios Macías
*/

// Librerías
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_GFX.h>

// Módulo de comunicación RF LoRa
#define LORA_MISO 19
#define LORA_MOSI 27
#define LORA_SCK 5
#define LORA_CS 18
#define LORA_RST 5
#define LORA_IQR 26
// Configuración LoRa
#define FREQ 915E6
#define SF 10

// Módulo OLED / PCF I2C
#define SDA 4
#define SCK 15
#define OLED_RST 16
#define DISPLAY_WIDTH 128
#define DISPLAY_HEIGHT 64

// Entradas
#define RELE_TERMICO 34
#define SENSOR_NB 35
#define SENSOR_NO 32

// Salidas
#define EN_SENSOR 33
#define MOTOR_DSF 25
#define MOTOR_DIR 13

// Variables de muestreo
#define uS_S 1000000

#define N_TOLVAS 4 // Número de tolvas en la piscina

// Direcciones I2C - IO Remotas
const int PCF_1 = 0x36; // SALIDAS motores/válvulas
const int PCF_2 = 0x27; // ENTRADAS feedback válvulas

// Registros IO Remotas
uint8_t REG_OUT = 0X00;
uint8_t REG_IN = 0X00;

const uint8_t REG_BIT[8] = {0x01, 0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20, 0x40, 0x80};

// Identificadores
byte local_ADD = 0x01; // Dirección de la piscina
byte gate_ADD = 0xFF; // Dirección del Gateway

int n_tolva = 0; // TOLVA en proceso de llenado
bool llenado = false; // Proceso de llenado activo
bool tolva_reg = false; // Entrada por LoRa

// Estado de sensores de TOLVA
bool TOLVA_NA;
bool TOLVA_NB;
bool TOLVA_X1;
bool TOLVA_X2;

int num_1 = 1;
int num_2 = 1;

// Información del mensaje: dirección de origen, dirección de destino, identificador de nodo, código de mensaje
byte mss_info[4] = {0, 0, 0, 0};

Adafruit_SSD1306 display(DISPLAY_WIDTH, DISPLAY_HEIGHT, &Wire, OLED_RST);
```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  //_____ INICIALIZACIÓN OLED _____
  //Reseteo por HW de la pantalla OLED
  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(20);
  digitalWrite(OLED_RST, HIGH);
  //Configuración de pines I2C OLED
  Wire.begin(SDA, SCK);
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C, false, false)) {
    Serial.println("Comuncacion OLED: ERROR");
    for(;;);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(20,0);
  display.print("SILO MAESTRO");
  display.setCursor(0,10);
  display.print("PISCINA: " + String(local_ADD, HEX));
  display.display();

  //_____ INICIALIZACIÓN I/O REMOTAS _____
  //Reseteo por SW del módulo PCF_1
  Wire.beginTransmission(PCF_1);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();
  //Reseteo por SW del módulo PCF_2
  Wire.beginTransmission(PCF_2);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();

  Serial.println("IO REMOTAS: OK");
  display.setCursor(0,20);
  display.print("IO REMOTAS: OK");
  display.display();

  //_____ INICIALIZACIÓN LORA _____
  //Configuración de pines SPI LoRa
  SPI.begin(LORA_SCK, LORA_MISO, LORA_MOSI, LORA_CS);
  //Configuración de pines I/O LoRa
  LoRa.setPins(LORA_CS, LORA_RST, LORA_IQR);

  if (!LoRa.begin(FREQ)) {
    Serial.println("Comuncacion LoRa: ERROR");
    for(;;);
  }

  // Palabra de sincronización de la Camaronera
  LoRa.setSyncWord(0xC5);
  LoRa.setSpreadingFactor(SF);
  LoRa_rxMode();

  Serial.println("Comuncacion LoRa: OK");
  display.setCursor(0,30);
  display.print("Comuncacion LoRa: OK");
  display.display();
  delay(5000);
  display.clearDisplay();

  //_____ INICIALIZACIÓN I/O _____
  // Deshabilitar Dosificador
  pinMode(MOTOR_DSF, OUTPUT);
  digitalWrite(MOTOR_DSF, LOW);
  // Deshabilitar Sensores
  pinMode(EN_SENSOR, OUTPUT);
  digitalWrite(EN_SENSOR, LOW);
  // Dirección del motor
  pinMode(MOTOR_DIR, OUTPUT);
  digitalWrite(MOTOR_DIR, LOW);
  // Sensores de nivel
  pinMode(SENSOR_NB, INPUT);
  pinMode(SENSOR_NO, INPUT);
  // Entrada del relé térmico
  pinMode(RELE_TERMICO, INPUT);

  display.setCursor(0,0);
  display.print("INICIANDO");
  display.display();
  for (int i = 0; i < 5; i++) {
    display.setCursor(55 + i*5,0);
    display.print(".");
    display.display();
    delay(1000);
  }
  display.clearDisplay();
}

```

```

void loop() {
  switch(num_1){
    case 1:
      {
        digitalWrite(EN_SENSOR, HIGH); // Se habilitan sensores
        delay(2000); // Tiempo de espera inicializar de sensores

        if (!digitalRead(SENSOR_N0)|| digitalRead(RELE_TERMICO)) {
          if (!digitalRead(SENSOR_N0)) {

            enviar_LoRa(11); // Enviar LORA mss ALERTA SILO VACÍO

            Serial.println("NIVEL DE SILO: VACÍO");
            display.setCursor(0,0);
            display.print("SILO VACÍO");
            display.display();
          }
          if (digitalRead(RELE_TERMICO)) {

            enviar_LoRa(12); // Enviar LORA mss ALERTA RELÉ TÉRMICO

            Serial.println("RELÉ TÉRMICO: ACTIVADO");
            display.setCursor(0,10);
            display.print("RELÉ TÉRMICO");
            display.display();
          }

          LoRa.sleep(); // Cambio a modo sleep LoRa

          display.setCursor(0,20);
          display.print("IDLE");
          display.display();
          for (int i = 0; i < 5; i++) {
            display.setCursor(25 + i*5,20);
            display.print(".");
            display.display();
            delay(1000);
          }
          display.clearDisplay();

          esp_sleep_enable_timer_wakeup(300 * uS_S);
          esp_deep_sleep_start(); // Cambio a modo deep sleep ESP32
        }

        else if (!digitalRead(SENSOR_NB)) {

          enviar_LoRa(10); // Enviar LORA mss ALERTA NIVEL BAJO

          Serial.println("NIVEL DE SILO: BAJO");
          display.clearDisplay();
          display.setCursor(0,0);
          display.print("NIVEL BAJO");
          display.display();

          delay(5000);
          display.clearDisplay();

          digitalWrite(EN_SENSOR, LOW); // Se deshabilitan sensores
          num_1 = 2;

        }
      }
    else {
      digitalWrite(EN_SENSOR, LOW); // Se deshabilitan sensores

      display.clearDisplay();
      display.setCursor(0,0);
      display.print("STAND BY");
      display.display();

      num_1 = 2;
    }
  }
  break;
  case 2: // Proceso de llenado
  {
    if (tolva_reg) {
      onReceive(LoRa.parsePacket());
    }

    switch(num_2) {
      case 1:
      {
        // Recibir mensajes de tolvas
        onReceive(LoRa.parsePacket());
        if (llenado) {
          display.clearDisplay();
          display.setCursor(0,0);
          display.print("PROCESO DE LLENADO");
          display.display();

          digitalWrite(PCF_1, n_tolva, HIGH); // Encender motor n
          digitalWrite(MOTOR_DIR, HIGH); // Dirección de ida
          tolvareg = true;
          num_2 = 2;
          Serial.println("Esperar posición X2");
        }
      }
    }
  }
  break;

```

```

case 2:
{
  if (TOLVA_X2) { // Esperar tolva en posicion 2
    digitalWrite(EN_SENSOR, HIGH); // Se habilitan sensores
    pcfWrite(PCF_1, n_tolva, LOW); // Apagar motor n
    digitalWrite(MOTOR_DIR, LOW);
    pcfWrite(PCF_1, n_tolva + 4, HIGH); // Abrir la válvula n
    tolva_reg = false;
    num_2 = 3;
    Serial.println("Esperar apertura de válvula V" + String(n_tolva));
  }
}
break;
case 3:
{
  if (pcfRead(PCF_2, 2*n_tolva-1) { // Esperar válvula n abierta
    digitalWrite(MOTOR_DSF, HIGH); // Encender el motor dosificador
    tolva_reg = true;
    num_2 = 4;
    Serial.println("Esperar nivel alto");
  }
}
break;
case 4:
{
  if (TOLVA_NA || !digitalRead(SENSOR_N0) || digitalRead(RELE_TERMICO)) { // Esperar silo bajo o tolva llena o relé térmico
    if (!digitalRead(SENSOR_N0)) enviar_LoRa(11); // Enviar LORA mss ALERTA SILO VACÍO
    if (digitalRead(RELE_TERMICO)) enviar_LoRa(12); // Enviar LORA mss ALERTA RELÉ TÉRMICO
    if (TOLVA_NA) enviar_LoRa(n_tolva); // Enviar LORA mss ALERTA RELÉ TÉRMICO
    digitalWrite(MOTOR_DSF, LOW); // Apagar el motor dosificador
    digitalWrite(EN_SENSOR, LOW); // Se deshabilitan sensores
    pcfWrite(PCF_1, n_tolva + 4, LOW); // Cerrar la válvula n
    tolva_reg = false;
    num_2 = 5;
    Serial.println("Esperar cierre de valvula V" + String(n_tolva));
  }
}
break;
case 5:
{
  if (pcfRead(PCF_2, 2*n_tolva) { // Esperar válvula n cerrada
    pcfWrite(PCF_1, n_tolva, HIGH); // Encender motor n
    digitalWrite(MOTOR_DIR, LOW); // Dirección de vuelta
    tolva_reg = true;
    num_2 = 6;
    Serial.println("Esperar posición X1");
  }
}
break;
case 6:
{
  if (TOLVA_X1) { // Esperar tolva en posicion 1
    pcfWrite(PCF_1, n_tolva, LOW); // Apagar motor n
    digitalWrite(MOTOR_DIR, LOW);
    tolva_reg = false;
    llenado = false; // Llenado finalizado
    num_2 = 1;
    num_1 = 1;
    Serial.println("LLENADO FINALIZADO");
  }
}
break;
}
break;
}

// Cambiar modo recepcion
void LoRa_rxMode() {
  LoRa.disableInvertIQ();
  LoRa.receive();
}

// Cambiar modo transmision
void LoRa_txMode() {
  LoRa.idle();
  LoRa.enableInvertIQ();
}

void enviar_LoRa(byte mss_reg) {
  LoRa_txMode();
  // Serial.print("Mensaje enviado: ");
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.write(local_ADD);
  // Serial.print(String(local_ADD, HEX));
  LoRa.write(gate_ADD);
  // Serial.print(": " + String(gate_ADD, HEX));
  LoRa.write(0);
  // Serial.print(":0");
  LoRa.write(mss_reg);
  // Serial.print(": " + String(mss_reg, HEX));
  LoRa.endPacket();
  // Serial.println();
  LoRa_rxMode();
}

```

```

void onReceive(int packetSize) {
    if (packetSize == 0) return;          // Cancelar en caso de no recibir paquetes

    int cnt = 0;

    // Serial.print("Mensaje recibido");

    while ( LoRa.available() && (cnt < 4) ) {          // Guardar la información del mensaje
        mss_info[cnt] = LoRa.read();
        // Serial.print(": " + String(mss_info[cnt], HEX));
        cnt++;
    }

    Serial.println();
    cnt = 0;

    byte origen = mss_info[0];           // Identificador de origen
    byte destino = mss_info[1];         // Identificador de destino
    byte i_nodo = mss_info[2];          // Identificador de nodo
    byte mss_cod = mss_info[3];         // Código de mensaje

    // Destinatario incorrecto
    if (destino != local_ADD) {
        Serial.println("ERROR: Destino incorrecto");
        return;
    }

    // identificador de gateway
    if (origen == gate_ADD) {
        return;
    }

    // identificador de tolva
    else if (origen == 0x00) {
        if (i_nodo >= 0 && i_nodo <= N_TOLVAS) {
            if (llenado) {
                if (i_nodo == n_tolva) {
                    TOLVA_NA = (mss_cod & REG_BIT[3]) != 0;
                    TOLVA_NB = (mss_cod & REG_BIT[2]) != 0;
                    TOLVA_X1 = (mss_cod & REG_BIT[1]) != 0;
                    TOLVA_X2 = (mss_cod & REG_BIT[0]) != 0;
                    // Serial.print("NA: " + String(TOLVA_NA) + ", NB: " + String(TOLVA_NB));
                    // Serial.println(", X1: " + String(TOLVA_X1) + ", X2: " + String(TOLVA_X2));
                    // Serial.println("RSSI: " + String(LoRa.packetRssi()));
                    // Serial.println("SNR: " + String(LoRa.packetSnr()));
                    return;
                }
            }
            else {
                return;
            }
        }
        else {
            mss_cod &= 0x04;
            if (mss_cod == 0) {
                n_tolva = i_nodo;
                llenado = true;
                num_l = 2;
                Serial.println("LLENADO INICIADO");
                return;
            }
            else {
                Serial.println("TOLVA " + String(i_nodo) + ": LLENA");
                // Serial.println("RSSI: " + String(LoRa.packetRssi()));
                // Serial.println("SNR: " + String(LoRa.packetSnr()));
                return;
            }
        }
    }
    else {
        Serial.println("ERROR: Identificador de tolva incorrecto");
        return;
    }
}
else {
    Serial.println("ERROR: Identificador de nodo incorrecto");
    return;
}
}
}

```

```

// Función de lectura en IO REMOTAS
bool pcfRead(int PCF_ADD, int P) {
  uint8_t PCF_REG_IN;
  Wire.requestFrom(PCF_ADD, 1);
  if (Wire.available()) {
    PCF_REG_IN = Wire.read();
  }
  Wire.endTransmission();
  REG_IN = PCF_REG_IN;
  PCF_REG_IN &= REG_BIT[P-1];
  return PCF_REG_IN == REG_BIT[P-1];
}

// Función de escritura en IO REMOTAS
void pcfWrite(int PCF_ADD, int P, int STATE) {
  uint8_t PCF_REG_OUT = REG_OUT;
  if (STATE == HIGH) PCF_REG_OUT |= REG_BIT[P-1];
  else if (STATE == LOW) PCF_REG_OUT &= ~REG_BIT[P-1];
  else return;
  Wire.beginTransmission(PCF_ADD);
  Wire.write(PCF_REG_OUT);
  Wire.endTransmission();
  REG_OUT = PCF_REG_OUT;
}

```

NODO GATEWAY

```

/*
Nodo de Gateway LoRa
Autores: Angel Alcides Ceballos Vargas & Félix Omar Palacios Macias
*/

// Librerías
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <WiFi.h>
#include "Adafruit_MQTT.h"
#include "Adafruit_MQTT_Client.h"
#include "secrets.h"

// Módulo de comunicación RF LoRa
#define LORA_MISO 19
#define LORA_MOSI 27
#define LORA_SCK 5
#define LORA_CS 18
#define LORA_RST 6
#define LORA_IQR 26

#define FREQ 915E6
#define SF 10

#define N_PISCINAS 5

// Dirección del gateway
const byte local_ADD = 0xFF;

// Lista de direcciones de nodos de la red LoRa
const byte silos_ADD[N_PISCINAS] = {0x01,0x11,0x20,0x41,0x42};
const String piscinas[N_PISCINAS] = {"PISC_1","PISC_2","PISC_3","PISC_4A","PISC_4B"};
const String codes[7] = {"A1","A2","A3","A4","NB","N0","RT"};

String code = "";
String payload = "";

// Información del mensaje: dirección de origen, dirección de destino, identificador de nodo, código de mensaje
byte mss_info[4] = {0,0,0,0};

// Conexión timeout
const int timeout = 2500;

uint8_t num = 1;
int i_pisc = 0;

```

```

WiFiClient usClient;

// Configuración del cliente MQTT y TÓPICO de publicación
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&usClient, HOST, PORT, USERNAME, PASSWORD);
Adafruit_MQTT_Publish mqtt_pub = Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, USERNAME "CAMARONERA/loraGateway");

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  //_____INICIALIZACIÓN WIFI_____
  WiFi.mode(WIFI_STA);

  //_____INICIALIZACIÓN LORA_____
  //Configuración de pines SPI LoRa
  SPI.begin(LORA_SCK, LORA_MISO, LORA_MOSI, LORA_CS);
  //Configuración de pines I/O LoRa
  LoRa.setPins(LORA_CS, LORA_RST, LORA_IQR);

  if (!LoRa.begin(FREQ)) {
    Serial.println("Comunicación LoRa: ERROR");
    for(;;);
  }

  // Palabra de sincronización de la Camaronera
  LoRa.setSyncWord(0xC5);
  LoRa.setSpreadingFactor(SF);
  LoRa_rxMode();

  Serial.println("Comunicación LoRa: OK");
}

void loop() {
  switch (num) {
    case 1:
    {
      if (Temp(30000)) {
        if (conectar_WIFI()) {
          Serial.println("WiFi: Conectado");
          if (conectar_MQTT()) {
            num = 2;
          }
        }
      }
    }
    break;
    case 2:
    {
      onReceive(LoRa.parsePacket());

      if (code != "") {
        num = 3;
      }
    }
    break;
    case 3:
    {
      if (conectar_WIFI()) {
        if (conectar_MQTT()) {
          payload = piscinas[i_pisc] + "/" + code; // Payload
          mqtt_pub.publish(payload.c_str()); // Publicar mss MQTT
          Serial.print("MQTT_PUB: ");
          Serial.println(payload);
          code = "";
          num = 4;
        }
        else num = 4;
      }
      else num = 4;
    }
    break;
    case 4: {
      code = "";
      num = 2;
    }
    break;
  }
}

// Cambiar modo recepcion
void LoRa_rxMode(){
  LoRa.enableInvertIQ();
  LoRa.receive();
}

// Cambiar modo transmision
void LoRa_txMode(){
  LoRa.idle();
  LoRa.disableInvertIQ();
}

```

```

void onReceive(int packetSize) {
    if (packetSize == 0) return;          // Cancelar en caso de no recibir paquetes

    int cnt = 0;

    // Serial.print("MENSAJE LoRa RECIBIDO");

    while ( LoRa.available() && (cnt < 4) ) {
        mss_info[cnt] = LoRa.read();      // Guardar la información del mensaje
        // Serial.print(": " + String(mss_info[cnt], HEX));
        cnt++;
    }

    //Serial.println();
    //Serial.println("RSSI: " + String(LoRa.packetRssi()));
    //Serial.println("SNR: " + String(LoRa.packetSnr()));

    cnt = 0;

    byte origen = mss_info[0];           // Dirección de origen
    byte destino = mss_info[1];          // Dirección de destino
    byte i_nodo = mss_info[2];           // Identificador de nodo
    byte mss_cod = mss_info[3];          // Código de mensaje

    if (destino != local_ADD) {          // Destinatario incorrecto
        Serial.println("LoRa: Destino incorrecto");
        return;
    }

    // identificador de piscina
    bool pisc_id = true;
    for (int i = 0; i < N_PISCINAS; i++) {
        if (origen == silos_ADD[i]) {
            i_pisc = i;                   // Se obtiene el índice de la piscina
            pisc_id = false;
            break;
        }
    }
    if (pisc_id) {
        Serial.println("LoRa: La piscina no pertenece a la red");
        return;
    }

    // identificador de silo
    if (i_nodo == 0) {                   // Identificador de nodo silo [0]
        if (origen != silos_ADD[i_pisc]) { // Si el silo no pertenece a la red, se ignora
            Serial.println("LoRa: El silo no pertenece a la red");
            return;
        }
    }
    else {
        switch (mss_cod) {
            case 1: {
                code = "A1";              // Tolva 1 llena
            }
            break;
            case 2: {
                code = "A2";              // Tolva 2 llena
            }
            break;
            case 3: {
                code = "A3";              // Tolva 3 llena
            }
            break;
            case 4: {
                code = "A4";              // Tolva 4 llena
            }
            break;
            case 10: {
                code = "NB";              // Nivel de Silo: bajo
            }
            break;
            case 11: {
                code = "NO";              // Nivel de Silo: vacío
            }
            break;
            case 12: {
                code = "RT";              // Motor dosificador: Relé Térmico
            }
            break;
            default: {
                Serial.println("LoRa: Código incorrecto");
            }
        }
    }
    return;
}

else {
    Serial.println("LoRa: Identificador incorrecto");
    return;
}
}

```

```

boolean conectar_WIFI() {
    int cntConnect = 0;

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        return true;
    }

    Serial.print("Conectando a la red WiFi");

    if (!WiFi.config(LOCAL_IP,GATEWAY,SUBNET)) {
        Serial.println("\nERROR: Fallo al conectar con IP" + LOCAL_IP);
        return false;
    }

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        WiFi.begin(WLAN_SSID,WLAN_PASS);
        Serial.print(".");
        cntConnect += 500;
        delay(500);
        if (cntConnect > timeout) {
            Serial.println("\nERROR: Conexión WiFi fallida");
            return false;
        }
    }
    Serial.println("\nWiFi: Conectado");
    return true;
}

boolean conectar_MQTT() {
    int cntConnect = 0;

    if (mqtt.connected()) {
        return true;
    }

    Serial.print("Conectando al servidor MQTT");

    while (mqtt.connect() != 0) {
        mqtt.disconnect();
        Serial.print(".");
        cntConnect += 500;
        delay(500);
        if (cntConnect > timeout) {
            Serial.println("\nERROR: Conexión MQTT fallida");
            return false;
        }
    }

    Serial.println("\nMQTT: Conectado");
    return true;
}

boolean Temp(unsigned long interval) {
    static unsigned long previousMillis1 = 0;
    unsigned long currentMillis1 = millis();
    if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval)
    {
        previousMillis1 = currentMillis1;
        return true;
    }
    return false;
}

```

Librería secrets.h

```

#define WLAN_SSID "*****" // SSID WiFi
#define WLAN_PASS "*****" // Contraseña WiFi

#define HOST "000.000.000.000" // IP del broker MQTT
#define PORT 9999 // Puerto usado por el broker
#define USERNAME "*****" // Usuario
#define PASSWORD "*****" // Contraseña

IPAddress LOCAL_IP(000,000,000,000); // IP Estática del ESP32
IPAddress GATEWAY(000,000,000,000); // IP del Gateway
IPAddress SUBNET(255,255,255,0); // Subnet

```

APÉNDICE B

En esta sección se presentan imágenes de los prototipos utilizados en las pruebas de control y alcance de la señal LoRa.

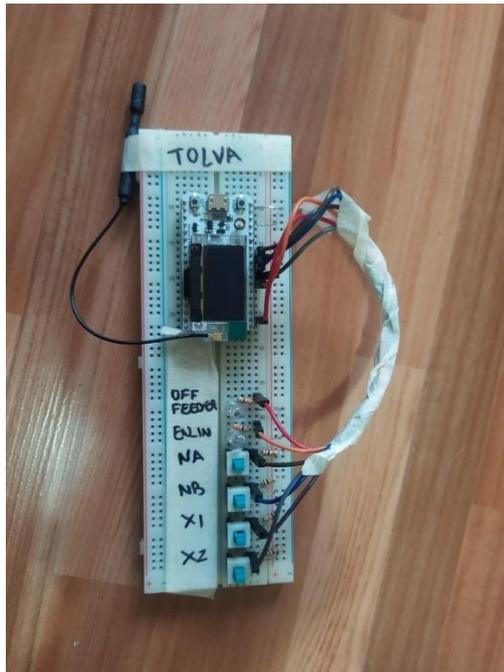


Figura B.1 Prototipo de TOLVA ALIMENTADORA

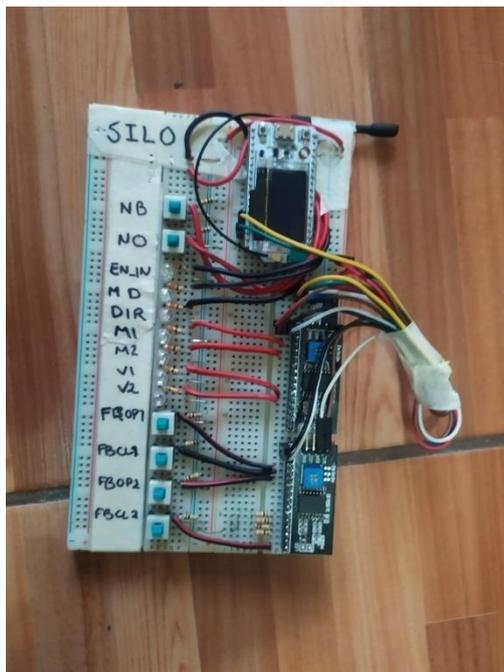


Figura B.2 Prototipo de SILO MAESTRO

APÉNDICE C

En esta sección se presentan imágenes de la ubicación de los puntos de transmisión y recepción usados en las pruebas de alcance en la camaronera San José.



Figura C.1 Visita a la camaronera San José



Figura C.2 Colocación del dispositivo transmisor



Figura C.3 Lectura en el dispositivo receptor



Figura C.4 Prueba de transmisión a 50 metros



Figura C.5 Prueba de transmisión a 100 metros



Figura C.6 Prueba de transmisión a 150 metros



Figura C.7 Prueba de transmisión a 250 metros



Figura C.8 Prueba de transmisión a 500 metros



Figura C.9 Prueba de transmisión a 750 metros



Figura C.10 Prueba de transmisión a 1000 metros



Figura C.11 Prueba de transmisión a 1250 metros



Figura C.12 Prueba de transmisión a 1500 metros

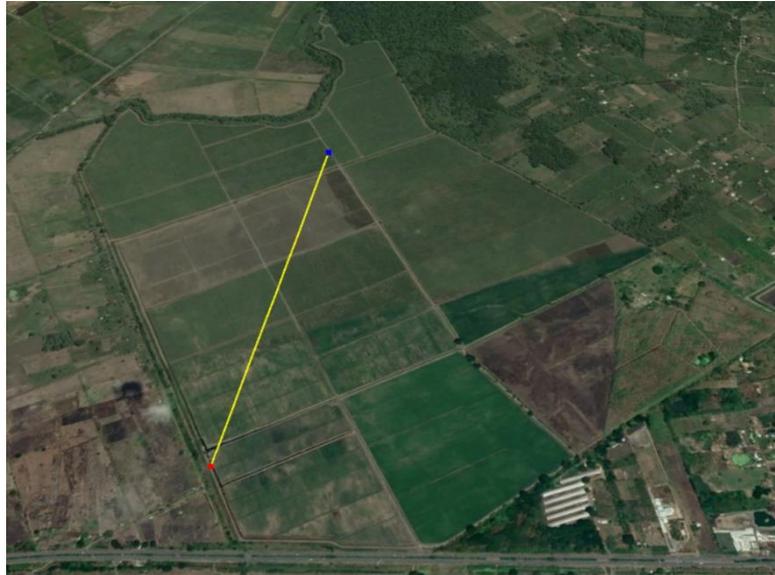


Figura C.13 Prueba de transmisión a 1750 metros



Figura C.14 Prueba de transmisión a 2000 metros



Figura C.15 Prueba de transmisión a 2150 metros



Figura C.16 Prueba de transmisión a 2500 metros



Figura C.17 Prueba de transmisión a 2750 metros



Figura C.18 Prueba de transmisión a 3000 metros

APÉNDICE D

En esta sección se presentan los costos de materiales y equipos para el montaje de los tableros eléctricos.

Tabla D.1 Costos de los equipos para el Tablero 1: Sistema fotovoltaico

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Panel solar 330W	1	300.00	300.00
Conector MC4 Macho/Hembra	1	3.50	3.50
Portafusibles 32 A,10x38	1	4.65	4.65
Fusibles 16 A, 10x38 gPV	2	2.11	4.22
Disyuntor 2P DC 16 A	1	16.00	48.00
10 A	1		
63 A	1		
Regulador de carga RoHS 20 A	1	15.00	17.00
Batería Dacar 31-DC-100	2	90.00	180.00
Barra de distribución 48VDC, 150 A	2	14.50	29.00
Protección contra sobre tensión 500 VDC	1	22.00	22.00
Inversor Green Cell 1500W	1	194.95	194.95
Gabinete metálico 80x80x30 cm	1	175.23	175.23
		TOTAL	978.55

Tabla D.2 Costos de los equipos para el Tablero 2: Controlador - Motor drivers

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Controlador	1	83.35	83.35
Motor driver MD10C	4	22.50	90.00
Portafusibles 32 A,10x38	4	4.65	18.60
Fusibles 6 A, 10x38	8	0.97	7.76
Borneras de 12 pares	2	2.28	4.56
Borneras de 6 pares	5	1.24	6.20
Rail DIN 1 m	1	2.41	2.41
Tablero plástico 50x40x20 cm	1	125.03	125.03
		TOTAL	337.91

Tabla D.3 Costos de los equipos de para el Tablero 3: Arrancador de motor dosificador

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Disyuntor 2P 10 A	1	13.85	13.85
Contactador 24VDC 12 A	1	9.24	9.24
Relé térmico 5.5 – 8 A	1	10.34	10.34
Arrancador suave 12 A	1	280.00	280.00
Luz piloto 24 VDC	2	1.55	3.10
Bornes de 2P 20 A	1	0.87	0.87
Tablero plástico 40x30x16 cm	1	68.66	68.66
		TOTAL	386.06

Tabla D.4 Costos de los componentes del controlador SILO MAESTRO

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Fusible 1 A	1	0.45	0.45
Interruptor	1	1.50	1.50
Módulo DC-DC	1	7.00	7.00
ESP32 – LoRa	1	40.00	40.00
Módulo PCF8574	2	2.00	4.00
Relé	5	0.50	2.50
Mosfet	1	0.50	0.50
Optoacoplador	17	0.15	2.55
Transistor	13	0.10	1.30
Diodo	6	0.05	0.30
Resistencia	55	0.05	2.75
Bornes	17	0.5	8.50
PCB	1	12.00	12.00
		TOTAL	83.35

Tabla D.5 Costos de los componentes del controlador TOLVA ALIMENTADORA

Componente	Unidad	Precio unitario [USD]	Subtotal [USD]
Fusible 1.5 A	1	0.45	0.45
Interruptor	1	1.50	1.50
Módulo DC-DC	1	7.00	7.00
ESP32 - LoRa	1	40.00	40.00
Relé 24VDC	1	0.50	0.50
Mosfet	1	0.50	0.50
Optoacoplador	6	0.15	0.90
Diodo	2	0.05	0.10
Resistencia	17	0.05	0.85
Bornes	6	0.50	3.00
PCB	1	4.00	4.00
		TOTAL	58.80

APÉNDICE E

En esta sección se presenta el código usado en Node-RED del servidor Raspberry Pi y las capturas de pantalla de la interfaz implementada.

Código: https://github.com/AngCeb00/Codigo_NODERED

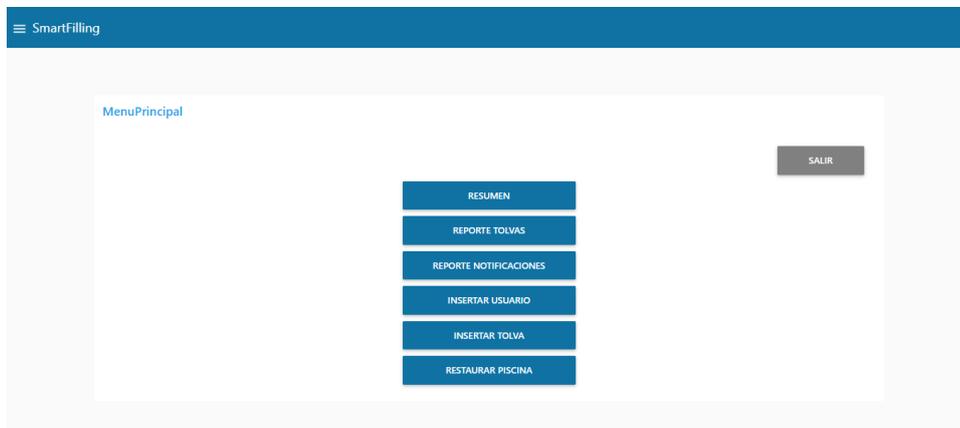


Figura E.1 Menú principal de la interfaz de control

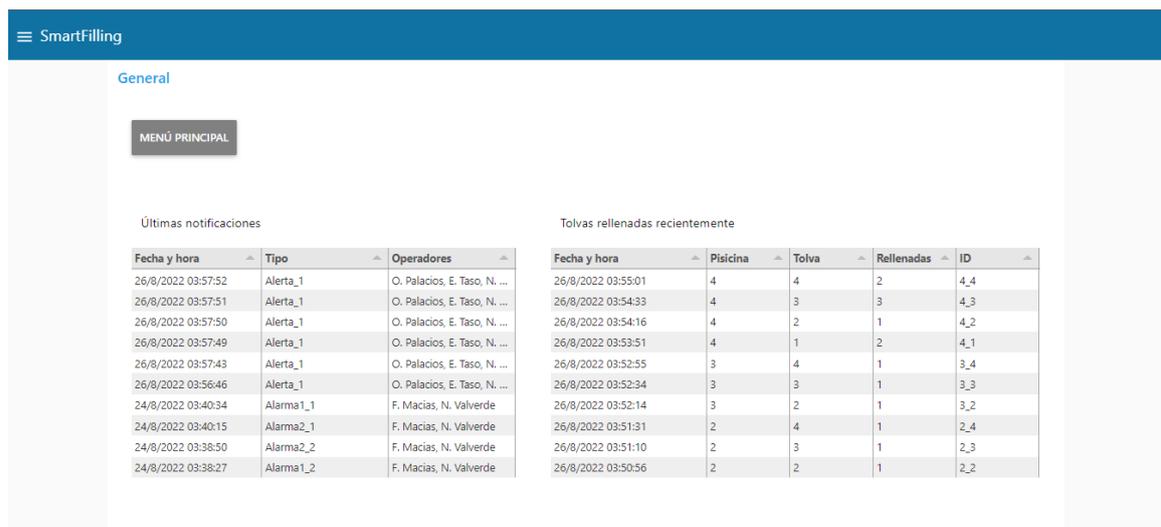


Figura E.2 Resumen de notificaciones y llenado de tolva

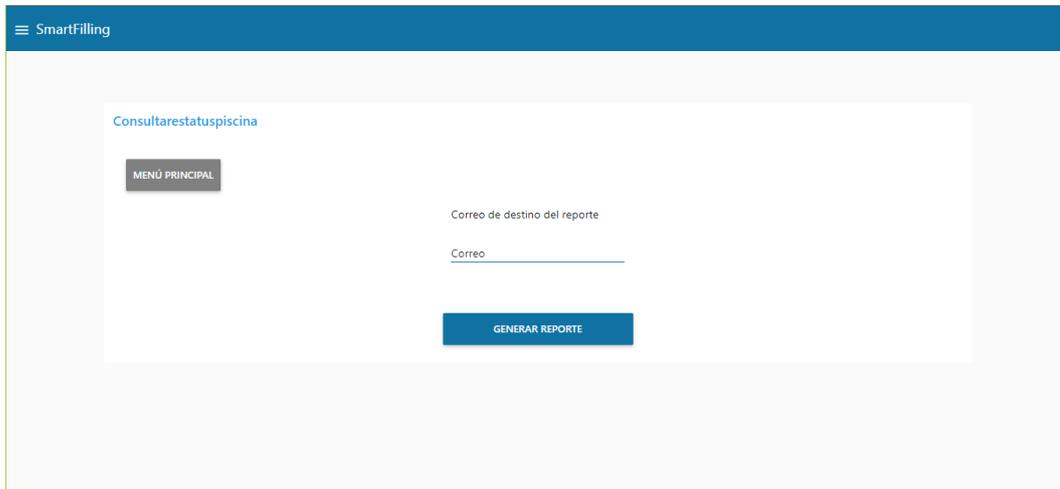


Figura E.3 Consultar reporte de llenado de tolvas

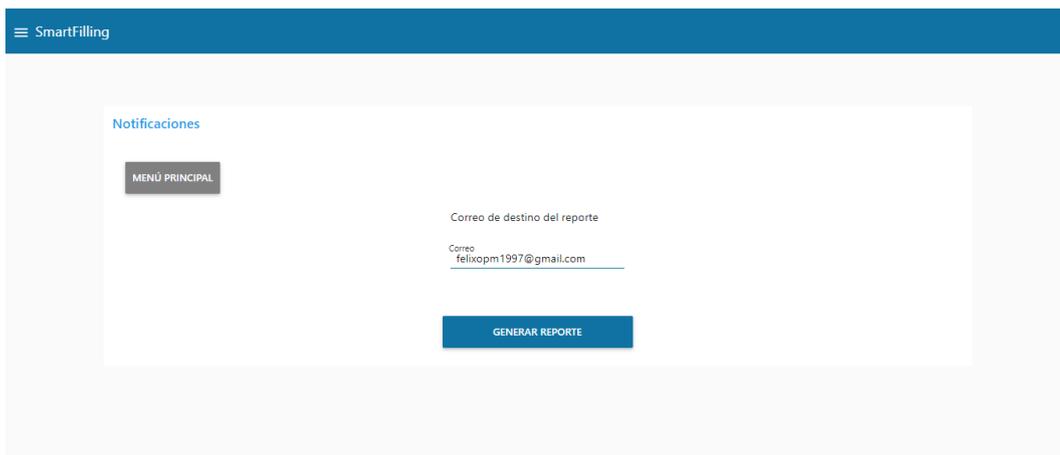


Figura E.4 Consultar reporte de alertas y notificaciones

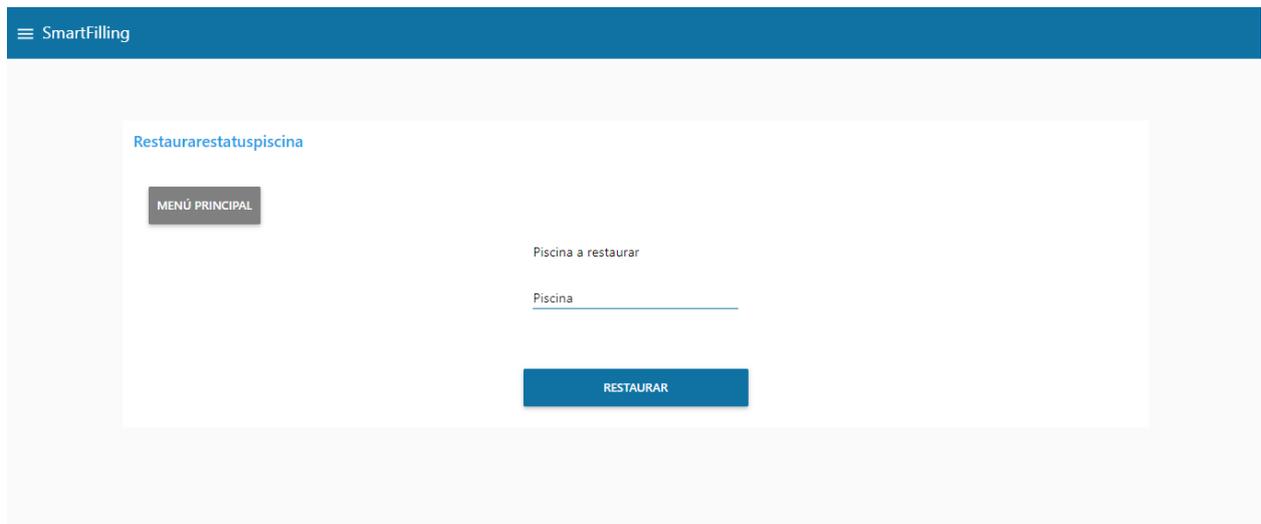


Figura E.5 Ingreso de nuevas piscinas

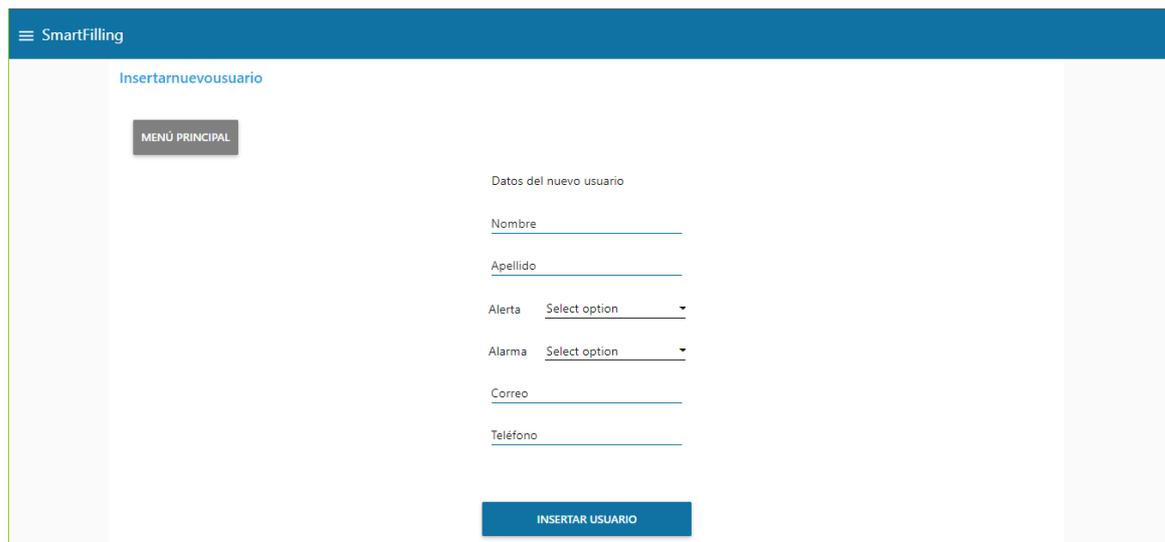


Figura E.6 Ingreso de operadores y usuarios

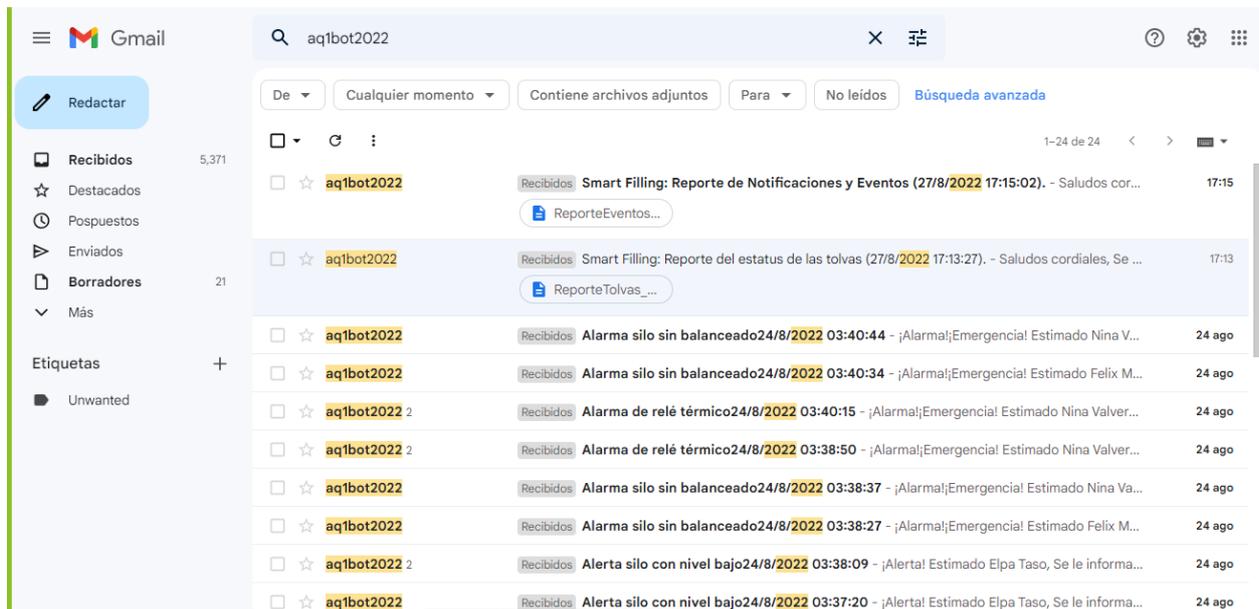


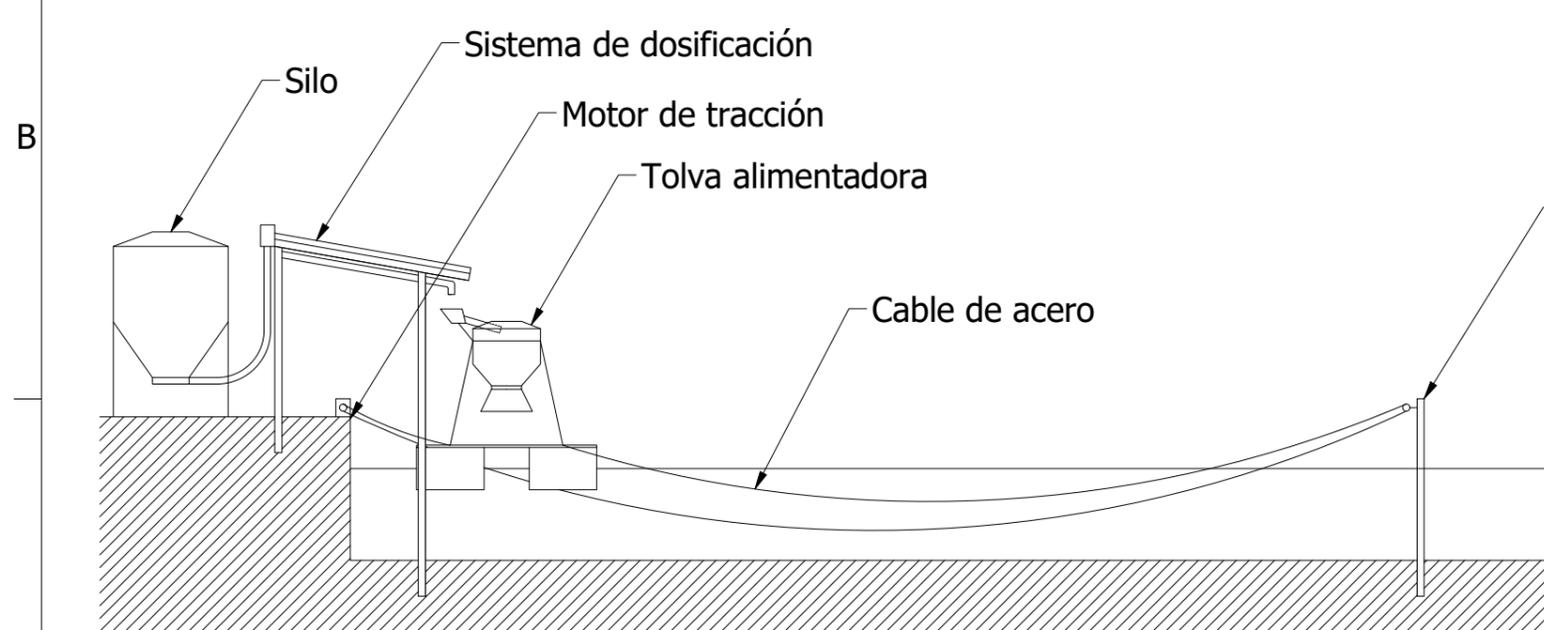
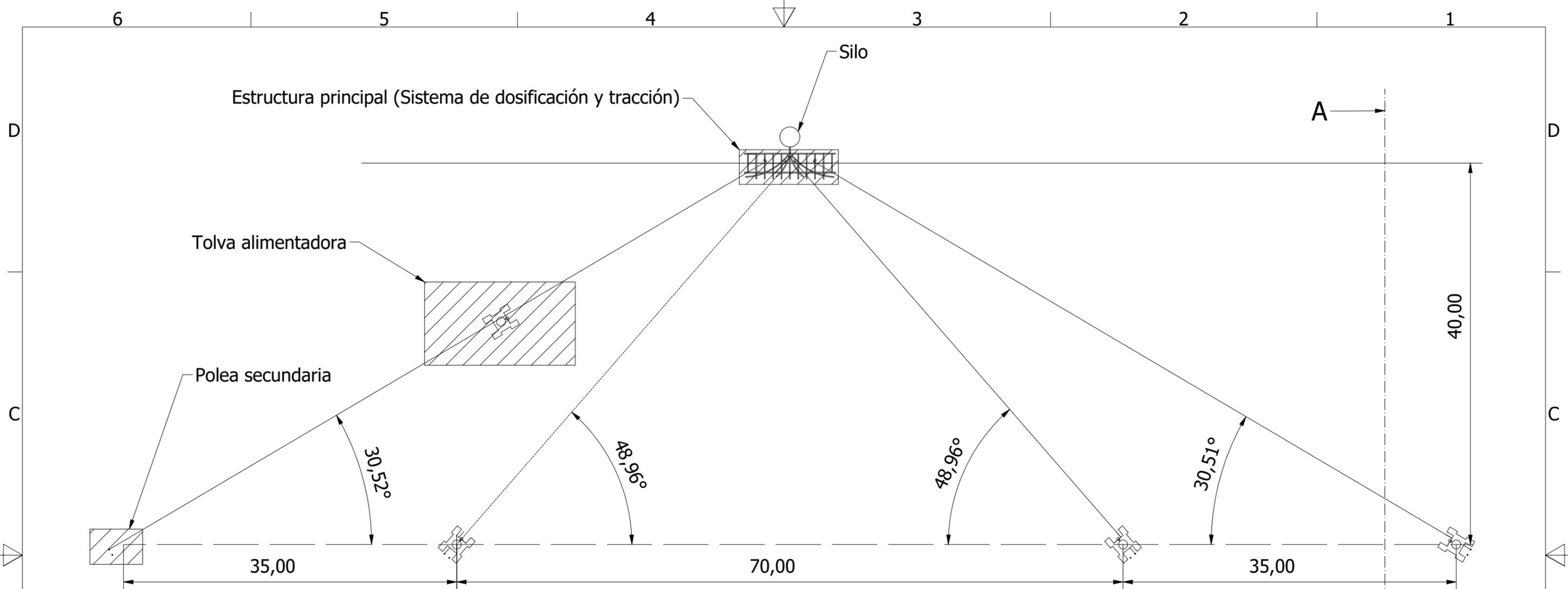
Figura E.7 Correo con notificaciones, alertas y reportes

APÉNDICE F

En esta sección se presentan los planos de la ubicación de los elementos que conforman el sistema de alimentación automática de acuerdo con el caso de estudio.

PLANO 1 Plano llave

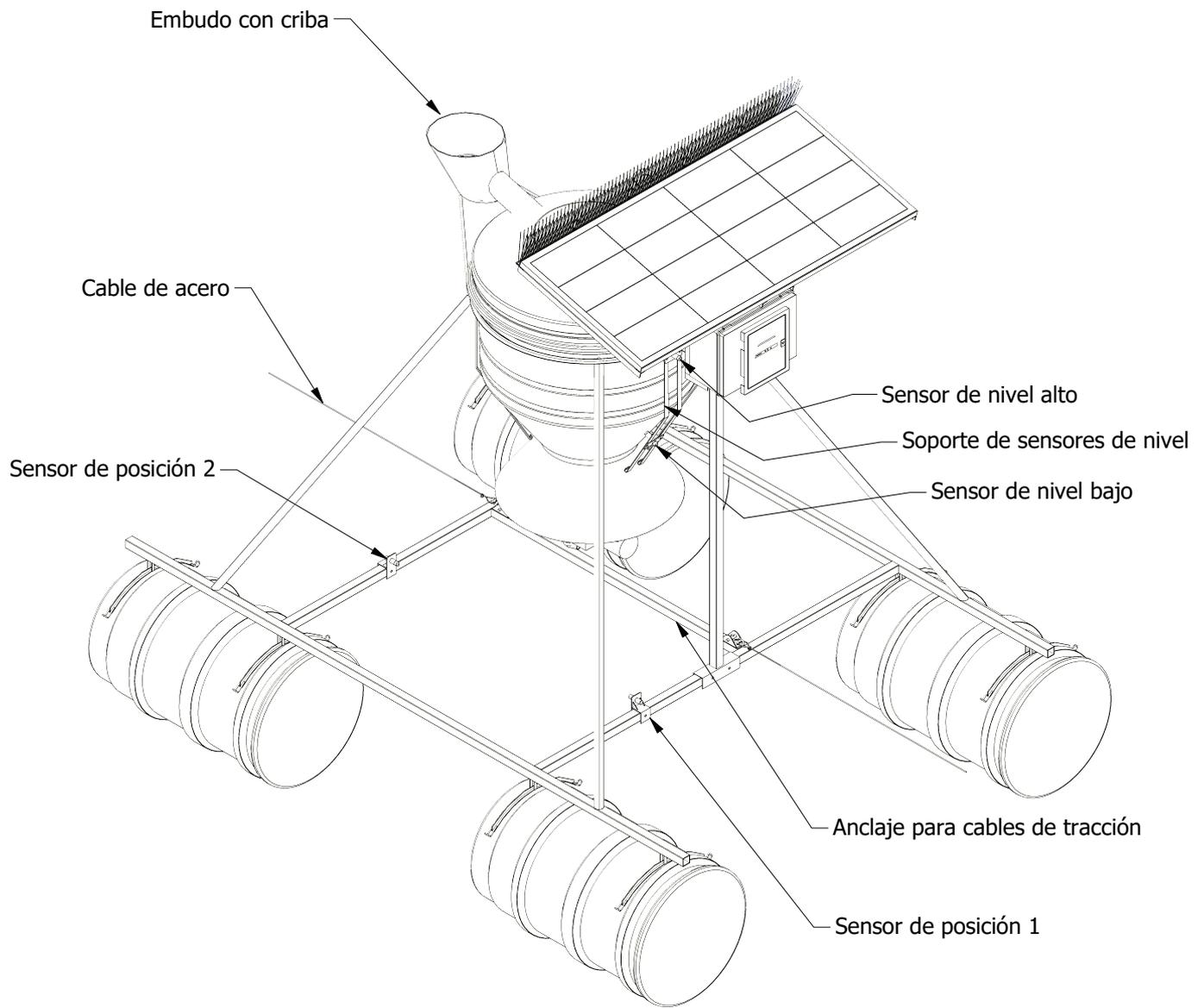
PLANO 2 Tolva alimentadora



CORTE A-A

*NOTA: Todas las medidas se encuentran en metros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Plano Llave: Sistema de llenado automático		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 1	Edición	Hoja 1 / 1



ISO (1 : 25)

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/16/2022	
Autores			Tolva Alimentadora		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías					
			PLANO 2	Edición	Hoja 1 / 1

APÉNDICE G

En esta sección se presentan los costos de materiales para la fabricación e instalación de estructuras del sistema de llenado automático. Los costos incluyen la mano de obra: corte, perforación, doblado y soldadura de metales.

PLANO 3 Estructura principal

PLANO 4 Sistema de dosificación

PLANO 5 Distribuidor con soporte

PLANO 6 Soporte de motor reductor

PLANO 7 Motor de tracción

PLANO 8 Polea Secundaria

PLANO 9 Tope de posición

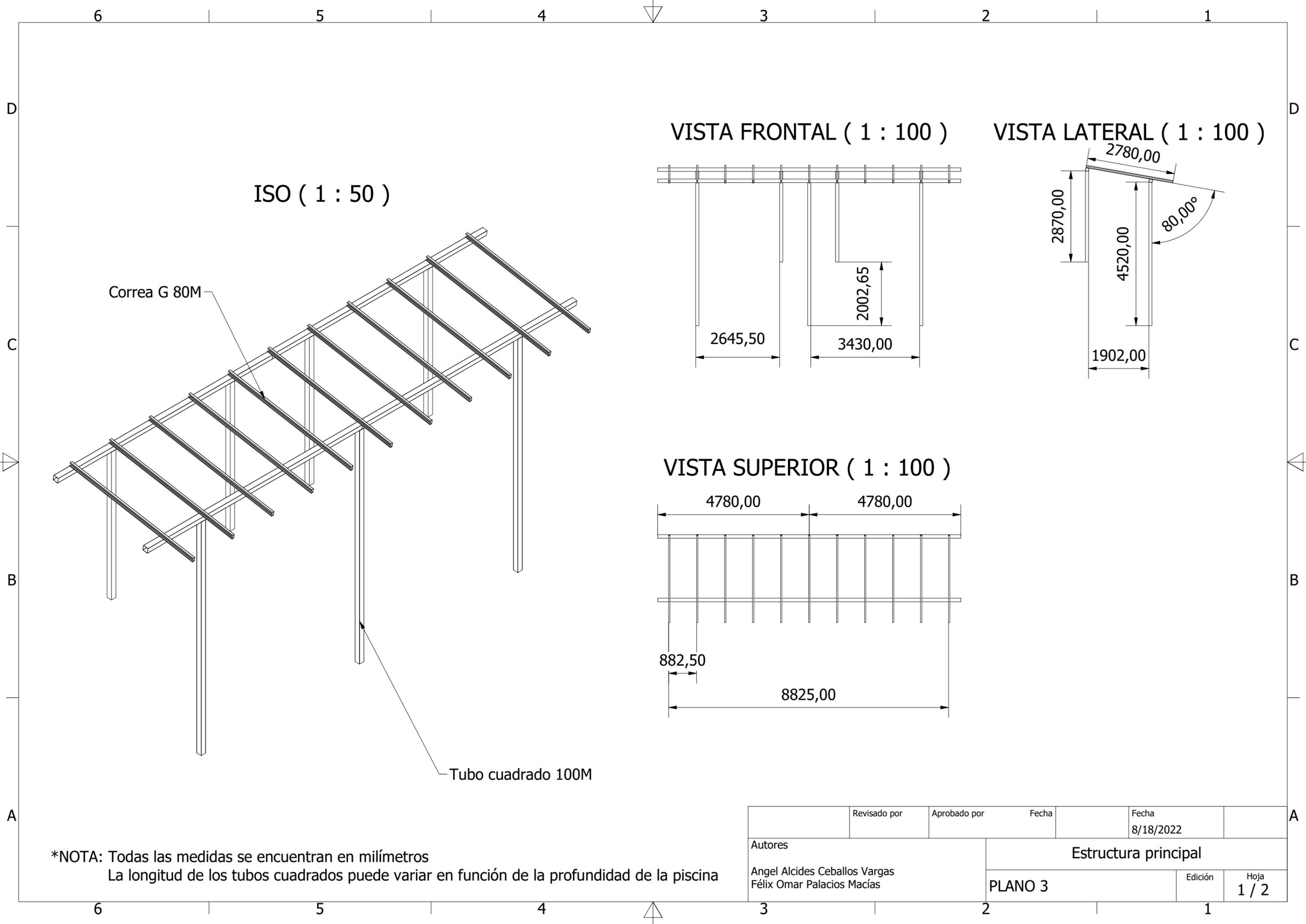
PLANO 10 Instalación eléctrica

PLANO 11 Anclaje para cables

PLANO 12 Embudo con criba

PLANO 13 Soporte de sensor de nivel

PLANO 14 Soporte de sensor de posición

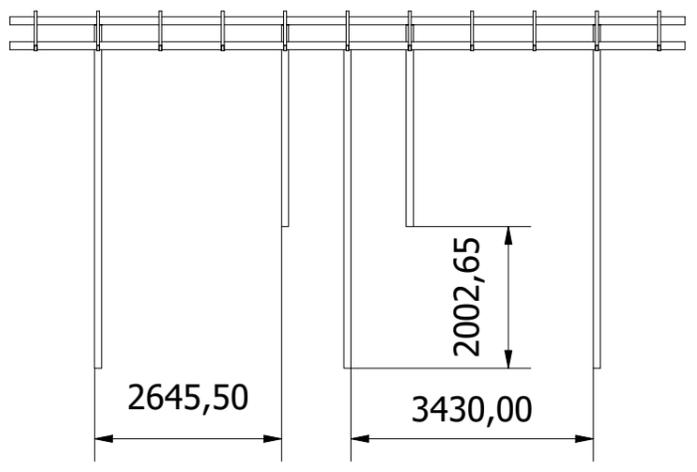


ISO (1 : 50)

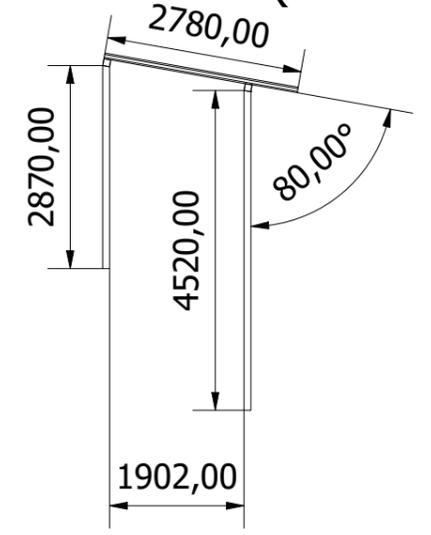
Correa G 80M

Tubo cuadrado 100M

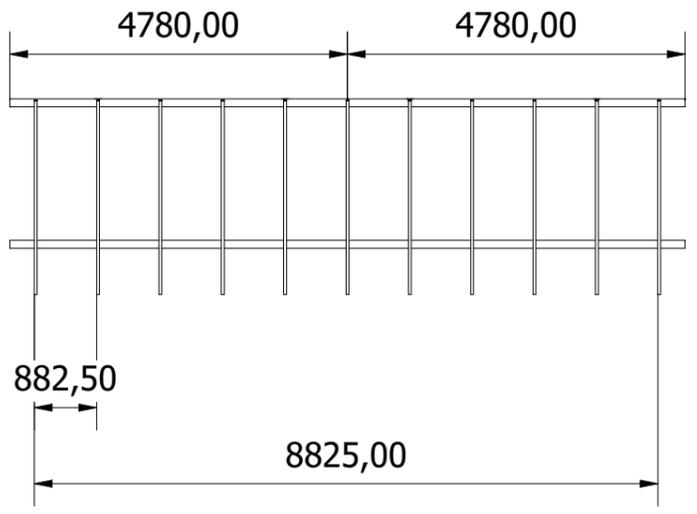
VISTA FRONTAL (1 : 100)



VISTA LATERAL (1 : 100)



VISTA SUPERIOR (1 : 100)

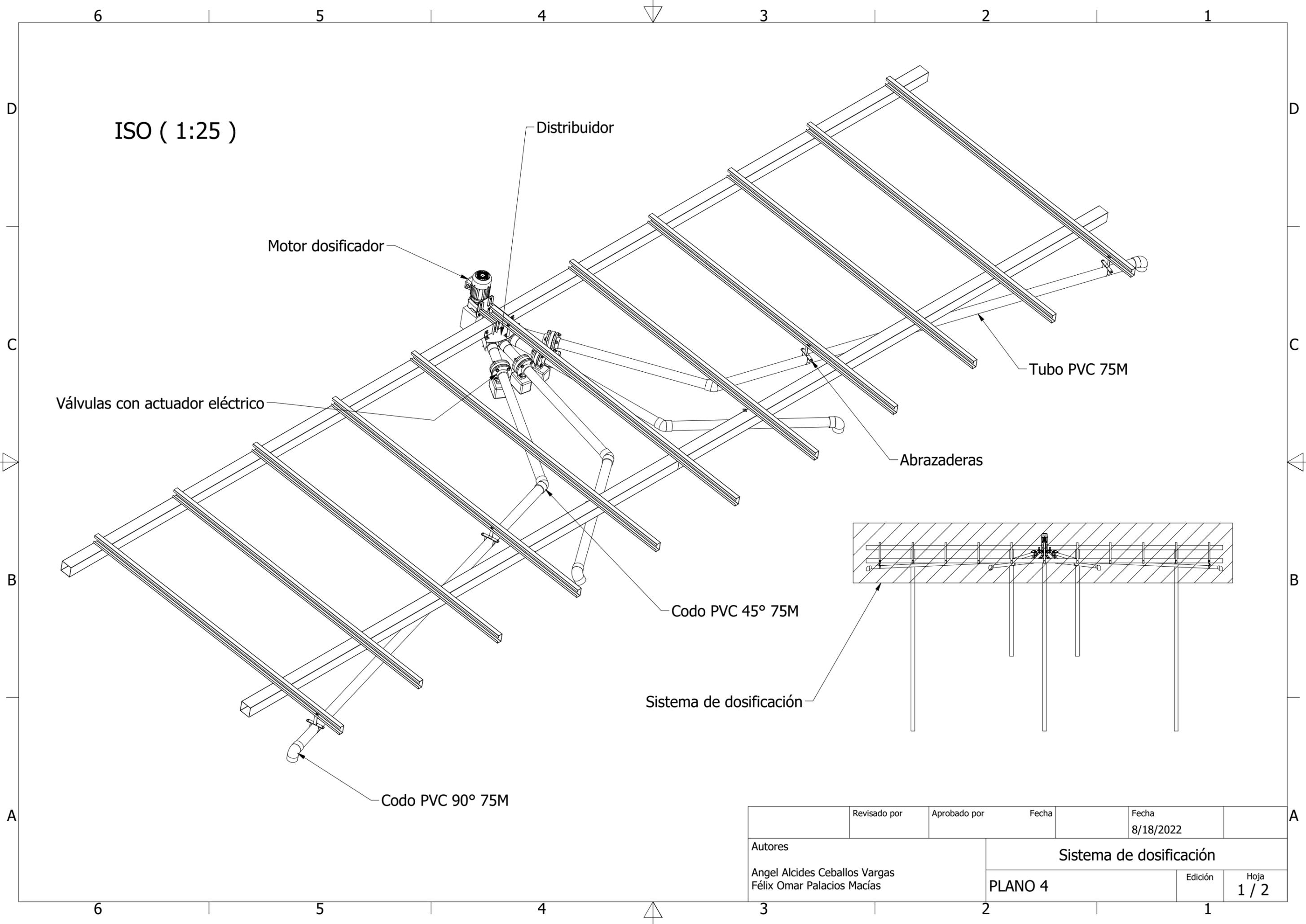


*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros
 La longitud de los tubos cuadrados puede variar en función de la profundidad de la piscina

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Estructura principal		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 3		Edición
					Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo cuadrado 100 mm de hierro galvanizado			
4.52 m	3	52.73	158.19
2.87 m	4	33.48	133.92
4.78 m	4	55.76	223.04
Correa en G 80 mm de hierro galvanizado			
2.78 m	11	12.67	139.37
Mano de obra	-	-	200.00
		TOTAL	854.52 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores		Estructura principal: Costos			
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías					
		PLANO 3		Edición	Hoja 2 / 2



ISO (1:25)

Motor dosificador

Distribuidor

Tubo PVC 75M

Válvulas con actuador eléctrico

Abrazaderas

Codo PVC 45° 75M

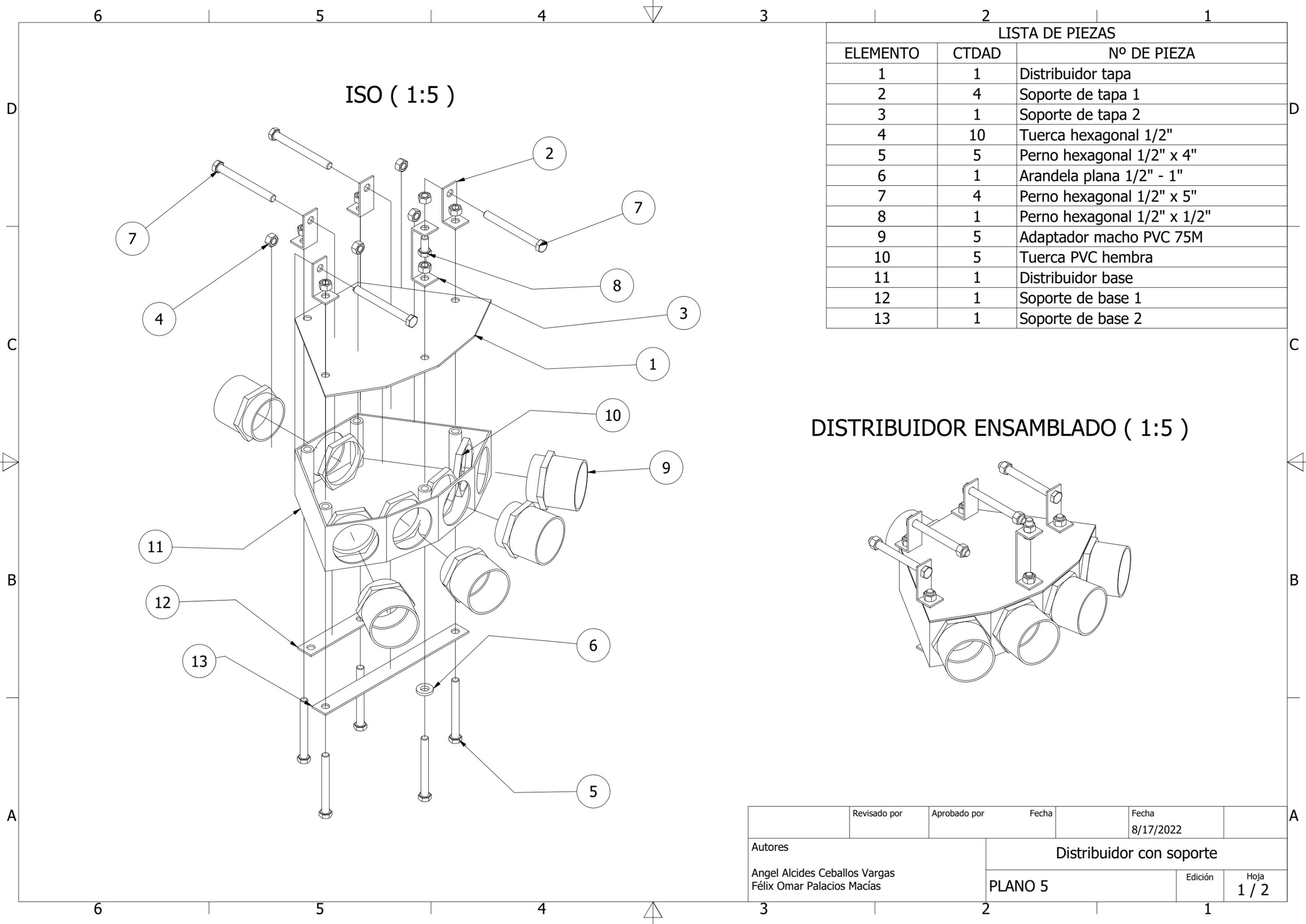
Sistema de dosificación

Codo PVC 90° 75M

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Sistema de dosificación		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías					
PLANO 4			Edición	Hoja	
				1 / 2	

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Válvula mariposa PVC con actuador eléctrico	4	159.00	636.00
Bridas PVC 75 mm			
Tubo PVC rígido 75 mm			
25 cm	4	0.75	3.00
116 cm	4	3.55	14.20
386 cm	4	11.81	47.24
Codo PVC rígido 45° 75 mm	4	3.34	13.36
Codo PVC rígido 90° 75 mm	4	3.19	12.76
Abrazadera 75 mm con soporte	6	1.86	11.16
Distribuidor con soporte	1	90.93	90.93
Soporte para motorreductor	1	14.65	14.65
Perno hexagonal de acero inoxidable			
1/2" x 4"	16	1.92	30.72
M5 x 16	12	0.10	1.20
Tuerca hexagonal de acero inoxidable			
1/2"	16	0.44	7.04
M5	12	0.04	0.48
Arandela de acero inoxidable 1/2"	32	0.34	10.88
Tornillo sin fin - Motorreductor	1	1400.00	1400.00
		TOTAL	2293.62 \$

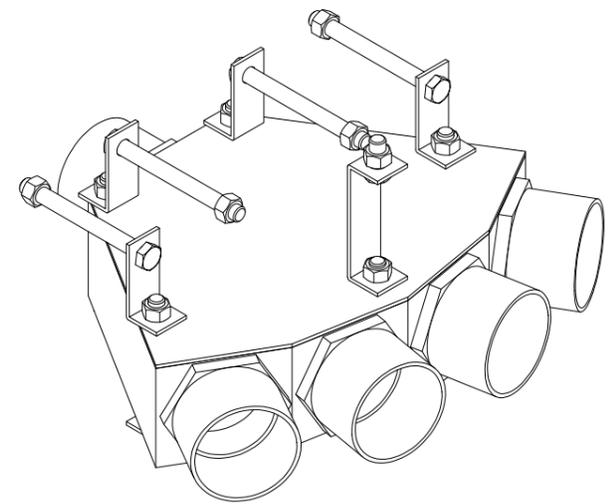
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Sistema de dosificación: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 4	Edición	Hoja 2 / 2



ISO (1:5)

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Distribuidor tapa
2	4	Soporte de tapa 1
3	1	Soporte de tapa 2
4	10	Tuerca hexagonal 1/2"
5	5	Perno hexagonal 1/2" x 4"
6	1	Arandela plana 1/2" - 1"
7	4	Perno hexagonal 1/2" x 5"
8	1	Perno hexagonal 1/2" x 1/2"
9	5	Adaptador macho PVC 75M
10	5	Tuerca PVC hembra
11	1	Distribuidor base
12	1	Soporte de base 1
13	1	Soporte de base 2

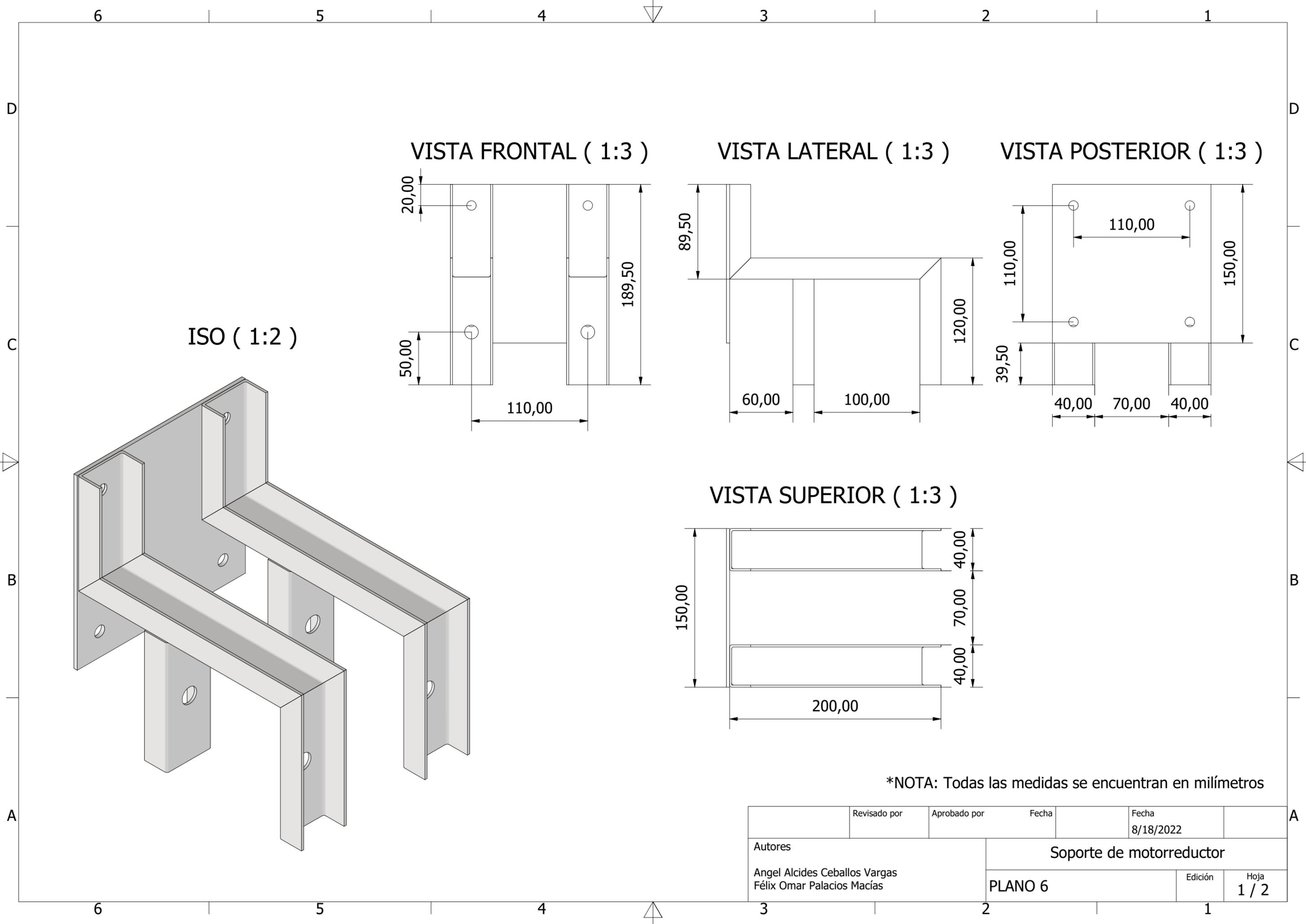
DISTRIBUIDOR ENSAMBLADO (1:5)



	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/17/2022	
Autores			Distribuidor con soporte		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 5	Edición	Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Lamina de acero galvanizado 2 mm			
Base: 54.2 x 42.2 cm	1	7.50	7.50
Tapa: 37 x 25 cm	1	3.03	3.03
Adaptador macho PVC 75 mm con tuerca	5	6.76	33.80
Platina de hierro galvanizado 30 mm			
Soporte base 1: 14.00 cm	1	0.12	0.12
Soporte base 2: 31.95 cm	1	0.27	0.27
Soporte tapa 1: 9.50 cm	4	0.08	0.32
Soporte tapa 2: 16.00 cm	1	0.13	0.13
Tubo de acero galvanizado 1/2" x 8.3 cm	5	0.22	1.10
Perno hexagonal de acero inoxidable			
1/2" x 4"	5	1.92	9.60
1/2" x 5"	4	2.55	10.20
1/2" x 1"	1	0.62	0.62
Tuerca hexagonal de acero inoxidable 1/2"	10	0.44	4.40
Arandela de acero inoxidable 1/2"	1	0.34	0.34
Mano de obra	-	-	20.00
		TOTAL	90.93 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/17/2022	
Autores			Distribuidor con soporte: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 5	Edición	Hoja 2 / 2

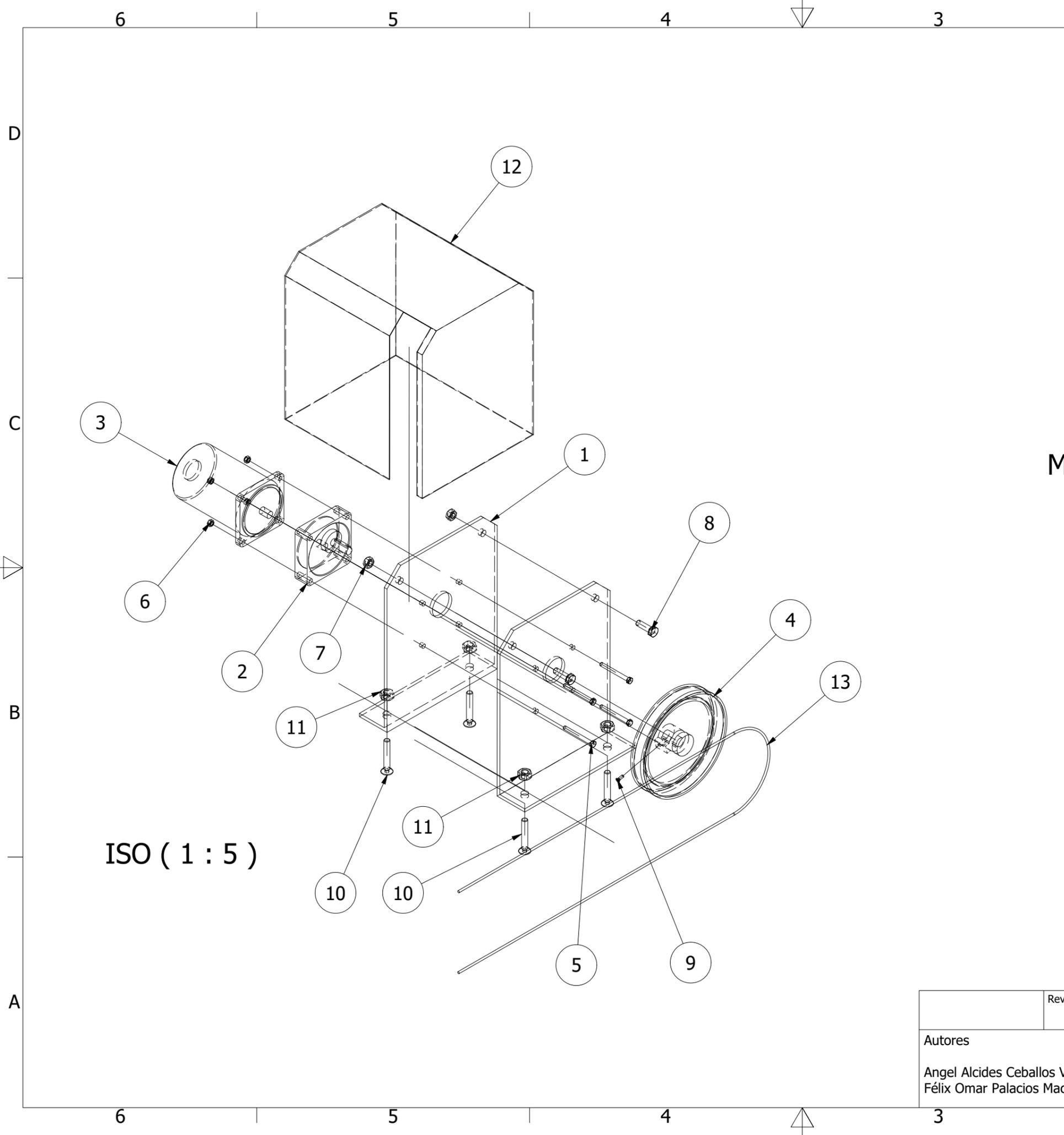


*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de motorreductor		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 6	Edición	Hoja 1 / 2

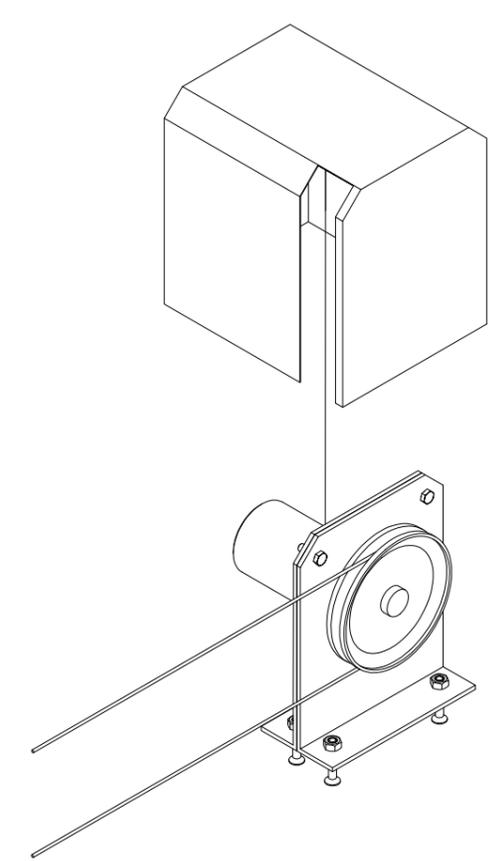
TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Plancha de hierro galvanizado 3 mm 15 x 15 cm	1	0.73	0.73
Correa en C 40 mm de hierro galvanizado			
20 cm	2	0.46	0.92
18.95 cm	2	0.43	0.86
10 cm	2	0.23	0.46
Perno hexagonal de acero inoxidable M8 x 30	4	0.30	1.20
Tuerca hexagonal de acero inoxidable M8	4	0.12	0.48
Mano de obra	-	-	10.00
		TOTAL	14.65 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de motorreductor: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 6	Edición	Hoja 2 / 2



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	2	Soporte de motor
2	1	Reductor
3	1	Motor 24VDC 60W 50rpm
4	1	Polea de 5"
5	4	Perno hexagonal M5 x 50
6	4	Tuerca hexagonal M5
7	2	Tuerca hexagonal M8
8	2	Perno hexagonal M8 x 25
9	1	Tornillo de acople
10	4	Perno de expansión 3/8" x 1 7/8"
11	4	Tuerca hexagonal 3/8"
12	1	Cubierta Metálica
13	1	Cable de acero 1/8"

MOTOR ENSAMBLADO (1 : 7)



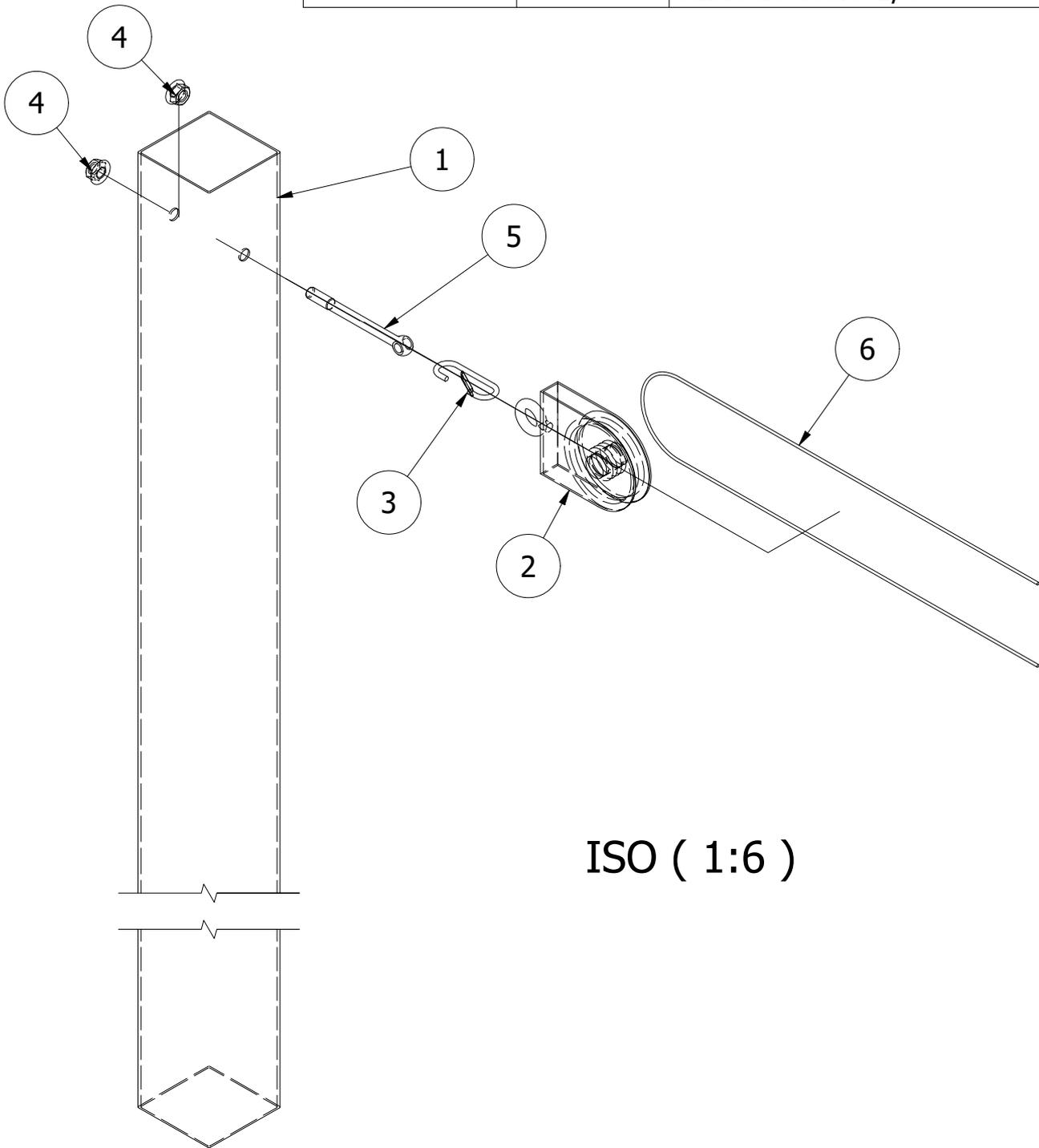
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/14/2022	
Autores			Motor con polea de tracción		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 7		Edición
					Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Motor 24VDC 60W 50rpm	1	125.00	125.00
Estructura soporte de motor de hierro galvanizado	2	2.87	5.75
Polea de acero inoxidable 5", orificio de 1/2"	1	31.64	31.64
Perno hexagonal de acero inoxidable			
M5 x 50	4	0.22	0.88
M8 x 25	2	0.29	0.58
Tuerca hexagonal de acero inoxidable			
M5	4	0.04	0.16
M8	2	0.12	0.24
Anclaje de expansión galvanizado 3/8" x 1 7/8"	4	0.54	2.16
Cubierta metálica galvanizada	1	24.73	24.73
Mano de obra	-	-	20.00
		TOTAL	211.14 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/14/2022	
Autores			Motor con polea de tracción: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 7	Edición	Hoja 2 / 2

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Tubo cuadrado 100M
2	1	Polea con soporte M100
3	1	Eslabón 3/4"
4	2	Tuerca hexagonal con brida 1/2"
5	1	Perno de ojo 1/2" x 6"
6	1	Cable de acero 1/8"



ISO (1:6)

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/14/2022	
Autores			Polea secundaria		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 8		Edición
					Hoja 1 / 2

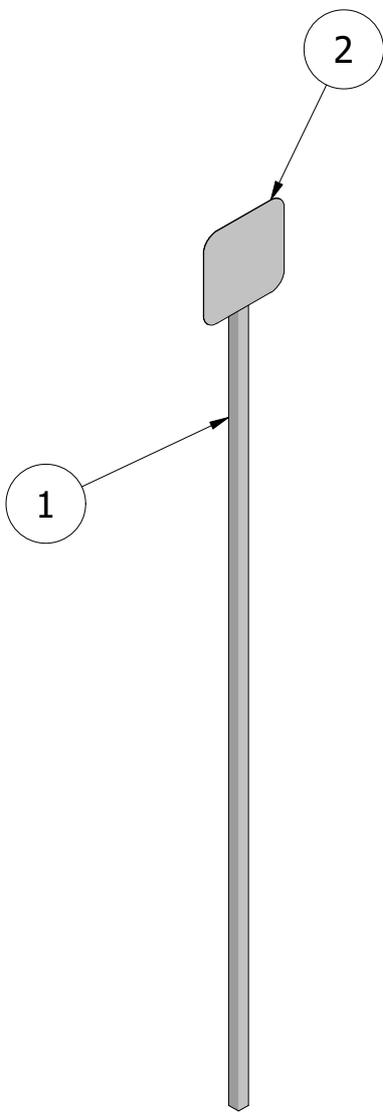
TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Polea de acero inoxidable M100	1	45.37	45.37
Eslabón de acero inoxidable 3/4"	1	1.00	1.00
Perno de ojo en acero inoxidable 1/2" x 6"	1	22.00	22.00
Tuerca hexagonal de acero inoxidable 1/2"	2	0.44	0.88
Arandela plana de acero inoxidable 1/2"	2	0.34	0.68
Tubo cuadrado 100 mm de hierro galvanizado 2.75 m	1	32.10	32.10
		TOTAL	102.03 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/14/2022	
Autores			Polea secundaria: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 8		Edición Hoja 2 / 2

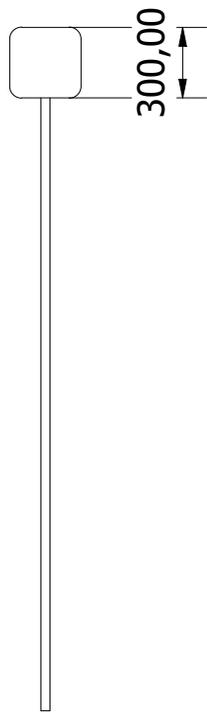


LISTA DE PIEZAS

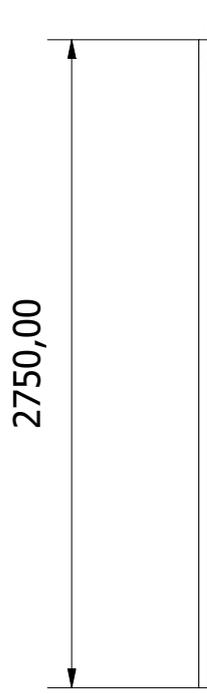
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Tubo cuadrado 1 1/2"
2	1	Lamina 30x30



VISTA FRONTAL (1 : 32)



VISTA LATERAL (1 : 32)



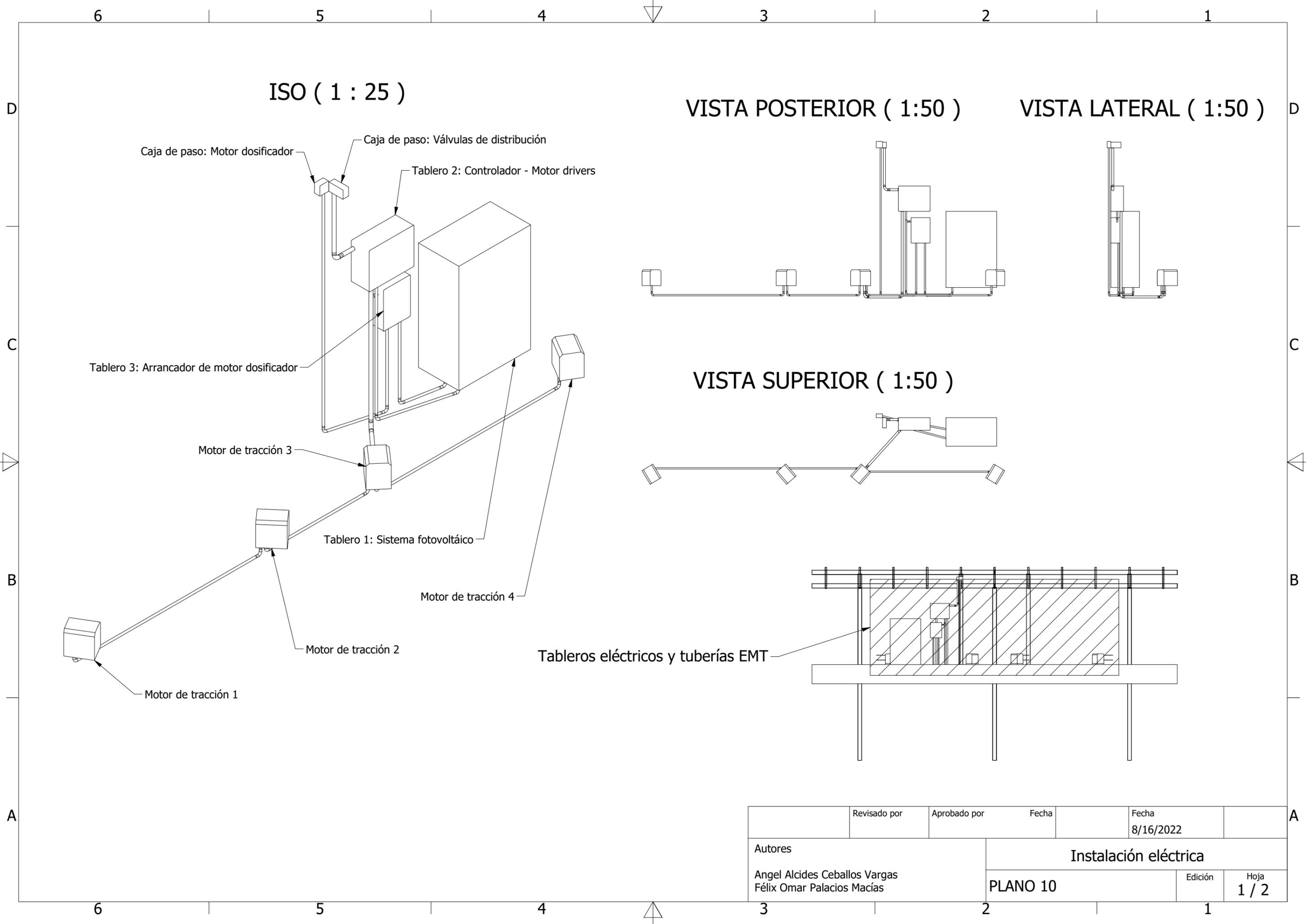
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros
 La longitud del tubo puede variar en función de la profundidad de la piscina

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Tope de posición		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 9		Edición
					Hoja 1 / 2



TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo cuadrado de hierro galvanizado 1 1/2" 2.75 m	1	11.59	11.59
Lámina de acero galvanizado 2 mm 30 x 30 cm	1	2.95	2.95
Mano de obra	-	-	5.00
		TOTAL	19.54 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Tope de posición: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 9		Edición Hoja 2 / 2



ISO (1 : 25)

VISTA POSTERIOR (1:50)

VISTA LATERAL (1:50)

VISTA SUPERIOR (1:50)

Tableros eléctricos y tuberías EMT

Caja de paso: Motor dosificador

Caja de paso: Válvulas de distribución

Tablero 2: Controlador - Motor drivers

Tablero 3: Arrancador de motor dosificador

Motor de tracción 3

Tablero 1: Sistema fotovoltaico

Motor de tracción 4

Motor de tracción 2

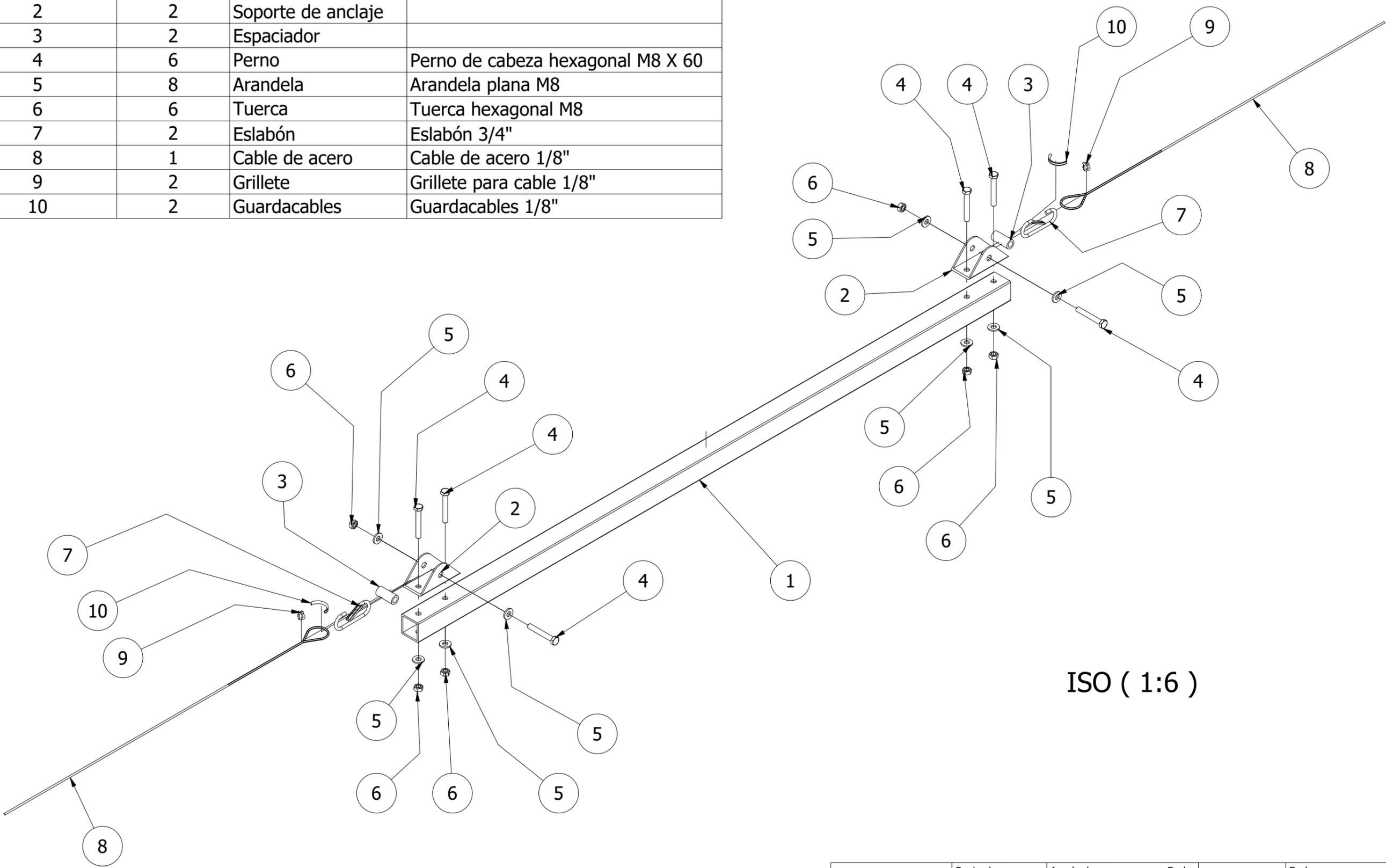
Motor de tracción 1

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/16/2022	
Autores			Instalación eléctrica		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 10	Edición	Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo EMT			
1" x 3 m	1	8.19	8.19
1/2" x 3 m	4	3.57	14.28
Conector EMT			
1"	3	0.75	2.25
1/2"	6	0.50	3.00
Caja de paso plástica			
10x10 cm	1	1.50	1.50
16x10 cm	1	5.45	5.45
Tablero 1: Sistema fotovoltaico	1	978.55	978.55
Tablero 2: Controlador - Motor drivers	1	337.91	337.91
Tablero 3: Arracador de motor dosificador	1	386.06	386.06
Sensor capacitivo	2	11.50	23.00
		TOTAL	1760.19 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/16/2022	
Autores		Instalación eléctrica: Costos			
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías		PLANO 10		Edición	Hoja 2 / 2

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Tubo soporte	Tubo cuadrado 1 1/2"
2	2	Soporte de anclaje	
3	2	Espaciador	
4	6	Perno	Perno de cabeza hexagonal M8 X 60
5	8	Arandela	Arandela plana M8
6	6	Tuerca	Tuerca hexagonal M8
7	2	Eslabón	Eslabón 3/4"
8	1	Cable de acero	Cable de acero 1/8"
9	2	Grillete	Grillete para cable 1/8"
10	2	Guardacables	Guardacables 1/8"

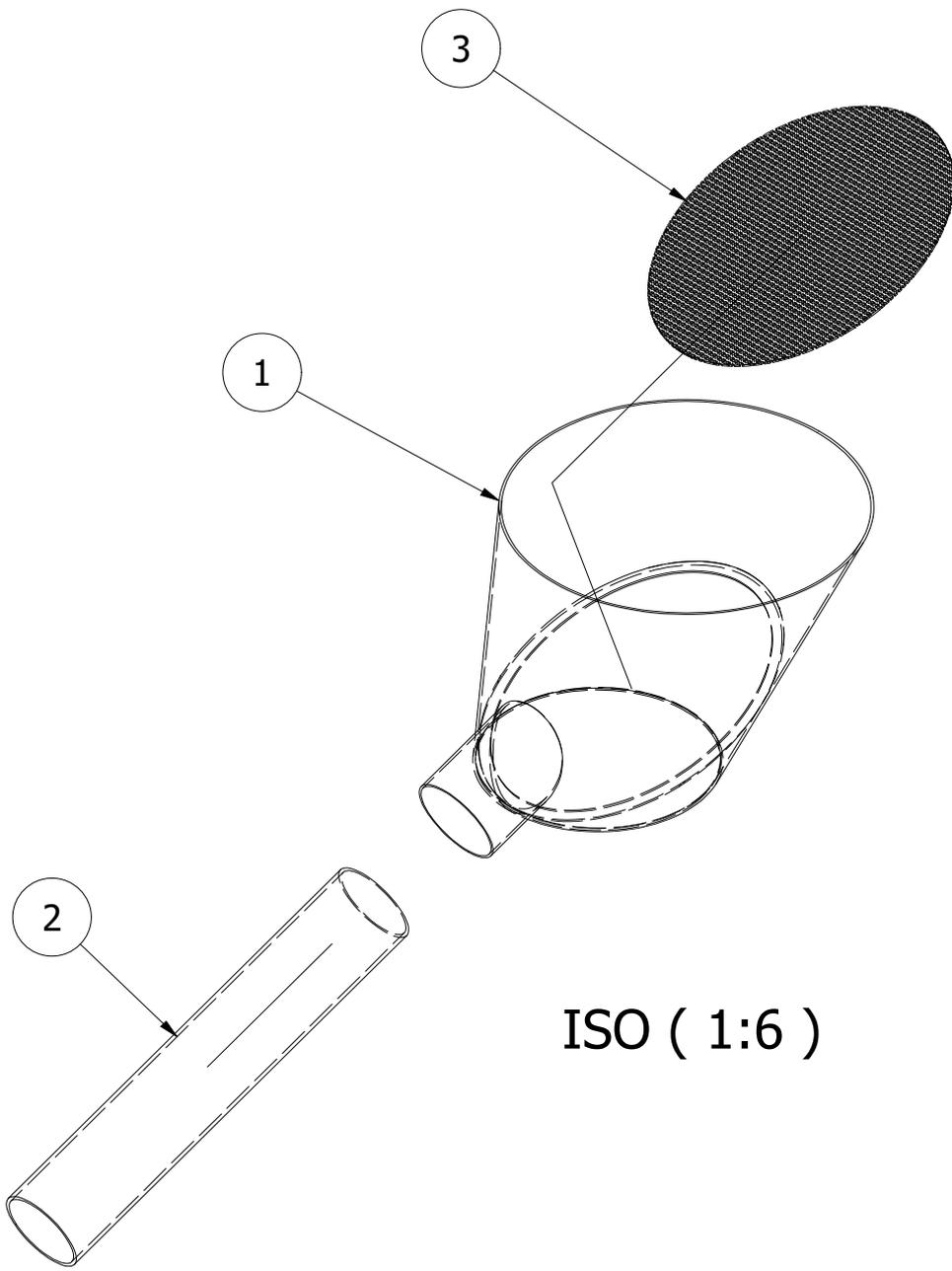


	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Anclaje para cables		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 11	Edición	Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Guardacable de acero galvanizado 1/8"	2	1.50	3.00
Grillete de acero galvanizado 1/8"	2	0.15	0.30
Eslabón de acero inoxidable 3/4"	2	1.00	2.00
Tubo cuadrado de hierro galvanizado 1 1/2" 1.325 m	1	5.58	5.58
Soporte de anclaje	2	0.38	0.76
Tubo de acero galvanizado 1/2" x 3.41 cm	2	0.10	0.20
Perno hexagonal de acero inoxidable M8 x 60	6	0.60	3.60
Tuerca de acero inoxidable M8	6	0.12	0.72
Arandela de acero inoxidable M8	8	0.08	0.64
Mano de obra	-	-	15.00
		TOTAL	31.80 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Anclaje para cables: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 11		Edición Hoja 2 / 2

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Embudo
2	1	Tubo PVC 75M
3	1	Criba



ISO (1:6)

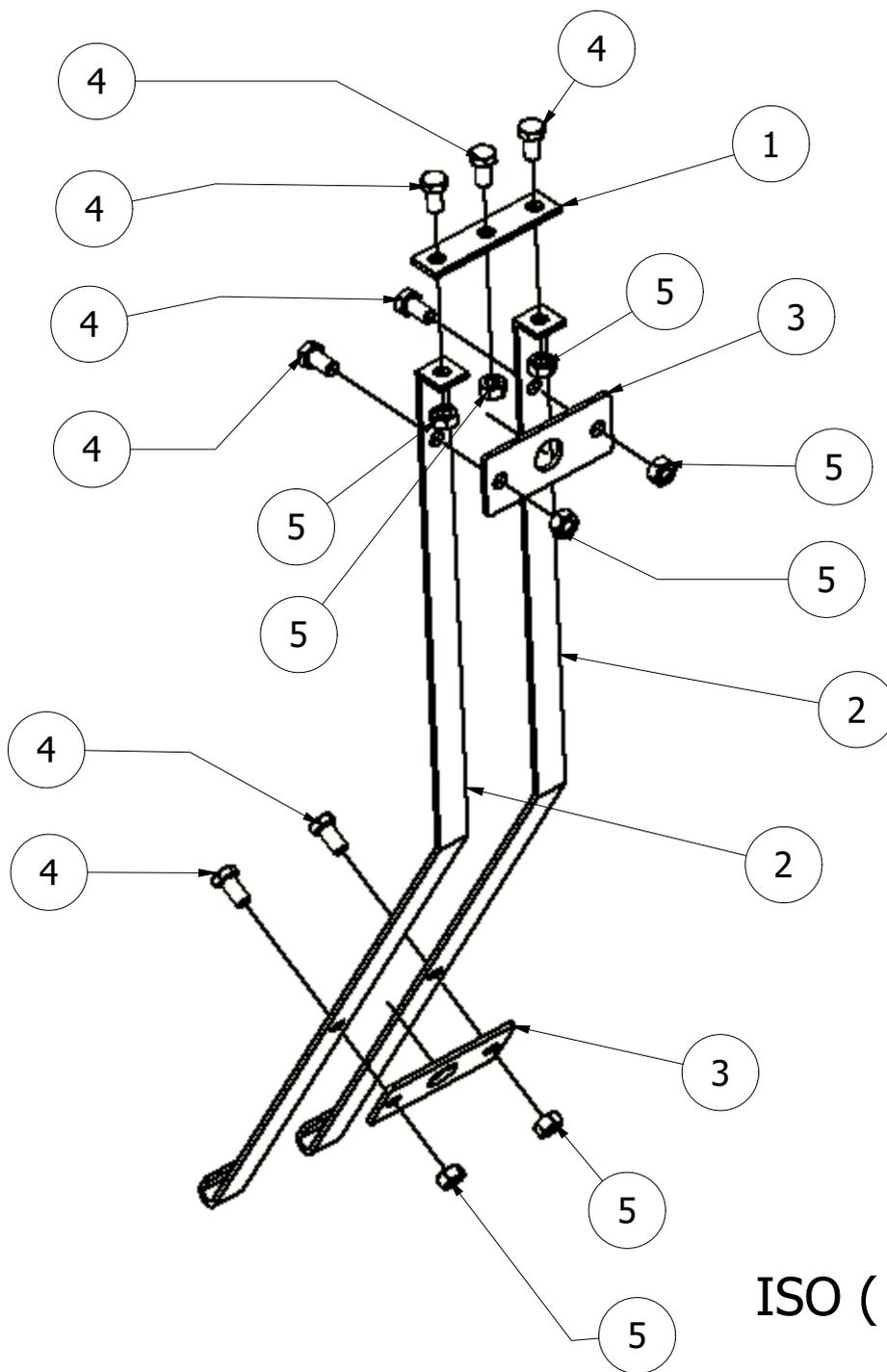
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/13/2022	
Autores			Embudo con criba		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 12	Edición	Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Criba metálica 1 mm	1	39.00	39.00
Tubo PVC rígido 75 mm 40 cm	1	1.20	1.20
Mano de obra	-	-	10.00
		TOTAL	50.20 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/13/2022	
Autores			Embudo con criba: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 12	Edición	Hoja 2 / 2

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Soporte superior
2	2	Soporte lateral
3	2	Soporte de sensor capacitivo M18
4	7	Perno de cabeza hexagonal M8 X 16
5	7	Tuerca hexagonal M8



ISO (1:4)

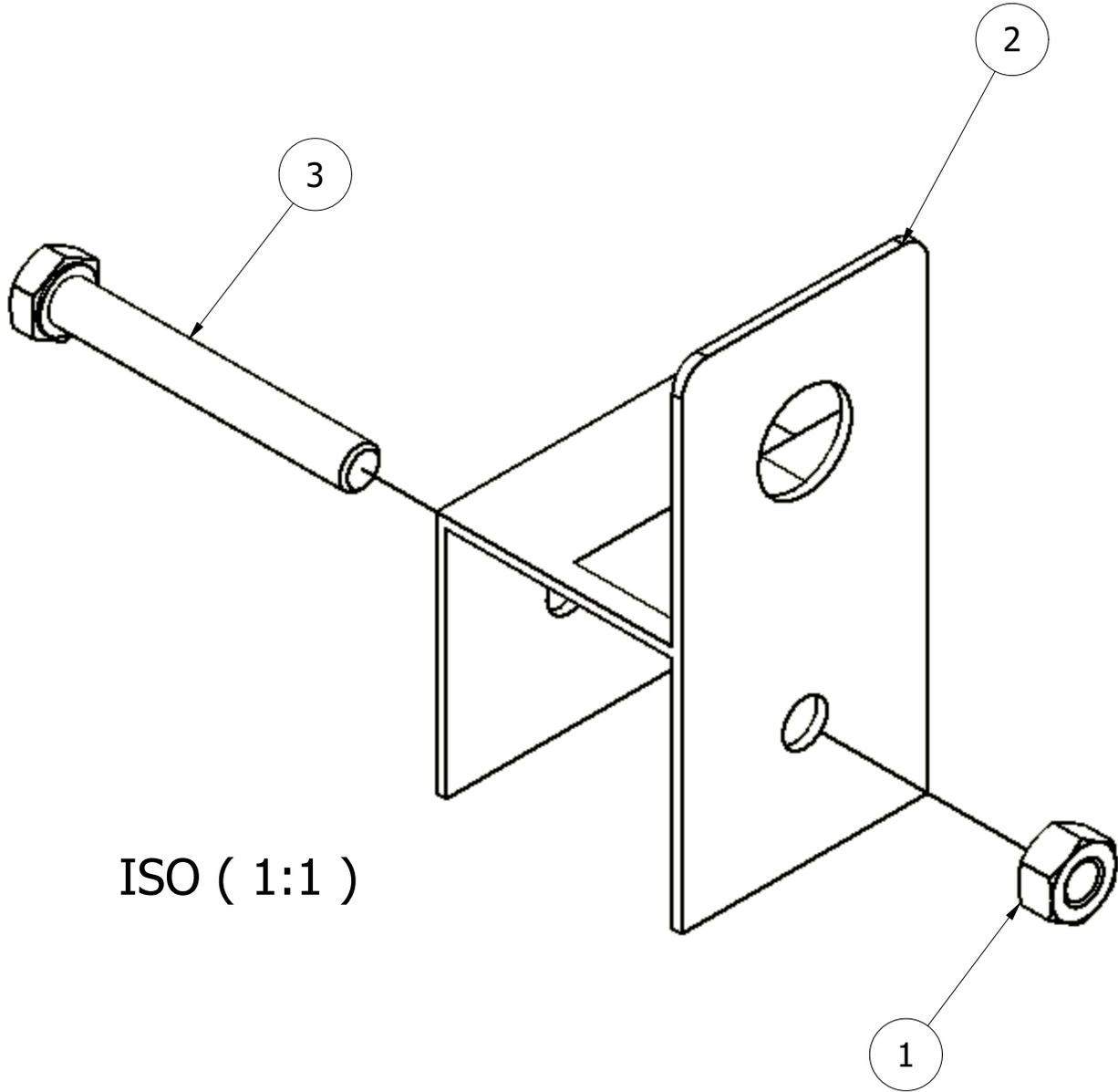
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte de sensores de nivel		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 13		Edición Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Platina de hierro galvanizado 5 cm 9 cm	2	0.15	0.30
Platina de hierro galvanizado 2 cm 78.64 cm 9 cm	2	0.44	0.88
	1	0.05	0.05
Perno hexagonal de acero inoxidable M8 x 16	7	0.21	1.47
Tuerca de acero inoxidable M8	7	0.12	0.84
Mano de obra	-	-	10.00
		TOTAL	13.54 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte de sensores de nivel: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías					
			PLANO 13	Edición	Hoja 2 / 2

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Tuerca hexagonal M8
2	1	Soporte de sensor fotoeléctrico M18
3	1	Perno de cabeza hexagonal M8 X 60



ISO (1:1)

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/13/2022	
Autores			Soporte de sensores de posición		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 14	Edición	Hoja 1 / 2

TABLA			
Componente	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Platina de hierro galvanizado 5 cm 10 cm	1	0.16	0.16
Correa en C de hierro galvanizado 50 mm 5 cm	1	0.12	0.12
Perno hexagonal de acero inoxidable M8 x 60	1	0.60	0.60
Tuerca hexagonal de acero inoxidable M8	1	0.12	0.12
Mano de obra	-	-	5.00
		TOTAL	6.00 \$

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/13/2022	
Autores			Soporte de sensores de posición: Costos		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 14		Edición Hoja 2 / 2

APÉNDICE H

En esta sección se presentan los planos para la fabricación de partes detalladas del sistema de llenado.

PLANO 15 Soporte de abrazadera

PLANO 16 Distribuidor (Base y Tapa)

PLANO 17 Soporte base 1

PLANO 18 Soporte base 2

PLANO 19 Soporte tapa 1

PLANO 20 Soporte tapa 2

PLANO 21 Soporte de motor de tracción

PLANO 22 Tubo soporte de anclaje

PLANO 23 Soporte de anclaje

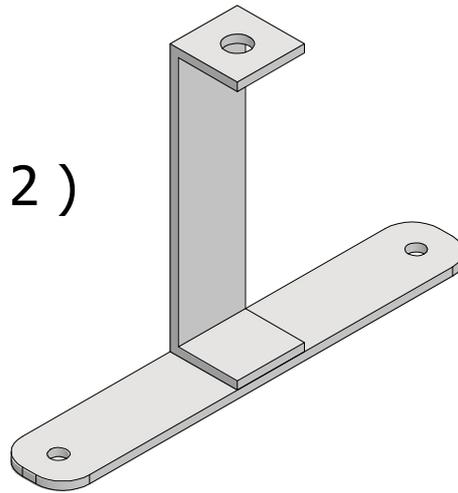
PLANO 24 Soporte lateral

PLANO 25 Soporte superior

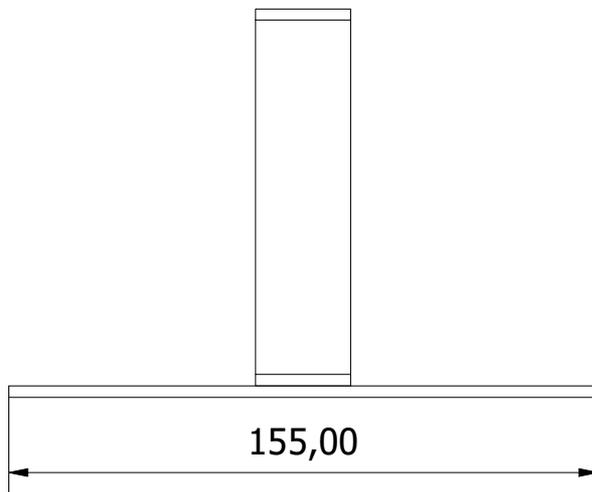
PLANO 26 Soporte de sensor capacitivo

PLANO 27 Soporte de sensor fotoeléctrico

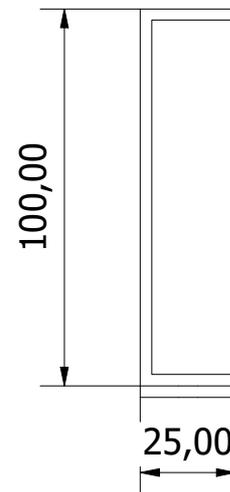
ISO (1 : 2)



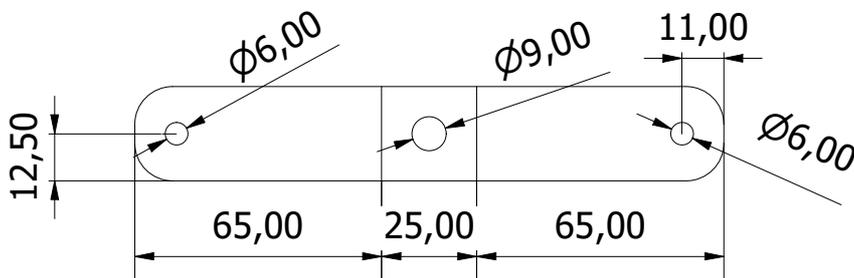
VISTA FRONTAL (1 : 2)



VISTA LATERAL (1 : 2)



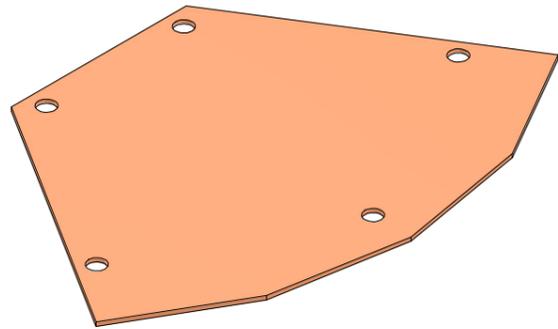
VISTA SUPERIOR (1 : 2)



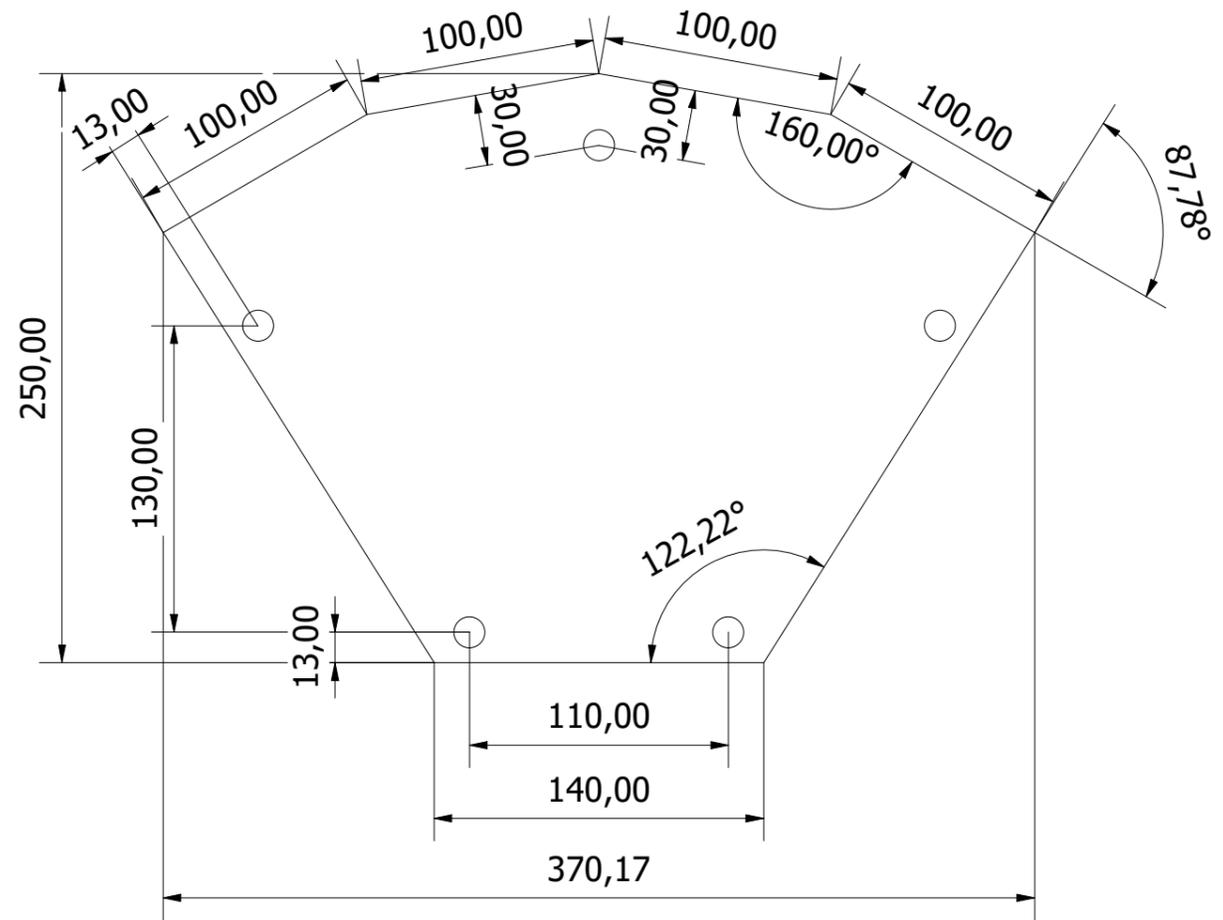
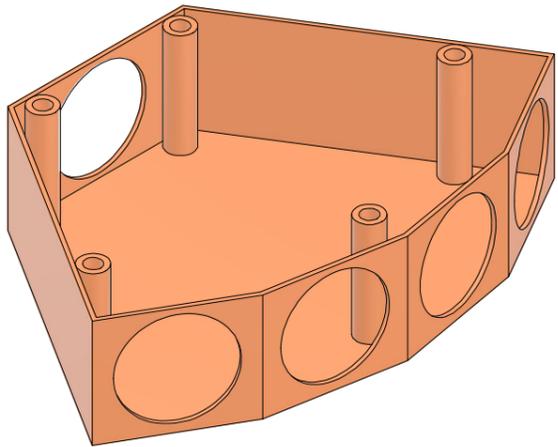
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de abrazadera		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 15		Edición
					Hoja 1 / 1

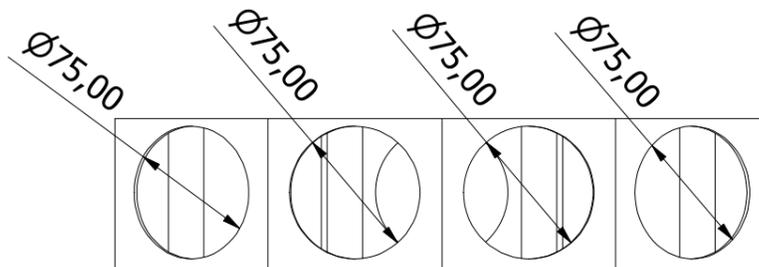
TAPA (1 : 4)



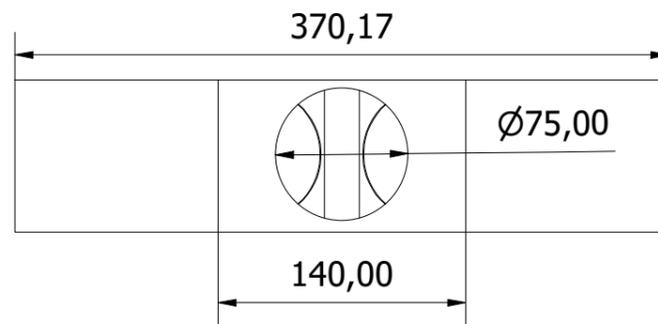
BASE (1 : 4)



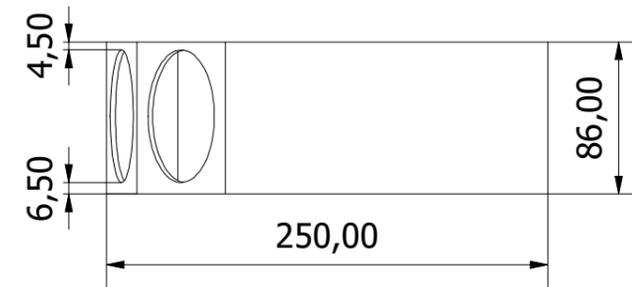
VISTA SUPERIOR (1 : 3)



VISTA FRONTAL (1 : 4)



VISTA POSTERIOR (1 : 4)

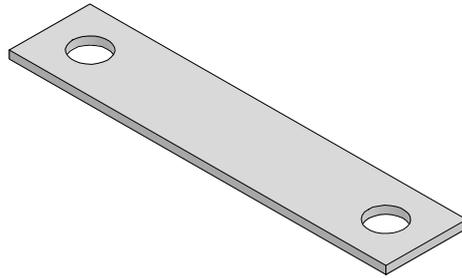


VISTA LATERAL (1 : 4)

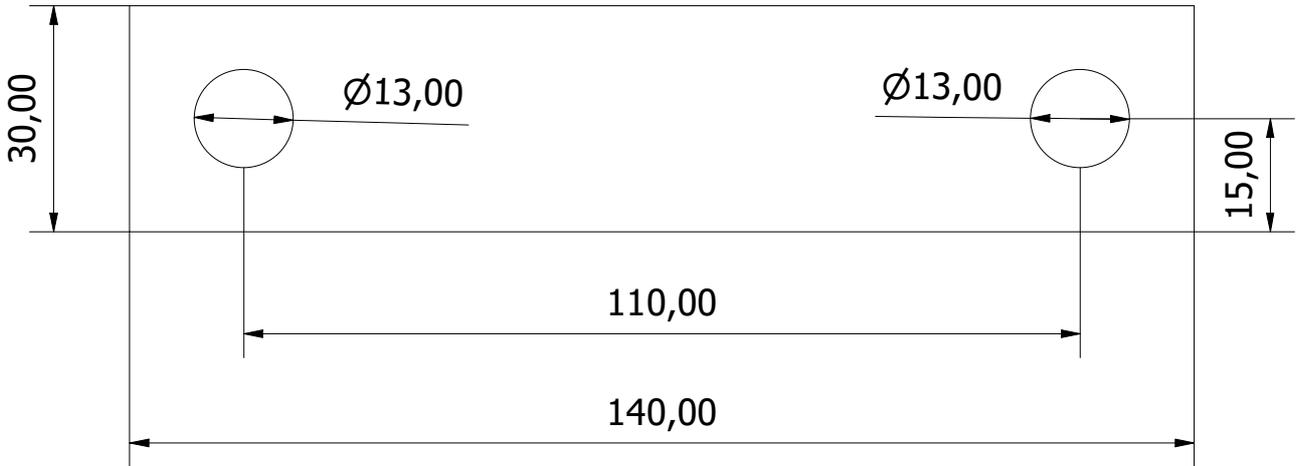
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Distribuidor (Base y Tapa)		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 16	Edición	Hoja 1 / 1

ISO (1 : 2)



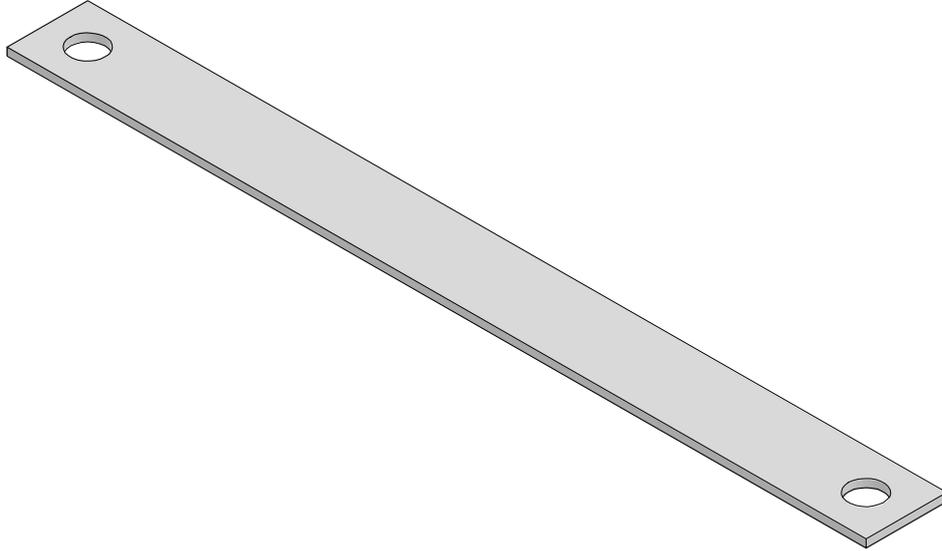
VISTA SUPERIOR (1 : 1)



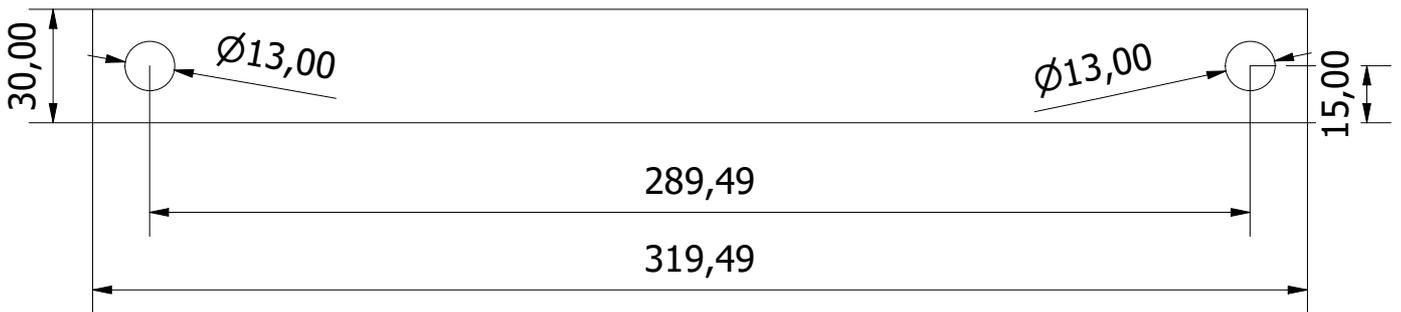
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de base 1		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 17	Edición	Hoja 1 / 1

ISO (1 : 2)

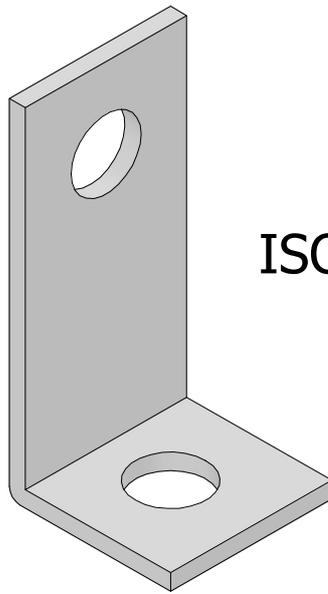


VISTA SUPERIOR (1 : 2)



*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

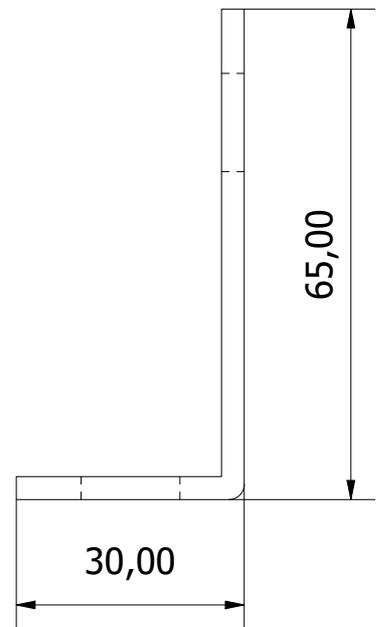
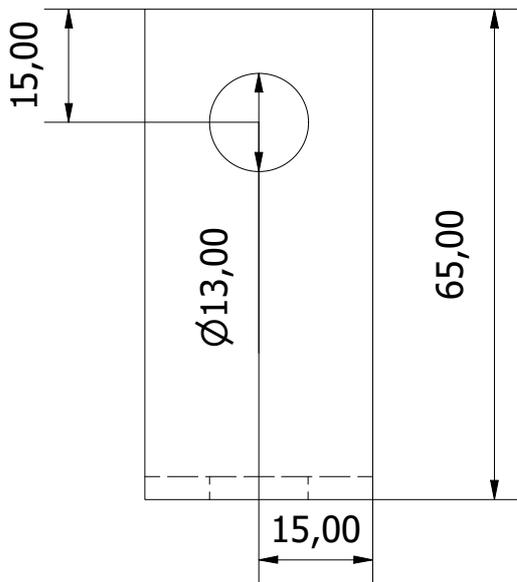
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de base 2		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 18	Edición	Hoja 1 / 1



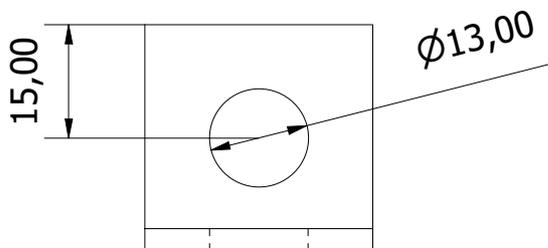
ISO (1 : 1)

VISTA POSTERIOR (1 : 1)

VISTA LATERAL (1 : 1)



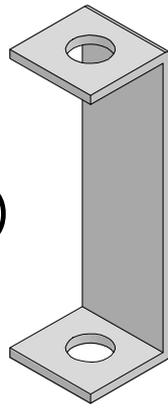
VISTA SUPERIOR (1 : 1)



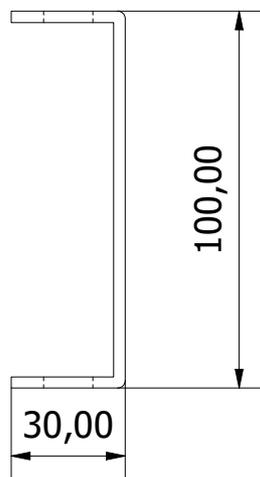
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de tapa 1		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 19	Edición	Hoja 1 / 1

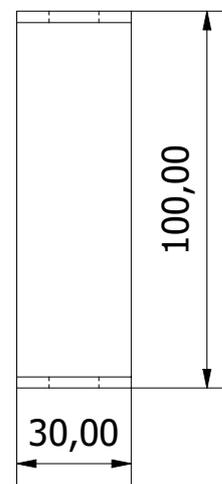
ISO (1 : 2)



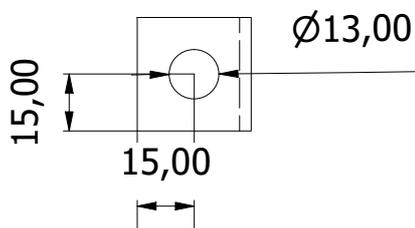
VISTA LATERAL (1 : 2)



VISTA FRONTAL (1 : 2)



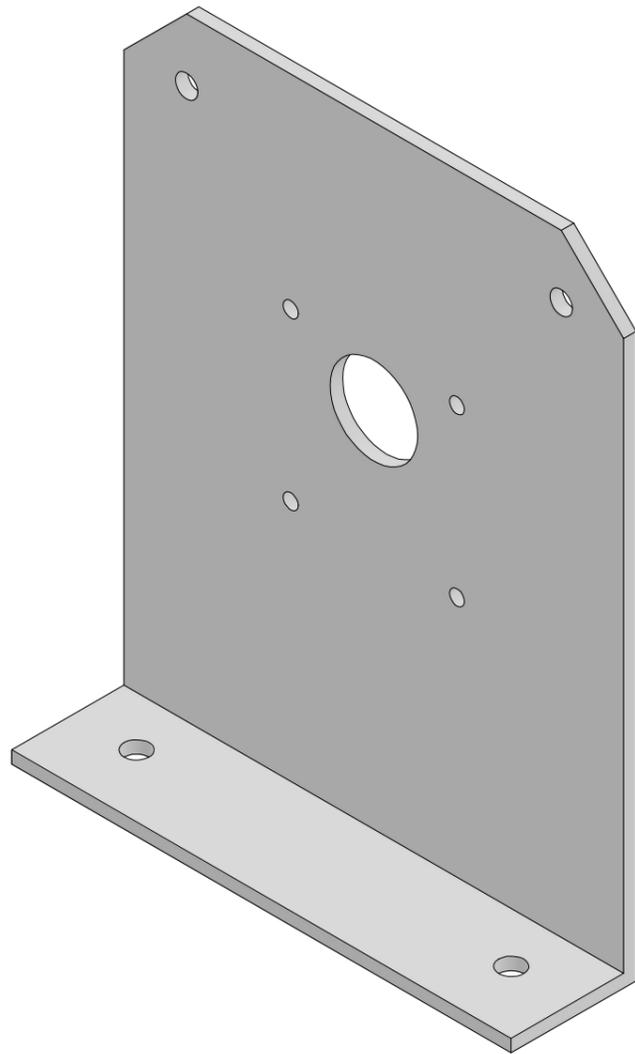
VISTA SUPERIOR (1 : 2)



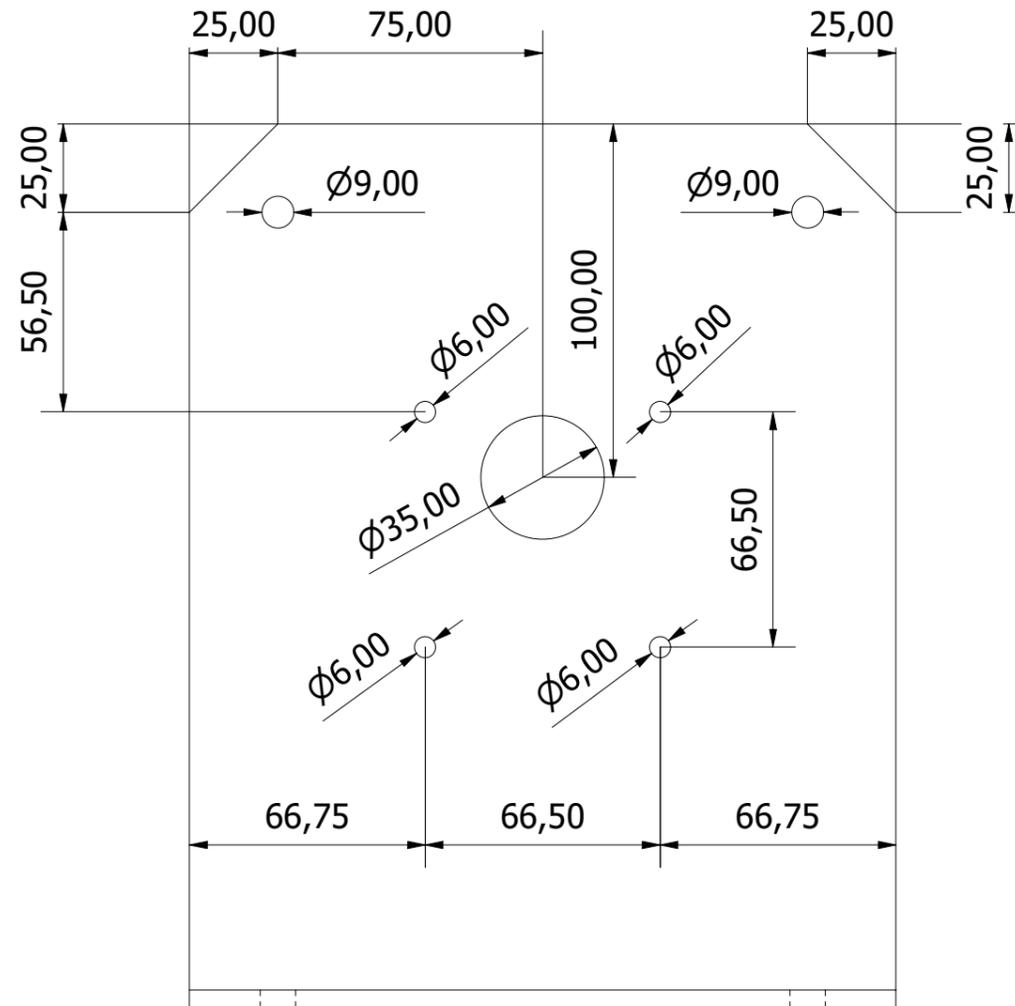
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/18/2022	
Autores			Soporte de tapa 2		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 20	Edición	Hoja 1 / 1

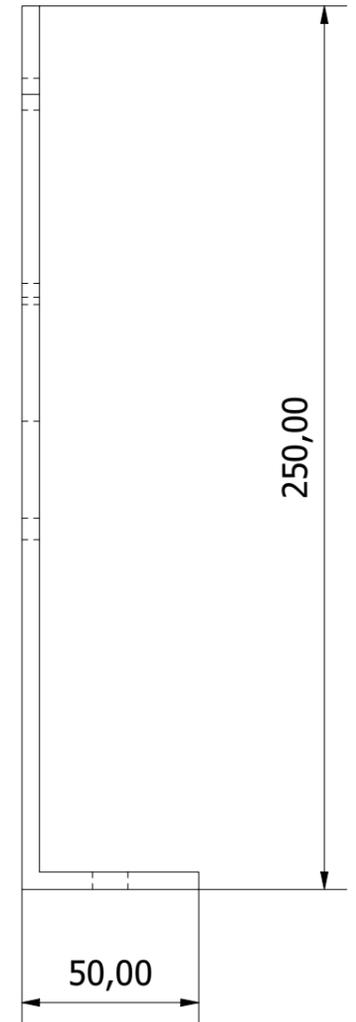
ISO (1 : 2)



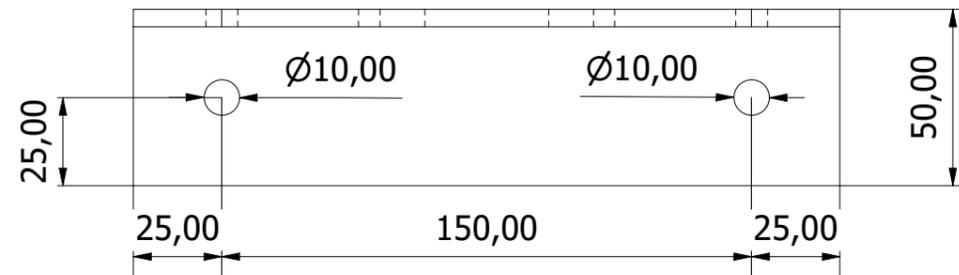
VISTA FRONTAL (1 : 2)



VISTA LATERAL (1 : 2)

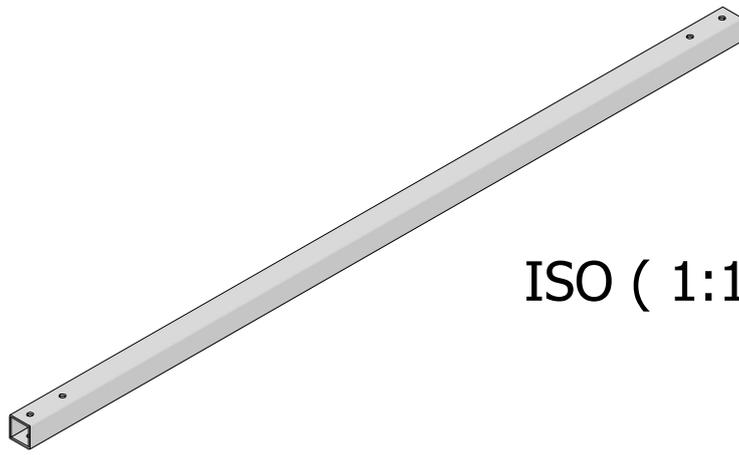


VISTA SUPERIOR (1 : 2)



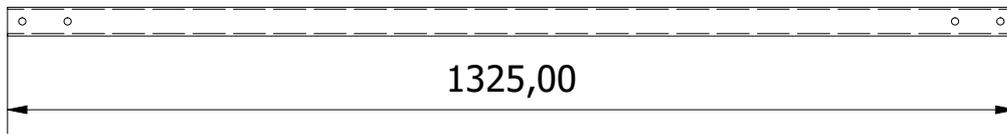
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/14/2022	
Autores			Soporte de motor de tracción		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 21	Edición	Hoja 1 / 1

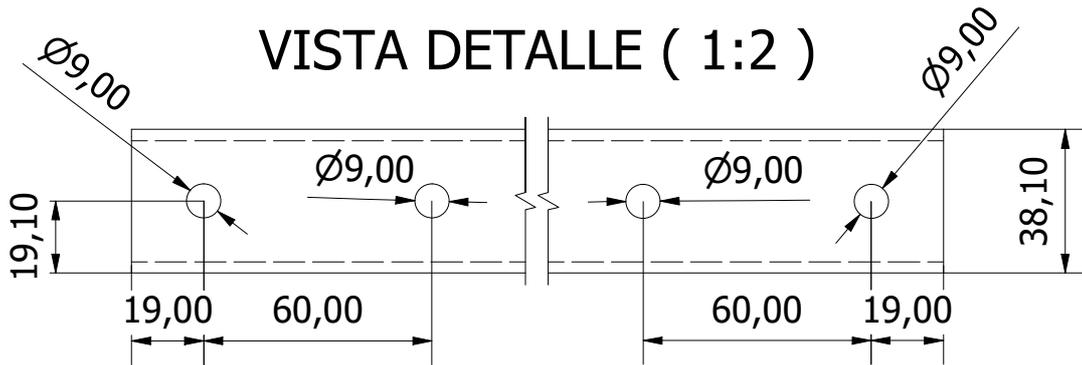


ISO (1:10)

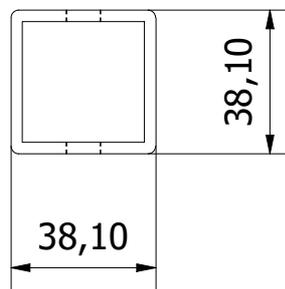
VISTA SUPERIOR (1:10)



VISTA DETALLE (1:2)

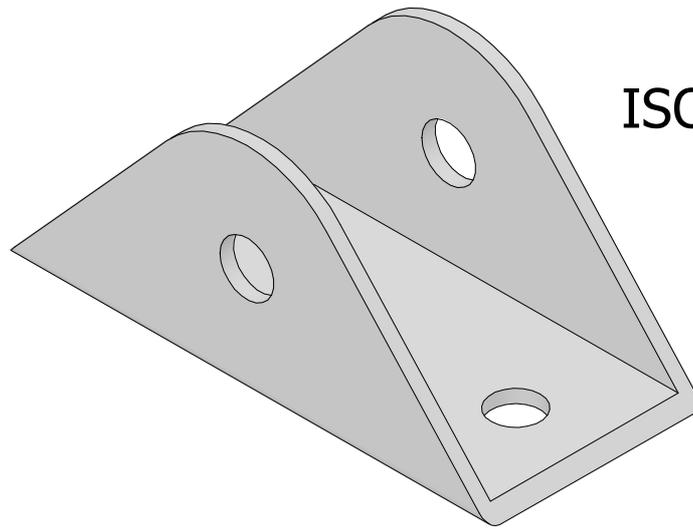


VISTA LATERAL (1:2)



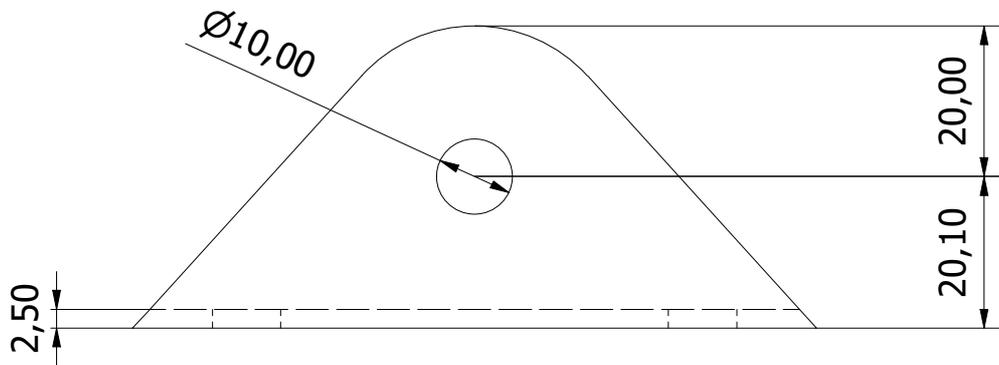
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Tubo soporte de anclaje		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 22		Edición
					Hoja 1 / 1

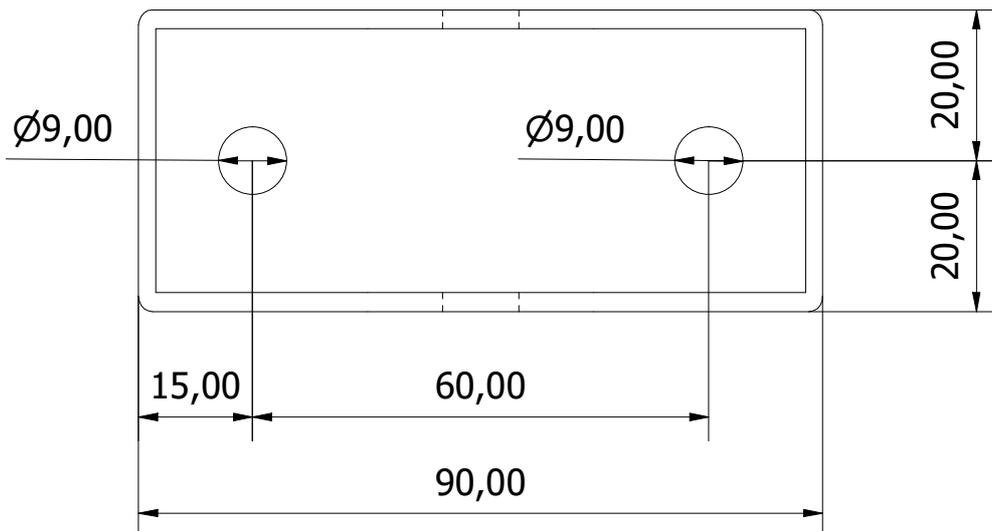


ISO (1 : 1)

VISTA LATERAL (1 : 1)



VISTA SUPERIOR (1 : 1)



*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

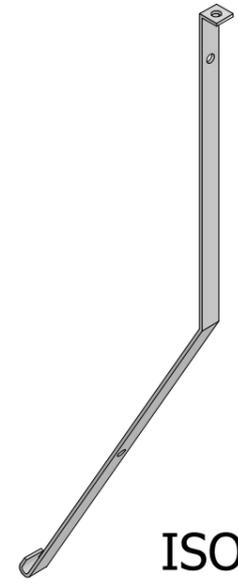
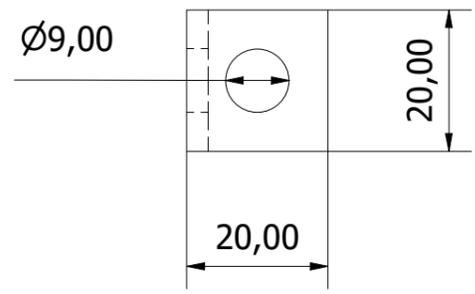
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte de anclaje		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 23		Edición Hoja 1 / 1

6 5 4 3 2 1

D

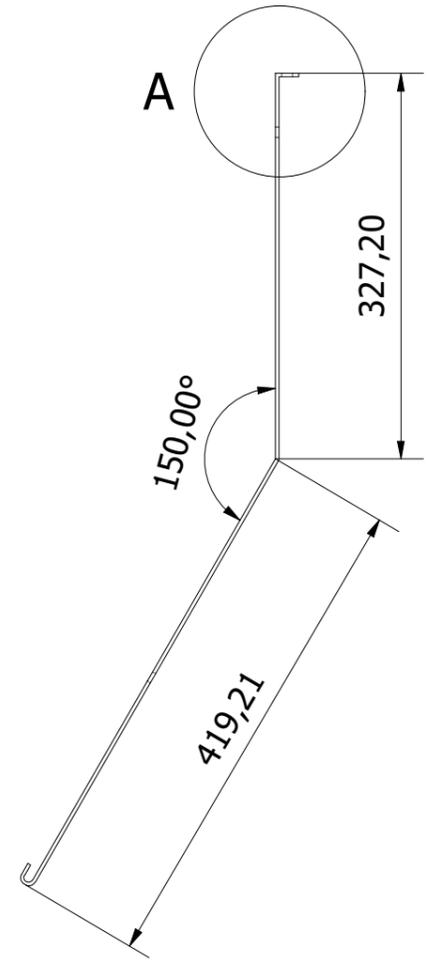
D

C (1:1)

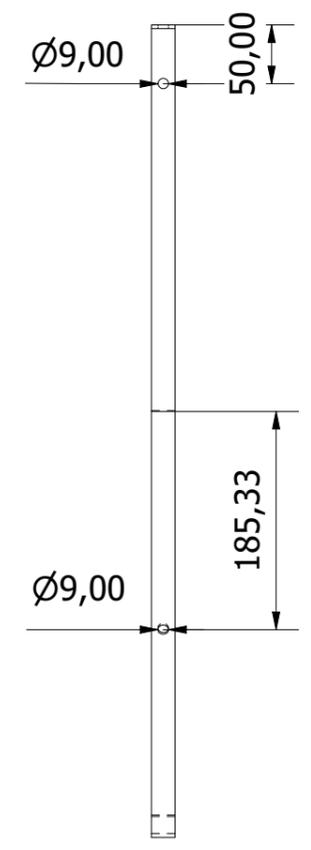


ISO (1:6)

VISTA LATERAL (1:6)



VISTA FRONTAL (1 : 6)

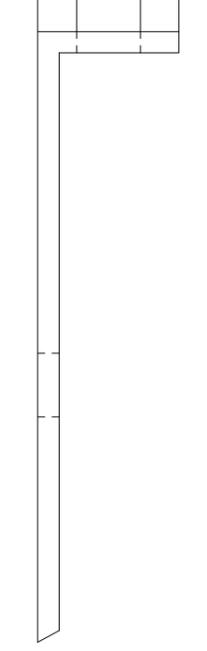


C

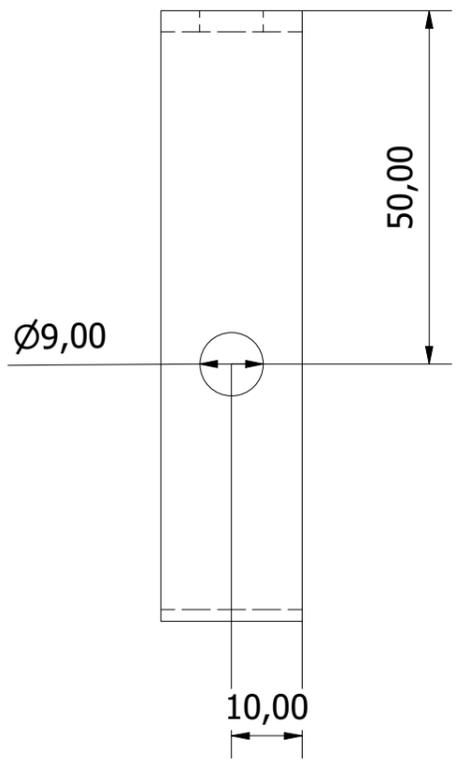
C

C

5,50 5,50



B (1:1)



B

B

B

A (1:1)

10,00

50,00

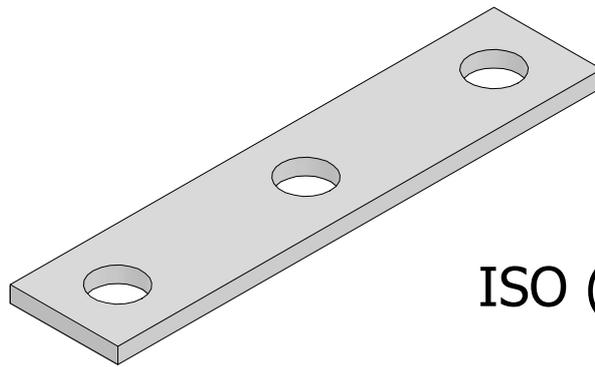
A

A

*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

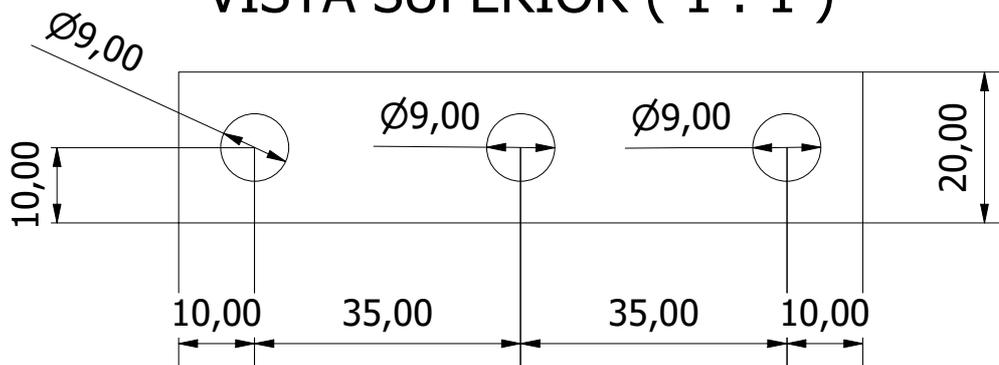
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte lateral		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 24	Edición	Hoja 1 / 1

6 5 4 3 2 1

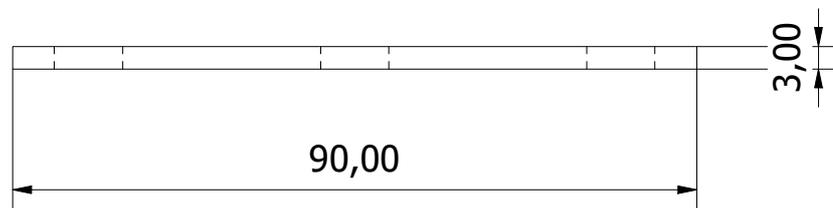


ISO (1 : 1)

VISTA SUPERIOR (1 : 1)

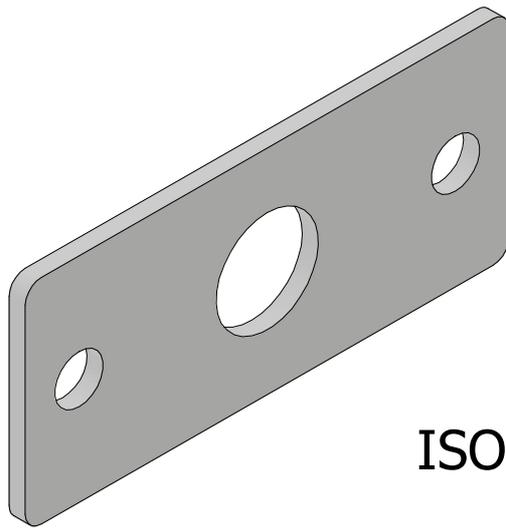


VISTA FRONTAL (1 : 1)



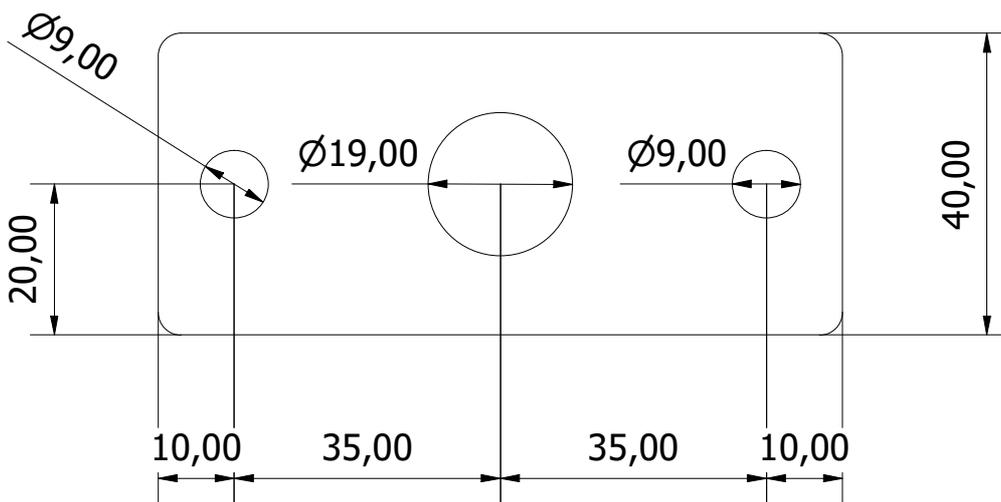
*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte superior		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 25		Edición Hoja 1 / 1

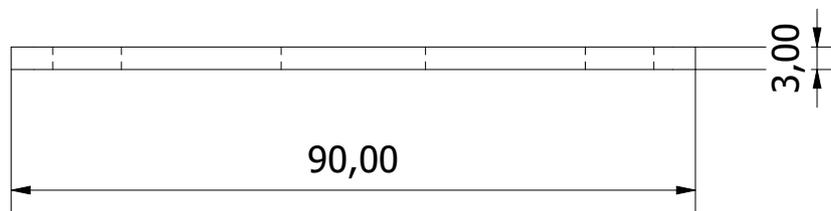


ISO (1 : 1)

VISTA FRONTAL (1 : 1)



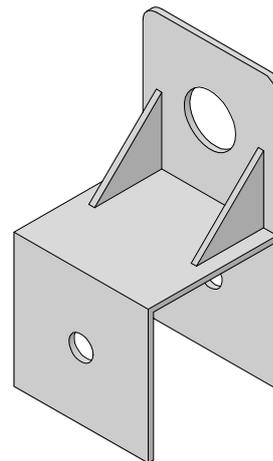
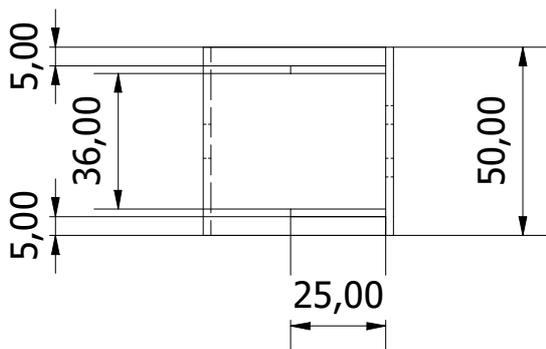
VISTA SUPERIOR (1 : 1)



*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

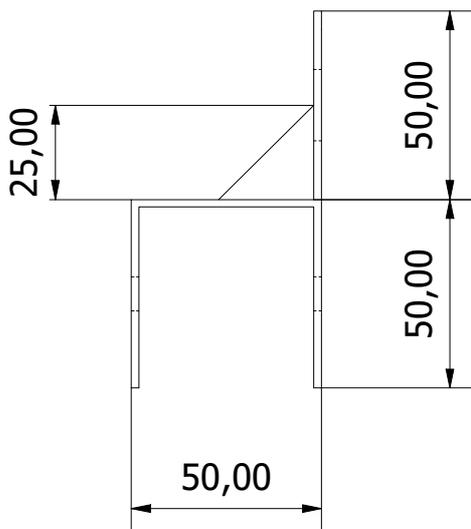
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/12/2022	
Autores			Soporte de sensor capacitivo		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 26		Edición Hoja 1 / 1

VISTA SUPERIOR (1 : 2)

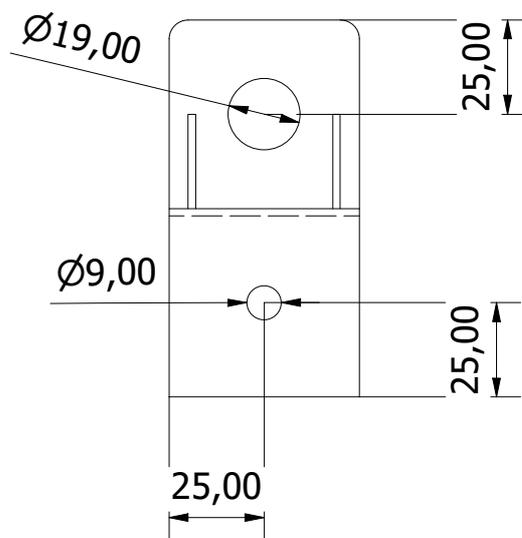


ISO (1 : 2)

VISTA LATERAL (1 : 2)



VISTA FRONTAL (1 : 2)



*NOTA: Todas las medidas se encuentran en milímetros

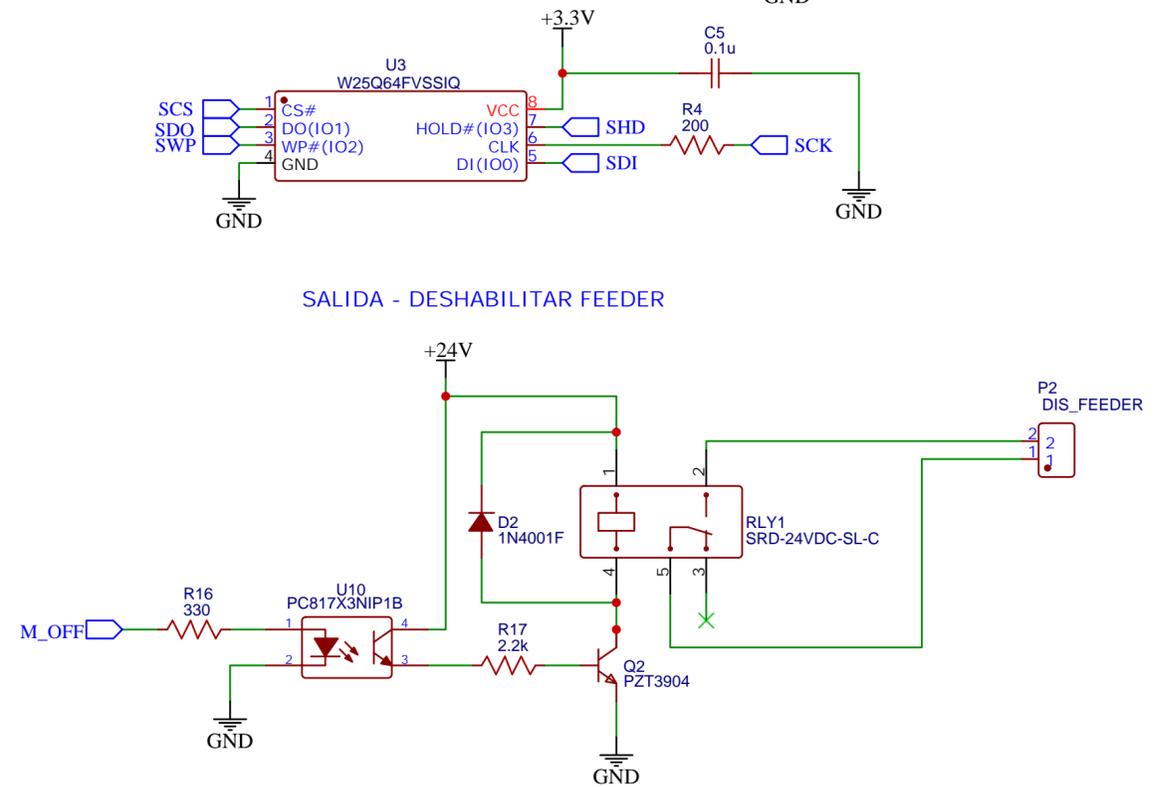
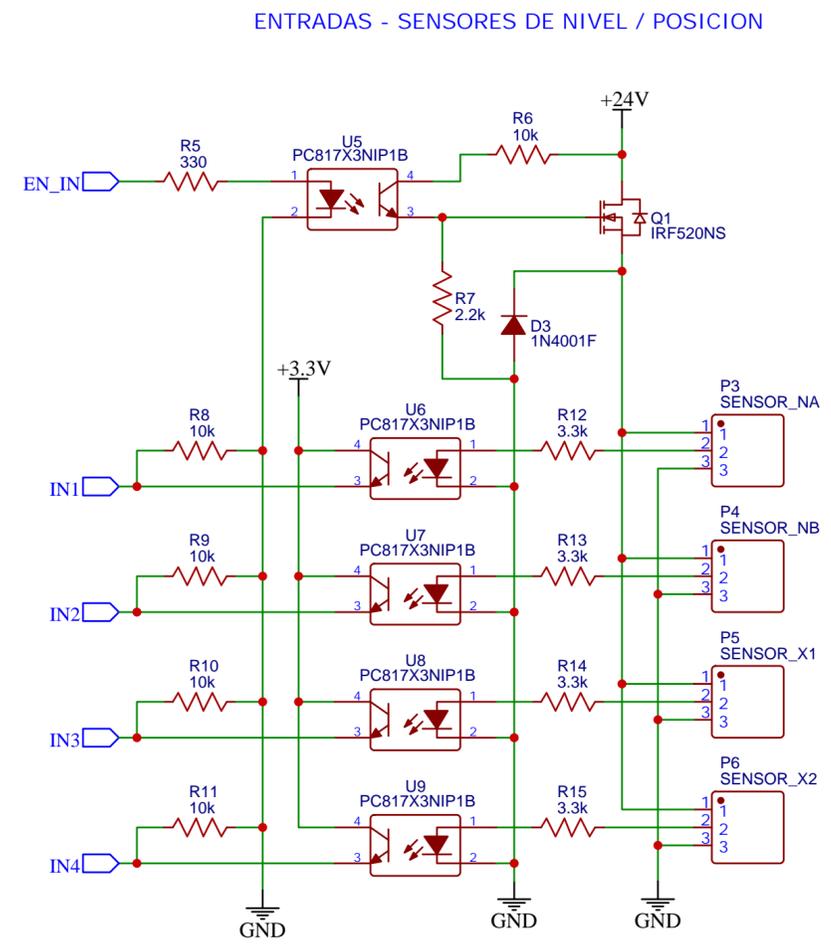
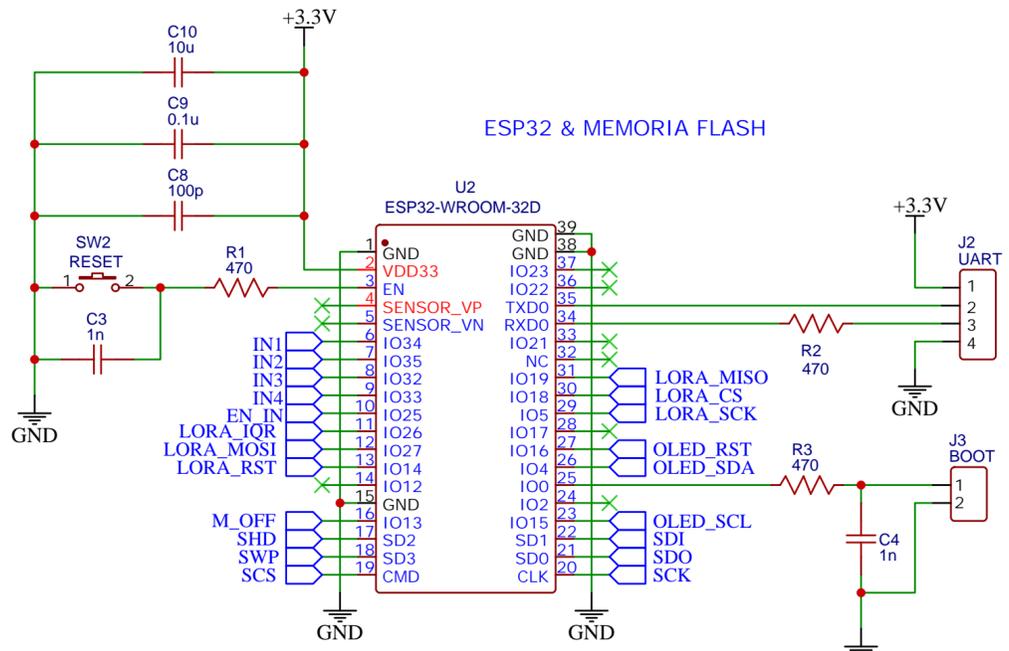
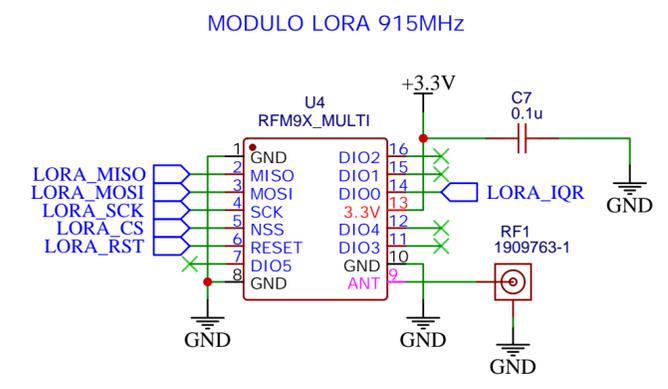
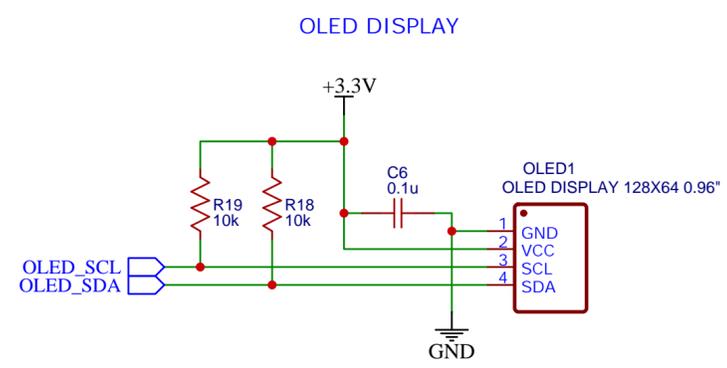
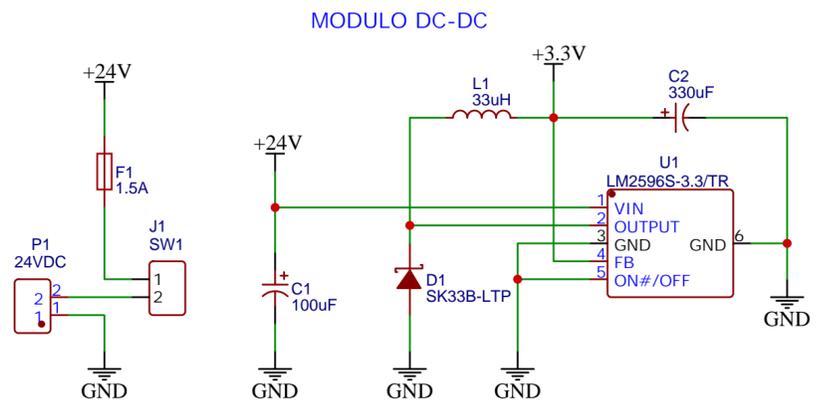
	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
				8/13/2022	
Autores			Soporte de sensor fotoeléctrico		
Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías			PLANO 27		Edición Hoja 1 / 1

APÉNDICE I

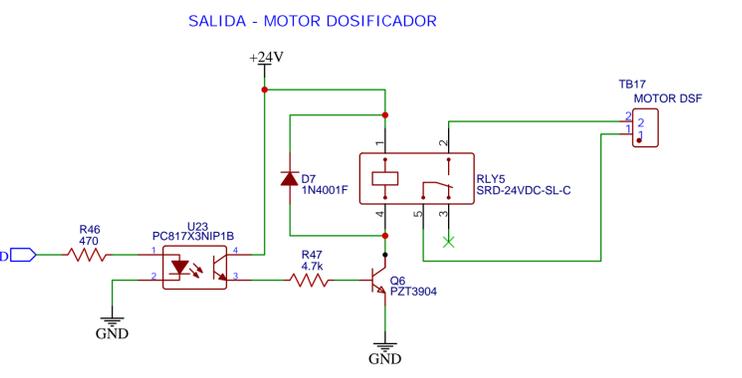
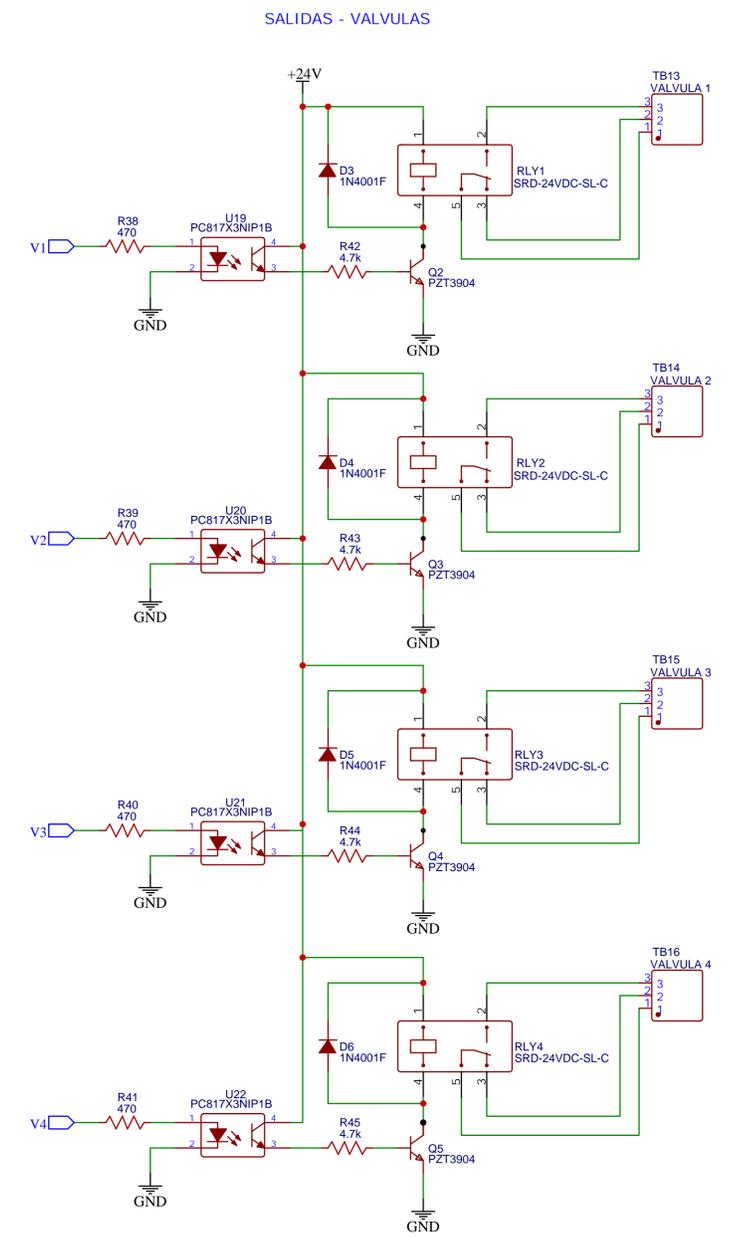
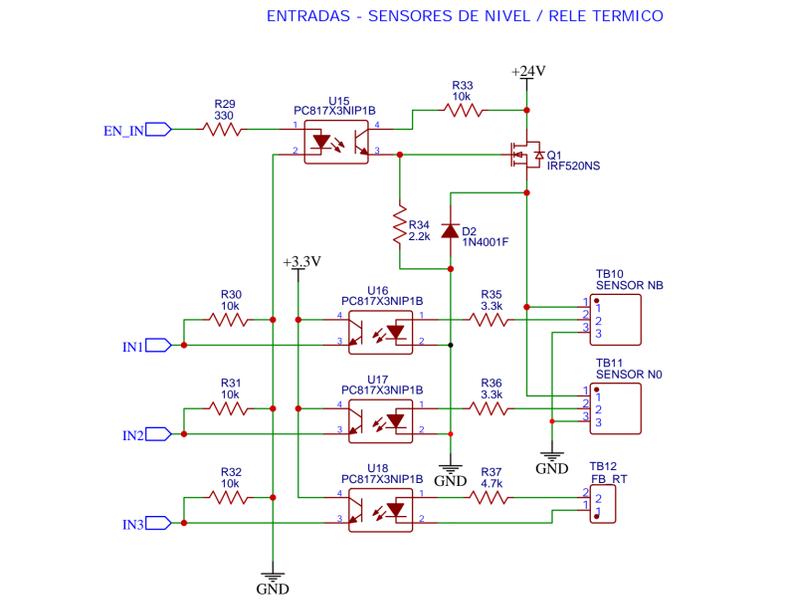
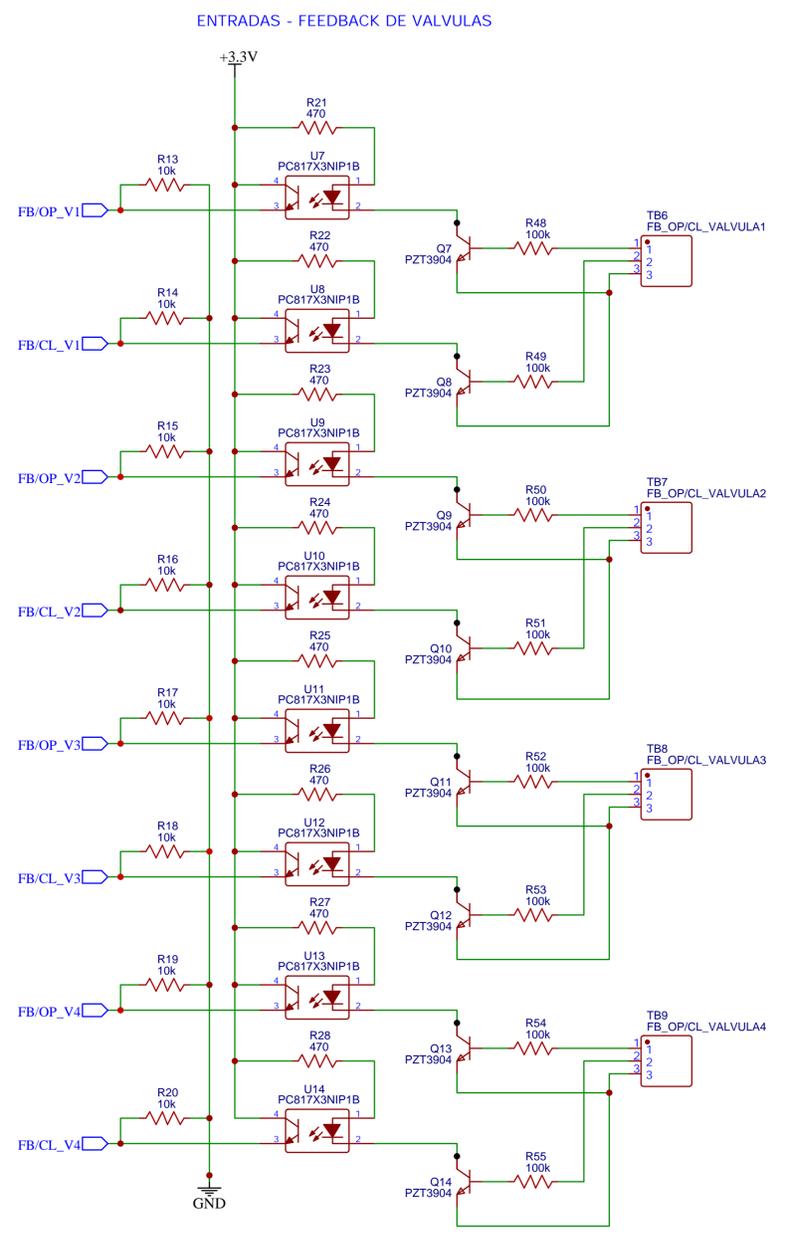
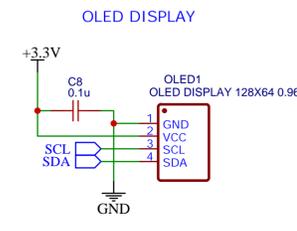
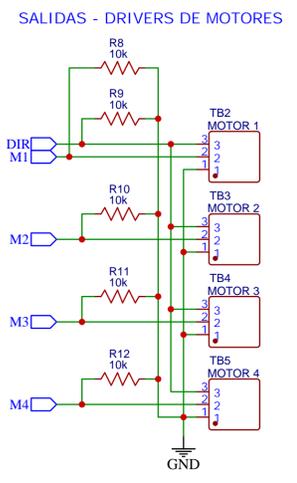
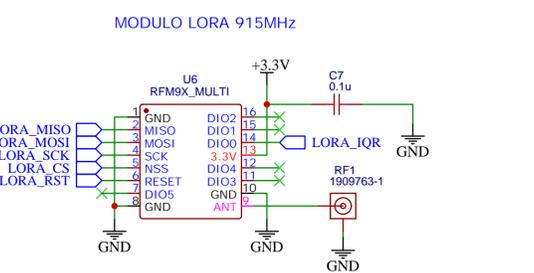
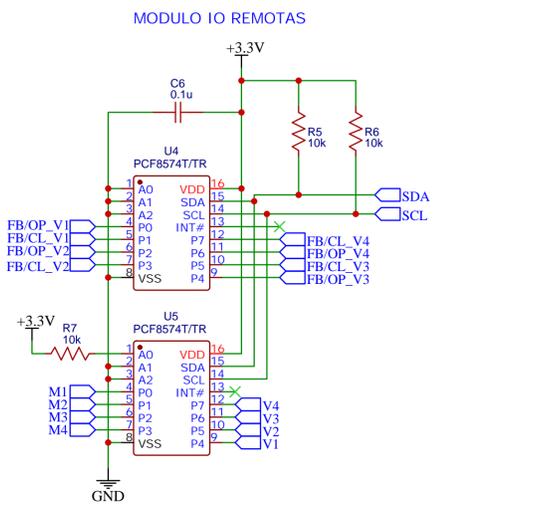
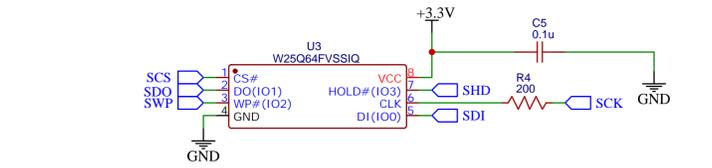
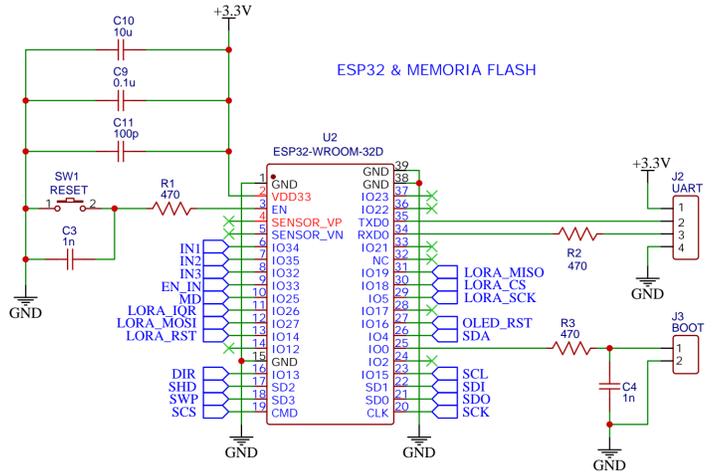
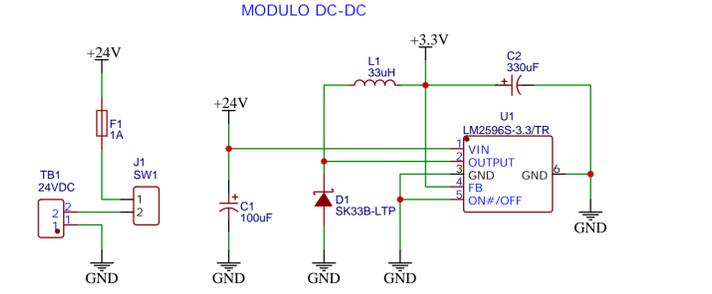
En esta sección se presentan los planos eléctricos de los circuitos esquemáticos de los controladores.

PLANO 28 Circuito Esquemático del controlador de TOLVA ALIMENTADORA

PLANO 29 Circuito Esquemático del controlador de SILO MAESTRO



TITLE:	Controlador de Tolva Alimentadora	REV: 1.0
Company:	GRUPO 2	Sheet: 1/1
Date:	2022-06-21	Drawn By: Angel Ceballos / Omar Palacios



TITLE:	Controlador de Silo Maestro	REV: 1.0
Company:	GRUPO 2	Sheet: 1/1
Date:	2022-06-21	Drawn By: Angel Ceballos / Omar Palacios

APÉNDICE J

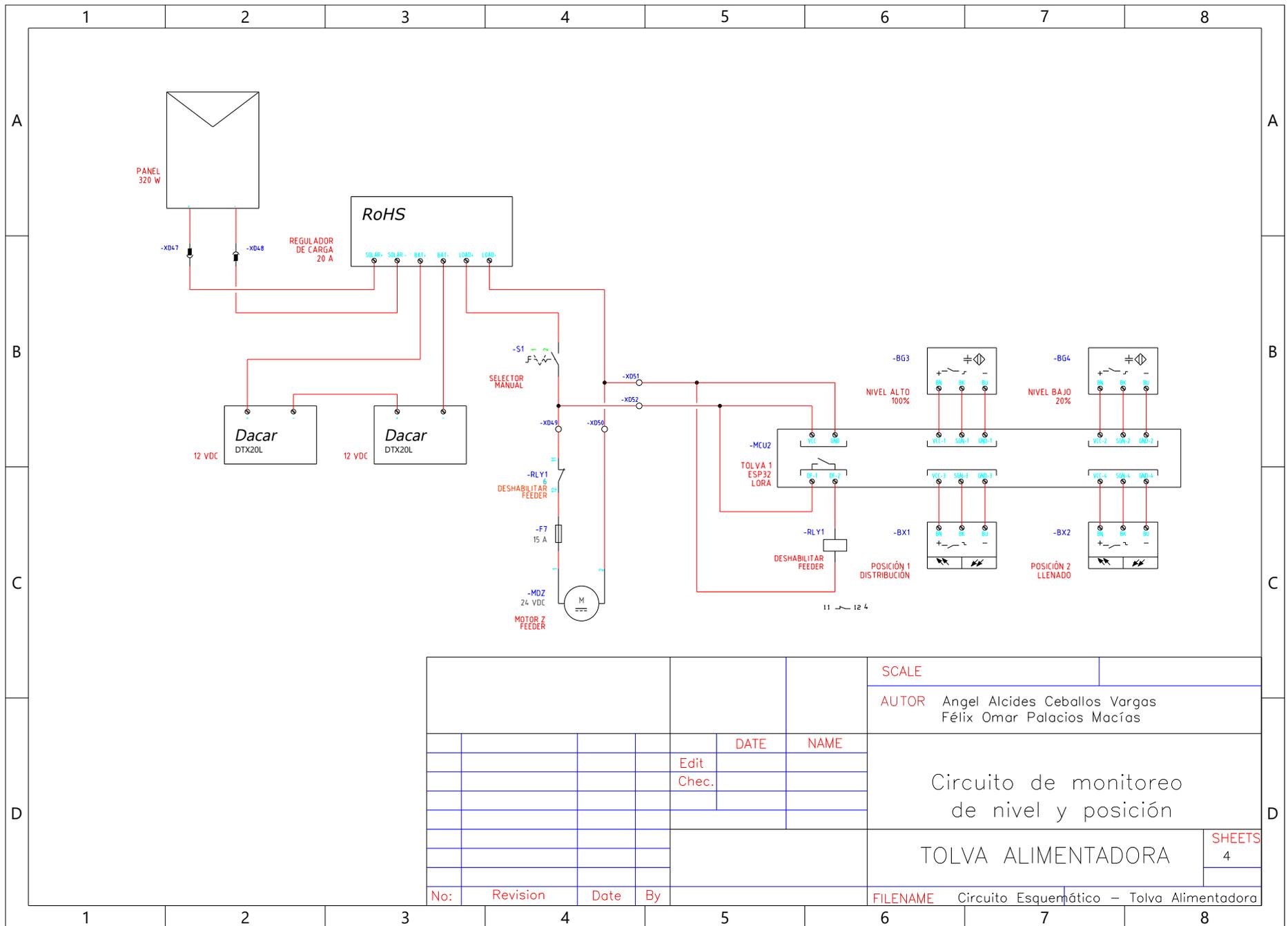
En esta sección se presentan los planos eléctricos de los diagramas para los tableros de control en el silo maestro y las tolvas alimentadoras.

PLANO 30 Circuito de monitoreo de nivel y posición TOLVA ALIMENTADORA

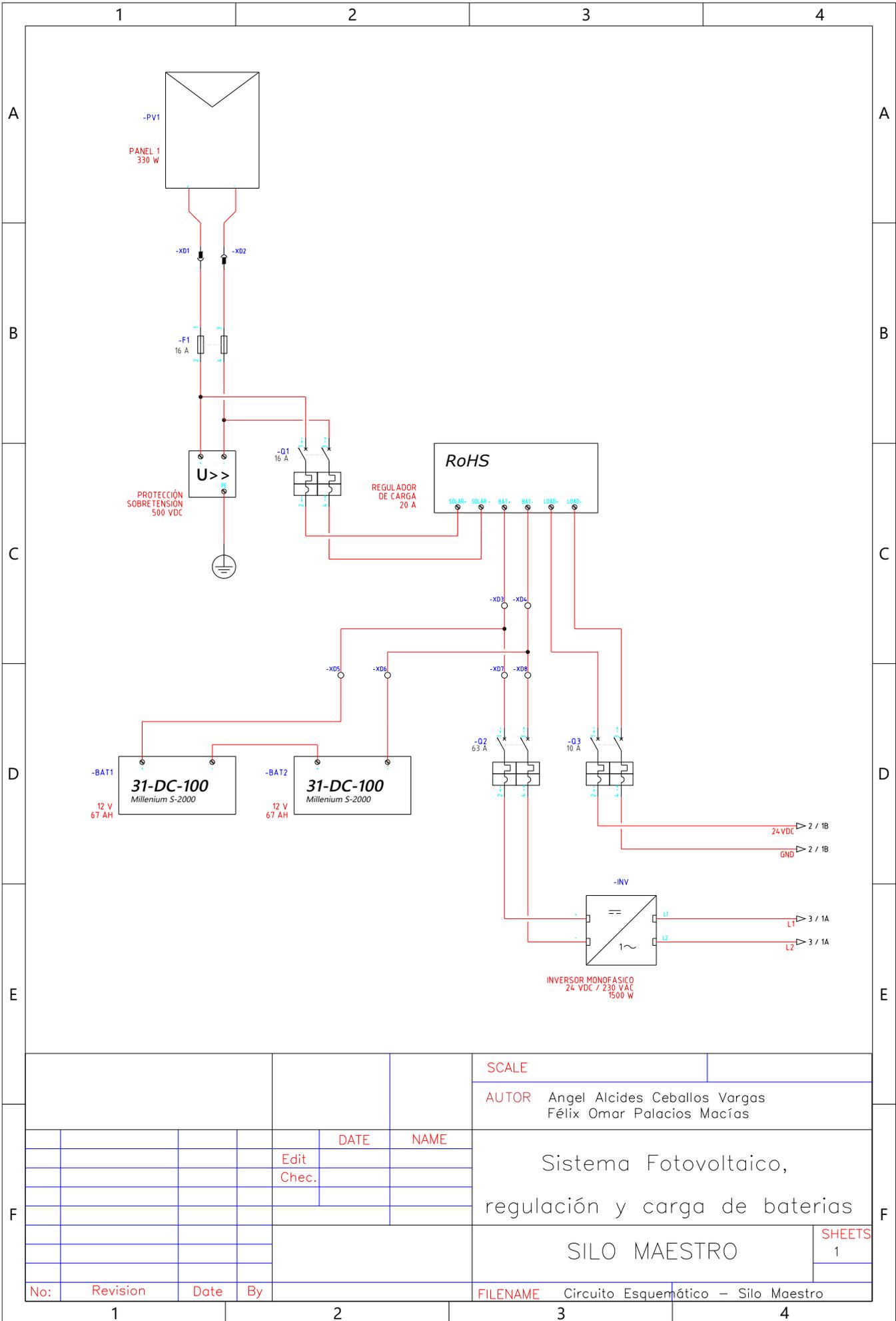
PLANO 31 Sistema fotovoltaico, regulación y carga de baterías SILO MAESTRO

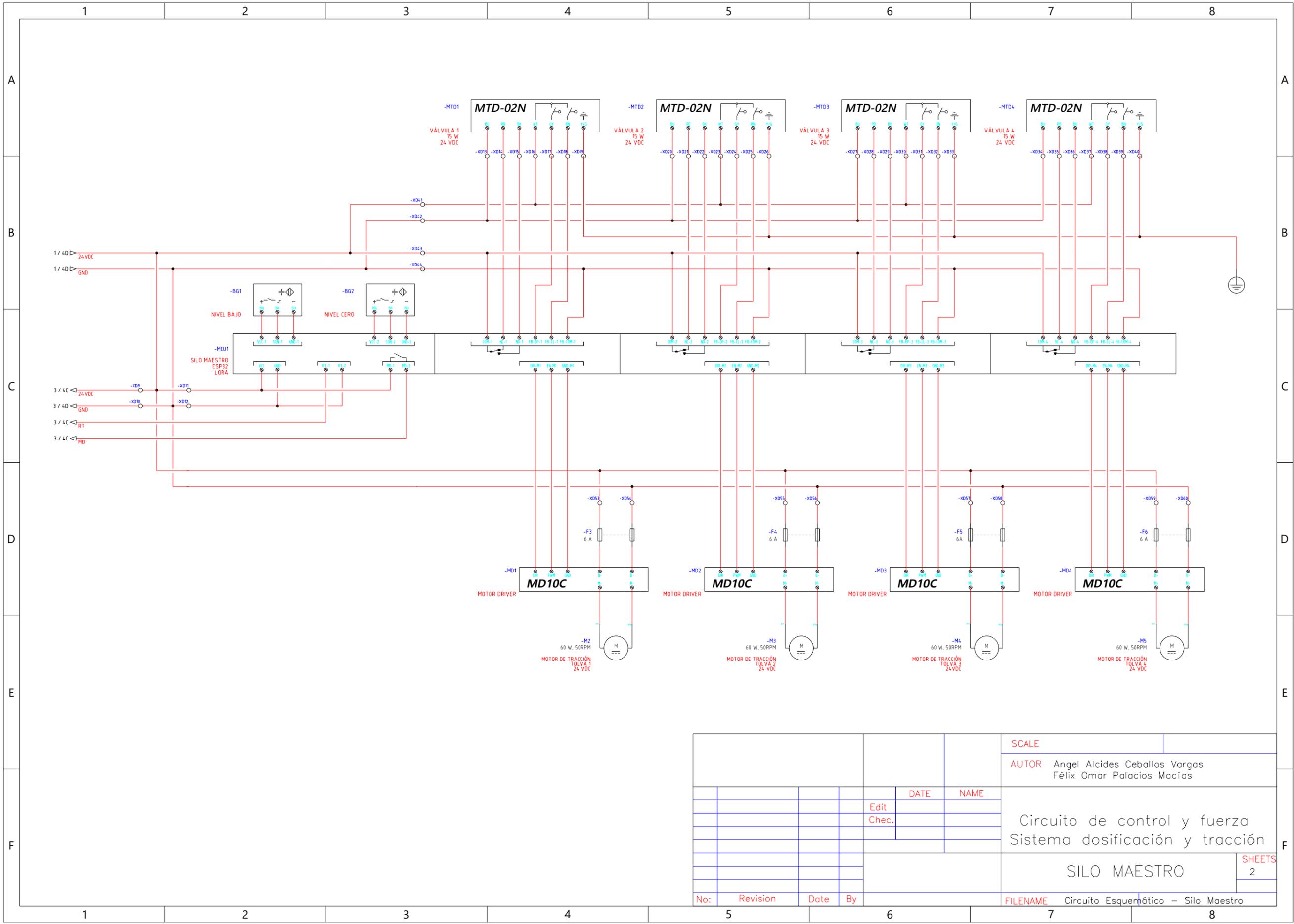
PLANO 32 Circuito de control y fuerza del sistema dosificador y tracción SILO MAESTRO

PLANO 33 Circuito arrancador de motor dosificador SILO MAESTRO



				SCALE	
				AUTOR Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías	
				DATE	NAME
				Edit	
				Chec.	
				Circuito de monitoreo de nivel y posición	
				TOLVA ALIMENTADORA	
				SHEETS 4	
No:	Revision	Date	By	FILENAME Circuito Esquemático – Tolva Alimentadora	





				SCALE	
				AUTOR Angel Alcides Ceballos Vargas Félix Omar Palacios Macías	
		DATE	NAME	Circuito de control y fuerza Sistema dosificación y tracción	
		Edit			
		Chec.			
				SILO MAESTRO	
				SHEETS 2	
No:	Revision	Date	By	FILENAME Circuito Esquemático - Silo Maestro	

