Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

Diseño e implementación del sistema fotovoltaico para el abastecimiento hidrico y energetico a la Municipalidad Distrital de Yarabamba - 2025

Tesis presentada por:

Tupa Belizario, Alex Andree

ORCID: 0009-0003-7469-8739

Callata Huaccha, Jose Maria

ORCID: 0009-0005-9876-2031

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor (a):

Dr. Caceres Nuñez, Augusto Emilio Carlos

ORCID: 0000-0002-2207-9237

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Marzo del 2025

Dictamen: 009791-C-EPIMMEM-2025

Visto el borrador del expediente 009791, presentado por:

2018814031 - CALLATA HUACCHA JOSE MARIA
2018205861 - TUPA BELIZARIO ALEX ANDREE

Titulado:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO HIDRICO Y ENERGETICO A LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YARABAMBA - 2025

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECANICO

29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE
DICTAMINADOR

30857994 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR

29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO HIDRICO Y ENERGETICO A LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YARABAMBA - 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	2%	0%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	4%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi ejemplo de perseverancia, responsabilidad y amor incondicional. Gracias por cada palabra de aliento, por cada sacrificio silencioso y por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y humildad. Su apoyo constante ha sido la base sobre la cual construí cada paso de este camino.

A mi familia, por estar siempre presente, en los momentos de alegría y en los de dificultad. Por cada gesto de cariño, cada consejo y cada abrazo que me dio fuerzas para continuar.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, marcaron mi vida durante esta etapa, mi agradecimiento profundo. Cada palabra, cada enseñanza y cada momento compartido me ayudaron a llegar hasta aquí.

Alex Andree Tupa Belizario

A mi querida familia, por estar siempre a mi lado con amor incondicional, por cada palabra de aliento y por brindarme la fortaleza necesaria para no rendirme, incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es suyo.

A mis docentes y a mi universidad, por ofrecerme las herramientas, el conocimiento y la guía que me permitieron crecer tanto personal como profesionalmente.

Y a las personas especiales que me acompañaron en este camino, gracias por su apoyo constante, su confianza en mí y por hacer de esta travesía una experiencia inolvidable.

Callata Huaccha, Jose Maria

AGRADECIMIENTOS

A nuestras amadas familias, por el apoyo incondicional en cada paso de esta travesía académica. Gracias por su amor, comprensión y aliento constante, por brindarnos un espacio de estudio y tranquilidad, y por creer en nosotros incluso cuando las dudas nos invadían.

A nuestra estimada universidad, por brindarnos el conocimiento y los recursos que hicieron posible esta investigación. Agradecemos profundamente a nuestros docentes y mentores, quienes con su sabiduría y dedicación nos guiaron en este proceso, compartiendo su experiencia y motivándonos a superar cada reto que se presentaba.

Este logro ha sido posible gracias al aliento de personas especiales en nuestras vidas. Estamos eternamente agradecidos por su presencia y apoyo en este emocionante viaje académico.

RESUMEN

El proyecto de tesis tiene como propósito suministrar energía eléctrica y agua para uso sanitario e higiénico a base de diseñar e implementar un mecanismo de abastecimiento hídrico y energía fotovoltaica. Para lograr esto, se instalarán paneles solares fotovoltaicos que permitirán proporcionar electricidad proveniente de la irradiación del sol, la cual será usada para abastecer de iluminación a toda la municipalidad, de igual manera, parte de esta energía será utilizada para alimentar la bomba de agua que se encargará de captar, tratar y distribuir el agua a la Municipalidad. De esta manera, se mitigará el hecho de depender de matrices energéticas (no renovables) y se contribuirá a la preservación del medio ambiente. El proyecto aborda el desarrollo investigativo viable técnica, ambiental y económicamente, asimismo, el uso de herramientas y dispositivos necesarios para el método de abastecimiento. También se establecerá un plan de mantenimiento y monitoreo para asegurar el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo.

Finalmente, el personal es clave en este proyecto en cuanto a su seguridad y bienestar, toda vez que brindan sus servicios a favor del distrito de Yarabamba dentro de la Municipalidad, al garantizarle el acceso a agua y energía eléctrica limpia y renovable, para así contribuir al avance sostenible regional.

Palabras clave: Fotovoltaica, renovable, sostenible.

ABSTRACT

The purpose of the thesis project is to supply electricity and water for sanitary and hygienic use by designing and implementing a mechanism for water supply and photovoltaic energy. To achieve this, photovoltaic solar panels will be installed to provide electricity from solar irradiation, which will be used to supply lighting to the entire municipality, likewise, part of this energy will be used to power the water pump that will be responsible for collecting, treating and distributing water to the municipality. This will mitigate the dependence on non-renewable energy sources and contribute to the preservation of the environment. The project addresses the development of technically, environmentally and economically viable research, as well as the use of tools and devices necessary for the supply method. A maintenance and monitoring plan will also be established to ensure the proper functioning of the system in the long term. Finally, the personnel are key to this project in terms of their safety and well-being, since they provide their services to the Yarabamba district within the municipality, guaranteeing access to clean and renewable water and electricity, thus contributing to regional sustainable development.

Keywords: Photovoltaic, renewable, sustainable.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN……..1

CAPITULO I……..……..……..……..3

1.1. Descripción problemática.....3

1.2. OBJETIVOS.....8

1.2.1. Objetivo General.....8

1.2.2. Objetivos Específicos 8

1.3. Variables.....8

1.4. Justificación.....9

1.5. Alcances 10

1.6. Limitaciones.....11

CAPÍTULO II……..……..……..12

MARCO TEÓRICO……..……..……12

2.1. Geometria Solar.....12

2.2. Radiación.....13

2.2.1. Influencia atmosfera terrestre en la radiación solar 14

2.2.2. Horas de Sol Pico.....15

2.3. Sistema de bombeo fotovoltaico 15

2.4. Bomba sumergible.....16

2.4.1. Diferencia entre bomba centrifuga y sumergible.....18

2.5. Curvas de la bomba 18
2.5.1. Curva característica de una bomba 18
2.5.2. Curva de potencia absorbida caudal 19
2.5.3. Rendimiento total de la bomba 20
2.5.4. Punto de funcionamiento 21
2.6. Paneles solares fotovoltaicos 21
2.6.1. Corte transversal de un panel fotovoltaico 22
2.6.2. Cubierta frontal 23
2.6.3. Capas encapsuladas 23
2.6.4. Marco de aluminio 23
2.6.5. Protector posterior 24
2.6.6. Caja de conexiones eléctricas 24
2.6.7. Células fotovoltaicas 24
2.7. Tipos de paneles fotovoltaicos 25
2.7.1. Monocristalinos 25
2.7.2. Policristalinos 25
2.7.3. Célula Partida 26
2.8. Comparación del panel solar monofacial y bifacial 28
2.9. Efecto de la configuracion fotovoltaica 29
2.9.1. Conexión en serie 29
2.9.2. Conexión en paralelo 30
2.9.3. Conexión en serie - paralelo 30
2.10. Variador de frecuencia 31

CAPÍTULO III……32

DISEÑO DEL PROYECTO……32

3.1. Cálculo de la potencia de la bomba....32

3.1.1. Dimensionamiento del pozo....32

3.1.2. Cálculo de la potencia de la bomba....32

3.1.3. Ecuación del número de Reynolds....35

3.1.4. Cálculo de la viscosidad cinemática del agua....36

3.1.5. Cálculo del factor de fricción mediante el diagrama de MOODY....39

3.1.6. Cálculo del factor de fricción mediante COLEBROOK – WHITE....41

3.1.7. Datos para la selección de la electrobomba....43

3.1.8. Selección de la electrobomba solar....44

3.2. Descripción de la electrobomba fluidsolar 2/6....47

3.2.1. Funcionamiento....48

3.2.2. Características de la electrobomba Fluid Solar 2/6....48

3.3. Diseño Fotovoltaico....49

3.3.1. Energía de consumo promedio al día de equipos e instalaciones eléctricas....50

3.3.2. Determinación del número de paneles....50

3.3.3. Selección del panel fotovoltaico....54

3.3.4. Irradiación solar....57

3.4. Selección de conductor....59

3.4.1. Circuito 1: conectado a red – panel e inversor (DC)....59

3.4.2. Circuito 2: Conectado a Red – Inversor al Medidor (AC)....63

3.4.3. Circuito 3: Bombeo Solar....64

3.5. Conexión de paneles 66
3.5.1. Pasos detallados 67
3.5.2. Seguridad 67
3.6. Cálculo estructural para el soporte de paneles 68
3.6.1. Diseño conceptual general 69
3.6.2. Distribución de perfiles 70
3.6.3. Diseño de pórticos 71
3.7. Propiedades estructurales de perfiles 72
3.8. Patrones de carga 75
3.8.1. Carga Muerta (D) 75
3.8.2. Carga Viva (L) 75
3.8.3. Carga de Viento En En X (Vx) y Y (Vy) 75
3.8.4. Carga sísmica estática horizontal en x 76
3.8.5. Carga sísmica estática horizontal en Y 77
3.8.6. Carga sísmica dinámica horizontal en X 78
3.8.7. Carga sísmica dinámica horizontal en Y 79
3.8.8. Carga sísmica dinámica vertical en X 80
3.8.9. Carga sísmica dinámica vertical en Y 81
3.9. Combinaciones de carga 82
3.10. Resultados de diseño 83
3.10.1. Deflexión en Vigas 83
3.10.2. Derivas en los Ejes "X" y "Y" 84
3.11. Diseño de miembros de acero segun Aisc 360-16 85

3.11.1. Diseño de Columnas 85
3.11.2. Solicitación de columnas 86
3.11.3. Diseño de vigas 87
3.11.4. Solicitación de vigas 90
3.11.5. Solicitación de viguetas 91
3.11.6. Tabla de pesos de estructura 93
3.12. Plan de mantenimiento 93
3.12.1. Paneles solares fotovoltaicos 93
3.12.2. Limpieza periódica del panel 94
3.12.3. Inspección de conectores y cables 94
3.12.4. Advertencias 95
3.12.5. Estructura soporte de paneles 96
3.12.6. Inversor 96
3.12.7. Manual de mantenimiento preventivo 98
3.12.8. Plan de mantenimiento para las averías de la Electrobomba 99
CAPÍTULO IV……..……..……..100
ANÁLISIS ECONÓMICO……..……..100
4.1. Introducción 100
4.2. Consumo energetico de la municipalidad 100
4.3. Retorno de inversión 102
CONCLUSIONES……..112
RECOMENDACIONES……..……..……113
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS…..……..……114

IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA
1961

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de los paneles monofaciales y bifaciales 28
Tabla 2 Selección de tamaño de tubería 34
Tabla 3 Viscosidad del Agua dependiendo de la Temperatura 37
Tabla 4 Propiedades del Agua (Viscosidad, Densidad Relativa, Densidad del agua) 38
Tabla 5 Viscosidad cinemática 39
Tabla 6 Datos de entrada para la selección de la bomba 43
Tabla 7 Datos calculados para la selección de la bomba 44
Tabla 8 Consumo de energía de la municipalidad en el año 2022 51
Tabla 9 Irradiación solar horizontal 53
Tabla 10 Cantidad de Paneles en la Municipalidad 54
Tabla 11 Consumo de energía durante el día 57
Tabla 12 Manual de mantenimiento preventivo general 98
Tabla 13 Plan de mantenimiento de averías de electrobomba 99
Tabla 14 Histórico de consumos 100
Tabla 15 Irradiación solar horizontal 101
Tabla 16 Irradiación solar horizontal 102
Tabla 17 Análisis económico eléctrico de la estructura 104
Tabla 18 Análisis económico eléctrico 105
Tabla 19 Análisis económico de la estructura de los módulos fotovoltaicos 105
Tabla 20 Análisis económico de paneles solares y bomba sumergible de 1 hp 106
Tabla 21 Análisis económico del sistema de protección contra descargas eléctricas ... 106
Tabla 22 Análisis económico de accesorios agregados 107
Tabla 23 Análisis económico de la instalación del sistema fotovoltaico con paneles solares 107

Tabla 24 Costo total del proyecto 109

Tabla 25 Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de paneles solares y estructura 109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escasez de recurso hídrico a nivel mundial para el año 2040 3
Figura 2 Macroubicación de las provincias de Arequipa 5
Figura 3 Microubicación de los distritos de Arequipa 5
Figura 4 Ubicación de la Municipalidad Distrital de Yarabamaba 6
Figura 5 Posición relativa del plano del ecuador y de la eclípitca que define la declinación solar 12
Figura 6 Gráfica de las Horas Sol Pico 15
Figura 7 Diagrama esquemático de un sistema generalizado de bombeo de agua con energía solar 16
Figura 8 Conjunto general de la bomba sumergible 17
Figura 9 Curvas características de una bomba 19
Figura 10 Referencia a las curvas de la bomba centrifuga 19
Figura 11 Curva de rendimiento 20
Figura 12 Punto de funcionamiento para la asociación de bombas en paralelo a velocidad fija 21
Figura 13 Panel solar fotovoltaico 22
Figura 14 Corte transversal de un panel fotovoltaico 22
Figura 15 Celda Monocristalina 26
Figura 16 Celda Poliscritalina 26
Figura 17 Esquema de dos módulos de 60 células (izquierda) y 120 subcélulas (derecha). El módelo de half-cell tiene el doble de cadenas que el convencional, lo que reduce el impacto de sombras parciales en la producción 27
Figura 18 Conexión en serie de los paneles 29

Figura 19 Conexión en paralelo de los paneles 30
Figura 20 Conexión en serie - paralelo 31
Figura 21 Variador de frecuencia 31
Figura 22 Datos de Nastec 33
Figura 23 Cálculo de la velocidad absoluta, que se realizará a continuación se usará la temperatura promedio durante todo el año en el distrito de Yarabamba que será de 20 °C 37
Figura 24 Selección de tubería acorde a las rugosidades 40
Figura 25 Diagrama de Moody 41
Figura 26 Tabla de valores de Coeficiente K en aditamentos 42
Figura 27 Selección de la electrobomba Pedrollo 45
Figura 28 Curvas de prestaciones de la electrobomba 45
Figura 29 Electrobomba seleccionada marca Pedrollo 47
Figura 30 Características de la Electrobomba 2/6 48
Figura 31 Cuadro histórico de consumos 52
Figura 32 Promedio de la radiación solar en Yarabamba 52
Figura 33 Irradiación Solar - Perdidas 59
Figura 34 Datasheet de paneles Amerisolar 60
Figura 35 Separación en Dos Grupos String 60
Figura 36 Descripción del cable conectado a red - panel e inversor 61
Figura 37 Selección de cable conectado a red - panel e inversor 62
Figura 38 Dato de salida de corriente para el inversor 63
Figura 39 Datos de entrada de voltaje para el inversor 64
Figura 40 Tabla de datos tecnicos THW - 90 (mm^2) 64
Figura 41 Sistema eléctrico de la electrobomba Pedrollo 66

Figura 42 Conexionado de paneles 68
Figura 43 Estructura de los paneles 70
Figura 44 Vista pórtico frontal eje 1 71
Figura 45 Vista lateral Eje A 72
Figura 46 Vista Planta 72
Figura 47 Tubo HSS 5" X 5" X 1/8” 73
Figura 48 Tubo HSRE 4" X 4" X 1/8" 73
Figura 49 Tubo HSRE 4" X 2" X 1/8" 74
Figura 50 Ángulo L 3" X 3" X 3/16" 74
Figura 51 Simulación de la carga de viento en Y (Vy) 76
Figura 52 Simulación de la estructura en carga de viento en eje X (Vx) 76
Figura 53 Espectro de periodo vs aceleración en X 79
Figura 54 Espectro de periodo vs aceleración en Y 80
Figura 55 Espectro de periodo vs aceleración en X 81
Figura 56 Espectro de Periodo vs Aceleración en "y" 82
Figura 57 Máxima deflexión en la estructura 83
Figura 58 Tabla de límites para la distorsión del entrepiso 84
Figura 59 Máxima deflexión en X de la estructura 84
Figura 60 Máxima deflexión en "Y" de la estructura 85
Figura 61 Verificación de barras de la estructura 86
Figura 62 Solicitación de columnas 86
Figura 63 Detalle de verificación del miembro más cargado - barra 628 87
Figura 64 Calculo de diseño de pórtico estructural 88
Figura 65 Solicitación de vigas 90
Figura 66 Detalle de la columna más cargada - barra 620 91

Figura 67 Solicitud de viguetas 92
Figura 68 Detalle del miembro más cargado - barra 743 92
Figura 69 Tabla de pesos de la estructura 93
Figura 70 Exposición excesiva de energía solar 95
Figura 71 Elementos de precaución 95
Figura 72 Elementos electrónicos encima de los paneles 96
Figura 73 Dispositivos que se conectan al inversor 97
Figura 74 Retorno de inversión a través de los años 103

INTRODUCCIÓN

Acceder a prestaciones básicas: agua potable o suministro eléctrico son vitales para cualquier comunidad en vías de desarrollo y satisfacción. Sin embargo, muchas localidades, incluyendo la Municipalidad Distrital de Yarabamba, se enfrentan a desafíos en cuanto a la disponibilidad y sostenibilidad de estos recursos vitales. En respuesta a esta problemática, el estudio se enfoca en diseñar e implementar un sistema de abastecimiento hídrico y energía fotovoltaica específicamente adaptado a las necesidades de la Municipalidad Distrital de Yarabamba para el año 2023.

Situada en la provincia de Arequipa, Perú, Yarabamba se encuentra en una zona donde el acceso a agua potable y energía eléctrica confiables representa un desafío constante. La escasez de agua afecta las fuentes tradicionales de abastecimiento hídrico, mientras que el uso de energías no renovables contribuye a la liberación de gases contaminantes y la falta de estabilidad en la provisión de electricidad.

Consciente de la importancia de abordar estas problemáticas de manera integral y sostenible, la Municipalidad Distrital de Yarabamba ha tomado la iniciativa de implementar un proyecto que combine el diseño de un sistema de abastecimiento hídrico eficiente y la incorporación de energía fotovoltaica como fuente de electricidad renovable. Como meta principal se busca desarrollar una solución técnica y viable que permita garantizar el acceso continuo a agua y fomentar el uso de energía limpia y sostenible.

La finalidad del proyecto trata sobre diseñar un sistema de abastecimiento hídrico que integre técnicas de captación, almacenamiento y distribución eficientes, considerando las características geográficas y climáticas de Yarabamba. Además, se prevé instalar placas fotovoltaicas a fin de generar suministro eléctrico desde matrices renovables, reduciendo así la dependencia de fuentes contaminantes y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Materializar con éxito este proyecto no solo brindará beneficios tangibles a la Municipalidad Distrital de Yarabamba, como el acceso seguro y sostenible al agua y la reducción de la dependencia energética, sino que también sentará las bases para la replicación de soluciones similares en otras comunidades que enfrentan desafíos similares en términos de abastecimiento hídrico y energético.

En conclusión, el propósito es diseñar e implementar un sistema integral que abastezca agua potable y energía fotovoltaica adaptado a las necesidades de la Municipalidad Distrital de Yarabamba. El proyecto busca superar los desafíos actuales en términos de acceso a agua y energía eléctrica confiables, simultáneamente, se impulsa el cuidado del medioambiente y se contribuye al bienestar comunitario. Se estima que los hallazgos obtenidos puedan ser utilizados como fundamento para proyectos similares en otras áreas.

CAPÍTULO I.

MARCO METODOLÓGICO

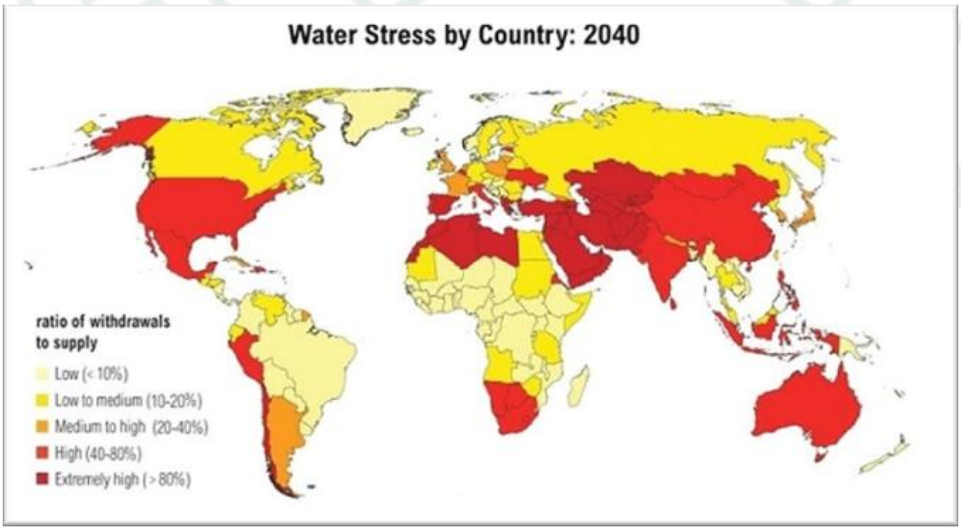
1.1. Descripción problemática

Según un estudio del World Resources Institute (Servindi C. i., 2016), se prevé que 33 países enfrentarán un estrés hídrico severo para el año 2040. En la región de América del Sur, Chile y Argentina son los países con mayor probabilidad de escasez de agua, con una calificación de -80%. La situación de Perú también genera preocupación, ya que se encuentra en el rango de -40% a -80%, lo que indica un estrés hídrico elevado. El estudio incluye también a países de Sudáfrica, América, Europa e India, algunos de los cuales superan el valor de -80%, lo que corresponde a un estrés hídrico extremadamente alto. Se puede observar la situación mundial de este problema, descrita por una exigencia de agua que excede la cantidad dispuesta para producir energía, en la figura 1.1 del estudio.

Se estima que habrá cierta carencia hídrica para el año 2040 en Perú, por tanto, la generación de energía eléctrica se verá afectada en la misma medida, ya que este recurso hídrico es la fuente en nuestro país para la producción de la misma.

Figura 1

Escasez de recurso hídrico a nivel mundial para el año 2040



Nota. Extraído de Servindi, 2020.

Según (El Pais, 2022), el avance eléctrico en el contexto nacional enfrenta una situación desafiante debido a factores diversos, como los elevados costos de suministro eléctrico, la incompetitividad en el mercado que dificulta la reducción de tarifas, la elevada vulnerabilidad del sistema de generación ante la escasez hídrica y la limitada incorporación de fuentes renovables como la solar y la eólica, ampliamente utilizadas a nivel global. En este contexto, se presenta el problema del elevado gasto de energía en el Perú, donde, según (LaRepublica, 2022), registra la segunda tarifa eléctrica más alta de América Latina.

De acuerdo con la FAO, Perú ocupa el puesto 17 a escala mundial en disponibilidad hídrica para la generación de energía eléctrica. Por su parte, el Banco Mundial lo sitúa en la posición 14 en torno a acceder a este capital recurso en América Latina. No obstante, esta situación podría volverse más crítica en el futuro (FAO, 2018).

La escasez de agua en Arequipa presenta desafíos para generar suministro eléctrico. La competencia por el agua entre diferentes sectores agrava el problema. Es importante explorar fuentes alternativas de energía con menor dependencia de agua, como la solar y eólica, para garantizar una generación sostenible y minimizar los impactos de la escasez de agua en la electricidad.

De esta manera surge la necesidad en el distrito de Yarabamba de generar energía limpia y sostenible por medio de energía fotovoltaica, empezando por el municipio de Yarabamba.

En la provincia de Arequipa, Perú, se ubica el distrito de Yarabamba, en una latitud sur de 16°23'39" y una longitud oeste de 71°28'33". Tiene una extensión territorial de 537,2188 km² y su línea perimétrica mide 129.019,39 metros. A una altitud de 2.460 msnm, mientras que el punto más alto es el abra de Polobaya, situado en el suroeste de la mina Cerro Verde, a una altitud de 2.700 msnm.

Figura 2

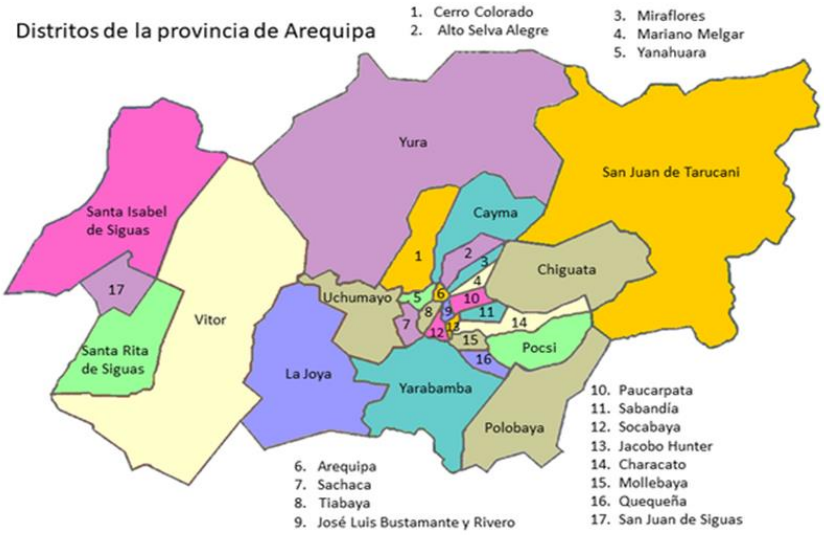
Macro ubicación de las provincias de Arequipa



Nota. Extraído de Municipalidad Distrital de Yarabamba, 2020.

Figura 3

Micro ubicación de los distritos de Arequipa



Nota. Extraído de Municipalidad Distrital de Yarabamaba, 2024.

En cuanto a la población, La última información de población del distrito de Yarabamba del INEI es del censo de 2017, que registra una población de **1314** personas. Sin embargo, es posible que la población haya aumentado desde entonces y se necesitaría una actualización

oficial del INEI para conocer el número actual de personas viviendo en Yarabamba (Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, 2018).

La problemática que aborda el tema de tesis "Diseño e implementación de abastecimiento hídrico y energía fotovoltaica a la Municipalidad Distrital de Yarabamba – 2023" se centra en dos aspectos principales: la falta de un mecanismo para abastecer agua de forma adecuada y depender de fuentes eléctricas convencionales en la municipalidad.

Figura 4

Ubicación de la Municipalidad Distrital de Yarabamaba



Nota. Extraído de Google Earth Pro.

Ubicada a 2800 msnm, Las latitudes aproximadas donde se encuentra la Municipalidad Distrital de Yarabamba, están entre los 16°26' y 16°30' de latitud sur.

El distrito de Yarabamba enfrenta dificultades debido al déficit hídrico y la ausencia de un sistema eficiente de abastecimiento. Esta problemática puede estar vinculada a varios elementos, como la disponibilidad reducida de fuentes hídricas en la zona, el incremento

poblacional y la carencia de infraestructuras para el almacenamiento y distribución del recurso. Esta situación podría impactar severamente la salud de los habitantes y restringir el desarrollo del distrito en ámbitos como la agricultura, la salud y el bienestar comunitario.

En segundo lugar, la dependencia de fuentes de energía convencionales, como la electricidad proveniente de la red pública, puede representar un desafío para la Municipalidad Distrital de Yarabamba. Esta dependencia puede generar altos costos de energía y una vulnerabilidad a interrupciones en el suministro. Además, el empleo de matrices energéticas no renovables contribuye al impacto ambiental y a la emisión de gases de efecto invernadero, agravando el problema del cambio climático.

Por lo tanto, la falta de un sistema de abastecimiento hídrico adecuado y la dependencia de fuentes de energía convencionales representan una problemática significativa para la Municipalidad Distrital de Yarabamba. Diseñar e implementar un sistema de abastecimiento de agua eficiente, junto con la adopción de energía fotovoltaica como fuente de energía renovable, se propone como una solución integral para abordar estos desafíos. Este enfoque busca garantizar un suministro de agua seguro y sostenible, al tiempo que minimiza el hecho de depender de fuentes de energía no renovables y promueve la mitigación del cambio climático. Esto presenta diversas problemáticas asociadas con el suministro y disponibilidad de agua potable y la energía eléctrica.

En cuanto al abastecimiento hídrico, existe una falta de infraestructura adecuada para tratar y distribuir el recurso hídrico, lo que genera una escasez del recurso y un acceso limitado para la municipalidad.

En cuanto a la energía eléctrica, la municipalidad distrital no cuenta con una fuente de energía confiable y asequible. La población depende principalmente de la energía proporcionada de la red eléctrica nacional, que no siempre son suficientes ni están disponibles en todo momento, lo que limita las actividades cotidianas y el acceso a servicios básicos.

En este contexto, se propone el interés de incorporar sistemas de abastecimiento hídrico y energía fotovoltaica con ayuda de paneles solares que permitan mejorar el acceso a agua y electricidad en tal municipio de manera sostenible y efectiva. La implementación de estas tecnologías permitiría incrementar a bien la calidad de vida de todas las personas que brindan sus servicios a favor de la comunidad de todo el distrito, así como también promover el desarrollo económico y social de la zona de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un mecanismo de bombeo hídrico y de energía fotovoltaica para el abastecimiento de energía a la Municipalidad Distrital de Yarabamba – Arequipa.

1.2.2. Objetivos Específicos

1) Estudio del área y metrado en donde se realizará el proyecto de diseño.
2) Realizar una recopilación de data en cuanto al consumo de luz y agua.
3) Calcular las especificaciones técnicas, seleccionar los dispositivos y herramientas necesarios para el proyecto, teniendo en cuenta su calidad, rendimiento, durabilidad y costo.
4) Realizar un estudio técnica, ambiental y económicamente viable.
5) Establecer un plan de mantenimiento y monitoreo para el sistema de abastecimiento hídrico y energía fotovoltaica, asegurando su funcionamiento óptimo a largo plazo.

1.3. Variables

1) Disponibilidad y calidad del recurso hídrico**:** Evaluar el volumen y calidad del agua en la zona, incluyendo la capacidad para captar, almacenar y distribuir agua.

2) Análisis de carga energética**:** Determinar la demanda energética de la Municipalidad Distrital de Yarabamba, considerando las necesidades de iluminación, equipos, sistemas de bombeo, entre otros.
3) Estudio de viabilidad económica**:** Realizar un análisis financiero para evaluar la viabilidad económica del sistema de bombeo hídrico y energía fotovoltaica, considerando los costos de inversión, mantenimiento y ahorros en energía.
4) Diseño del sistema de bombeo hídrico: Definir los parámetros de diseño para el sistema de bombeo hídrico, como la capacidad de bombeo, la selección de bombas, las tuberías y los dispositivos de control.
5) Diseño del sistema de energía fotovoltaica: Determinar los requisitos de diseño para el sistema de energía fotovoltaica, incluyendo la capacidad de generación, la selección de paneles solares, inversores, baterías y sistemas de almacenamiento (en caso se requieran).
6) Integración de sistemas: Evaluar la integración de los mecanismos de bombeo hídrico y campos energéticos fotovoltaicos, considerando la gestión de la energía, los dispositivos de control y la optimización del rendimiento global.
7) Evaluación de la eficiencia energética: Medir y examinar el modo eficiente en materia energética del sistema, es decir, la relación entre la energía generada y la energía utilizada, identificando posibles mejoras y optimizaciones.

1.4. Justificación

La Municipalidad Distrital de Yarabamba en la región de Arequipa enfrenta actualmente desafíos significativos en términos de abastecimiento de energía eléctrica confiable y acceso al suministro de agua para uso sanitario e higiénico. Depender de una matriz de energía no renovable y la limitada infraestructura de suministro de agua ha generado problemas en el tema de salud de los empleados que laboran en la municipalidad.

En ese escenario, se evidencia la demanda de buscar soluciones innovadoras y sostenibles que permitan garantizar el acceso a energía eléctrica y agua para la Municipalidad Distrital de Yarabamba. Implantar un sistema de bombeo hídrico y de energía fotovoltaica surge como una propuesta que puede contribuir significativamente a superar estos desafíos.

La energía fotovoltaica, al aprovechar la amplia disponibilidad de radiación del sol en la región, representa una opción sostenible para la generación de electricidad. Su uso contribuye a reducir la recurrencia de fuentes no renovables y a minimizar la emisión de gases contaminantes. Asimismo, la instalación de un sistema eficiente de bombeo de agua garantizará un abastecimiento hídrico de manera sostenible.

Entonces, la justificación de estudio contribuirá a abordar los problemas actuales de abastecimiento de energía y agua en la Municipalidad Distrital de Yarabamba, promoviendo la evolución sustentable, la conservación medioambiental y mejorando las condiciones saludables de los trabajadores en pro de toda la población del distrito de Yarabamba. El empleo de dicho sistema representa una solución innovadora y viable que permitirá superar las limitaciones actuales y sentar las bases para un futuro más sostenible y próspero para la región de Arequipa.

1.5. Alcances

- **Diseño y selección de los paneles solares:** Esta fase podría involucrar la evaluación de los requerimientos de energía eléctrica, la selección de la clase y cantidad de módulos solares, así como su ubicación y orientación para optimizar la cantidad de energía generada.
- **Análisis de la eficiencia energética:** En esta etapa se podrían realizar pruebas a fin de examinar el modo eficiente de la energía de las placas solares en diferentes situaciones de iluminación y temperatura, y se podrían realizar ajustes al diseño para maximizar la eficiencia energética.

- **Instalación y pruebas de los paneles solares:** En esta fase se llevaría a cabo la instalación de los paneles solares y se realizarían pruebas para evaluar su funcionamiento y la cantidad de energía eléctrica generada.
- **Evaluación de la viabilidad económica:** Se podría realizar un análisis sobre el aspecto viable en materia económica de la incorporación de placas solares, considerando la inversión de los materiales, la instalación y el mantenimiento, así como el ahorro en costos de energía eléctrica a largo plazo.

1.6. Limitaciones

Algunas limitaciones para el siguiente proyecto son:

- **Costo de producción:** Puede significar un costo alto debido a la necesidad de materiales y tecnologías especializadas, lo que puede limitar su uso en ciertas aplicaciones.
- **Variabilidad de la radiación solar:** La cantidad y calidad de irradiación del sol recibida en un lugar determinado puede variar significativamente debido a elementos diversos: situación geográfica, temporada anual, el horario diario y las situaciones del clima, lo que puede afectar el volumen de la electricidad generada.
- **Impacto ambiental:** La producción y disposición de los paneles fotovoltaicos puede tener un impacto ambiental negativo debido a la necesidad de materiales y procesos de fabricación especializados, así como a la eliminación adecuada de los paneles al final de su vida útil.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

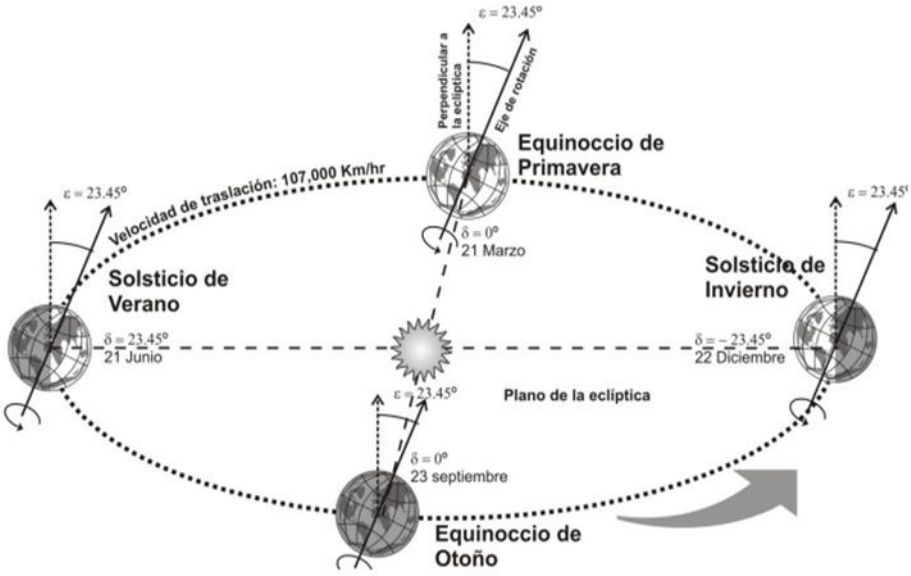
2.1. Geometría Solar

Al investigar la geometría solar, se analiza la asociación entre el posicionamiento solar y la orientación de los paneles en distintas circunstancias diarias y temporadas anuales. Esta información es fundamental para determinar la inclinación y dirección óptimas de los paneles solares, lo que maximiza la asimilación de la irradiación del sol en cualquier temporada del año. De esta manera, se logra un mejor estado eficiente en la mutación de la radiación en energía eléctrica, lo que contribuye al desarrollo de tecnologías más sustentables y respetuosas con el medio ambiente.

Ello se debe a la forma en que declina el sol que es el modo angular en que se configura la dimensión ecuatorial del planeta en relación con la línea Sol-Tierra, esta magnitud varía cada día durante el año. (Tejeda Martínez & Gómez-Azpeitia, 2015)

Figura 5

Posición relativa del plano del ecuador y de la eclíptica que define la declinación solar



Nota. Extraído por Tejeda Martínez & Gómez-Azpeitia, 2015.

Acorde a la **figura 5,** podemos visualizar las siguientes posiciones:

- En el equinoccio otoñal, la declinación del sol respecto al ecuador terrestre es de 0.
- Durante el solsticio invernal en el hemisferio norte, alcanza un valor de –23.45°.
- En el equinoccio primaveral, vuelve a situarse en 0.
- En el solsticio estival del hemisferio norte, su inclinación máxima es de 23.45°.

La inclinación del eje rotativo Tierra, expresado por medio de la declinación solar, es lo que da lugar a las distintas estaciones y a la diferente duración de los días a lo largo del año (Martín, 2022)

2.2. Radiación

Es un fenómeno natural crucial que afecta nuestro entorno y el clima de la Tierra. Proviene de la energía solar, esto es, mediante ondas electromagnéticas (desde rayos gamma y X hasta la evidencia de luz, infrarrojos y señales radiofónicas). Al llegar a la atmósfera terrestre, esta radiación interactúa con diversas moléculas y partículas, lo que da lugar a diferentes procesos como la reflexión, la absorción y la dispersión. La radiación solar tiene un impacto significativo en diversos aspectos, desde el calentamiento de la superficie terrestre hasta la fotosíntesis en las plantas y el ciclo del agua. Además, la comprensión de la radiación solar es esencial para evaluar y abordar temas asociados al cambio del clima y la energía renovable (Lamiguero, 2011)

Tipos de radiación solar:

- **Directa:** proveniente del sol como rayos luminosos que viajan en línea recta y llegan directamente a la superficie sin ser dispersados.
- **Difusa:** en cambio, es el efecto de la radiación dispersa solar por parte de las moléculas de aire y las partículas en la atmósfera, lo que hace que llegue a la Tierra desde diferentes direcciones.

- **Albedo:** hace referencia a la porción de radiación del sol que la superficie terrestre devuelve al espacio, como las nubes, el agua, la nieve y otras superficies reflectantes. Estos tres tipos de radiación son altamente relevantes en el clima y el balance energético de nuestro planeta, y su comprensión es crucial para entender los fenómenos climáticos y medioambientales.

2.2.1. Influencia atmosfera terrestre en la radiación solar

La irradiación del sol tiene diversas modificaciones mientras atraviesa la atmósfera, resultado de procedimientos (reflexión/atenuación/difusión). La presencia de nubes ocasiona una disminución en la cantidad de radiación que alcanza el plano terrenal, en tanto que componentes (vapor H2o, CO2 y ozono) absorben la radiación y alteran sus características espectrales. Además, la dispersión causada por partículas también tiene un papel en la distribución espacial de la radiación, y los fenómenos de difusión varían según el volumen de las de las moléculas infiltradas.

En este contexto, se identifican distintos tipos de difusión:

- La difusión de Rayleigh se manifiesta en los planos superiores atmosféricos y se responsabiliza del color azulado del cielo, es decir, la onda longitudinal es considerablemente más grande que el volumen de las partículas.
- Por otro lado, la difusión de Mie tiene lugar en los revestimientos inferiores atmosféricos, esto es, la onda longitudinal es análoga al volumen de las partículas.
- Se presenta la difusión no selectiva cuando la onda longitudinal es totalmente inferior que el volumen de las partículas.

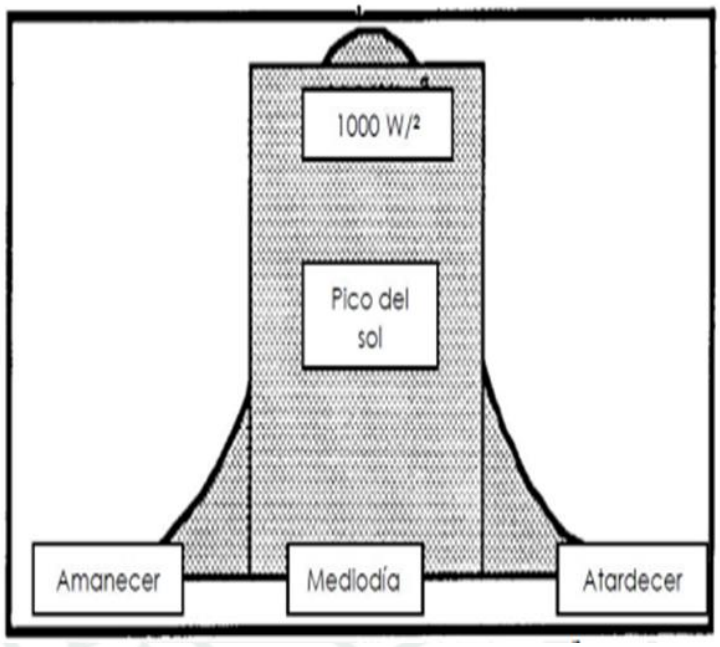
Para cuantificar estos efectos, se emplea un parámetro denominado masa de aire (AM), que representa la relación entre la distancia que recorren los rayos solares directos mediante la dimensión atmosférica hasta llegar a un plano receptor, y la distancia que transitarían si es que se produjese un episodio vertical. (Lamiguero, 2011).

2.2.2. Horas de Sol Pico

Corresponde al período diario en el que se asume una irradiación teórica de 1000 W/m², cuya acumulación equivale a la irradiación real total registrada en ese día. Este valor se expresa en kWh/m²/día y es cuantificablemente equivalente a las Horas Sol Pico. Su relevancia radica en que, sumado a un tema de pérdidas, facilita la estimación de la potencia que pueden generar las placas fotovoltaicas.

Figura 6

Gráfica de las Horas Sol Pico



Nota. Extraído de Salas, 2020.

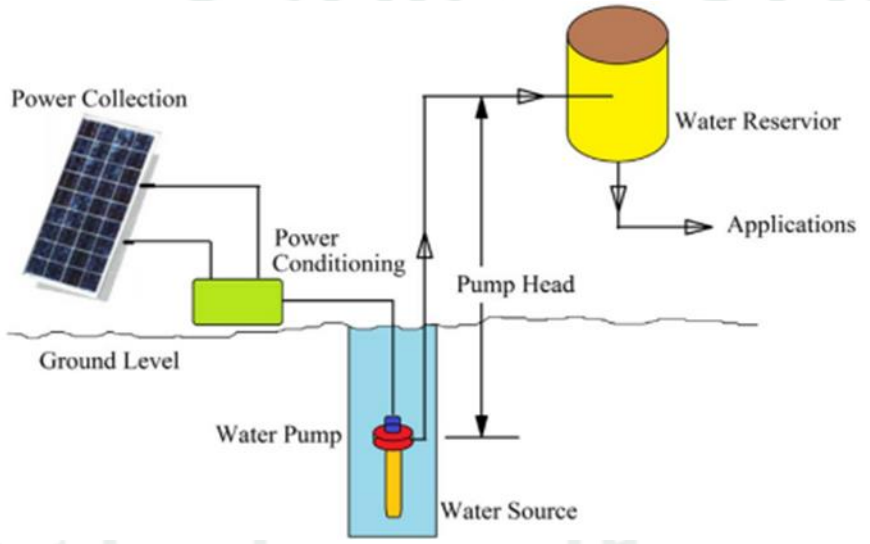
2.3. Sistema de bombeo fotovoltaico

Un mecanismo de bombeo solar fotovoltaico está compuesto principalmente por un módulo solar, un sistema de control y una bomba. Sin embargo, la incorporación de dispositivos para el cúmulo de energía también puede ser considerada, como bancos de baterías o tanques de almacenamiento de agua puede variar según las necesidades de uso del agua, el volumen requerido y la disponibilidad de la luz solar. (Guzmán, 2018).

Los paneles fotovoltaicos usan energía solar para generar electricidad directamente que podría usarse para alimentar las bombas de agua que funcionan con electricidad. En los últimos años, la atención se ha dirigido al diseño y mejora de sistemas de bombeo de agua que funcionan con energía del sol (Mansur & Ghassan, 2018).

Figura 7

Diagrama esquemático de un sistema generalizado de bombeo de agua con energía solar



Nota. Extraído de Mansur & Ghassan, 2018.

2.4. Bomba sumergible

El sistema de bombeo para pozos profundos se compone de un motor y un conglomerado de tazones de turbina, diseñados para operar sumergidos en agua. El motor puede contener diversos líquidos, como mezcla de aceite, aceite dieléctrico o recursos hídricos, lo que le permite funcionar continuamente bajo inmersión.

El motor subyace del conjunto de tazones de turbina y conectado a este mediante un adaptador particular. La transmisión del movimiento a los componentes que giran de los tazones se realiza desde la parte inferior, donde el eje del motor se enlaza con el de la bomba a través de un acople diseñado para su funcionamiento bajo el agua.

La alimentación eléctrica del motor se realiza mediante un cable sumergible de alta resistencia, que recorre la tubería de descarga hasta conectarse con la caja de terminales o el

panel de control en la superficie. El impulsor se calibra en fábrica durante el ensamblaje, por lo que no requiere ajustes adicionales. La tubería de descarga, compuesta por tramos roscados de distintas longitudes, se fija en la parte superior mediante una placa de superficie o un codo de descarga (GORMAN-RUPP COMPANY, 2010).

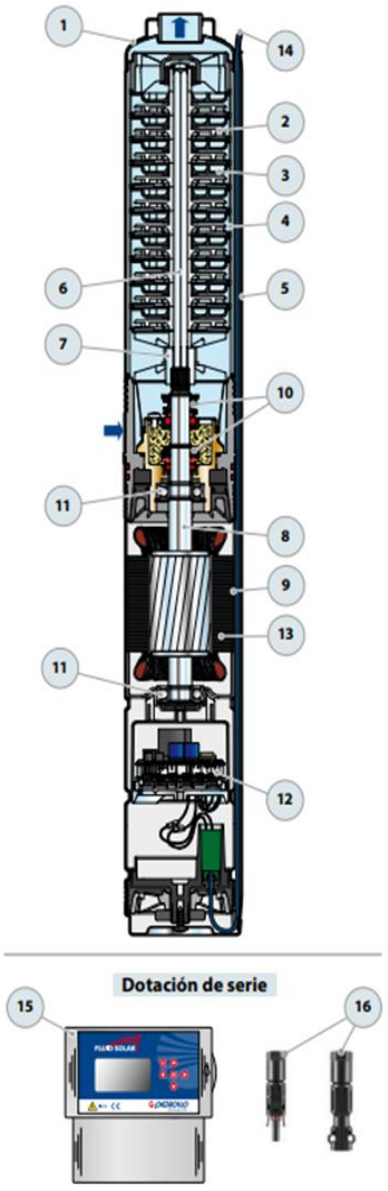
Figura 8

Conjunto general de la bomba sumergible

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1	CUERPO DE IMPULSION Y CAMISA BOMBA	Acero inoxidable AISI 304 con boca de impulsión roscada ISO 228/1.
2	RODETES	Lexan 141-R para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 6/3 Delrin para FLUID SOLAR 2/6
3	DIFUSORES	Noryl
4	CAJAS PORTA DIFUSORES	Acero inoxidable AISI 304
5	PROTECTOR CABLE	Acero inoxidable AISI 304
6	EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304 para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
7	CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 316L para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
8	EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431
9	CAMISA MOTOR	Acero inoxidable AISI 304
10	DOBLE SELLO MECANICO CON CAMARA DE ACEITE INTERPUESTA	

Sello	*Eje*	*Posición*	*Materiales*		
Modelo	*Diámetro*		*Anillo fijo*	*Anillo móvil*	*Elastómero*
STA-17	Ø 17 mm	Lado motor	Carburo de silicio	Grafito	NBR
ST1-16	Ø 16 mm	Lado bomba	Carburo de silicio	Grafito	NBR

11	RODAMIENTOS	6203 2RS - C3E / 6203 ZZ - C3E
12	INVERTER	
13	MOTOR ELÉCTRICO	– Sumergible adecuadamente dimensionada, apta para servicio continuo (sin aceite, rebobinable). – Motor con imánes permanentes de alto rendimiento – Aislamiento: clase F – Protección: IP X8
14	CABLE DE ALIMENTACIÓN	➡ **De tipo PBS-P aprobado para el uso en agua potable por la entidad "ACS" según BS 6920, aprobación n. 04 ACCLI 201** **Longitud estandard 2 metros** Dotación de serie: kit de unión para cables RPS2
15	CUADRO ELÉCTRICO	
16	CONECTORES	N° 2 conectores macho tipo SMK N° 2 conectores hembra tipo SMK



Nota. Extraído por Pedrollo, 2023.

2.4.1. Diferencia entre bomba centrifuga y sumergible

Las dos bombas presentan notables diferencias en sus características y aplicaciones. La bomba sumergible se sumerge completamente en el líquido a bombear, lo que le permite ser versátil y adecuada para diversas aplicaciones de bombeo. Por otro lado, la bomba centrífuga cuenta con una mayor capacidad interna para almacenar líquido, aunque requiere cebarse ocasionalmente, ya que debe ingresar sin aire. En contraste, la bomba sumergible es auto cebada y puede operar de manera continua una vez sumergida en el agua.

En cuanto al uso, las bombas centrífugas son idóneas para fuentes de agua poco profundas, aunque también pueden funcionar en pozos profundos. Por otro lado, la bomba sumergible se muestra altamente eficiente en cualquier profundidad del pozo de agua. Su diseño cilíndrico y alargado se ajusta perfectamente a la carcasa del pozo, permitiendo que los difusores e impulsores mejoren significativamente el proceso de bombeo.

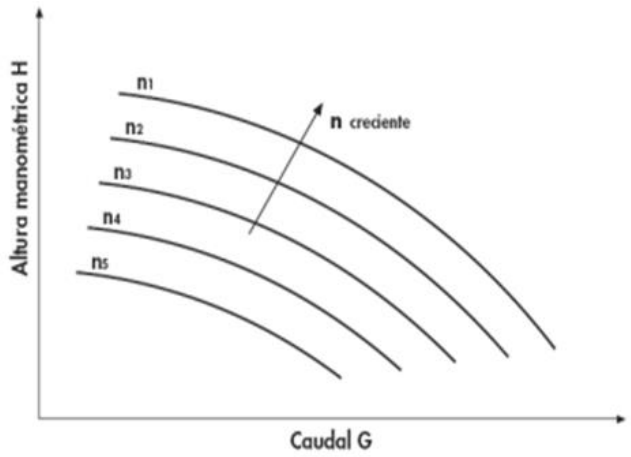
2.5. Curvas de la bomba

2.5.1. Curva característica de una bomba

La caracterización del rendimiento de una bomba se logra al examinar la interdependencia entre la altura manométrica y el caudal, lo que facilita la selección del equipo de bombeo más idóneo para una instalación particular. Tal altura, que puede expresarse en unidades de presión, representa la energía que se transmite al fluido para asegurar su flujo conforme a los parámetros de diseño.

Figura 9

Curvas características de una bomba



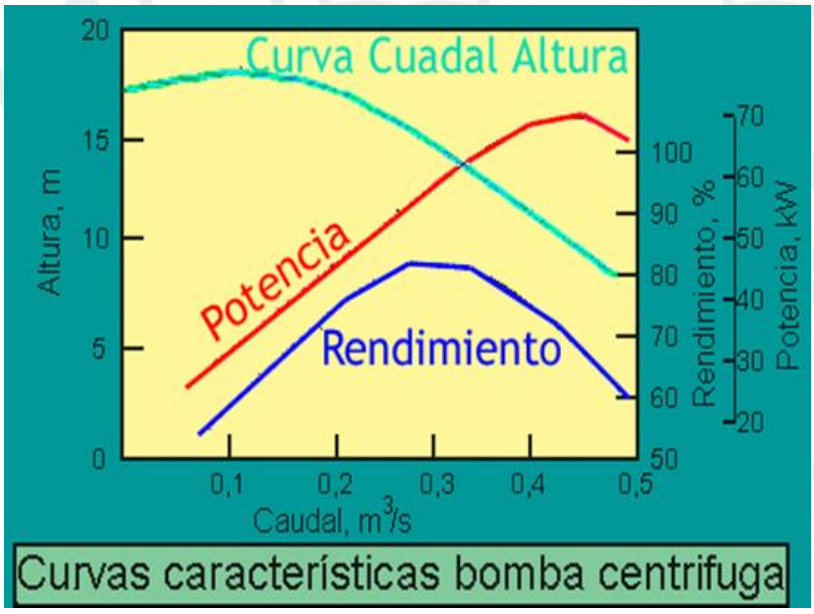
Nota. Extraído de Marchegiani, 2004.

2.5.2. Curva de potencia absorbida caudal

La cantidad de energía que una bomba requiere para operar su eje, conocida como potencia absorbida, está determinada por las condiciones de trabajo, incluyendo el caudal y la altura manométrica.

Figura 10

Referencia a las curvas de la bomba centrifuga



Nota. Extraído de Marchegiani, 2004.

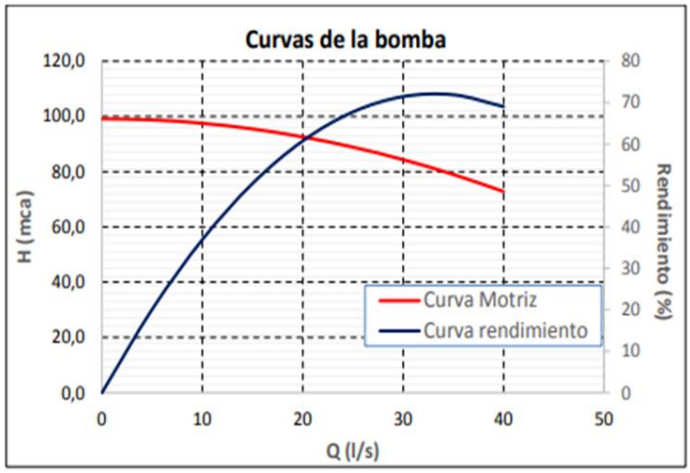
2.5.3. Rendimiento total de la bomba

Cuando se efectúa el bombeo de un líquido, se produce una ineficiencia en la transferencia de energía desde el eje impulsor hacia el fluido, debido a que una porción significativa de la energía se disipa a través de diversos mecanismos, principalmente la fricción. La fricción se manifiesta en los cojinetes y las juntas, así como en la ineficacia del impulsor para transferir energía a la totalidad del líquido. Estas pérdidas, que reducen la eficiencia global del sistema, se componen de múltiples factores:

- La eficiencia de un motor eléctrico se reduce por las pérdidas de energía causadas por la fricción en sellos, rodamientos y la resistencia del fluido. Estas ineficiencias afectan la transferencia de energía al fluido, disminuyendo el rendimiento del sistema.
- Rendimiento volumétrico perjudicado por fugas internas y que se reduce al al incrementarse la presión.
- El rendimiento hidráulico, o eficiencia manométrica, mide la proporción de energía transferida desde el eje de la turbina al fluido en comparación con la energía hidráulica total que absorbe el impulsor. Generalmente, las pérdidas hidráulicas se deben a la fricción y a los cambios en la dirección del flujo.

Figura 11

Curva de rendimiento



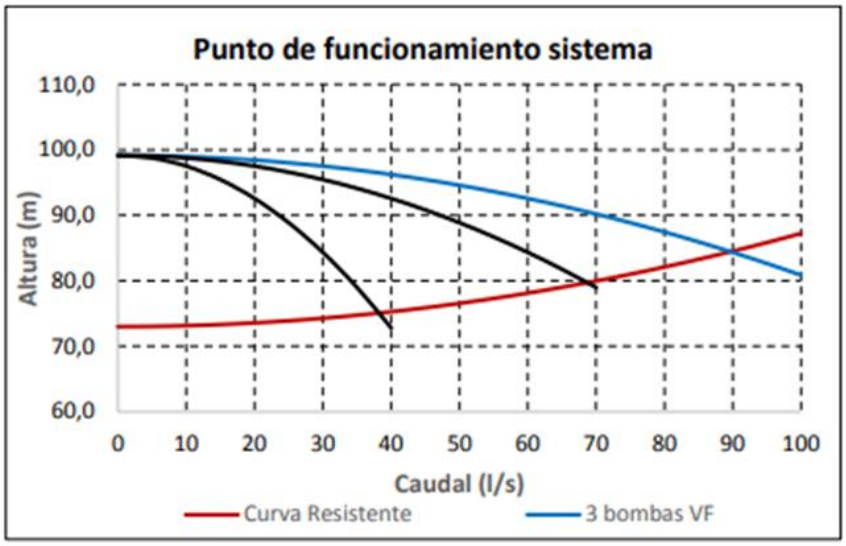
Nota. Extraído de Valverde & Palau Estevan, 2016.

2.5.4. Punto de funcionamiento

Se ha destacado que las bombas tienen una relación específica entre la cantidad de líquido que bombean y la altura a la que pueden elevarlo, la cual se expresa a través de una curva característica. Para obtener estas curvas, el fabricante las mide experimentalmente variando la resistencia del rodete de la bomba para lograr diferentes caudales y medir las correspondientes alturas manométricas (Valverde & Palau Estevan, 2016)

Figura 12

Punto de funcionamiento para la asociación de bombas en paralelo a velocidad fija



Nota. Extraído de Valverde & Palau Estevan, 2016.

2.6. Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles de sol son componentes esenciales en la generación de electricidad a través de sistemas fotovoltaicos. La energía eléctrica producida a partir de esta fuente renovable puede almacenarse en baterías o distribuirse directamente a la red eléctrica.

El elemento fundamental de dichos paneles son las células fotovoltaicas, las cuales transforman la irradiación del sol en suministro eléctrico. Los demás componentes del panel solar tienen la función de proteger y asegurar la estabilidad y funcionalidad del conjunto (Planas, 2016).

Figura 13

Panel solar fotovoltaico



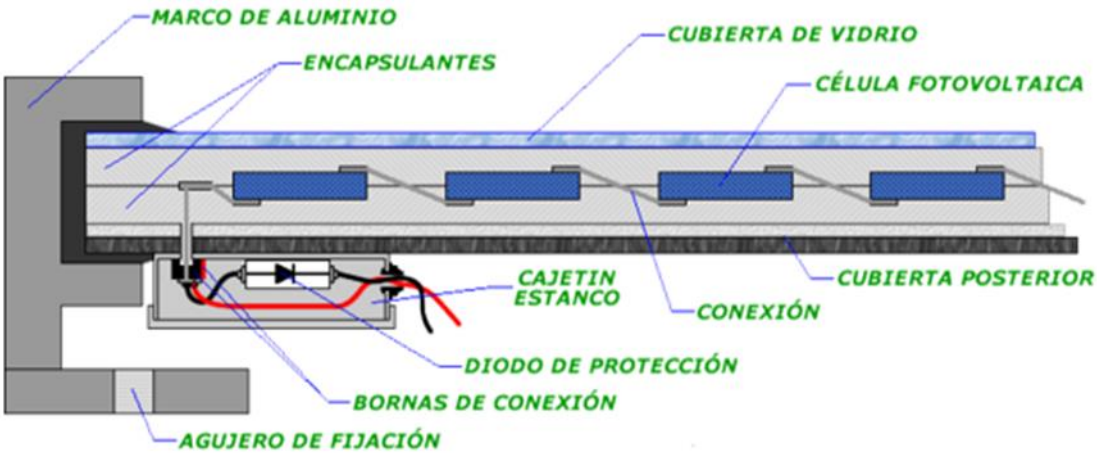
Nota. Extraído de Planas, 2016.

2.6.1. Corte transversal de un panel fotovoltaico

Las células fotovoltaicas están rodeadas por ciertos componentes que le otorgan protección contra factores externos y proporcionan resistencia para su integración con las estructuras que lo sostienen, además, contienen los componentes para un panel fotovoltaico.

Figura 14

Corte transversal de un panel fotovoltaico



Nota. Extraído de Barbosa Urbano, 2013.

La estructura de un panel solar se compone de diversas partes o componentes.

Actualmente, los componentes de un panel fotovoltaico incluyen lo siguiente:

2.6.2. Cubierta frontal

La función principal de esta capa es salvaguardar el panel de las inclemencias del tiempo y otros agentes atmosféricos. Para lograrlo, se emplea vidrio templado con mínimo contenido de hierro, un material que ofrece resistencia a los impactos y, al mismo tiempo, permite una transmisión eficiente de la radiación solar.

Es importante que el panel solar tenga una cubierta protectora para resguardar las células fotovoltaicas, sin embargo, la calidad del cristal utilizado puede afectar su rendimiento. Por lo tanto, es esencial elegir un vidrio adecuado para garantizar un alto desempeño de la placa solar.

2.6.3. Capas encapsuladas

Para proteger las células solares y sus conexiones se emplean capas encapsuladas. Los materiales más comunes para esto son el EVA, que es un polímero termoplástico (etileno y acetato de vinilo). El EVA es transparente y no se degrada por la exposición a la radiación solar. También ayuda a mantener la cohesión del panel al rellenar el espacio entre la cubierta frontal y trasera.

No obstante, el EVA tiene algunas desventajas, como su alta plasticidad y su tendencia a acumular polvo, lo que puede reducir la transmisión de la radiación solar. Además, su vida útil puede ser limitada, lo que puede afectar la duración total del módulo.

2.6.4. Marco de aluminio

La parte del panel solar que proporciona la fuerza mecánica necesaria para su correcto funcionamiento se conoce como marco de apoyo. El marco se utiliza para insertar el panel en estructuras más grandes y generalmente se hace de aluminio o materiales similares que son resistentes a las condiciones climáticas extremas y que también favorecen la disipación de

calor. Es esencial tener en cuenta que un aumento en la energía térmica del panel solar puede disminuir su impacto fotovoltaico.

Desde una perspectiva de optimización de la captación solar, el marco de apoyo sirve como punto de anclaje para la estructura que determina cómo se orienta e inclina el panel. En el caso de techos inclinados con orientación sur, se aprovecha la inclinación natural del tejado para la instalación directa de los paneles; empero, en techos planos, se recomienda el uso de estructuras adicionales que permitan ajustar la posición de la placa para lograr una captación solar óptima.

2.6.5. Protector posterior

Esta parte del panel solar tiene la función de resguardarlo de las condiciones climáticas y actuar como una barrera impermeable que evita la filtración de humedad. Los materiales más comúnmente utilizados son acrílicos de 24 capas, Tedlar o EVA. En general, se prefieren las láminas de color blanco ya que esto aumenta la eficiencia del panel al reflejar la radiación solar hacia las células.

2.6.6. Caja de conexiones eléctricas

Las conexiones eléctricas producidas por las celdas fotovoltaicas se concentran en una caja, garantizando la continuidad del circuito, que dispone de dos conductores con una diferencia de potencial entre ellos, utilizados para el transporte de la corriente. En algunos módulos fotovoltaicos, se incorpora una conexión a tierra, recomendada especialmente para sistemas de alta potencia.

2.6.7. Células fotovoltaicas

Las células solares son consideradas como la sección fundamental y crucial de los paneles solares. Son componentes semiconductores que tienen la capacidad de generar electricidad por medio de la conversión de la energía solar. Estas estructuras hacen quee la

energía solar sea utilizable de manera sostenible y adecuada con el entorno ambiental (Planas, 2016).

2.7. Tipos de paneles fotovoltaicos

2.7.1. Monocristalinos

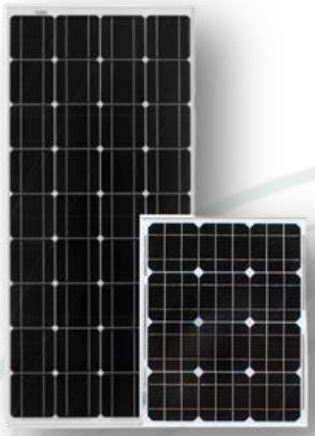
Los módulos fotovoltaicos monocristalinos se elaboran a partir de un proceso que inicia con la fusión de silicio de alta pureza en un crisol, al cual se le añade una mínima cantidad de boro. Cuando la materia alcanza el estado líquido, se ingresa una varilla con un cristal de silicio preexistente, que funciona como núcleo para la formación del nuevo cristal. Los átomos del líquido se incorporan al cristal en crecimiento, continuando la estructura ordenada del cristal inicial. De esta manera se logra obtener un monocristal dopado, el cual es posteriormente dividido en delgadas obleas con un grosor aproximado de tres décimas de milímetro. Estas obleas son sometidas a un proceso en hornos especiales, donde se realiza la difusión de átomos de fósforo en una de sus caras, logrando que estos átomos se depositen y penetren a cierta profundidad en la superficie de las obleas. Luego, previo a la etapa de serigrafía para las interconexiones superficiales, las obleas son recubiertas con un tratamiento antirreflectante a base de bióxido de titanio o zirconio. (Barbosa Urbano, 2013)

2.7.2. Policristalinos

La pasta de silicio se deja solidificar gradualmente sobre un molde, lo que resulta en la formación de un sólido compuesto por numerosos cristales pequeños de silicio. Estos cristales pueden ser posteriormente cortados en delgadas obleas policristalinas. (Barbosa Urbano, 2013).

Figura 15

Celda Monocristalina



Nota. Extraído de Barbosa Urbano, 2013.

Figura 16

Celda Poliscritalina



Nota. Extraído de Barbosa Urbano, 2013.

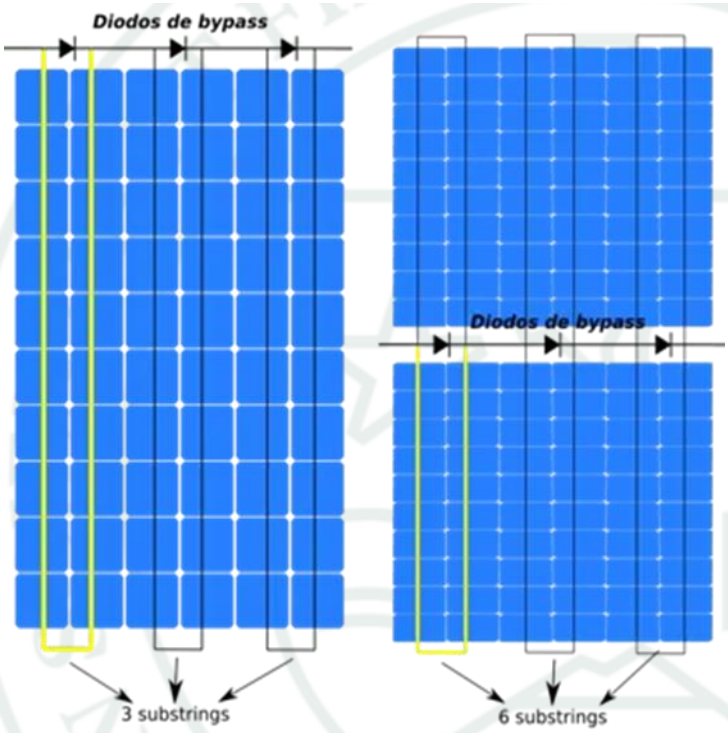
2.7.3. Célula Partida

Estos paneles se caracterizan por utilizar células solares divididas en varias partes más pequeñas, lo que les permite maximizar la captación de luz solar y mejorar la generación de suministro eléctrico de forma eficiente. Al distribuir la luz solar entre múltiples células, los paneles de célula partida pueden aprovechar una mayor cantidad de radiación solar en diferentes condiciones de iluminación y ángulos de incidencia. Esta capacidad de adaptación a diversas situaciones hace que sean una excelente opción para aplicaciones tanto

residenciales como industriales. Además, su diseño modular facilita su instalación y permite una mayor flexibilidad en la configuración de sistemas fotovoltaicos. Gracias a estos avances, los paneles de célula partida contribuyen significativamente al impulso de tecnologías solares más eficientes y sostenibles.

Figura 17

Esquema de dos módulos de 60 células (izquierda) y 120 subcélulas (derecha). El modelo de half-cell tiene el doble de cadenas que el convencional, lo que reduce el impacto de sombras parciales en la producción



Nota. Extraído de Censolar, 2021.

Como se puede visualizar en la **figura 2.14**, en los módulos HC (half cell), los diodos se encuentran posicionados en la línea central que actúa como límite entre las dos partes del módulo. Esto permite dividir cada subcadena en dos y conectarlas en paralelo. Debido a esta disposición, no hay espacio disponible para acercar los terminales a una sola caja de conexión (Censolar, 2021).

2.8. Comparación del panel solar monofacial y bifacial

Tabla 1

Comparativa de los paneles monofaciales y bifaciales

FACTORES	MONOFACIAL	BIFACIAL
ABSORCIÓN DE LA LUZ	Absorben la luz de un solo lado del panel.	Absorbe tanto en la parte frontal como de la trasera. Esto hace que las células bifaciales sean más eficientes en áreas con alto albedo.
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	Especialmente en áreas con alto albedo.	Producen más energía por unidad de área del panel.
EFICIENCIA	Menos eficiente.	Más eficientes especialmente en condiciones de poca luz o cuando el sol tenga un ángulo bajo.
COSTO	Bajo costo de fabricación.	Casi se duplica el costo de fabricación.
SOMBREADO	Para evitar este problema se fabricaron los paneles de célula partida.	Más sensible de captar la luz ya que ambos lados deben de recibir luz.

Nota. Elaboración propia.

En general, las células solares bifaciales tienen el potencial de ser más eficientes y generar más energía en comparación con las células monofaciales. Sin embargo, su mayor desventaja es su costo y sensibilidad al sombreado pueden limitar su uso en algunas aplicaciones. Para reducir la desventaja de los monofaciales, se diseñaron los paneles de célula partida para así contrarrestar la eficiencia energética de los paneles, además, estos paneles son más que suficientes para zonas de alta de radiación.

2.9. Efecto de la configuración fotovoltaica

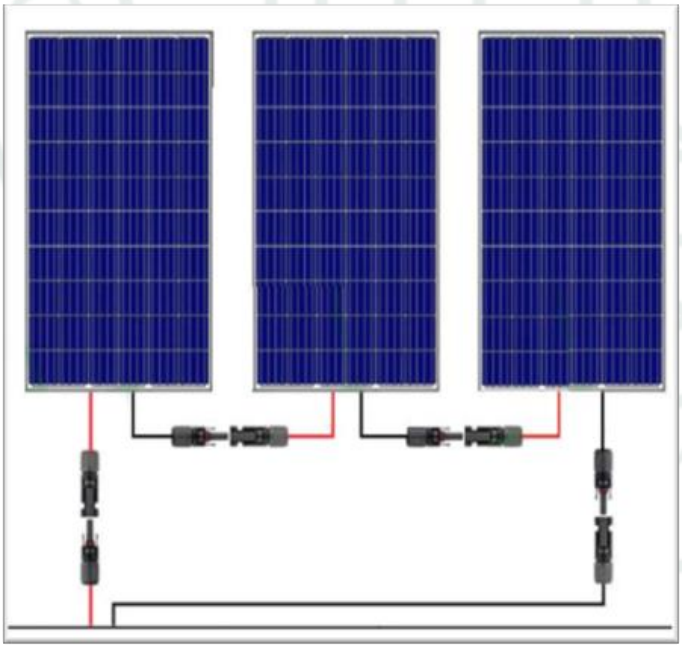
La disposición de los paneles solares dentro de la matriz de captación influye directamente en la eficiencia de los mecanismos de bombeo hídrico alimentados con campos energéticos solares fotovoltaicos. La configuración del arreglo fotovoltaico hace referencia a la manera en que los módulos se interconectan en serie y paralelo dentro del sistema. Es posible conectar múltiples módulos en serie para aumentar el voltaje, o combinar varias cadenas en paralelo para ajustar los niveles de corriente y voltaje (Mansur & Ghassan, 2018).

2.9.1. Conexión en serie

En este método de conexión, el flujo de corriente mediante el circuito es constante para todos los paneles solares conectados, lo cual se recomienda para los paneles que tengan características técnicas similares. Sin embargo, la tensión total aumenta en proporción a la cuantía de paneles de sol que se conectan en el circuito. (ECO-SISTEMAS, 2021).

Figura 18

Conexión en serie de los paneles



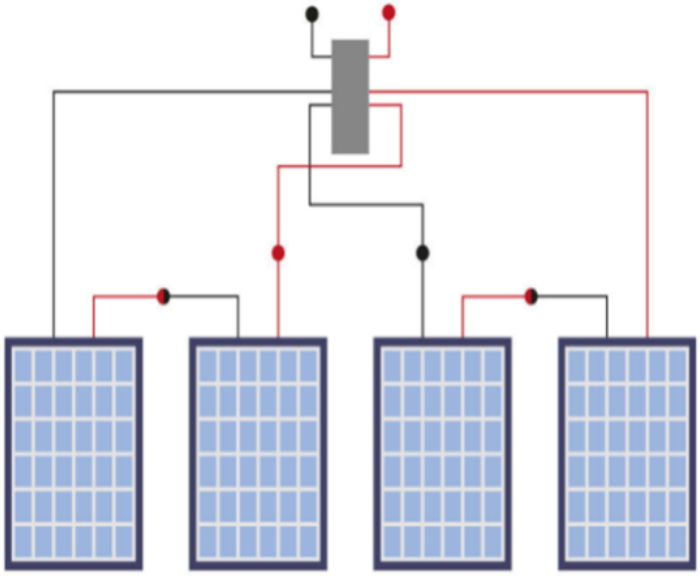
Nota. Extraído de ECO-SISTEMAS, 2021.

2.9.2. Conexión en paralelo

Implica conectar los terminales positivos de todos los paneles solares del sistema a un único punto o barraje. De manera similar, se conectan entre sí los terminales negativos de todos los paneles solares del circuito eléctrico (ECO-SISTEMAS, 2021).

Figura 19

Conexión en paralelo de los paneles



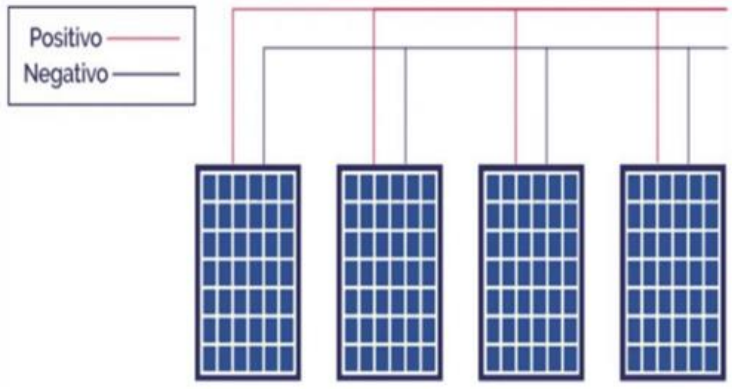
Nota. Extraído de ECO-SISTEMAS, 2021.

2.9.3. Conexión en serie - paralelo

Esta configuración de interconexión es ampliamente empleada en la implementación de sistemas fotovoltaicos, ya que facilita la obtención de los valores de voltaje e intensidad de corriente necesarios para su correcto funcionamiento. Básicamente, se trata de la combinación de los dos tipos de conexión previamente analizados. En consecuencia, el flujo de corriente y la intensidad de salida de un arreglo de este tipo se ajustan de acuerdo con el comportamiento mencionado anteriormente (ECO-SISTEMAS, 2021).

Figura 20

Conexión en serie - paralelo



Nota. Extraído de ECO-SISTEMAS, 2021.

2.10. Variador de frecuencia

Estos dispositivos se ubican entre la fuente de suministro eléctrico y los motores de corriente alterna (AC) con el propósito de controlar su velocidad de rotación. Mediante la modulación de la frecuencia de la energía suministrada al motor, el variador de frecuencia ajusta el suministro eléctrico según la demanda del sistema, reduciendo así las pérdidas energéticas y mejorando la eficiencia en el consumo.

Su instalación es generalmente sencilla y requiere un mantenimiento nulo o mínimo, lo que contribuye a una mayor durabilidad de los dispositivos a los que está integrado. Además, al proporcionar únicamente la energía requerida por el sistema, se reduce el desgaste de los componentes eléctricos, prolongando así su vida útil (S&P, 2020).

Figura 21

Variador de frecuencia



Nota. Extraído de S&P, 2020.

CAPÍTULO III.

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. Cálculo de la potencia de la bomba

3.1.1. Dimensionamiento del pozo

Para calcular el caudal necesario para una bomba sumergible, se deberán considerar varios factores, como el tipo de aplicación que se realizara en el pozo de abastecimiento, la altura de elevación, la extensión y el grosor del conducto y las pérdidas de carga.

Por lo tanto, necesitaremos los siguientes parámetros a tomar en cuenta:

- Numero de personas que laboran en la municipalidad (con una proyección creciente de personal a 10 años): 250 personas.
- Número de litros usados por persona al día: 50 litros.
- Numero de litros totales: 250 personas x 50 litros/persona = 12500 litros

Por lo que el volumen total del pozo que almacenará será de 12.5 m^3

Factor de conversión: 1 metro cúbico es igual a 1000 litros.

3.1.2. Cálculo de la potencia de la bomba

El principio de Bernoulli es el que se usara para calcular la potencia de la bomba de agua que usaremos para desplazar el volumen de agua calculado anteriormente.

$$\frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + hb = \frac{P_2}{\gamma} + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f\,1-2}$$

Donde:

- P_1 y P_2: Niveles de presión en la entrada y salida del sistema de bombeo, respectivamente (Pa).
- γ : Peso específico del agua (N/m^3).
- g: Celeridad debido a la gravedad (m/s^2).

- h_1 y h_2 son las alturas en la succión y descarga de la bomba, respectivamente (m).
- v_1 y v_2: Velocidades en la entrada y salida del sistema de bombeo, respectivamente (m/s).
- $h_{f\ 1-2}$: Pérdidas producidas por la fricción (m).
- hb : Altura de presión (m).

El principio de Bernoulli establece una relación entre la presión, la velocidad y la energía potencial gravitatoria de un fluido dentro de un sistema en movimiento. En el caso de una bomba de agua, la ecuación se puede simplificar considerando que la presión en la succión es atmosférica (presión estática) y que la velocidad en la succión es despreciable. La ecuación se puede expresar de la siguiente manera:

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{h_1} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + hb = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f\ 1-2}$$

$$hb = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f\ 1-2}$$

Donde:

hb = 1.5m + 16m = 17.5m (altura estática).

El caudal será el volumen total a desplazar por día que contenga el pozo por tanto realizaremos la conversión necesaria para poder reemplazarlo en la ecuación general.

Figura 22

Datos de Nastec

Seleccionar todo

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Promedio diario de la radiación solar [kWh/m^2/day] Para paneles inclinada mismo que la latitud	6.10	5.70	5.80	6.17	6.39	6.31	6.34	6.53	6.87	6.90	7.22	7.05	6.45
Temperatura ambiente máxima diaria [°C]	14.19	14.31	14.70	14.33	14.02	13.22	12.96	14.12	14.93	15.99	16.02	15.23	14.50
Temperatura ambiente diaria minima [°C]	7.05	6.87	6.67	5.85	2.92	1.23	0.57	1.83	3.34	4.95	5.85	6.83	4.50
Temperatura media diaria [°C]	10.62	10.59	10.68	10.09	8.47	7.23	6.77	7.98	9.14	10.47	10.93	11.03	9.50

Nota. Calculadora Solar Nastec.

$$Q = 12.5 \frac{m^3}{dia} x \frac{dia}{24\ Hr} x \frac{Hr}{60\ s}$$

$$Q = 0.00868\ \frac{m^3}{s}$$

Para el cálculo de la velocidad en el punto de descarga tenemos:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * d^2}$$

Donde:

- d = diámetro interno de la tubería redonda para acero galvanizado de 1 ½" será: 0.0381 m

Tabla 2

Selección de tamaño de tubería

Tamaño de la Tubería	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Interno (m)
1/2"	13.36 mm	0.01336 m
3/4"	18.34 mm	0.01834 m
1"	25.27 mm	0.02527 m
1 1/4"	31.69 mm	0.03169 m
1 1/2"	37.64 mm	0.03764 m
2"	49.22 mm	0.04922 m

Nota. Extraído de Cengel 4ta edición.

$$V = \frac{4 * 0.00868\ \frac{m^3}{s}}{\pi * (0.0381\ m)^2}$$

$$V = 7.6134\ \frac{m}{s^2}$$

Para determinar las pérdidas de energía por fricción en el flujo de fluidos a través de tuberías, se empleará la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual es una herramienta fundamental en la hidráulica para el cálculo de dichas pérdidas en función de las características del fluido y la conducción. Esta ecuación se deriva de la ecuación de Darcy y se puede expresar de la siguiente manera:

$$h_{f\,1-2} = f\frac{L}{\mathrm{d}} * \frac{V_2^2}{2g} + \sum k_C \frac{V_2^2}{2g} + \sum k_V \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_{f\,1-2} = \frac{V_2^2}{2g} * \left(f\frac{L}{\mathrm{d}} + \sum k_C + k_V\right)$$

Donde:

- *f*: Coeficiente de resistencia hidráulica de Darcy-Weisbach, el cual varía según el régimen de flujo y las características físicas de la tubería.
- L: longitud de la tubería (m).
- d: diámetro de la tubería (m).
- g: Aceleración debido a la gravedad (m/s²).
- V_2: velocidad del flujo en la tubería en la etapa de descarga (m/s).
- Kc y Kv: Coeficientes de aditamento (coeficientes de pérdidas locales ocasionadas por los accesorios usados a lo largo de la tubería).

El coeficiente de fricción f está determinado por el número de Reynolds y el repliegue relativo de la superficie interna de la tubería.

La ecuación de Colebrook-White y el diagrama de Moody son dos herramientas comunes utilizadas para determinar el número de fricción en tuberías (*f*). Estos métodos consideran los factores mencionados anteriormente para calcular el número de fricción y, a partir de ahí, calcular las pérdidas de carga y otros parámetros hidráulicos en el sistema de tuberías.

3.1.3. Ecuación del número de Reynolds

Se emplea para clasificar el tipo de flujo que ocurre en el fluido, ya sea de contenido gaseoso o líquido, en función de sus propiedades físicas y las condiciones del flujo. Su principal utilidad radica en predecir si el flujo será laminar o turbulento.

$$R_e = \frac{\mathrm{V} * d * \rho}{u}$$

Donde:

- V: velocidad del fluido (m/s)
- ρ: densidad del agua.
- d: diámetro de la tubería (m).
- $\mathcal{u}$: velocidad absoluta o dinamica del agua (m²/s).

3.1.4. Cálculo de la viscosidad cinemática del agua

Se refiere a la celeridad con la que el agua recorre en un determinado punto o a lo largo de una trayectoria específica y bajo a una determinada temperatura. Es una magnitud escalar que indica la rapidez del movimiento del agua sin considerar su dirección.

$$\mathcal{u} = \frac{\mathrm{M} * g}{\Upsilon}$$

Donde:

- $\mathcal{u}$: viscosidad cinemática (m²/s).
- g: Aceleración debido a la gravedad (m/s²).
- Υ: peso específico del agua.
- M: Viscosidad dinámica del agua (kg. s/ m²).

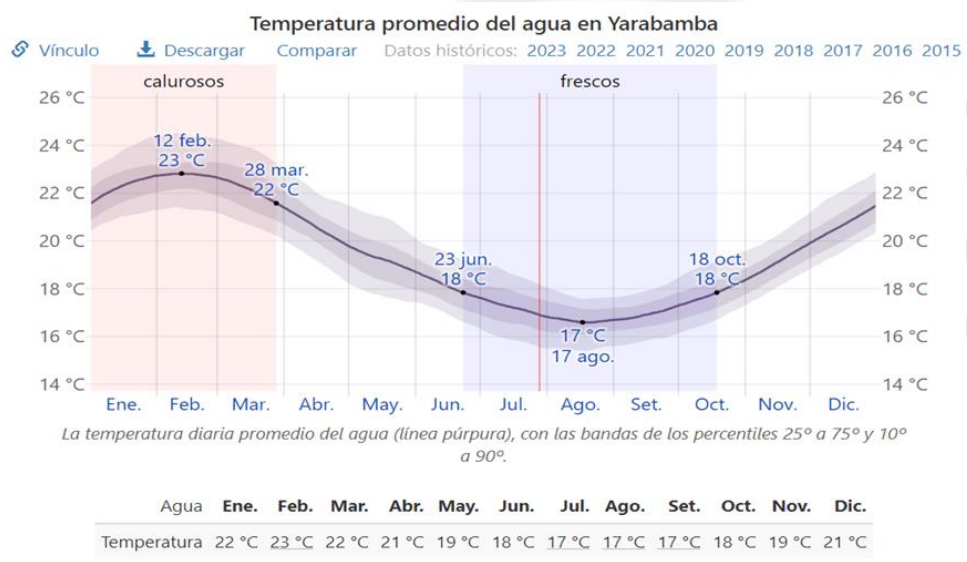
Yarabamba experimenta marcadas diferenciaciones con respecto al agua y su temperatura cada año, con una temporada cálida relativamente corta pero intensa que va de enero a marzo, y una temporada fría más extensa que abarca desde junio hasta octubre. Estas fluctuaciones pueden tener un impacto significativo en el clima local y en los patrones ecológicos. En la fase de mayor temperatura, que se extiende por aproximadamente 2.8 meses, desde el 1 de enero hasta el 28 de marzo, la temperatura media del agua supera los 22 °C. El punto máximo de calor se registra en febrero, con un valor promedio de 23 °C.

Por otro lado, el periodo más frío tiene una duración de alrededor de 3.9 meses, desde el 23 de junio hasta el 18 de octubre, durante el cual la temperatura promedio del agua

desciende por debajo de los 18 °C. El periodo de menor temperatura hídrica en Yarabamba se presenta en agosto, registrando un valor medio de 17 °C.

Figura 23

Cálculo de la velocidad absoluta, que se realizará a continuación se usará la temperatura promedio durante todo el año en el distrito de Yarabamba que será de 20 °C



Agua	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	22 °C	23 °C	22 °C	21 °C	19 °C	18 °C	17 °C	17 °C	17 °C	18 °C	19 °C	21 °C

Nota. Extraído de Wheater Spark.

Para la viscosidad dinámica tendremos:

Tabla 3

Viscosidad del Agua dependiendo de la Temperatura

Temperatura (°C)	Viscosidad del agua (P)
10	0.01308
15	0.01139
20	0.01008
25	0.00890

Nota. Extraído de Cengel 4ta edición.

El agua a una temperatura de 20 °C tiene un valor de viscosidad de 0.01008 Poises

$$M = 0.01008 \text{ poises} * \frac{1 \frac{kg.seg}{m^2}}{98.1\ poises}$$

Donde:

$$1 \frac{kg.seg}{m^2} = 98.1\ poises$$

Viscosidad dinámica:

$$M = 1.027\ x\ 10^{-4}\ \frac{kg.seg}{m^2}$$

Reemplazando en la ecuación de viscosidad cinemática:

$$\mathcal{u} = \frac{\mathrm{M} * g}{\Upsilon}$$

$$\mathcal{u} = \frac{1.027\ x\ 10^{-4}\ \frac{kg.seg}{m^2} * 9.81\ \frac{m}{s^2}}{998\ \frac{kg}{m^2}}$$

$$\mathcal{u} = 1.009\ x\ 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

Donde:

$$\Upsilon = \Upsilon_{H2O}\ x\ \rho_{real}$$

$$\Upsilon = 1000\ \frac{kg}{m^2}\ x\ 0.998$$

$$\Upsilon = 998\ \frac{kg}{m^2}$$

Corroboración de los cálculos efectuados:

- Se dispone del valor de la viscosidad cinemática hídrica correspondiente a una temperatura de 20 °C. (municipalidad de Yarabamba) Con los siguientes datos:

Tabla 4 *Propiedades del Agua (Viscosidad, Densidad Relativa, Densidad del agua)*

PROPIEDAD		UNIDAD
$\boldsymbol{\mu}$	0,0101	$Poise = \frac{1\ gr}{cm * seg}$
Densidad Relativa	0,998	-
Densidad del Agua	101,97	$\frac{kg * seg^2}{m^4}$

Nota. Extraído de Cengel 4ta edición.

- viscosidad cinemática

Tabla 5

Viscosidad cinemática

PROPIEDAD		UNIDAD
$\boldsymbol{\mu}$	0,0101	$Poise = \frac{1\ gr}{cm * seg}$
Viscosidad Dinámica	0,998	-
Densidad del Agua	101,97	$\frac{kg * seg^2}{m^4}$
Viscosidad Cinemática	1,01E-06	$\frac{m^2}{seg}$

Nota. Extraído de Cengel 4ta edición.

Reemplazando en la ecuación de Reynolds:

$$R_e = \frac{\mathrm{V} * d * \rho}{\mu} = \frac{\mathrm{V} * d}{\Upsilon} = \frac{4 * \mathrm{Q}}{\pi * \mu * d}$$

$$R_e = \frac{4 * 0.00868\ \frac{m^3}{s^2}}{\pi * 1.009\ x\ 10^{-6}\frac{m^2}{s} * 0.0381m}$$

$$R_e = 287484.02$$

$$R_e = 287484.02 \geq 4000 \text{ (flujo turbulento)}$$

En un flujo turbulento, se forman vórtices y remolinos a diferentes escalas, lo que resulta en cambios rápidos y aleatorios en la velocidad y dirección del flujo.

Nota: La transición entre flujo laminar y turbulento puede depender de factores como la velocidad del fluido, el tamaño y la forma del conducto, la viscosidad del fluido y otros factores ambientales.

3.1.5. Cálculo del factor de fricción mediante el diagrama de MOODY

El diagrama de Moody representa gráficamente f en función de Re y el coeficiente de ε/D para diferentes tipos de flujo.

- ε/d: rugosidad relativa.
- ε: rugosidad absoluta (mm) – tablas.

Figura 24

Selección de tubería acorde a las rugosidades

Material	Coeficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C_H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

Nota. Extraído de Morris & Wiggert, 1992.

Tenemos que:

ε = 0.15 mm (para acero galvanizado).

d= 38.1 mm

La rugosidad relativa será:

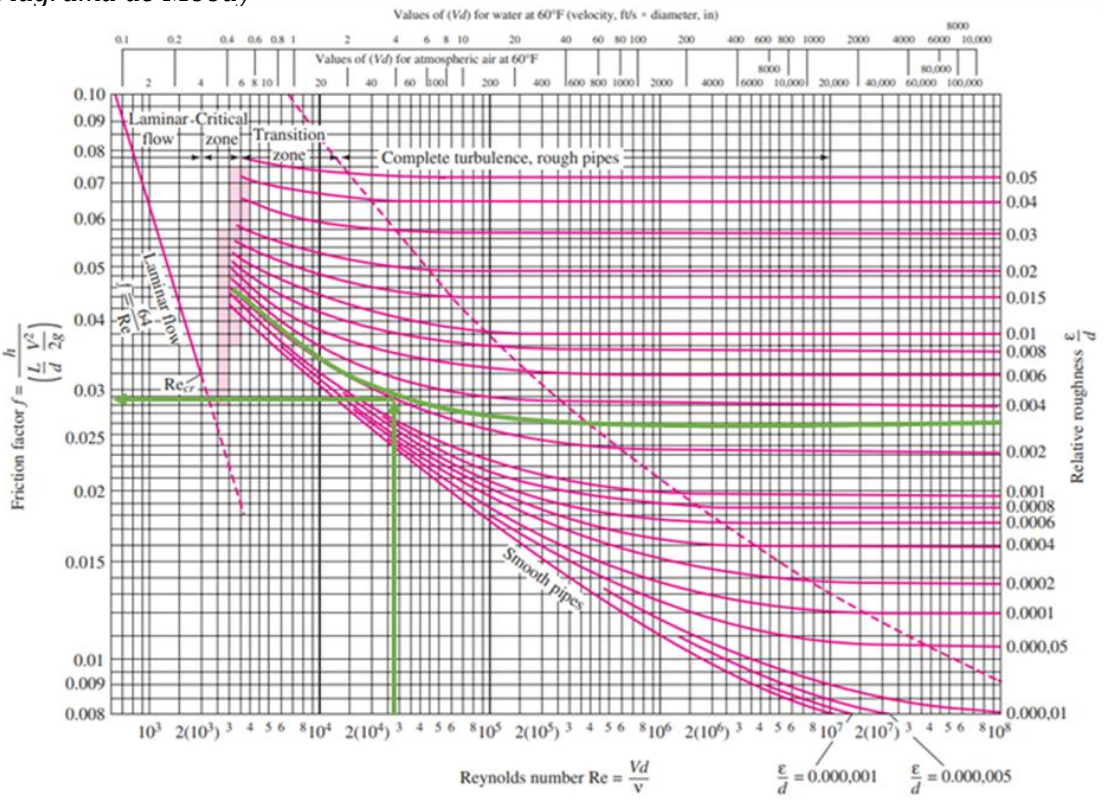
$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.15\ \text{mm}}{38.1\ mm}$$

$$\frac{\varepsilon}{d} = 0.00394$$

- Ingresamos a la gráfica que está en función de Re y el coeficiente de rugosidad relativa (ε/D).

Figura 25

Diagrama de Moody



Nota. Extraído de Morris & Wiggert, 1992.

- Dando como resultado un factor de fricción de:

$$f = 0.028$$

3.1.6. Cálculo del factor de fricción mediante COLEBROOK – WHITE

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4 * \log\left(\frac{d}{2}\right) + 3.48 - 4 * \log\left(\frac{9.35 * d}{2 * NRe * \sqrt{f}}\right)$$

Donde:

- *f*: coeficiente de fricción.
- d: diámetro de la tubería (m)
- NRe: número de Reynolds

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4 * \log\left(\frac{d}{2}\right) + 3.48 - 4 * \log\left(\frac{9.35 * d}{2 * NRe * \sqrt{f}}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{2.54}{NRe * \sqrt{f}}\right)$$

$$f = \frac{1.325}{\left\{-\ln\left(\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}}\right)\right\}^2}$$

Reemplazamos los datos:

$$f = \frac{1.325}{\left\{-\ln\left(\frac{0.00394}{3.7 * 0.0381m} + \frac{5.74}{287484.02^{0.9}}\right)\right\}^2}$$

$$f = 0.02881$$

Una vez obtenido y corroborado el coeficiente de fricción con ambos métodos podemos continuar hallando la pérdida de carga a lo largo de toda la conducción.

$$h_{f\ 1-2} = \frac{V_2^2}{2g} * \left(f\frac{L}{\mathrm{d}} + \sum k_C + k_V\right)$$

Siendo $k_C\ y\ k_V$ coeficientes de pérdidas locales ocasionadas por los accesorios usados a lo largo de la tubería cuyos valores serán extraídos de la siguiente tabla.

Figura 26

Tabla de valores de Coeficiente K en aditamentos

Aditamento	K	Aditamento	K
Ampliación gradual (*)	0.3	Te paso directo	0.6
Boquilla	2.8	Te salida bilateral	1.8
Codo de 45º	0.4	Te salida lateral	1.3
Codo de 90º	0.9	Válvula de ángulo abierta	5.0
Codo de retorno	2.2	Válvula de cheque de bisagra	2.5
Entrada de borda	1.0	Válvula de compuerta abierta	0.2
Entrada normal tanque tubo	0.5	Válvula de compuerta abierta(1/2)	5.6
Medidor de agua, disco	7.0	Válvula de globo abierta	10.0
Medidor Vénturi (**)	2.5	Válvula de pie	1.8
Reducción gradual (*)	0.2		

(*) Con base en la velocidad mayor. (**) Con base en la velocidad mayor.

Nota. Extraído de Morris & Wiggert, 1992.

$$h_{f\ 1-2} = \frac{V_2^2}{2g} * \left(f\frac{L}{\mathrm{d}} + \sum k_C + k_V \right)$$

$$h_{f\ 1-2} = \frac{(7.6134\,\frac{m}{s^2})^2}{2 * 9.81\,\frac{m}{s^2}} * \left(0.02881 * \frac{40\ m}{0.0381\ \mathrm{m}} + (0.9 * 8) + 0.2 \right)$$

$$h_{f\ 1-2} = 23.98\ m$$

Potencia requerida: 0.9 Hp

3.1.7. Datos para la selección de la electrobomba

Los datos de una electrobomba que tenemos que considerar son factores cruciales como el caudal necesario, la altura de elevación, el grosor del conducto y el tipo de líquido a bombear. La bomba debe ser lo más eficiente para optimizar los costos a largo plazo.

Tabla 6

Datos de entrada para la selección de la bomba

DATOS DE ENTRADA		**Unds.**	**Conv. 1**	**Unds.**	**Conv. 2**	**Unds.**
Caudal	1.9	*m3/h*	0.000527778	*m3/s*		
Temperatura	20	*°C*				
Altura	19	*m*				
Longitud	40	*m*				
Eficiencia	0.75	-				
Diámetro	1.5	*pulg.*	0.0381	*m*	38.1	*mm*
Densidad	997.38	*kg/m3*				
Viscosidad	0.001003	*kg/ms*				
Rugosidad (acero galvanizado)	0.0015	*mm*				

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Datos calculados para la selección de la bomba

DATOS CALCULADOS		
Área	0.0011	*m2*
Velocidad	0.4629	*m/s*
Numero de Reynolds (Re)	17,538.6011	-
Coef. de Fricción (f)	0.0279	*mm*
Perdida T. (hT)	0.0894	
Perdida de carga	19.1004	
Potencia (hp)	0.1763	

Nota. Elaboración propia.

3.1.8. Selección de la electrobomba solar

La selección de la electrobomba se realizará con los datos de la altura desde el punto más bajo donde se encuentre la electrobomba dentro del pozo y el punto más alto donde se ubiquen los contenedores donde se suministrará el agua bombeada y por último el caudal será el evaluado según el cálculo efectuado a continuación:

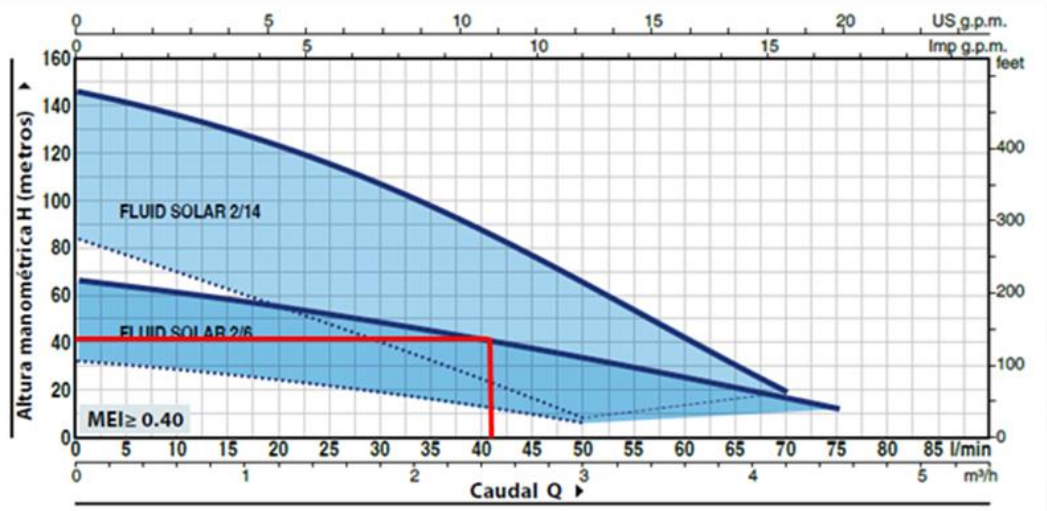
$$Q = \frac{12.5\ m^3}{6.54\ hr}$$

$$Q = 1.9\ \frac{m^3}{hr}$$

El valor de 6.54 es el promedio en horas de irradiación solar que se obtiene en tierra arequipeña.

Figura 27

Selección de la electrobomba Pedrollo



FLUID SOLAR 2/6

POTENCIA ABSORBIDA P1 750 W

Prestaciones con n° **4 módulos** fotovoltaicos con potencia nominal total de 980 Wp

Q m³/h		0	0.3	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.5
Q l/min		**0**	**5**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**75**
H metros	▬	66	64	61	55	48	41	33	25	16	12
	••••	32	31	28	24	19	13	6			

Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

Acorde a la siguiente Figura 28, mostraremos los significados de cada curva.

Figura 28

Curvas de prestaciones de la electrobomba

▬ **Prestaciones con una radiación solar de 1000 W/m² y con la tensión en vacio de los módulos fotovoltaicos de 100 VDC**

•••• **Prestaciones con una radiación solar de 300 W/m² con la tensión en vacio de los módulos fotovoltaicos de 70 VDC**

✱ **Modelos solicitados bajo pedido**

Las curvas de prestaciones representadas arriba se realizan con módulos fotovoltaicos orientados hacia el SUR (Hacia el NORTE para ins talaciones en el hemisferio sur) y optimizando el ángulo de inclinación respecto al horizonte según la latitud del lugar de la instalación.

Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

- La primera descripción, "Prestaciones con una radiación solar de 1000 W/m2 y con la tensión en vacío de los módulos fotovoltaicos de 100 VDC", se refiere a las prestaciones de la bomba solar en condiciones ideales. La radiación solar de 1000 W/m2 es la máxima que se puede encontrar en la Tierra, y la tensión en vacío de los paneles solares fotovoltaicos de 100 VDC es la tensión máxima que pueden generar

los paneles solares en estas condiciones. En estas condiciones, la bomba solar puede alcanzar un caudal de 75 l/min y una altura máxima de 64 m.

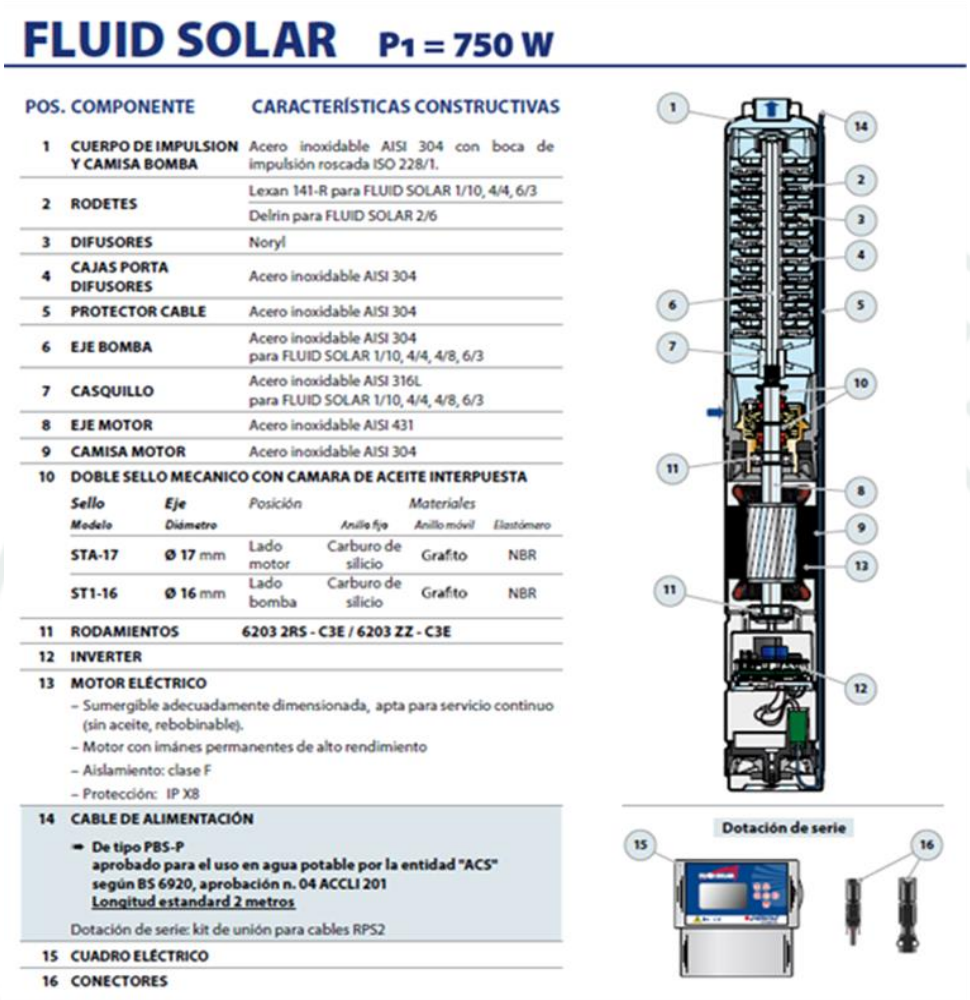
- La segunda descripción, Rendimiento bajo una irradiancia solar de 300 W/m², con un voltaje en circuito abierto de los paneles solares fotovoltaicos de 70 VDC, se refiere a las prestaciones de la bomba solar en condiciones menos ideales. Una irradiancia de 300 W/m² corresponde a un valor característico en condiciones de alta exposición solar, mientras que un voltaje en circuito abierto de 70 VDC es un parámetro habitual en los paneles fotovoltaicos bajo estas condiciones. En estas condiciones, la bomba solar puede alcanzar un caudal de 60 l/min y una altura máxima de 56 m.
- La tercera descripción, "Modelos solicitados bajo pedido", se refiere a que la bomba solar está disponible en diferentes modelos, cada uno con sus propias prestaciones. Estos modelos se pueden solicitar bajo pedido, indicando las características específicas que se desean.

En resumen, las tres descripciones significan lo siguiente:

- La primera descripción se refiere a las prestaciones de la bomba solar en condiciones ideales.
- La segunda descripción se refiere a que la bomba solar está disponible en diferentes modelos, cada uno con sus propias prestaciones.

Figura 29

Electrobomba seleccionada marca Pedrollo



FLUID SOLAR **P1 = 750 W**

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1	CUERPO DE IMPULSION Y CAMISA BOMBA	Acero inoxidable AISI 304 con boca de impulsión roscada ISO 228/1.
2	RODETES	Lexan 141-R para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 6/3 Delrin para FLUID SOLAR 2/6
3	DIFUSORES	Noryl
4	CAJAS PORTA DIFUSORES	Acero inoxidable AISI 304
5	PROTECTOR CABLE	Acero inoxidable AISI 304
6	EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304 para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
7	CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 316L para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
8	EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431
9	CAMISA MOTOR	Acero inoxidable AISI 304
10	DOBLE SELLO MECANICO CON CAMARA DE ACEITE INTERPUESTA	

Sello Modelo	Eje Diámetro	Posición	Materiales Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero
STA-17	Ø 17 mm	Lado motor	Carburo de silicio	Grafito	NBR
ST1-16	Ø 16 mm	Lado bomba	Carburo de silicio	Grafito	NBR

11	RODAMIENTOS	6203 2RS - C3E / 6203 ZZ - C3E
12	INVERTER	
13	MOTOR ELÉCTRICO	– Sumergible adecuadamente dimensionada, apta para servicio continuo (sin aceite, rebobinable). – Motor con imánes permanentes de alto rendimiento – Aislamiento: clase F – Protección: IP X8
14	CABLE DE ALIMENTACIÓN	➡ De tipo PBS-P aprobado para el uso en agua potable por la entidad "ACS" según BS 6920, aprobación n. 04 ACCLI 201 Longitud estandard 2 metros Dotación de serie: kit de unión para cables RPS2
15	CUADRO ELÉCTRICO	
16	CONECTORES	

Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

La tercera descripción se refiere a las prestaciones de la bomba solar en condiciones menos ideales.

3.2. Descripción de la electrobomba fluidsolar 2/6

La electrobomba Fluid Solar 2/6 es una bomba solar sumergible de la marca Pedrollo, optimizada para la extracción de agua desde acuíferos de gran profundidad. Es una bomba de caudal variable, lo que significa que su caudal se adapta a la presión del agua disponible.

Las principales características de la electrobomba Fluid Solar 2/6 son las siguientes:

- Potencia: 750 W

- Caudal máximo: 75 l/min
- Altura máxima: 64 m
- Temperatura máxima del fluido: 35 °C
- Contenido máximo de arena: 150 g/m³
- Profundidad de uso: 40 m.

3.2.1. Funcionamiento

La electrobomba Fluid Solar 2/6 viene con un kit de control que incluye un regulador de voltaje, un inversor y un controlador de flujo. El estabilizador de voltaje adapta la salida eléctrica de los módulos fotovoltaicos a un nivel constante de 220 V.

Figura 30

Características de la Electrobomba 2/6



Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

El inversor transforma la CC de las placas solares en CA para abastecer el motor de la bomba. El controlador de flujo controla el caudal de la bomba en función de la presión del agua disponible.

La electrobomba Fluid Solar 2/6 es una solución ideal para el bombeo de agua de pozos profundos en zonas rurales o aisladas en lo que no se puede acceder al sistema eléctrico.

3.2.2. Características de la electrobomba Fluid Solar 2/6

- **Potencia:** La potencia es de 750 W. Esta potencia es suficiente para bombear agua de pozos profundos con una altura máxima de 64 m.

- **Caudal:** El caudal máximo de la electrobomba es de 75 l/min. Este caudal es suficiente para abastecer a una vivienda o pequeña empresa.
- **Altura máxima**: La altura máxima es de 64 m. Esta altura es suficiente para bombear agua de pozos profundos.
- **Temperatura máxima del fluido:** La temperatura máxima del fluido que puede bombear es de 35 °C.
- **Contenido de arena máximo:** El contenido de arena máximo del fluido que puede bombear la electrobomba Fluid Solar 2/6 es de 150 g/m³.
- **Profundidad de uso:** La profundidad de uso máxima es de 40 m.

3.3. Diseño Fotovoltaico

Para el diseño fotovoltaico se deberán tomar ciertas consideraciones previas para su correcto diseño tales como:

1. **Determinar el Consumo de Energía:** Realizar un cálculo del consumo energético anual o mensual, lo cual permitirá comprender el volumen energético que se necesitará para crear y satisfacer los requerimientos energéticos.
2. **Evaluar la Locación:** La disponibilidad de energía solar varía según la ubicación geográfica. Se deberá considerar la radiación solar promedio en la región para estimar la cantidad de energía solar que se podrá producir.
3. **Alinear y Ajustar la Inclinación:** Garantizar que las placas solares se orienten hacia el norte en el hemisferio sur, y ajustar su inclinación para optimizar la exposición al sol. La inclinación suele ser similar al ángulo de latitud de la ubicación donde se ubicarán los paneles solares.
4. **Evaluar la Eficiencia de los Paneles:** Ello influirá en la cantidad de energía solar que pueden convertir. Optar por paneles más eficientes resultará en una mayor generación de energía en un espacio limitado.

5. **Calcular la Potencia de los Paneles:** La potencia nominal de los paneles solares será consultada. Esto brindará una estimación de la energía que cada panel podría generar bajo condiciones ideales.
6. **Considerar las Pérdidas:** Se deberá incluir en el análisis las pérdidas debido a factores como sombreado, acumulación de suciedad y degradación de los paneles con el tiempo. Un porcentaje típico de pérdida oscila entre el 10% y 20%.
7. **Dimensionar el Sistema:** Se considerará la zona aprovechable en el lugar de instalación al determinar el tamaño del sistema. Es necesario asegurarse de contar con suficiente espacio para acomodar la cantidad requerida de paneles solares.

3.3.1. Energía de consumo promedio al día de equipos e instalaciones eléctricas

El consumo promedio de energía de equipos e instalaciones eléctricas en la municipalidad distrital de Yarabamba varía notoriamente en función de la dimensión de la localidad, el tipo de instalaciones, el clima, las actividades realizadas y otros factores, por tanto, a continuación, se muestra la tabla de carga de promedio de consumo de la municipalidad.

Después de analizar las necesidades energéticas de los dispositivos y sistemas, se generó un gráfico que refleja el consumo global de energía, brindando así una visión precisa del consumo diario proyectado. Esta representación gráfica resulta esencial para calcular con precisión la cantidad de energía fotovoltaica necesaria para mitigar los costos de producción. Al utilizar esta gráfica, se puede determinar la capacidad requerida de generación solar y optimizarla para lograr una reducción efectiva en los gastos de producción energética.

3.3.2. Determinación del número de paneles

Para estimar la cantidad de paneles solares, se hará uso de un recibo de luz con conexión a la red eléctrica. Es importante considerar el consumo eléctrico mensual en kilovatios-hora (kWh) detallado en el recibo, así como la tarifa eléctrica vigente. A partir de estos datos y

considerando la ubicación geográfica para captar la radiación solar disponible, se puede estimar la capacidad de generación solar requerida para cubrir o reducir el consumo.

Esto incluye elementos diversos como el modo eficiente de los paneles, la orientación e inclinación óptima, la posible presencia de sombreados y el tipo de instalación. Una evaluación profesional o el uso de herramientas de cálculo en línea pueden brindarte una estimación más precisa respecto del número de paneles solares requeridos para aprovechar la conexión a la red y optimizar tu consumo eléctrico.

Tabla 8

Consumo de energía de la municipalidad en el año 2022

MES	HISTÓRICO DE CONSUMOS (KWh/mes)	KWh/día
Enero	3543	118,10
Febrero	3353	111,77
Marzo	4043	134,77
Abril	3665	122,17
Mayo	4119	137,30
Junio	4238	141,27
Julio	4340	144,67
Agosto	4241	141,37
Septiembre	4468	148,93
Octubre	4549	151,63
Noviembre	4352	145,07
Diciembre	4199	139,97
Enero	3194	106,47
PROMEDIO	**4023,38**	134,11

Nota. Extraído de SEAL - Arequipa.

Seguidamente, se evidencia una gráfica sobre los consumos mediante un cuadro histórico por mes, ubicando el promedio general, cuyo dato nos ayudara a evaluar mas adelante el dimensionamiento de nuestro sistema, selección de la eficacia potente del panel y el número exacto de paneles que se usaran.

Figura 31

Cuadro histórico de consumos

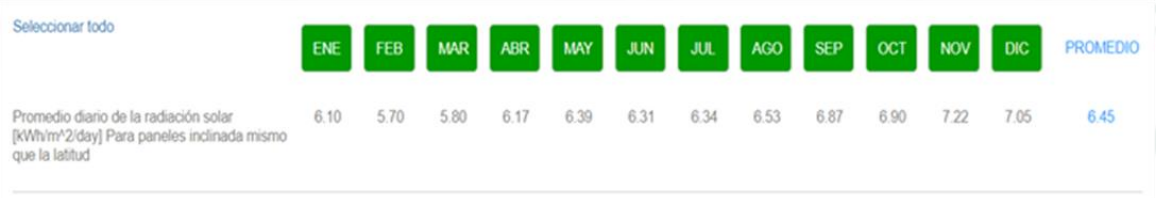


Nota. Elaboración propia.

Para determinar la generación promedio final por mes, dicha estimación se realizó haciendo uso de las horas sol pico por cada mes, según el programa NASTEC, en el distrito de Yarabamaba.

Figura 32

Promedio de la radiación solar en Yarabamba



Nota. Extraído de NASTEC.

Desde una perspectiva de evaluación de la irradiación solar para la generación fotovoltaica, el software NASTEC se emplea para determinar el promedio mensual de la irradiación global horizontal, expresada en horas solares pico (HSP). Este parámetro cuantifica la densidad de flujo radiante incidente por unidad de área y tiempo. La correlación entre este valor y la producción energética diaria de un módulo fotovoltaico es directa. Por ejemplo, un módulo con una potencia nominal de 460 vatios pico, expuesto a una irradiancia de 1 kilovatio

por metro cuadrado, producirá 460 vatios de potencia eléctrica. La estimación de la energía total generada por el módulo se obtiene mediante el producto de las HSP y la potencia nominal del mismo.

Tabla 9

Irradiación solar horizontal

IRRADIACIÓN SOLAR HORIZONTAL (KWh/m2/día)					
MES	**HSP (horas sol pico)**	**Potencia FV (kW)**	**Generación (KWh/día)**	**Generación Perdidas (KWh/día)**	**Generación promedio FINAL (KWh/mes)**
Enero	6,1	28,52	173,97	144,98	4349,30
Febrero	5,7	28,52	162,56	135,47	4064,10
Marzo	5,8	28,52	165,42	137,85	4135,40
Abril	6,17	28,52	175,97	146,64	4399,21
Mayo	6,39	28,52	182,24	151,87	4556,07
Junio	6,31	28,52	179,96	149,97	4499,03
Julio	6,34	28,52	180,82	150,68	4520,42
Agosto	6,53	28,52	186,24	155,20	4655,89
Septiembre	6,87	28,52	195,93	163,28	4898,31
Octubre	6,9	28,52	196,79	163,99	4919,70
Noviembre	7,22	28,52	205,91	171,60	5147,86
Diciembre	7,05	28,52	201,07	167,56	5026,65
PROMEDIO	**6,45**		**183,91**	**153,26**	**4597,66**
N° PANELES	**62**	**POTENCIA (W)**	**460**		

Nota. Elaboración propia.

Las reducciones en la eficiencia de un sistema fotovoltaico resultan de diversos factores, que incluyen:

- Disminución debido a cambios de temperatura.
- Pérdida en uniones y conexiones.
- Degradación de la calidad del módulo solar.
- Pérdida eléctrica en los cables debido a resistencia.
- Reducción debido al ángulo de inclinación.
- Ineficiencia en la conversión de CC a CA.
- Otros elementos que también influyen en la eficiencia.

Dichos factores son considerados para determinar el valor final de generación por mes, esta estimación por perdidas tomara un valor de 20%. En general, un margen de pérdida del 20% proporciona un enfoque conservador para garantizar que el sistema fotovoltaico continúe generando suficiente campo energético con larga duración, incluso en condiciones no ideales. Por tanto, tenemos que:

Tabla 10

Cantidad de Paneles en la Municipalidad

Numero de paneles	Potencia de panel (Wp)	Generación total (Wp)	Generación día promedio (KWh)	Generación mes (KWh)	Generación año (KWh)
62	460	28520	183.91	4597.66	704637.38

Nota. Elaboración propia.

3.3.3. Selección del panel fotovoltaico

En el mercado actual de placas fotovoltaicas, figuran los monocristalinos, policristalinos, tipo PERC y celda partida. Para obtener una elección informada entre ellos, se comparará a fin de saber las características distintivas de cada tipo.

MONOCRISTALINOS:

Ventajas:

- Mayor eficiencia: En cuanto a su estructura de cristales individuales, los paneles monocristalinos son más eficientes en torno a la conversión de la luz solar en electricidad.
- Rendimiento en espacios limitados: Son ideales cuando el espacio de instalación es limitado debido a su mayor eficiencia y capacidad para generar más energía en un área más pequeña.
- Estética refinada: Suelen tener una apariencia más uniforme y estilizada en comparación con otros tipos de paneles.

Desventajas:

- Costo más elevado: El proceso de fabricación y la mayor eficiencia contribuyen a un costo inicial más alto en comparación con los paneles policristalinos.
- Vulnerabilidad al calor y sombreado: Son más sensibles a las altas temperaturas y el sombreado, lo que puede disminuir su rendimiento.

POLICRISTALINOS:

Ventajas:

- Costo inicial moderado: Los paneles policristalinos suelen tener un costo inicial más bajo que los monocristalinos, lo que puede hacerlos más asequibles para algunos proyectos.
- Amplia disponibilidad: Están ampliamente disponibles en el mercado, lo que facilita su adquisición.

Desventajas:

- Menor eficiencia: Debido a su estructura de cristales múltiples, los paneles policristalinos suelen tener una eficiencia ligeramente inferior en comparación con los monocristalinos.

TIPO PERC (PASSIVATED EMITTER REAR CELL):

Ventajas:

- Mayor eficiencia en altas temperaturas y baja luminosidad: Los paneles PERC presentan una eficiencia mejorada en condiciones de calor y poca luz.
- Menor degradación a lo largo del tiempo: La tecnología PERC tiende a mantener un rendimiento más constante a lo largo de la vida útil del panel.
- Flexibilidad en la instalación: Pueden ser instalados en diversas configuraciones gracias a su mayor rendimiento en una variedad de condiciones.

Desventajas:

- Posible incremento inicial en el costo: Debido a su tecnología mejorada, los paneles PERC pueden tener un costo inicial más alto que otros tipos.

TIPO CELDA PARTIDA:

Ventajas:

- Eficiencia mejorada: La tecnología de celda partida ofrece una mayor eficiencia de conversión, lo que resulta en una mayor producción de energía.
- Flexibilidad en la instalación: Estos paneles pueden ser más versátiles en términos de instalación en diversas ubicaciones y diseños.

Desventajas:

- Costo inicial más alto: Debido a su mayor eficiencia y tecnología avanzada, los paneles de celda partida suelen tener un costo inicial más elevado.

- Sensibilidad a temperaturas elevadas: Al igual que otros paneles de alta eficiencia, pueden ser más sensibles a las altas temperatura.

3.3.4. Irradiación solar

Se midieron los datos de irradiación durante el día donde al final nos dio el promedio anual de las irradiaciones mensuales, esto quiere decir que la medición se hizo de una manera correcta, además, agregamos las pérdidas para saber lo que realmente generan los paneles durante cada hora. Por otro lado, se agregó el consumo de energía que hay en la municipalidad para ello también se tuvo que medir el consumo por hora para tener datos más exactos.

Tabla 11

Consumo de energía durante el día

Horario	Irradiación Solar Prom. (kWh/m2)	Generación de Energia (Wh)		Consumo de energia (WH)	NºPANELES 460 Wp 62
		IDEAL	PERDIDAS (20%)		
12:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	0	
1:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	0	
2:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	0	
3:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	0	
4:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	0	
5:00:00 AM	0.00	0.00	0.00	2500	
6:00:00 AM	0.05	1,426.00	1,188.33	7000	
7:00:00 AM	0.18	5,133.60	4,278.00	12863.85	
8:00:00 AM	0.30	8,556.00	7,130.00	13484.05	
9:00:00 AM	0.45	12,834.00	10,695.00	13184.85	
10:00:00 AM	0.81	23,101.20	19,251.00	13955.83	

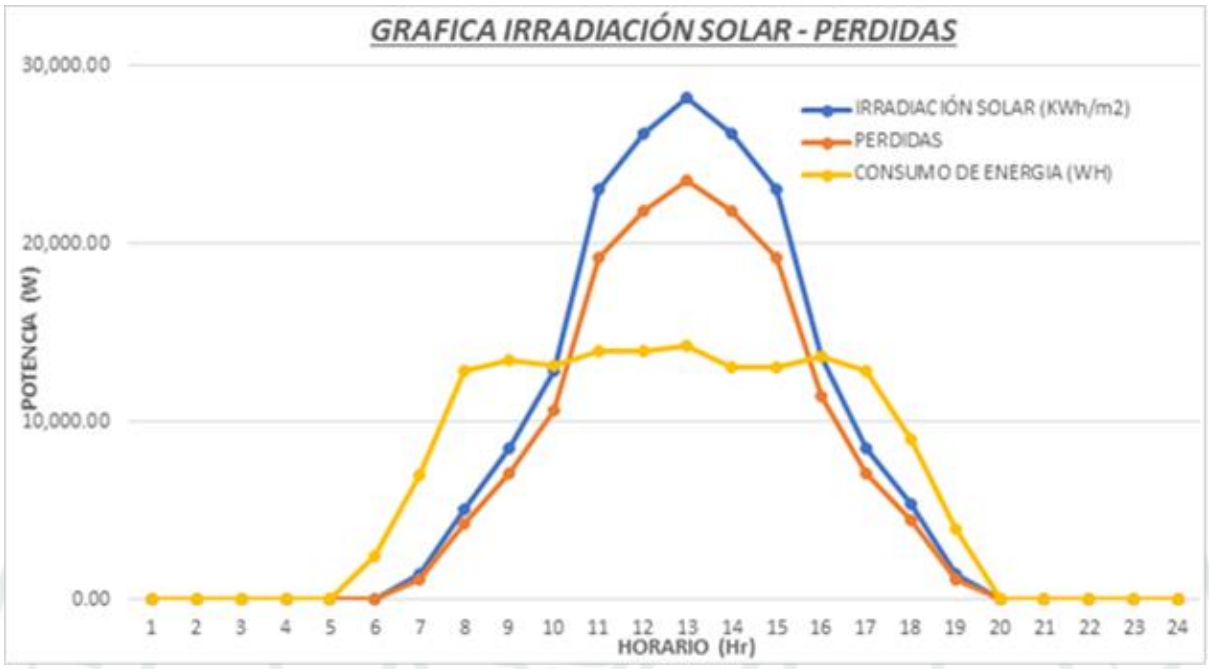
11:00:00 AM	0.92	26,238.40	21,865.33	14015.85
12:00:00 PM	0.99	28,234.80	23,529.00	14280.57
1:00:00 PM	0.92	26,238.40	21,865.33	13077.61
2:00:00 PM	0.81	23,101.20	19,251.00	13107.56
3:00:00 PM	0.48	13,689.60	11,408.00	13652.74
4:00:00 PM	0.30	8,556.00	7,130.00	12875.03
5:00:00 PM	0.19	5,418.80	4,515.67	9000
6:00:00 PM	0.05	1,426.00	1,188.33	4000
7:00:00 PM	0.00	0.00	0.00	0
8:00:00 PM	0.00	0.00	0.00	0
9:00:00 PM	0.00	0.00	0.00	0
10:00:00 PM	0.00	0.00	0.00	0
11:00:00 PM	0.00	0.00	0.00	0
Sub Total	6.45	183,954.00	153,295.00	
% DE GENERACIÓN		**100%**	**83.33%**	

Nota. Elaboración propia.

Como podemos ver la gráfica de consumo de energía tiene distintos picos porque el consumo energético se da en función del número de dispositivos que se estén usando durante cada hora. Mientras que, la irradiación es creciente y decreciente uniformemente.

Figura 33

Irradiación Solar - Perdidas



Nota. Elaboración propia.

3.4. Selección de conductor

3.4.1. Circuito 1: conectado a red – panel e inversor (DC)

Para la selección del conductor en un sistema adherido a una ed, se consideran los parámetros de corriente máxima de cortocircuito y corriente de voltaje de circuito abierto, obtenidos de la ficha técnica del panel solar.

- Corriente de Cortocircuito (ISC): Un panel solar otorga una corriente máxima cuando sus terminales están cortocircuitados, es decir, cuando no hay resistencia en el circuito eléctrico. La corriente en amperios (A) es crucial para determinar cuánta energía puede generar un panel solar en condiciones óptimas, siendo un factor clave en su rendimiento.
- Corriente de Voltaje de Circuito Abierto (VOC): es la corriente que fluye a través de un panel solar cuando no hay carga conectada y los terminales del panel están en

circuito abierto. Es la tensión máxima que el panel puede producir en condiciones ideales y se mide en voltios (V).

Figura 34

Datasheet de paneles Amerisolar

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC							
Maximum Power (P_{max})	435W	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V	50.4V	50.6V	50.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	11.10A	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Current at Maximum Power (I_{mp})	10.56A	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Module Efficiency (%)	19.90	20.13	20.36	20.58	20.81	21.04	21.27
Operating Temperature	-40°C to +85°C						
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC						
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)						
Maximum Series Fuse Rating	20A						

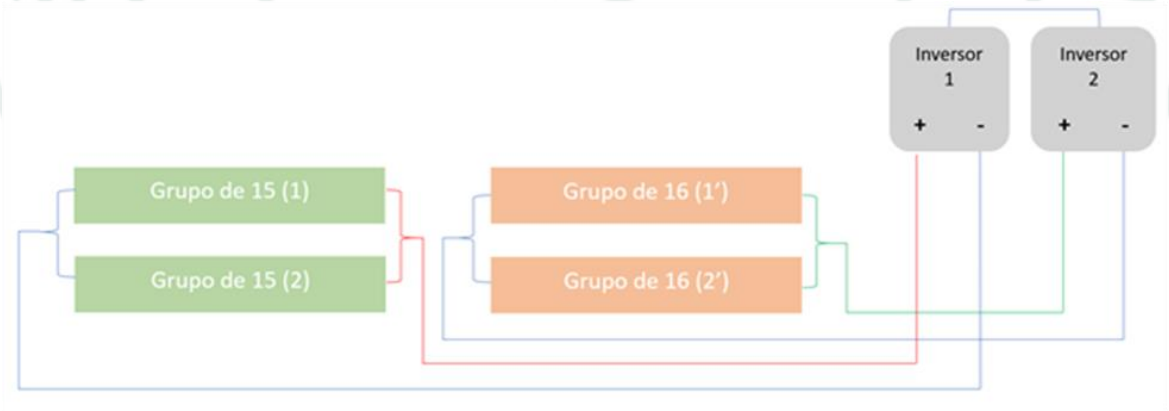
STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5; Tolerance of Pmax: ±3%; Measurement Tolerance: ±3%

Nota. Extraído de Amerisolar, 2020.

El sistema estará conectado en dos grupos denominados “string” tendrán una conexión independiente por cada MPPT que tengan los dos inversores, se dispuso de esta manera para poder garantizar continuidad de trabajo en todo el sistema.

Figura 35

Separación en Dos Grupos String



Nota. Elaboración propia.

La selección de Isc y la de Voc se realizará de los paneles seleccionados de 460 W según ficha técnica, por tanto, cada calculo se realizará por cada grupo de distribución de paneles.

V: 50.6 x 15 = 759 V (voltaje máximo)

I: 11.40 x 2 = 22.8 A (máxima corriente)

V: 50.6 x 16 = 809.6 V (voltaje máximo)

I: 11.40 x 2 = 22.8 A (máxima corriente)

Una vez obtenidas las corrientes máximas, para la selección del conductor según norma se deberá aumentar un factor de seguridad de un 25% a los valores hallados por tanto tenemos:

I: 11.40 x 2 = 22.8 A

I: 22.8 x 1.25 (factor de seguridad)

I: 28.5 A

La selección será un cable solar diseñado exclusivamente para sistemas solares con doble revestimiento, uno que cumple la función de aislamiento eléctrico y el otro como aislamiento térmico (según norma TUV/alemana), este conductor puede soportar hasta 1.5 Kv en corriente continua, que es mayor al cálculo realizado previamente para el Voc, por lo que la selección es correcta.

1.5 Kv > 759 V y 809.6 V

Figura 36

Descripción del cable conectado a red - panel e inversor

1.Applicability : This specification covers the construction and characteristics as follows.

2.Rating : voltage : 1/1KV

temperature : 90

3.Product description

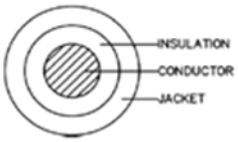
Cross section :

(1) Conductor : Tinned annealed copper or annealed copper

(2) Insulation : 125 XLPE

(3) Jacket : 125 XLPE

(4) color : Core: black jacket:black or red



5Marking : Only 2.5mm^2 - 35mm^2

FRCABLE△ TÜV EN50618 H1Z2Z2-K 1X*mm2 DC 1.5KV

6.Construction

Conductor			Insulation		Jacket		Outer Dia.	Conductor resistance (20)	Insulation resistance(20)
Area	Construction	Conductor Dia.	thickness	minimum thickness	thickness	minimum thickness			
mm^2	N/mm	(about) mm	mm	mm	mm	mm	mm	≤Ω/km	≥MΩ•Km
4.0	56/0.285	2.49	0.95	0.71	0.80	0.68	6.0±0.1	5.09	579
6.0	84/0.285	3.05	0.95	0.76	0.95	0.80	6.87±0.1	3.39	499

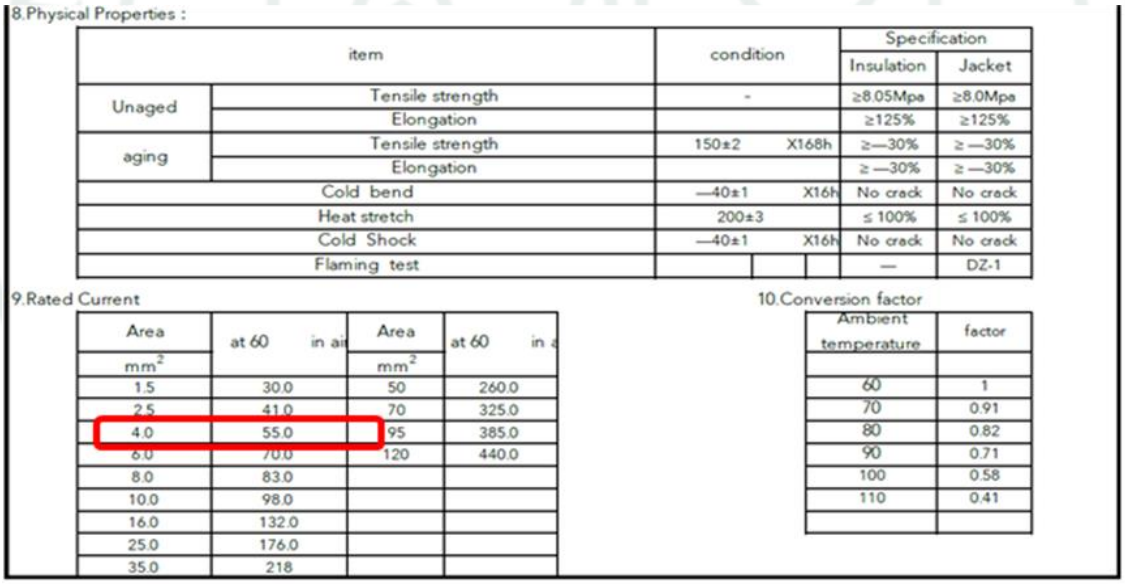
Nota. Extraído de NOVUM SOLAR, 2019.

En la **Figura 36** describe el conductor solar que está diseñado para trabajo a altas temperaturas y según ficha técnica a una temperatura de 60 C que es superior a la de los conductores comunes que solo llegan a una temperatura máxima de 40 C, el diámetro obtenido en el conductor solar resulta más eficiente y soporta más corriente que el conductor convencional a pesar de tener el mismo calibre, esto debido a el cable solar no es solo cobre, para poder disminuir su resistividad se le ha añadido una capa de estaño por encima de cada hilo del conductor, lo que lo hace más eficiente para sistemas solares.

Por lo que la selección final será un cable solar de 4 mm ya que soporta una corriente de 55 A que es mayor a los 28.5 A, como se puede ver en la **Figura 37** Obtenidos mediante el cálculo, por lo que la selección es correcta.

Figura 37

Selección de cable conectado a red - panel e inversor



8.Physical Properties :

item		condition	Specification	
			Insulation	Jacket
Unaged	Tensile strength	-	≥8.05Mpa	≥8.0Mpa
	Elongation		≥125%	≥125%
aging	Tensile strength	150±2 X168h	≥—30%	≥—30%
	Elongation		≥—30%	≥—30%
Cold bend		—40±1 X16h	No crack	No crack
Heat stretch		200±3	≤100%	≤100%
Cold Shock		—40±1 X16h	No crack	No crack
Flaming test			—	DZ-1

9.Rated Current

Area mm²	at 60 in air	Area mm²	at 60 in
1.5	30.0	50	260.0
2.5	41.0	70	325.0
4.0	55.0	95	385.0
6.0	70.0	120	440.0
8.0	83.0		
10.0	98.0		
16.0	132.0		
25.0	176.0		
35.0	218		

10.Conversion factor

Ambient temperature	factor
60	1
70	0.91
80	0.82
90	0.71
100	0.58
110	0.41

Nota. Extraído de NOVUM SOLAR, 201

3.4.2. Circuito 2: Conectado a Red – Inversor al Medidor (AC)

Para la selección del conductor en corriente alterna únicamente usaremos el dato de salida de corriente máxima en Amperios de la ficha técnica del inversor de 15Kw en AC la cual nos indica una corriente máxima de salida de 21.7 A.

Figura 38

Dato de salida de corriente para el inversor

OUTPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	10,000 W	12,500 W	15,000 W
Max. output power	10,000 VA	12,500 VA	15,000 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	14.4 A	18.0 A	21.7 A
Grid connection (voltage range)			3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V
Frequency (Frequency range)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Total harmonic distortion	1.8 %	2.0 %	1.5 %
Power factor (cos $\varphi_{ac,r}$)			0 - 1 ind. / cap.

Nota. Extraído de FRONIUS, 2015.

Igualmente, que en la selección del cable en DC se le deberá agregar un 25% según norma que representa el factor de seguridad para la selección de diámetro del conductor.

I: 21.7 A

I: 21.7 A x 1.25 (factor de seguridad)

I: 27.13 A

Cabe resaltar que también por medio de ficha técnica se nos indica que el voltaje necesario para el inversor inicie su funcionamiento “arranque” es necesario 200V el cual esta por debajo del voltaje máximo obtenido previamente por lo que se nos indica que la selección del inversor de 15 Kw es correcta.

Figura 39

Datos de entrada de voltaje para el inversor

INPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M
Max. input current ($I_{dc\ max\ 1}$ / $I_{dc\ max\ 2}$)	27.0 A / 16.5 A		
Max. array short circuit current (MPP_1/MPP_2)	40.5 A / 24.8 A		
Min. input voltage ($U_{dc\ min}$)			200 V
Feed-in start voltage ($U_{dc\ start}$)			200 V
Nominal input voltage ($U_{dc,r}$)			600 V
Max. input voltage ($U_{dc\ max}$)			1,000 V
MPP voltage range ($U_{mpp\ min}$ – $U_{mpp\ max}$)	270 - 800 V	320 - 800 V	
Number MPP trackers			2
Number of DC connections			3+3

Nota. Extraído de FRONIUS, 2015.

Con la corriente obtenida que es igual a I: 27.13 A realizamos la selección con ayuda de la tabla de cable INDECO obteniendo un calibre de conductor de 4 mm2 tomando en cuenta que el conductor estará dentro de un ductor (tubería de PVC).

Figura 40

Tabla de datos tecnicos THW - 90 (mm^2)

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

Nota. Extraído de Empresa Nexans, 2011.

3.4.3. Circuito 3: Bombeo Solar

El cable de alimentación de tipo PBS-P cuenta con la certificación "ACS", que lo aprueba para su uso en contacto con agua potable. La certificación BS 6920, con el número 04 ACCLI 201, confirma que el cable ha superado pruebas y cumple con los estándares necesarios para garantizar su seguridad y adecuación en aplicaciones de agua potable. En resumen, el

cable PBS-P está aprobado para su uso en agua potable debido a que ha cumplido con los estándares de seguridad requeridos.

La longitud estándar de 2 metros de este cable responde a una medida predefinida que busca optimizar la practicidad en conexiones eléctricas de corto alcance. Esta longitud estandarizada facilita la producción y distribución del cable, mientras que su uso se adapta a situaciones donde la distancia entre el dispositivo y la fuente de alimentación es limitada. La estandarización en 2 metros también simplifica la gestión de inventario y reduce el riesgo de enredos, beneficiando tanto a fabricantes como a usuarios.

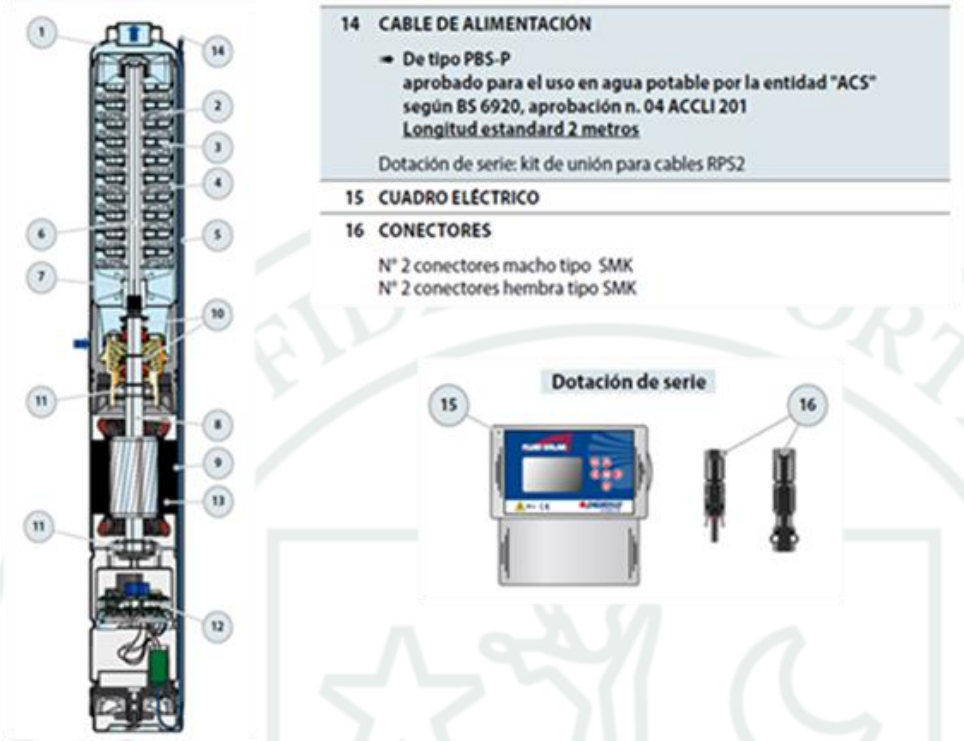
La norma BS 6920 es una norma británica que establece los requisitos para los materiales y equipos que entran en contacto con el agua potable. La aprobación n. 04 ACCLI 201 es una aprobación específica para productos de tipo PBS-P. Esto significa que el producto de tipo PBS-P cumple con los requisitos de seguridad para su uso en agua potable. El producto no liberará sustancias nocivas al agua, lo que lo hace seguro para el consumo humano.

Se explica con detenimiento sobre la información proporcionada:

- De tipo PBS-P: Es una clase de componente que se utiliza comúnmente en aplicaciones hídricas. Es un material plástico que es resistente a la corrosión y a la degradación.
- Admitido para el uso en recursos hídricos por la entidad "ACS": Esto significa que el producto ha sido evaluado por la entidad "ACS" y se ha determinado que es seguro para su uso en agua potable.
- BS 6920, aprobación n. 04 ACCLI 201: Esto significa que el material se ciñe a los requerimientos de la norma BS 6920, aprobación n. 04 ACCLI 201.

Figura 41

Sistema eléctrico de la electrobomba Pedrollo



Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

3.5. Conexión de paneles

Proceso relativamente sencillo (conectar paneles de sol al controlador de un sistema de bombeo). Los pasos básicos son los siguientes:

- Identificar los cables de los paneles de sol, que tendrán dos cables de salida, uno positivo y uno negativo.
- Conectar los cables de salida a los terminales de entrada del controlador.
- Conectar el cable de tierra del controlador a una tierra adecuada.

Una vez que los paneles solares estén conectados al controlador, podrá encender el sistema y comenzar a bombear agua.

Algunos consejos adicionales para conectar paneles solares al controlador de una bomba solar:

Se deberá utilizar cables solares de un calibre de 4mm seleccionado anteriormente. Los cables solares están diseñados para transportar electricidad de manera eficiente y segura.

Se deberán aislar todos los cables expuestos. Esto ayudará a evitar descargas eléctricas.

- Se deberá proteger los cables de la luz solar directa y la lluvia.

Los cables de salida de los paneles solares suelen ser de color rojo y negro. El cable de tierra del controlador suele ser de color verde. Es importante conectar los cables correctamente para evitar daños al sistema.

3.5.1. Pasos detallados

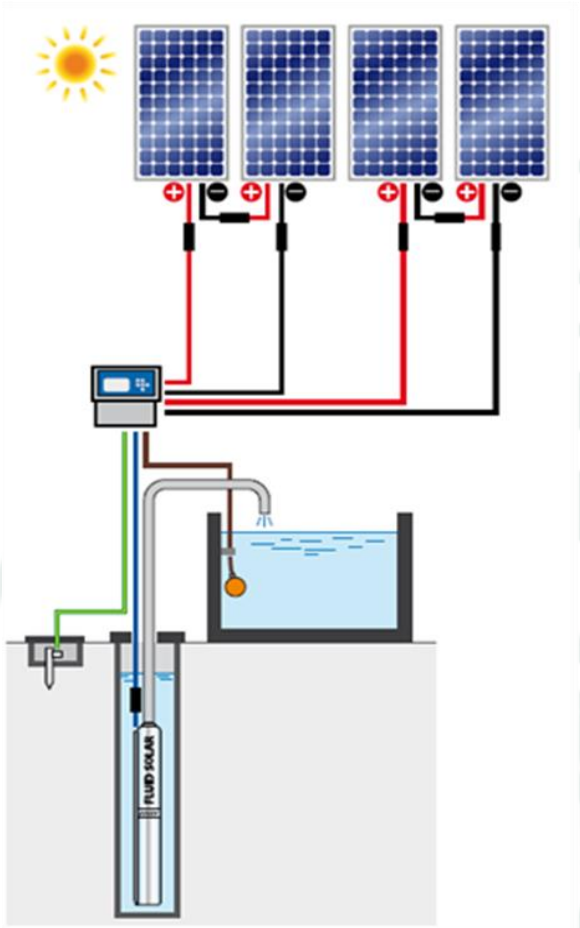
- Identificar los cables de los paneles de sol, lo que tendrán dos cables de salida, uno positivo y uno negativo. Los cables de salida suelen estar marcados con un signo más (+) y un signo menos (-).
- Conectar los cables de salida a los terminales de entrada del controlador. El cable de salida positivo del panel solar debe conectarse al terminal de entrada positivo del controlador. El cable de salida negativo del panel solar debe conectarse al terminal de entrada negativo del controlador.
- Conectar el cable de tierra del controlador a una tierra adecuada. El cable de tierra del controlador debe conectarse a una tierra adecuada, como una varilla de tierra o una tubería de metal.

3.5.2. Seguridad

- Apagara la energía previa a establecer contacto o desconectar cables.
- Use guantes y gafas de seguridad para protegerse de descargas eléctricas y lesiones.
- No toque los cables expuestos.

Figura 42

Conexionado de paneles



Nota. Extraído de Pedrollo, 2023.

3.6. Cálculo estructural para el soporte de paneles

La distribución de perfiles en una estructura consiste en el modo de seleccionar y distribuir los diferentes tipos de elementos estructurales, como vigas, columnas, trabes, arriostres, etc., dentro del proyecto de construcción para ceñirse a los requerimientos de carga, resistencia y permanencia. La elección de la distribución de perfiles depende de varios factores, incluyendo:

- **Cargas:** Son aquellas que actúan sobre la estructura, como las gravitacionales (peso propio, cargas muertas y cargas vivas) y las cargas de viento, nieve o sismo, determinarán

la selección de los perfiles y su distribución. Los perfiles deben ser lo suficientemente resistentes para soportar estas cargas.

- **Geometría y diseño:** El diseño de la estructura, su forma y la disposición de las diferentes partes también influirán en la distribución de perfiles.
- **Materiales:** El tipo de material utilizado para los perfiles también es un factor importante. Pueden ser de acero, concreto, madera, aluminio, etc. Cada material tiene sus propias propiedades y ventajas, y la elección afectará la distribución.
- **Costo y disponibilidad:** El costo de los perfiles y su disponibilidad en el mercado también influyen en la distribución. Algunos perfiles pueden ser más costosos o difíciles de conseguir que otros.
- **Estabilidad y seguridad:** La seguridad y la estabilidad de la estructura son consideraciones fundamentales. Los perfiles deben estar distribuidos de manera que la estructura sea capaz de resistir cargas extremas sin colapsar.
- **Normativas y códigos de construcción:** Las normativas locales y los códigos de construcción establecen requisitos específicos para la distribución de perfiles y el diseño estructural. Estos códigos deben seguirse estrictamente en función de la seguridad y la legalidad de la estructura.

En resumen, la distribución de perfiles en una estructura es un proceso crítico que implica la selección cuidadosa de elementos estructurales para cumplir con las necesidades de carga, resistencia, estabilidad y diseño de la edificación, todo dentro del marco de las normativas y códigos de construcción aplicables.

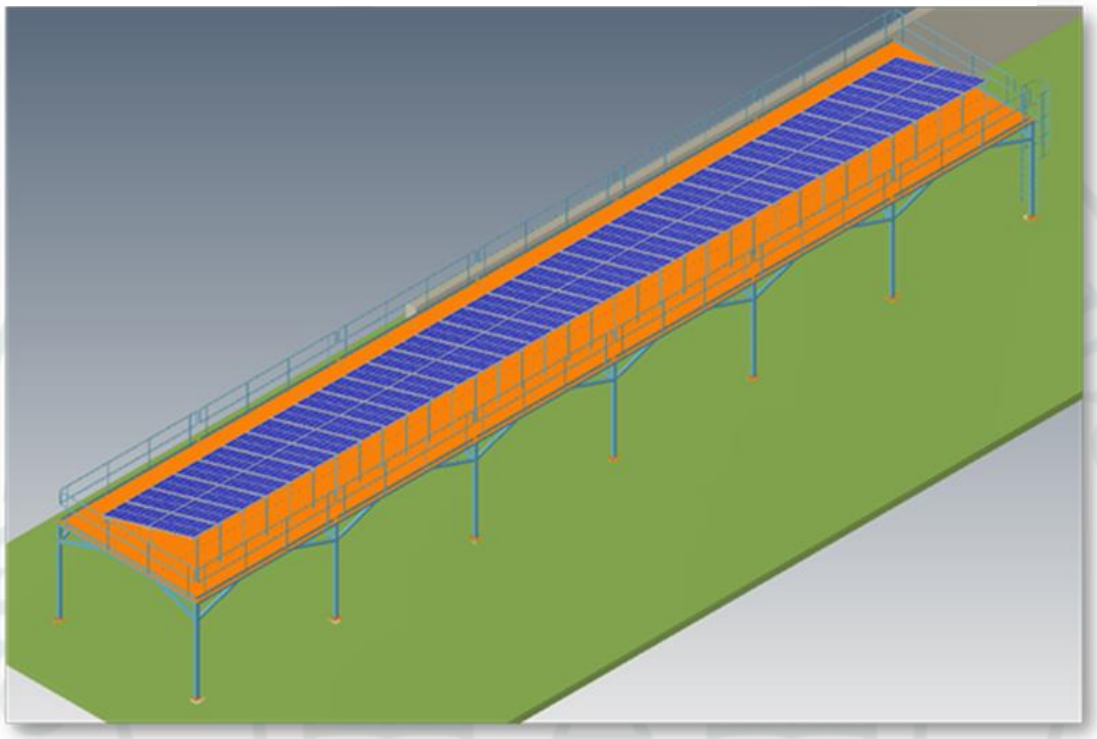
3.6.1. Diseño conceptual general

Para diseñar la estructura metálica en la que se colocarán las placas de sol, primero se definió los objetivos y requisitos, considerando las cargas y códigos de construcción. Luego, se eligió el acero adecuado y diseño de la geometría, incluyendo conexiones. Se realizo el

análisis estructural para garantizar su resistencia y estabilidad. Detallando conexiones y refuerzos, también se verifico el cumplimiento de códigos. Luego, se crearon planos detallados y se estimó los costos.

Figura 43

Estructura de los paneles



Nota. Elaboración propia en Autodesk Inventor.

3.6.2. Distribución de perfiles

Los perfiles estructurales de acero que se utilizaron para construir la torre estructural fueron los siguientes:

- Columnas Tubo HSS 5" x 5" x 1/8"
- Vigas Tubo HSS 4" x 4" x 1/8"
- Arriostres Tubo HSS 4" x 4" x 1/8"
- Viguetas Tubo HSS 4" x 2" x 1/8"
- Viguetas Angulo L 3" x 3" x 3/16"

3.6.3. Diseño de pórticos

El diseño de pórticos en la estructura metálica es un proceso importante en la ingeniería y la construcción. Los pórticos son sistemas estructurales que constan de columnas y vigas, y se utilizan para soportar cargas verticales y horizontales. El diseño de pórticos en estructuras metálicas implica identificar cargas y condiciones de diseño, seleccionar el material, realizar un análisis estructural para dimensionar columnas y vigas, diseñar conexiones y considerar la estabilidad lateral y frontal.

- **Vista Pórtico frontal eje 1:** En esta vista podemos analizar

Figura 44

Vista pórtico frontal eje 1



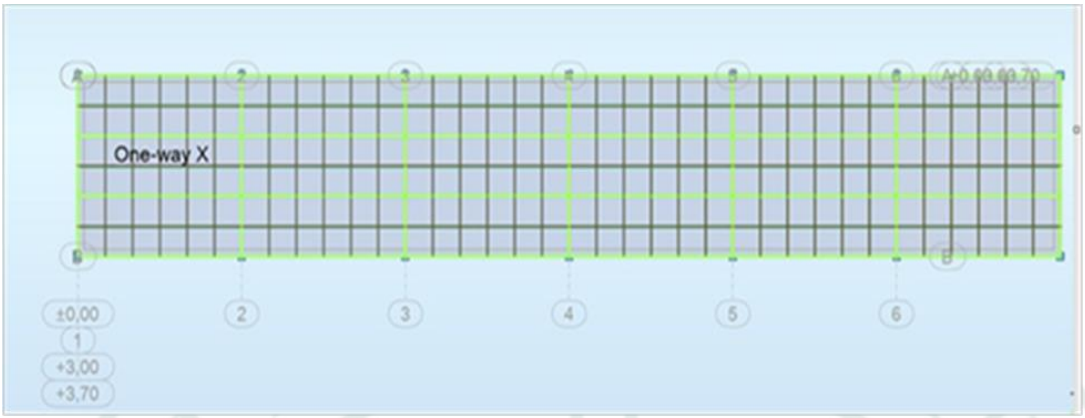
Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

- **Vista Lateral Eje A**

  vista superior (en planta) unidireccional apoyada en vigas perimetrales e intermedias, con malla de elementos/armadura alineada principalmente en el eje X, e identificación de ejes y apoyos numerados.

Figura 45

Vista lateral Eje A



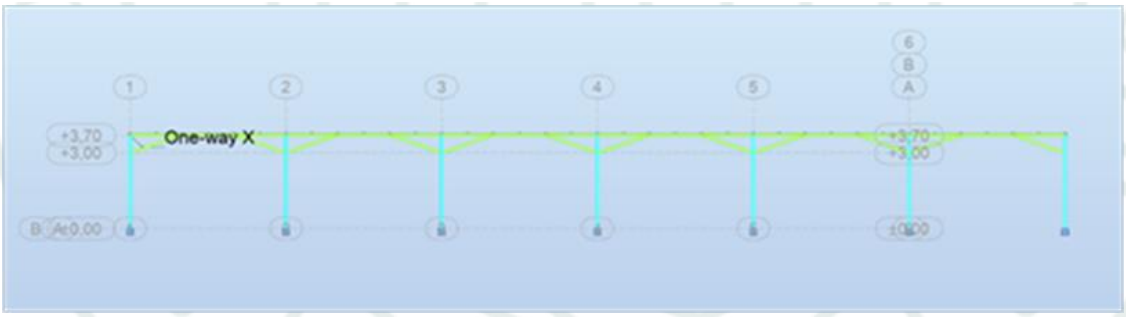
Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

- **Vista Planta**

  Esquema estructural, donde la losa unidireccional trabaja en el eje X, apoyada sobre vigas continuas que descargan en columnas puntuales, mostrando además niveles de altura y la disposición del sistema resistente a lo largo del eje longitudinal.

Figura 46

Vista Planta



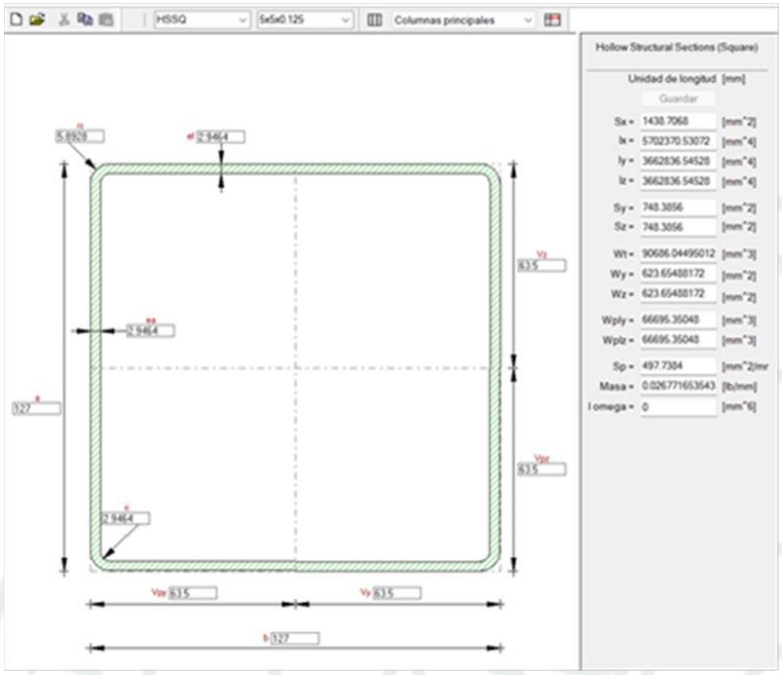
Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.7. Propiedades estructurales de perfiles

Las figuras a continuación muestran la sección transversal de un perfil estructural tubular cuadrado (HSS), donde se detallan sus dimensiones externas e internas, el espesor de pared, los radios de esquina y las propiedades geométricas y mecánicas asociadas, como el área de la sección, momentos de inercia, módulos resistentes, peso y masa, información utilizada para el análisis y diseño estructural.

Figura 47

Tubo HSS 5" X 5" X 1/8”

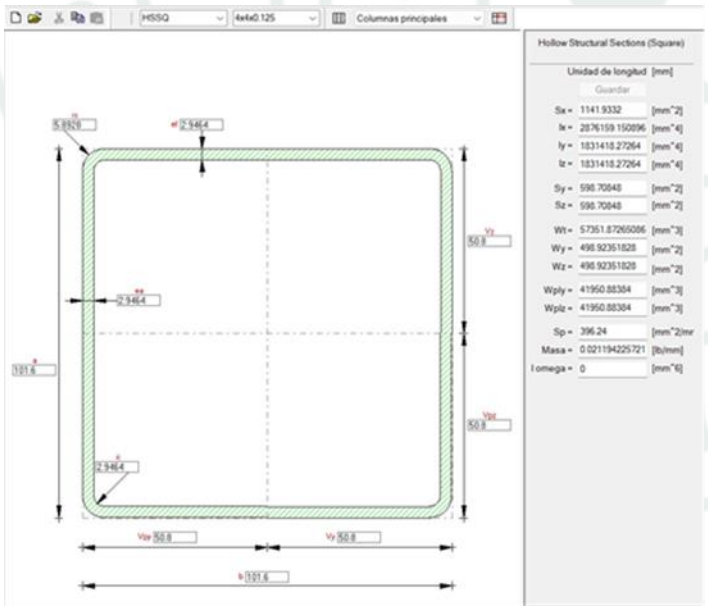


Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

- Tubo HSRE 4" X 4" X 1/8"

Figura 48

Tubo HSRE 4" X 4" X 1/8"

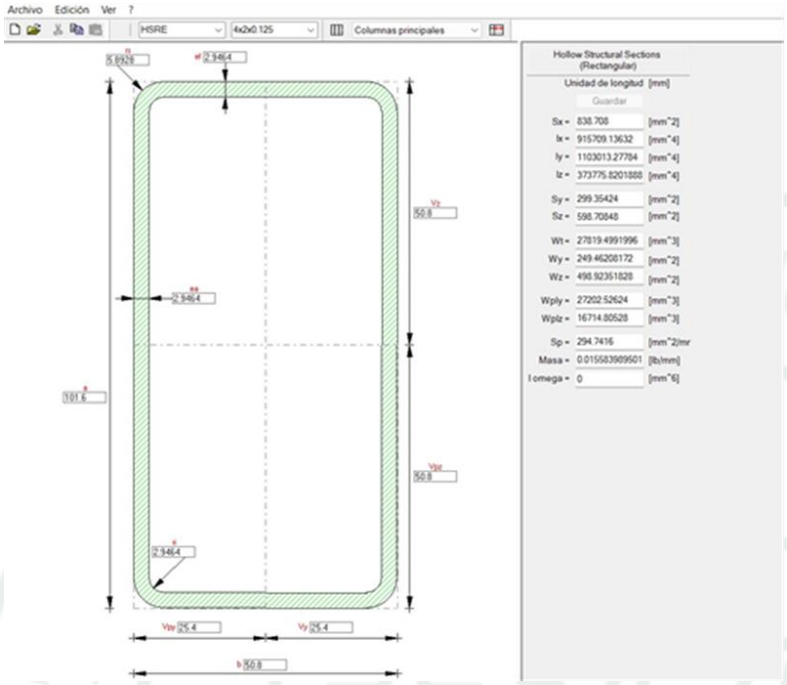


Nota. Elaboración propia.

- Tubo HSRE 4" X 2" X 1/8"

Figura 49

Tubo HSRE 4" X 2" X 1/8"

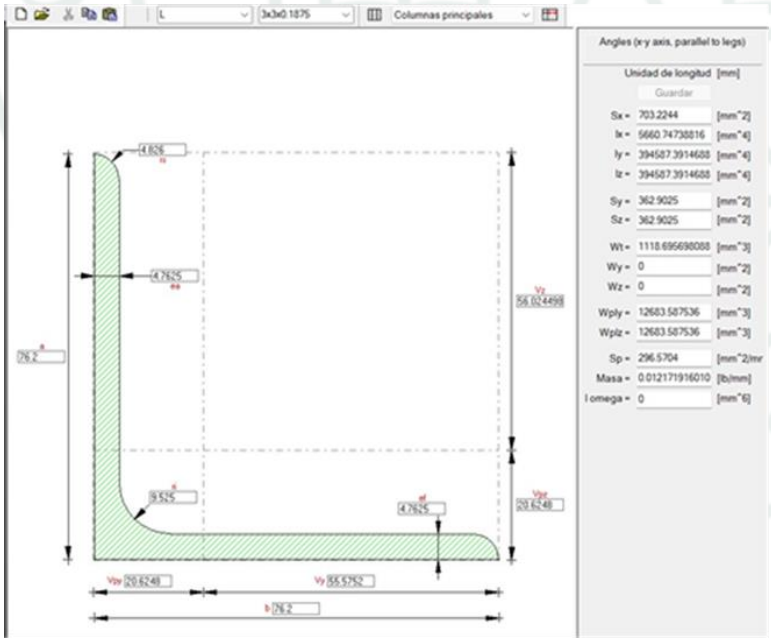


Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

- ANGULO L 3" X 3" X 3/16"

Figura 50

Ángulo L 3" X 3" X 3/16"



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.8. Patrones de carga

3.8.1. Carga Muerta (D)

Es la carga correspondiente a peso propio de estructura, esta es determinada por el software, adicionalmente tenemos el peso de los paneles solares y soportes.

$$CM = \frac{25\ kgf * 66 + 50\ kgf * 34}{36\ m * 65\ m} + \frac{5000\ kgf}{36\ m * 6.05\ m} = 38.34 \frac{kgf}{m^2}$$

$$CM = 0.38\ kPa$$

3.8.2. Carga Viva (L)

Corresponde a cargas que varían en el tiempo tales como peso de personas, equipos accesorios que se instalarán en zonas determinadas de la estructura principal.

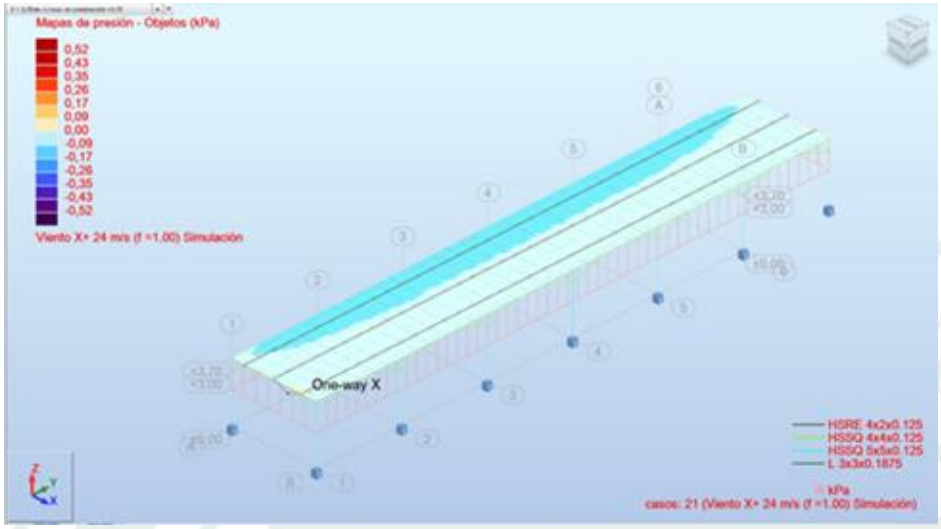
- Carga viva se considera 30kgf/m2 por norma.

3.8.3. Carga de Viento En En X (Vx) y Y (Vy)

En Arequipa, la velocidad del viento es de 85 km/hr o 24m/s según Mapa Eólico mostrado en la Norma Técnico Peruana de Construcción de Edificaciones E.020, para ello se procedió a realizar una simulación mediante túnel de viento con la velocidad establecida por la norma.

Figura 51

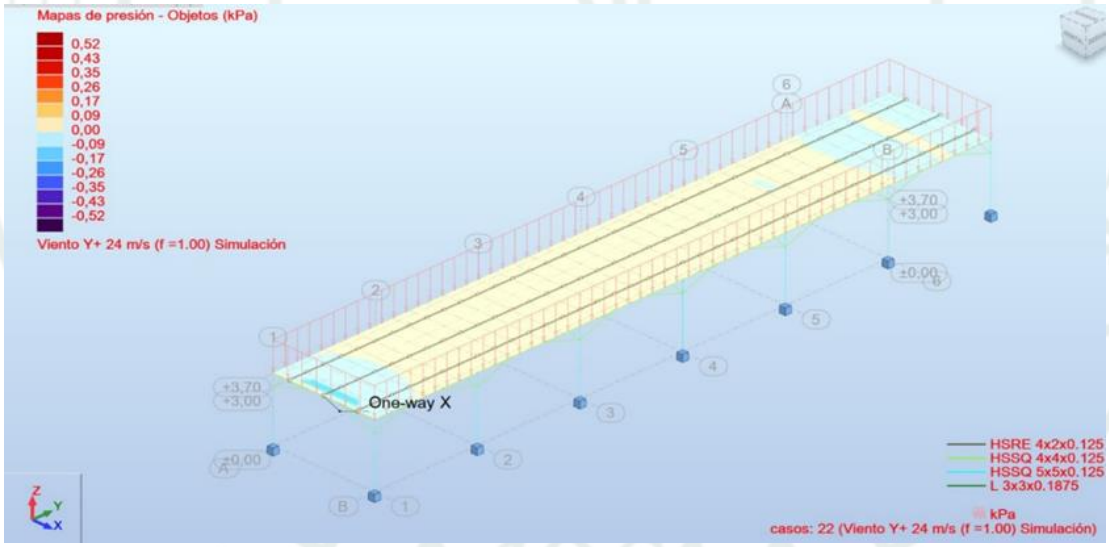
Simulación de la carga de viento en Y (Vy)



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Figura 52

Simulación de la estructura en carga de viento en eje X (Vx)



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.8.4. Carga sísmica estática horizontal en x

Según la norma E0.30 Sismo resistente solo las estructuras de Zona sísmica 1 se analizan por sismo estático, no será una carga empleada en el análisis, pero nos permite saber en la base la potencia cortante.

- $S = 1.05$ Para tipo de Suelo S2
- $U = 1.3$ Factor de Uso Estructura Categoría B
- $Z = 0.45$ Zona Sísmica 4
- $g = 9.81\ m/s^2$ Aceleración de la gravedad
- $R_X = 4$ Coef. de Reducción Sistema Estructural en X
- $R_Y = 4$ Coef. de Reducción Sistema Estructural en Y
- $T_P = 0.6$
- $T_l = 2.0$
- $T_X = 0.37$ Periodo de Estructura

$T < T_P$ $C = 0.25$

$T_P < T < T_L$ $C = 2.5\ (\frac{T_P}{T})$

$T > T_L$ $C = 2.5\ (\frac{T_P * T_L}{T^2})$

$$C_X = 2.5$$

$$Sa_X = \frac{Z * U * C_X * S}{R_X} = 0.38$$

- Masa Sísmica

$$PS = 71.66\ kN + \frac{1}{2} * 66.65\ kN = 104.99\ kN$$

- Esfuerzo de corte estático aplicado en la base de la estructura.

$$V_X = PS * \frac{Z * U * C_X * S}{4} = 40.3\ kN$$

3.8.5. Carga sísmica estática horizontal en Y

Según la norma E0.30 Sismo resistente solo las estructuras de Zona sísmica 1 se analizan por sismo estático, no será una carga empleada en el análisis, pero nos permite saber la fuerza cortante en la base.

$$T_Y = 0.37$$

Esfuerzo de corte estático aplicado en lal base de la estructura

$$C_Y = 2.5$$

$$Sa_Y = \frac{Z * U * C_Y * S}{R_Y} = 0.38$$

$$V_Y = PS * \frac{Z * U * C_Y * S}{4} = 40.3\ kN$$

3.8.6. Carga sísmica dinámica horizontal en X

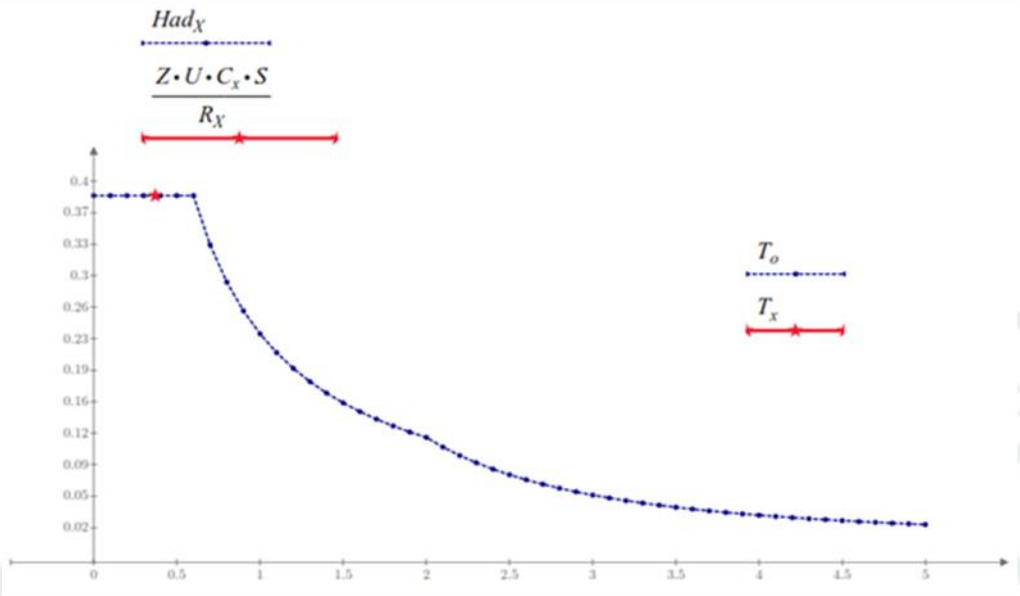
Se procede a calcular el espectro dinámico de aceleraciones para diferentes periodos

- $S = 1.05$ Para tipo de Suelo S2
- $U = 1.3$ Factor de Uso Estructura Categoría B
- $Z = 0.45$ Zona Sísmica 4
- $g = 9.81\ m/s^2$ Aceleración de la gravedad
- $R_X = 4$ Coef. Reducción Sistema Estructural en X
- $R_Y = 4$ Coef. Reducción Sistema Estructural en Y
- $T_Y = 0.37$ Periodo de Estructura

$$Had_X = \frac{Z * U * C_X * S}{R_X} = 0.38$$

Figura 53

Espectro de periodo vs aceleración en X



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Comprobación de la fuerza cortante estática en la base y factor de escalamiento

$V_X = 40.3\ kN$ Esfuerzo de corte estático aplicado en la base de la estructura

$V_{sdx} = 37.9\ kN$ Esfuerzo de corte dinámico aplicado en la base de la estructura

$FS_x = 1$ Factor de Escala

3.8.7. Carga sísmica dinámica horizontal en Y

Se procede a calcular el espectro dinámico de aceleraciones para diferentes periodos, los parámetros del sismo dinámico en X tales como Z, U, y S se mantienen constantes para el sismo dinámico en Y.

$R_Y = 4$ Coeficiente de Reducción Sistema Estructural en y

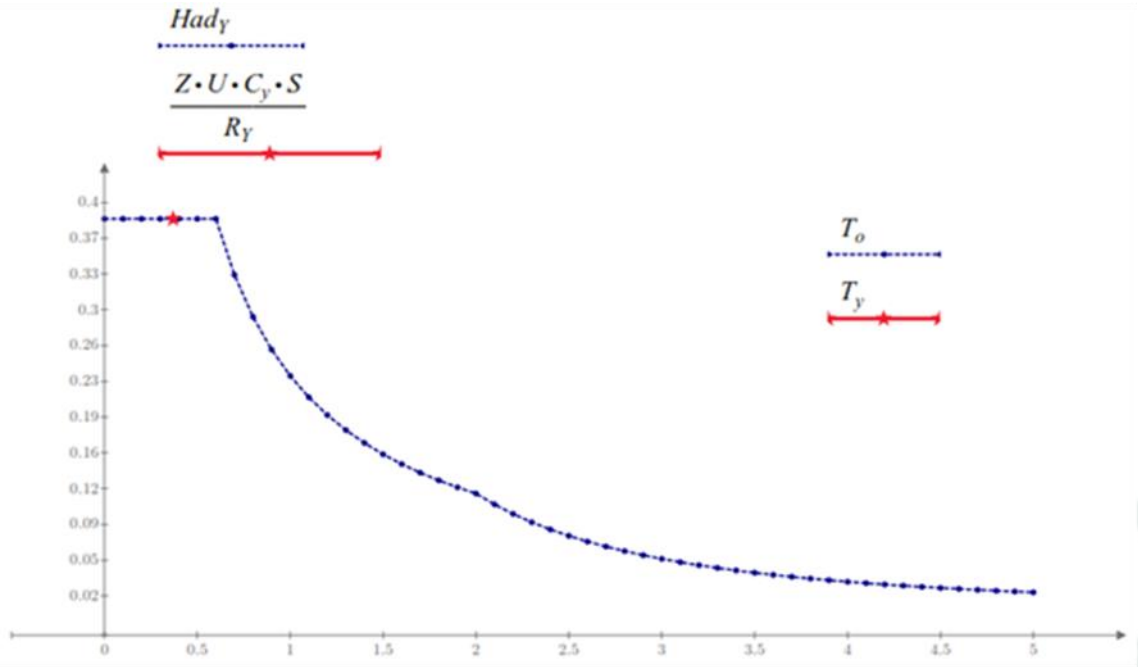
$T_y = 0.37$ Perio do de La estructura en Y

$C_y = 2.5$

$$Had_Y = \frac{Z * U * C_y * S}{R_X} = 0.38$$

Figura 54

Espectro de periodo vs aceleración en Y



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Comprobación de la potencia de corte estático apicado en la base de y factor de escalamiento

$V_y = 40.3\ kN$ Fuerza cortante estática en la base

$V_{sdy} = 37.9\ kN$ Fuerza cortante dinámica en la base

$FS_y = 1$ Factor de Escala

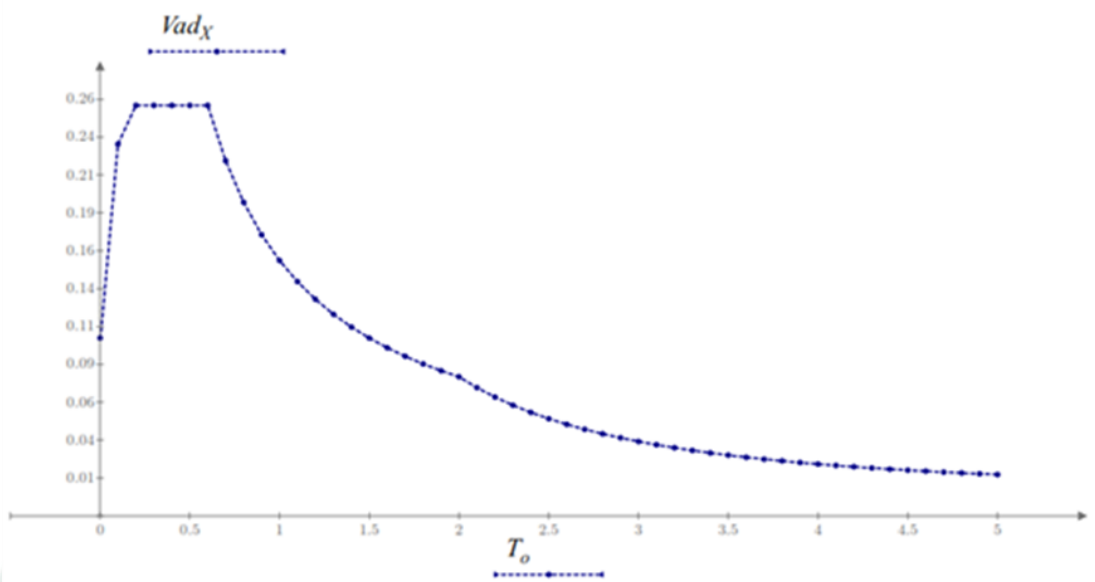
3.8.8. Carga sísmica dinámica vertical en X

Se procede a calcular el espectro dinámico de aceleraciones para diferentes periodos en la dirección ortogonal al plano horizontal considerando el facto de 2/3 según norma E.030, los parámetros del sismo dinámico en X tales como Z, U, y S se mantienen constantes para el sismo dinámico Vertical en X.

$$Vad_X = \frac{2}{3} * \frac{Z * U * C_x * S}{R_X} = 0.38$$

Figura 55

Espectro de periodo vs aceleración en X



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

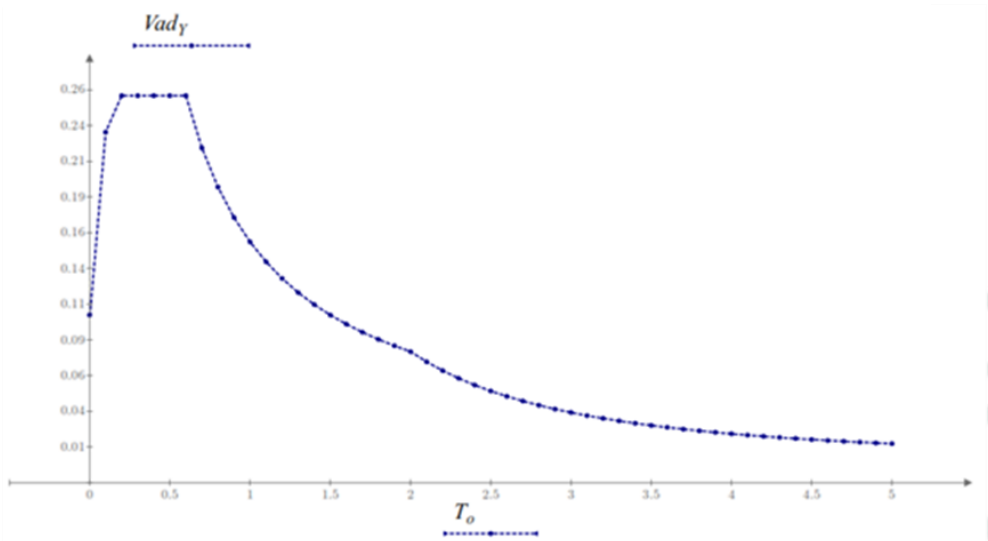
3.8.9. Carga sísmica dinámica vertical en Y

Se procede a calcular el espectro dinámico de aceleraciones para diferentes periodos en la dirección ortogonal al plano horizontal considerando el factor de 2/3 según norma E.030, los parámetros del sismo dinámico en X tales como Z, U, y S se mantienen constantes para el sismo dinámico Vertical en X.

$$Vad_Y = \frac{2}{3} * \frac{Z * U * C_y * S}{R_y}$$

Figura 56

Espectro de Periodo vs Aceleración en "y"



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.9. Combinaciones de carga

Se utilizarán las especificadas en la norma E090 de diseño de estructuras metálicas donde:

- D: carga muerta, L carga viva, V: carga de viento en los ejes "X" y "Y"
- SD: Sismo dinámico en los ejes "X" y "Y"

La capacidad estructural necesaria de la edificación y sus componentes debe ser establecida considerando la combinación óptima de cargas factorizadas. El impacto más desfavorable puede presentarse en ausencia de una o varias cargas. Para aplicar el método de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), se utilizarán las siguientes combinaciones de carga:

- $1.4 * D$
- $1.2 * D + 1.6 * L$
- $1.2 * D + 1.6 * L + 0.8 * V_X$
- $1.2 * D + 1.6 * L + 0.8 * V_y$
- $1.2 * D + 1.3 * V_X + 0.5 * L$

- $1.2 * D + 1.3 * V_y + 0.5 * L$
- $1.2 * D \pm SD_X + 0.5 * L$
- $1.2 * D \pm SD_y + 0.5 * L$
- $0.9 * D + 1.3 * V_X$
- $0.9 * D + 1.3 * V_y$
- $0.9 * D \pm SD_X$
- $0.9 * D \pm SD_y$

3.10. Resultados de diseño

3.10.1. Deflexión en Vigas

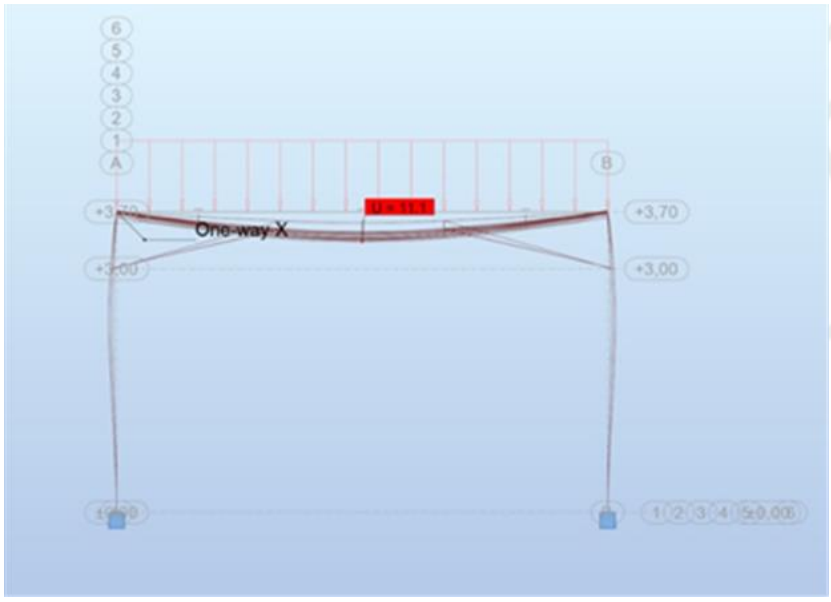
La deflexión máxima en la Viga debe ser menor a L/360.

$L_m = 6.05\ m$ $\Delta_d = \frac{L_m}{360} = 16.81\ mm$ $\Delta_r = 11.1\ mm$

La máxima deflexión en la estructura cumple con la norma.

Figura 57

Máxima deflexión en la estructura



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.10.2. Derivas en los Ejes "X" y "Y"

Comprobación de las derivas bajo cargas de sismo en las direcciones "X".

$$D_x = \frac{16.1\ mm}{3.7\ mm} * 0.75 * R_X = 0.0131$$

Figura 58

Tabla de límites para la distorsión del entrepiso

Tabla N° 11
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO

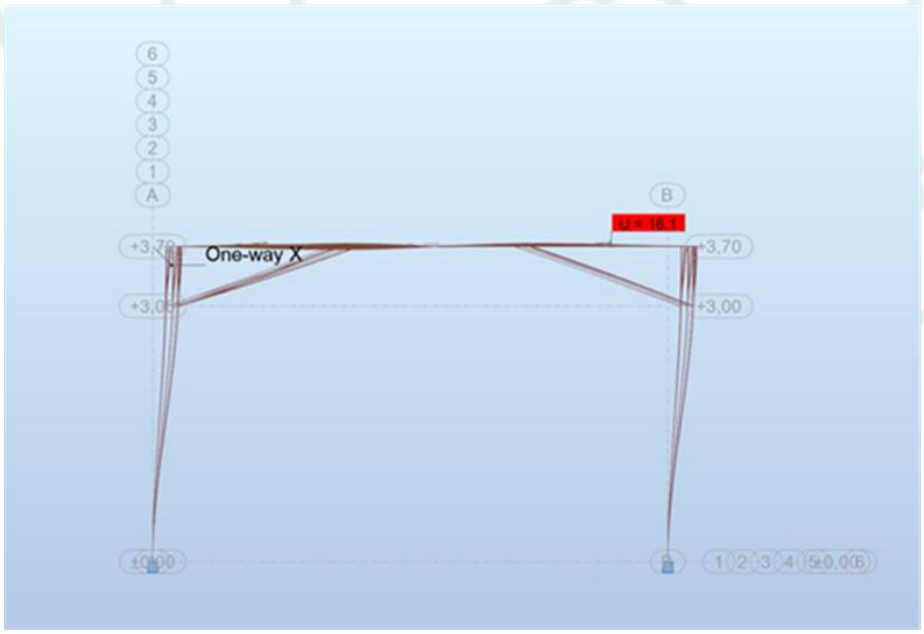
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

La deriva Elástica no Lineal en "x" es menor a dos veces el valor máximo permitido por norma E.030.

Figura 59

Máxima deflexión en X de la estructura

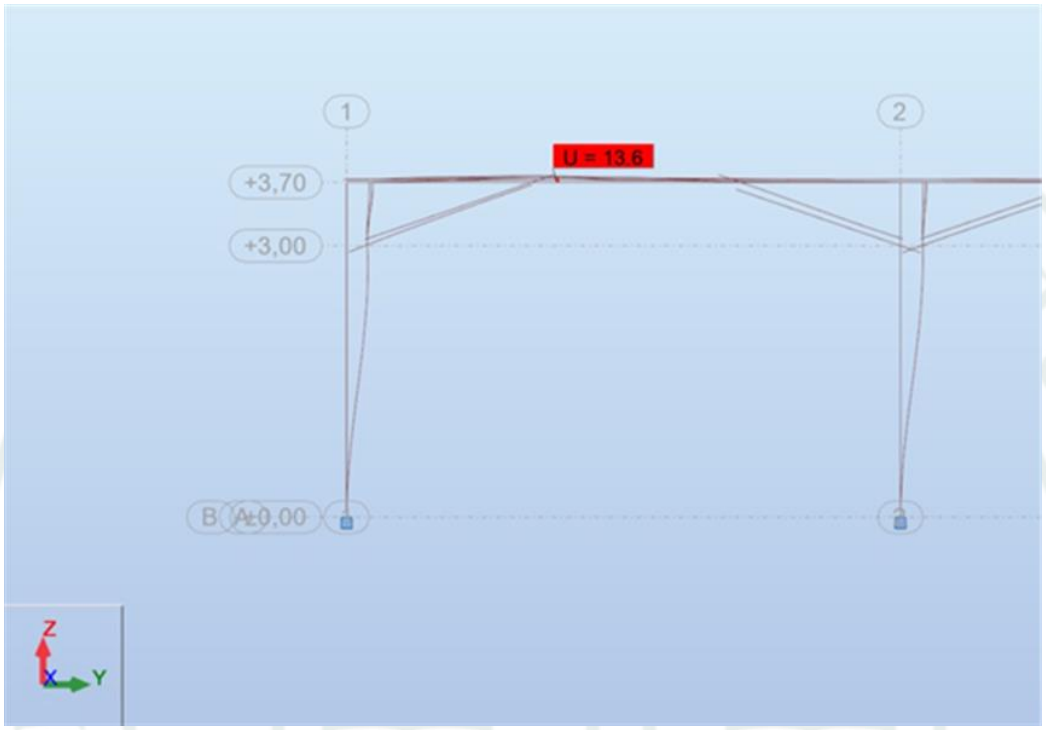


Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Comprobación de las derivas bajo cargas de sismo en las direcciones "Y", en una simulación de sismo.

Figura 60

Máxima deflexión en "Y" de la estructura



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

$$D_x = \frac{13.6\ mm}{3.7\ mm} * 0.75 * R_Y = 0.011$$

La deriva Elástica no Lineal en "y" es menor a dos veces el valor máximo permitido por norma E.030.

3.11. Diseño de miembros de acero según Aisc 360-16

3.11.1. Diseño de Columnas

Dicha estructura será considerada dentro del tipo “Pórticos ordinarios resistentes a momentos OMF” en el software, con un máximo ratio de esfuerzo permitido de 0.95 siguiendo la metodología del LRFD de la AISC 360-16.

Efectuado el análisis en los miembros de las bridas tanto inferior como superior tenemos los siguientes resultados:

Figura 61

Verificación de barras de la estructura

ANSI/AISC 360-16 - Verificación de las barras (ELU) 625A636 728 729

Resultados Mensajes

Barra		Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit	Caso
628 Barra_628		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.79	16 1.2D+SDy+0.5L
627 Barra_627		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.78	16 1.2D+SDy+0.5L
632 Barra_632		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.77	12 1.2D+1.6L+0.8V
636 Barra_636		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.77	12 1.2D+1.6L+0.8V
630 Barra_630		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.77	15 1.2D+SDx+0.5L
631 Barra_631		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.76	15 1.2D+SDx+0.5L
629 Barra_629		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.75	15 1.2D+SDx+0.5L
634 Barra_634		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.72	15 1.2D+SDx+0.5L
635 Barra_635		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.71	16 1.2D+SDy+0.5L
633 Barra_633		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.70	15 1.2D+SDx+0.5L
728 Barra_728		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.61	12 1.2D+1.6L+0.8V
626 Barra_626		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.61	12 1.2D+1.6L+0.8V
625 Barra_625		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.61	12 1.2D+1.6L+0.8V
729 Barra_729		HSSQ 5x5x0	STEEL A36	73.33	73.33	0.61	12 1.2D+1.6L+0.8V

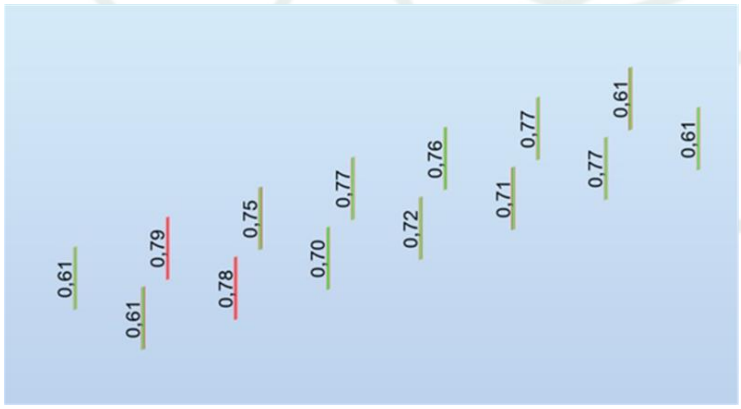
Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.11.2. Solicitación de columnas

Se refiere a las cargas internas y momentos que actúan sobre ella. Estas solicitaciones determinan cómo la columna soporta las fuerzas aplicadas y cómo responde a las cargas, lo cual es elemental para diseñar con seguridad y eficiencia la estructura.

Figura 62

Solicitación de columnas

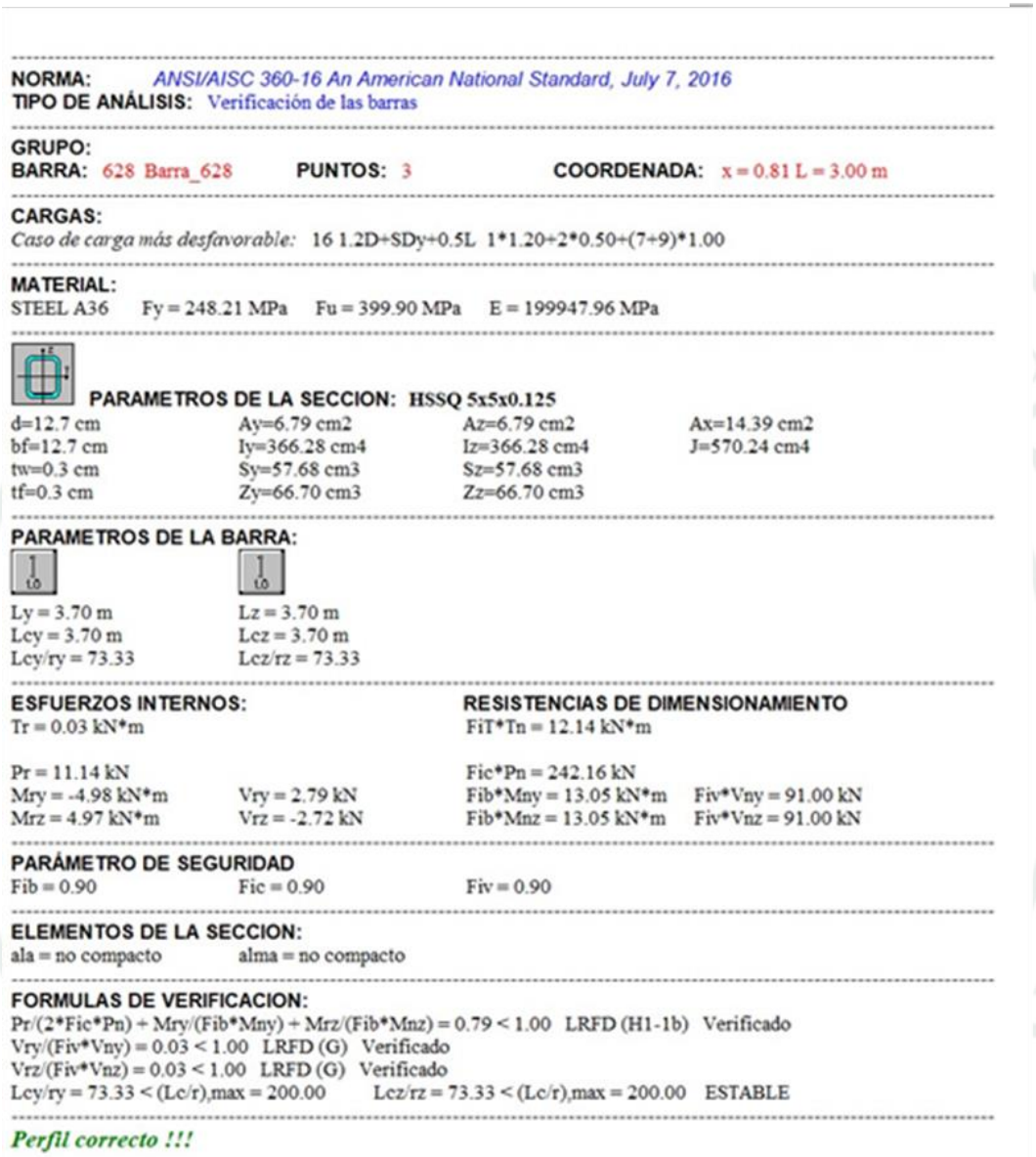


Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

- Detalle de verificación del miembro más cargado, la barra 628.

Figura 63

Detalle de verificación del miembro más cargado - barra 628



NORMA: ANSI/AISC 360-16 An American National Standard, July 7, 2016
TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de las barras

GRUPO:
BARRA: 628 Barra_628 PUNTOS: 3 COORDENADA: x = 0.81 L = 3.00 m

CARGAS:
Caso de carga más desfavorable: 16 1.2D+SDy+0.5L 1*1.20+2*0.50+(7+9)*1.00

MATERIAL:
STEEL A36 Fy = 248.21 MPa Fu = 399.90 MPa E = 199947.96 MPa

PARAMETROS DE LA SECCION: HSSQ 5x5x0.125

d=12.7 cm	Ay=6.79 cm2	Az=6.79 cm2	Ax=14.39 cm2
bf=12.7 cm	Iy=366.28 cm4	Iz=366.28 cm4	J=570.24 cm4
tw=0.3 cm	Sy=57.68 cm3	Sz=57.68 cm3	
tf=0.3 cm	Zy=66.70 cm3	Zz=66.70 cm3	

PARAMETROS DE LA BARRA:

Ly = 3.70 m	Lz = 3.70 m
Lcy = 3.70 m	Lcz = 3.70 m
Lcy/ry = 73.33	Lcz/rz = 73.33

ESFUERZOS INTERNOS:		RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO	
Tr = 0.03 kN*m		FiT*Tn = 12.14 kN*m	
Pr = 11.14 kN		Fic*Pn = 242.16 kN	
Mry = -4.98 kN*m	Vry = 2.79 kN	Fib*Mny = 13.05 kN*m	Fiv*Vny = 91.00 kN
Mrz = 4.97 kN*m	Vrz = -2.72 kN	Fib*Mnz = 13.05 kN*m	Fiv*Vnz = 91.00 kN

PARÁMETRO DE SEGURIDAD

Fib = 0.90	Fic = 0.90	Fiv = 0.90

ELEMENTOS DE LA SECCION:
ala = no compacto alma = no compacto

FORMULAS DE VERIFICACION:
Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.79 < 1.00 LRFD (H1-1b) Verificado
Vry/(Fiv*Vny) = 0.03 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.03 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Lcy/ry = 73.33 < (Lc/r),max = 200.00 Lcz/rz = 73.33 < (Lc/r),max = 200.00 ESTABLE

Perfil correcto !!!

Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.11.3. Diseño de vigas

Dicha estructura será considerada dentro del tipo “Pórticos ordinarios resistentes a momentos OMF” en el software, con un máximo ratio de esfuerzo permitido de 0.95 siguiendo la metodología del LRFD de la AISC 360-16.

Efectuado el análisis en los miembros de las bridas tanto inferior como superior tenemos los siguientes resultados:

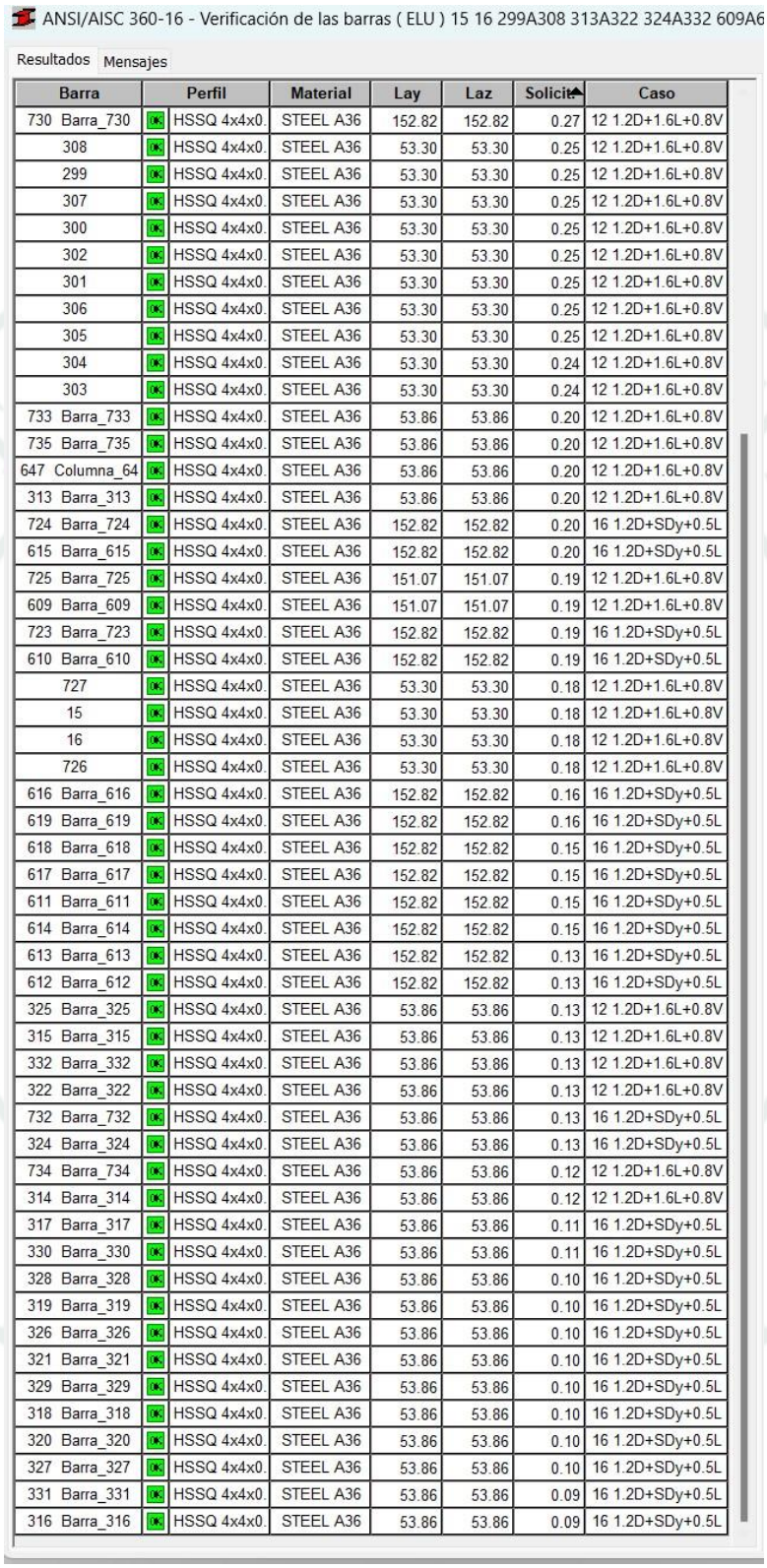
Figura 64

Cálculo de diseño de pórtico estructural

ANSI/AISC 360-16 - Verificación de las barras (ELU) 15 16 299A308 313A322 324A332 609

Resultados | Mensajes

Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit	Caso
620 Barra_620	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.31	12 1.2D+1.6L+0.8V
624 Barra_624	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.31	12 1.2D+1.6L+0.8V
622 Barra_622	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.30	12 1.2D+1.6L+0.8V
623 Barra_623	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.29	12 1.2D+1.6L+0.8V
621 Barra_621	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.29	12 1.2D+1.6L+0.8V
640 Barra_640	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
646 Barra_646	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
639 Barra_639	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
645 Barra_645	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
642 Barra_642	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
644 Barra_644	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
641 Barra_641	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
643 Barra_643	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.28	15 1.2D+SDx+0.5L
638 Barra_638	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.27	12 1.2D+1.6L+0.8V
637 Barra_637	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.27	12 1.2D+1.6L+0.8V
731 Barra_731	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.27	12 1.2D+1.6L+0.8V
730 Barra_730	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.27	12 1.2D+1.6L+0.8V
308	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
299	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
307	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
300	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
302	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
301	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
306	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
305	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
304	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.24	12 1.2D+1.6L+0.8V
303	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.24	12 1.2D+1.6L+0.8V
733 Barra_733	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
735 Barra_735	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
647 Columna_64	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
313 Barra_313	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
724 Barra_724	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.20	16 1.2D+SDy+0.5L
615 Barra_615	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.20	16 1.2D+SDy+0.5L
725 Barra_725	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.19	12 1.2D+1.6L+0.8V
609 Barra_609	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.19	12 1.2D+1.6L+0.8V
723 Barra_723	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.19	16 1.2D+SDy+0.5L
610 Barra_610	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.19	16 1.2D+SDy+0.5L
727	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
15	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
16	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
726	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
616 Barra_616	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.16	16 1.2D+SDy+0.5L
619 Barra_619	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.16	16 1.2D+SDy+0.5L
618 Barra_618	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
617 Barra_617	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
611 Barra_611	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
614 Barra_614	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
613 Barra_613	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
612 Barra_612	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
325 Barra_325	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
315 Barra_315	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
332 Barra_332	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
322 Barra_322	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
732 Barra_732	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
324 Barra_324	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
734 Barra_734	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.12	12 1.2D+1.6L+0.8V



Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit	Caso
730 Barra_730	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.27	12 1.2D+1.6L+0.8V
308	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
299	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
307	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
300	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
302	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
301	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
306	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
305	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.25	12 1.2D+1.6L+0.8V
304	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.24	12 1.2D+1.6L+0.8V
303	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.24	12 1.2D+1.6L+0.8V
733 Barra_733	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
735 Barra_735	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
647 Columna_64	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
313 Barra_313	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.20	12 1.2D+1.6L+0.8V
724 Barra_724	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.20	16 1.2D+SDy+0.5L
615 Barra_615	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.20	16 1.2D+SDy+0.5L
725 Barra_725	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.19	12 1.2D+1.6L+0.8V
609 Barra_609	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	151.07	151.07	0.19	12 1.2D+1.6L+0.8V
723 Barra_723	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.19	16 1.2D+SDy+0.5L
610 Barra_610	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.19	16 1.2D+SDy+0.5L
727	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
15	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
16	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
726	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.30	53.30	0.18	12 1.2D+1.6L+0.8V
616 Barra_616	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.16	16 1.2D+SDy+0.5L
619 Barra_619	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.16	16 1.2D+SDy+0.5L
618 Barra_618	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
617 Barra_617	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
611 Barra_611	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
614 Barra_614	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.15	16 1.2D+SDy+0.5L
613 Barra_613	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
612 Barra_612	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	152.82	152.82	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
325 Barra_325	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
315 Barra_315	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
332 Barra_332	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
322 Barra_322	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	12 1.2D+1.6L+0.8V
732 Barra_732	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
324 Barra_324	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.13	16 1.2D+SDy+0.5L
734 Barra_734	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.12	12 1.2D+1.6L+0.8V
314 Barra_314	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.12	12 1.2D+1.6L+0.8V
317 Barra_317	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.11	16 1.2D+SDy+0.5L
330 Barra_330	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.11	16 1.2D+SDy+0.5L
328 Barra_328	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
319 Barra_319	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
326 Barra_326	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
321 Barra_321	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
329 Barra_329	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
318 Barra_318	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
320 Barra_320	HSSQ 4x4x0	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
327 Barra_327	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.10	16 1.2D+SDy+0.5L
331 Barra_331	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.09	16 1.2D+SDy+0.5L
316 Barra_316	HSSQ 4x4x0.	STEEL A36	53.86	53.86	0.09	16 1.2D+SDy+0.5L

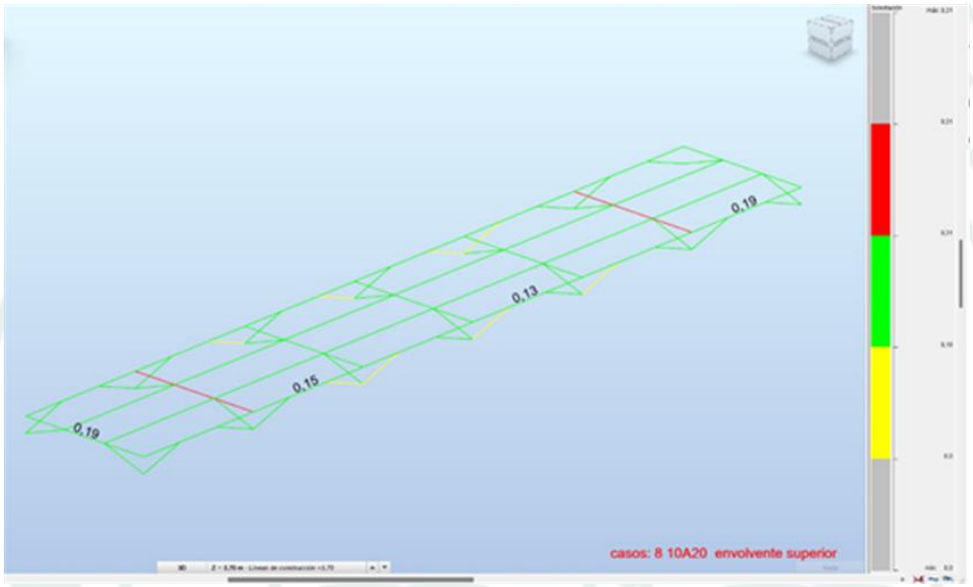
Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.11.4. Solicitación de vigas

Es un aspecto crítico del diseño estructural que implica el análisis de las potencias y circunstancias que desempeñan respecto de las vigas. Esto es fundamental para garantizar que la estructura sea segura, funcional y eficiente en su capacidad para resistir las cargas requeridas.

Figura 65

Solicitación de vigas



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Esta gráfica muestra la envolvente de deformaciones (flechas) de una viga o sistema de vigas bajo la combinación crítica de cargas, donde los valores numéricos (≈0.10–0.19) representan la deflexión máxima en distintos tramos. El código de colores indica el nivel de solicitación: verde–amarillo dentro de rangos aceptables y rojo cercano al límite admisible, permitiendo identificar zonas críticas de mayor deformación, evaluar el cumplimiento de los estados límite de servicio, y decidir si es necesario aumentar rigidez, sección o continuidad estructural.

Detalle de verificación del miembro más cargado, la barra 620.

Figura 66

Detalle de la columna más cargada - barra 620



NORMA: ANSI/AISC 360-16 An American National Standard, July 7, 2016
TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de las barras

GRUPO:
BARRA: 620 Barra_620 PUNTOS: 1 COORDENADA: x = 0.50 L = 3.02 m

CARGAS:
Caso de carga más desfavorable: 12 1.2D+1.6L+0.8Vy 1*1.20+2*1.60+22*0.80

MATERIAL:
STEEL A36 Fy = 248.21 MPa Fu = 399.90 MPa E = 199947.96 MPa

PARAMETROS DE LA SECCION: HSSQ 4x4x0.125

d=10.2 cm	Ay=5.29 cm2	Az=5.29 cm2	Ax=11.42 cm2
bf=10.2 cm	Iy=183.14 cm4	Iz=183.14 cm4	J=287.62 cm4
tw=0.3 cm	Sy=36.05 cm3	Sz=36.05 cm3	
tf=0.3 cm	Zy=41.95 cm3	Zz=41.95 cm3	

PARAMETROS DE LA BARRA:

Ly = 6.05 m	Lz = 6.05 m
Lcy = 6.05 m	Lcz = 6.05 m
Lcy/ry = 151.07	Lcz/rz = 151.07

ESFUERZOS INTERNOS:		RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO	
Tr = 0.00 kN*m		FiT*Tn = 7.67 kN*m	
Pr = 4.24 kN		Fic*Pn = 77.94 kN	
Mry = 2.55 kN*m	Vry = -0.16 kN	Fib*Mny = 9.37 kN*m	Fiv*Vny = 70.94 kN
Mrz = -0.09 kN*m	Vrz = -0.35 kN	Fib*Mnz = 9.37 kN*m	Fiv*Vnz = 70.94 kN

PARÁMETRO DE SEGURIDAD

Fib = 0.90	Fic = 0.90	Fiv = 0.90

ELEMENTOS DE LA SECCION:
ala = compacto alma = compacto

FORMULAS DE VERIFICACION:
Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.31 < 1.00 LRFD (H1-1b) Verificado
Vry/(Fiv*Vny) = 0.00 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.00 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Lcy/ry = 151.07 < (Lc/r),max = 200.00 Lcz/rz = 151.07 < (Lc/r),max = 200.00 ESTABLE

Perfil correcto !!!

Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

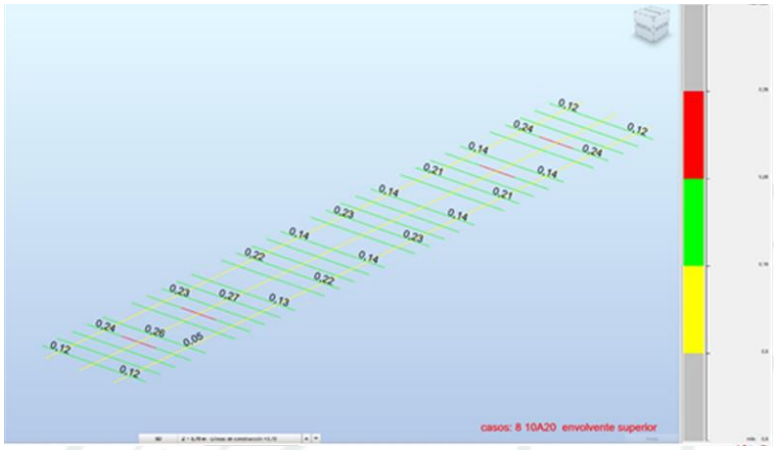
3.11.5. Solicitación de viguetas

Dicha estructura será considerada dentro del tipo “Pórticos ordinarios resistentes a momentos OMF” en el software, con un máximo ratio de esfuerzo permitido de 0.95 siguiendo la metodología del LRFD de la AISC 360-16.

Efectuado el análisis en los miembros de las bridas tanto inferior como superior tenemos los siguientes resultados.

Figura 67

Solicitud de viguetas



Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

Detalle de verificación del miembro más cargado, la barra 743.

Figura 68

Detalle del miembro más cargado - barra 743

NORMA: *ANSI/AISC 360-16 An American National Standard, July 7, 2016*
TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de las barras

GRUPO:
BARRA: 743 Barra_743 **PUNTOS:** 3 **COORDENADA:** x = 0.50 L = 1.01 m

CARGAS:
Caso de carga más desfavorable: 12 1.2D+1.6L+0.8Vy 1*1.20+2*1.60+22*0.80

MATERIAL:
STEEL A36 Fy = 248.21 MPa Fu = 399.90 MPa E = 199947.96 MPa

PARAMETROS DE LA SECCION: HSRE 4x2x0.125

d=10.2 cm	Ay=2.30 cm2	Az=5.29 cm2	Ax=8.39 cm2
bf=5.1 cm	Iy=110.30 cm4	Iz=37.38 cm4	J=91.57 cm4
tw=0.3 cm	Sy=21.71 cm3	Sz=14.72 cm3	
tf=0.3 cm	Zy=27.20 cm3	Zz=16.71 cm3	

PARAMETROS DE LA BARRA:

Ly = 2.02 m	Lz = 2.02 m
Lcy = 2.02 m	Lcz = 2.02 m
Lcy/ry = 55.61	Lcz/rz = 95.53

ESFUERZOS INTERNOS:
Tr = -0.00 kN*m

RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO
FiT*Tn = 3.72 kN*m

Pr = 0.24 kN		Fic*Pn = 115.89 kN	
Mry = 1.59 kN*m	Vry = 0.11 kN	Fib*Mny = 6.08 kN*m	Fiv*Vny = 30.81 kN
Mrz = -0.06 kN*m	Vrz = 0.35 kN	Fib*Mnz = 3.73 kN*m	Fiv*Vnz = 70.94 kN

PARÁMETRO DE SEGURIDAD
Fib = 0.90 Fic = 0.90 Fiv = 0.90

ELEMENTOS DE LA SECCION:
ala = compacto alma = compacto

FORMULAS DE VERIFICACION:
Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.28 < 1.00 LRFD (H1-1b) Verificado
Vry/(Fiv*Vny) = 0.00 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Vrz/(Fiv*Vnz) = 0.00 < 1.00 LRFD (G) Verificado
Lcy/ry = 55.61 < (Lc/r),max = 200.00 Lcz/rz = 95.53 < (Lc/r),max = 200.00 ESTABLE

Perfil correcto !!!

Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.11.6. Tabla de pesos de estructura

Los diferentes elementos estructurales (como vigas, columnas) junto con sus pesos unitarios y totales. El peso de cada componente puede incluir tanto el peso propio (peso de los materiales de la estructura) como el peso de los elementos adyacentes que pueda soportar o transmitir.

Figura 69

Tabla de pesos de la estructura

Tipo	Número	Longitud (m)	Peso por unidad (kG/m)	Peso de la barra (kG)	Peso total (kG)	Superficie pintada (m2)
STEEL A36						
HSRE 4x2x0.125	90	2,02	6,58	13,30	1197	53,58
HSSQ 4x4x0.125	14	2,14	8,96	19,18	269	11,87
HSSQ 4x4x0.125	24	2,16	8,96	19,36	465	20,54
HSSQ 4x4x0.125	7	6,05	8,96	54,23	380	16,78
HSSQ 4x4x0.125	24	6,12	8,96	54,85	1316	58,20
HSSQ 5x5x0.125	14	3,70	11,29	41,78	585	25,78
L 3x3x0.1875	108	1,02	5,52	5,63	608	32,67
Total						
HSRE 4x2x0.125	90	181,80	6,58	1196,80	1197	53,58
HSSQ 4x4x0.125	69	271,03	8,96	2429,27	2429	107,39
HSSQ 5x5x0.125	14	51,80	11,29	584,95	585	25,78
L 3x3x0.1875	108	110,16	5,52	608,04	608	32,67
Total:					4819	219,43

Nota. Elaboración propia en software Robot Structural.

3.12. Plan de mantenimiento

3.12.1. Paneles solares fotovoltaicos

Dada la ausencia de elementos, las placas fotovoltaicas de célula partida demandan un mantenimiento sumamente reducido. Además, la supervisión de calidad llevada a cabo por los fabricantes es amplia, lo que resulta en una infrecuente ocurrencia de problemas. Dos factores críticos a considerar son, en primer lugar, garantizar la ausencia de obstrucciones que generen sombras respecto de los módulos, y, en segundo lugar, conservar la porción manifiesta a la radiación solar de los paneles fotovoltaicos libre de suciedad. Las pérdidas debidas a la acumulación de mugre podrían alcanzar un 10%, y estas pueden prevenirse mediante una limpieza periódica y adecuada. Su mantenimiento se dara:

3.12.2. Limpieza periódica del panel

La acumulación de partículas en la superficie del panel podría tener un impacto negativo en su eficiencia. Sin embargo, las superficies de polvo que mitigan la penetración de la luz solar por lo general no representan un riesgo significativo, y la pérdida de potencia vendría a ser inferior. Las tareas de mantenimiento y lavado de los paneles se llevarán a cabo de manera mensual o después de lluvias, nevadas u otros eventos climáticos similares.

Para realizar la limpieza, se utilizará un paño húmedo, evitando la utilización de agua, elementos abrasivos o utensilios metálicos. Idealmente, se realizará fuera de las horas centrales del día para prevenir cambios abruptos de temperatura, especialmente durante la época estival. Si es necesario efectuar la limpieza con paño húmedo en horas vespertinas o nocturnas, así se hará. Se aconseja no intentar la limpieza de un módulo fotovoltaico si su superficie de cristal está dañada o muestra señales de exposición del circuito eléctrico, dado que implica un potencial riesgo de descarga.

3.12.3. Inspección de conectores y cables

Se sugiere realizar un mantenimiento preventivo semestral que incluya la verificación del estado de los geles aislantes en la caja de conexiones para detectar posibles grietas. Además, es importante inspeccionar los módulos fotovoltaicos en busca de signos de deterioro, así como revisar el cableado para identificar daños causados por roedores o desgaste. También se debe asegurar que todas las conexiones estén firmemente ajustadas y libres de corrosión, además de comprobar la posible presencia de fugas eléctricas a tierra.

3.12.4. Advertencias

El módulo o panel no debe estar sujeto a iluminación solar intensificada de forma artificial.

Figura 70

Exposición excesiva de energía solar



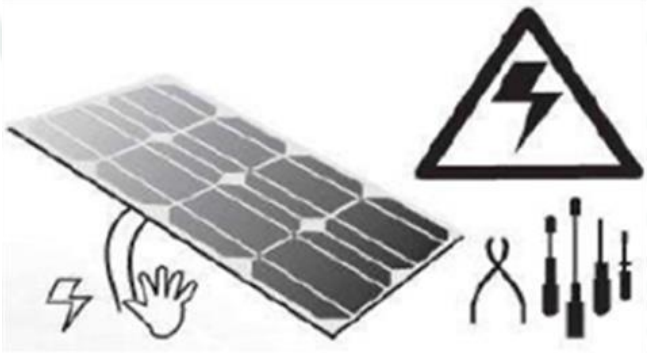
Nota. Jinko solar.

Los módulos están provistos de un cristal protector frontal. La ruptura de este cristal pone en peligro la seguridad eléctrica (puede originar descargas eléctricas e incendios). Estos módulos no se pueden reparar y deben ser reemplazados de inmediato.

No toque los terminales portadores de corriente sin guantes. Utilice herramientas aisladas para las conexiones eléctricas.

Figura 71

Elementos de precaución



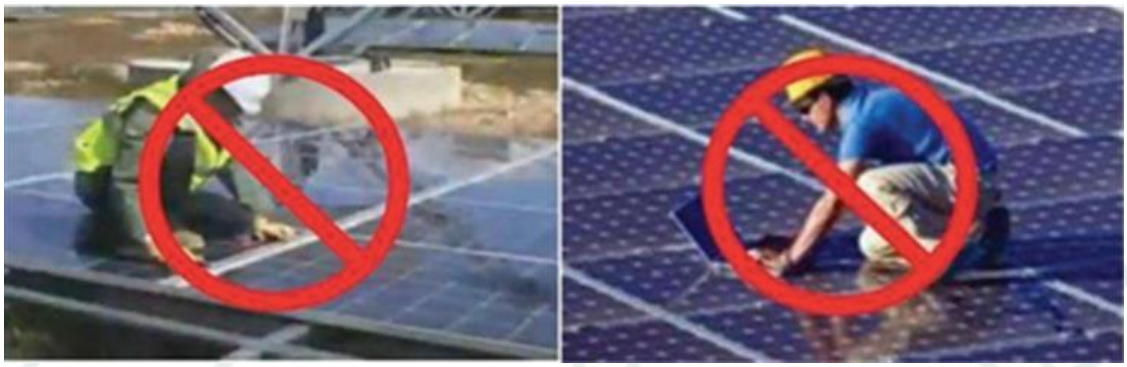
Nota. Jinko solar.

Se debe evitar ejercer presión o caminar sobre la superficie del módulo fotovoltaico, ya que esto puede generar microfisuras que reduzcan su eficiencia y comprometan su integridad estructural. Además, no se recomienda el uso de productos químicos para la limpieza del vidrio protector, ya que podrían afectar su recubrimiento. Por otro lado, la desconexión de los

módulos no debe realizarse mientras estos estén operando bajo carga, con el fin de prevenir daños en el sistema y riesgos eléctricos.

Figura 72

Elementos electrónicos encima de los paneles



Nota. Jinko solar.

3.12.5. Estructura soporte de paneles

La base estructural que sostiene los paneles fotovoltaicos se construye por completo utilizando perfiles de acero galvanizado, aluminio y sujetadores de acero.

Se llevará a cabo un mantenimiento semestral de estas estructuras, el cual consistirá en: Verificación de posibles deterioros como deformaciones y fisuras.

Examinación del estado de la sujeción de la estructura a la cubierta. Se verificará que los sujetadores estén debidamente ajustados, supervisando el torque en caso de ser necesario. Si se detectan problemas en algún elemento de sujeción, se procederá a su reemplazo por uno nuevo.

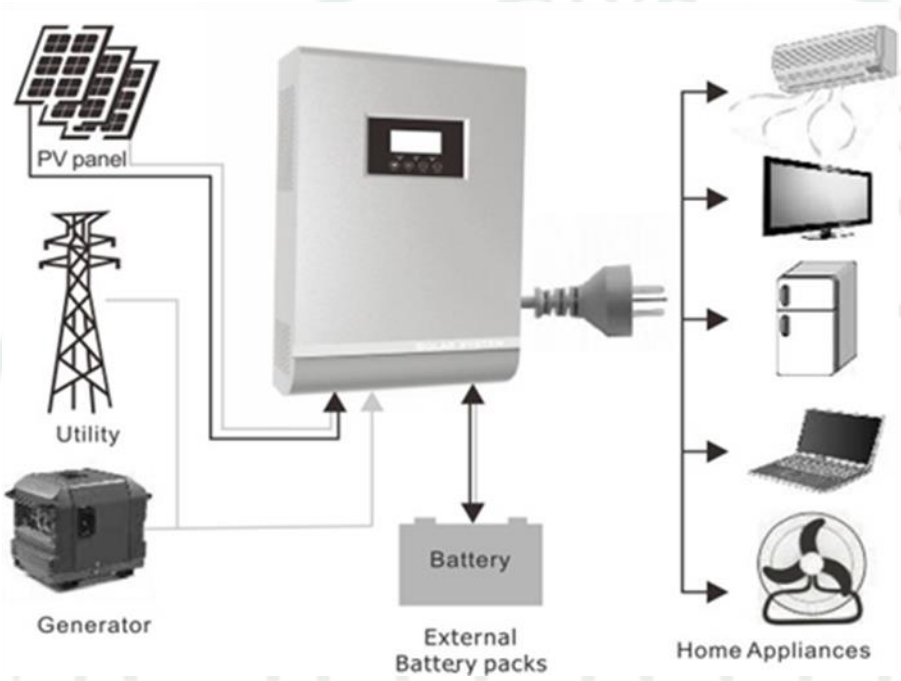
3.12.6. Inversor

El siguiente esquema que se presenta el proceso operativo de este convertidor. El esquema engloba tanto la red eléctrica como el generador, los módulos fotovoltaicos y las baterías.

Este convertidor tiene la capacidad de abastecer una amplia gama de usos residenciales, lo cual abarca incluso aplicaciones con motores como ventiladores, bombas de pequeño tamaño, refrigeradores y sistemas de aire acondicionado.

Figura 73

Dispositivos que se conectan al inversor



Nota. Jinko solar.

Los inversores, al ser dispositivos altamente delicados en una instalación, requieren un mantenimiento meticuloso debido a su ubicación y las condiciones ambientales variables. Para prevenir riesgos de incendio o descargas eléctricas, es fundamental inspeccionar con regularidad el estado del cableado. Además, es esencial llevar a cabo una limpieza periódica de la carcasa exterior para eludir el cúmulo polvoriento y sucio, empleando siempre las herramientas y equipo de protección adecuados. Cabe mencionar que los inversores no están diseñados para resistir la humedad ni sustancias abrasivas, por lo que es imperativo resguardarlos de la exposición a líquidos y ubicarlos a una distancia prudente de las baterías.

3.12.7. Manual de mantenimiento preventivo

Es esencial para garantizar un desempeño eficaz y extender la utilidad de los paneles fotovoltaicos. Consiste en inspecciones regulares y tareas de limpieza.

Tabla 12

Manual de mantenimiento preventivo general

TAREA	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA
	PANELES FOTOVOLTAICOS	
INSPECCIÓN VISUAL		
Verificación de daños físicos y suciedad	Examina visualmente los paneles en busca de grietas, roturas o daños en el vidrio. Presta especial atención a los bordes y las esquinas.	Cada semana
Control de temperatura	Revisar la temperatura de los paneles para mantener su correcto funcionamiento.	Cada mes
LIMPIEZA DE SUPERFICIES		
Apagar el sistema	Desconecta el sistema fotovoltaico de la red eléctrica y asegúrate de que no haya corriente fluyendo a través de los paneles.	Cada semana
Limpieza de superficies con trapo mojado	Utiliza agua y un cepillo suave para eliminar la acumulación de polvo, suciedad y residuos de aves. Evita el uso de abrasivos que puedan dañar la superficie.	Cada semana
Secado	Permite que los paneles se sequen al aire libre o sécalos suavemente con un paño limpio y suave	Cada semana
Apriete de terminales e identificación de cables	Inspecciona las conexiones eléctricas, incluidos los cables, conectores y terminales. Asegúrate de que estén bien ajustados y seguros.	Cada 2 meses
ESTRUCTURA DE LOS PANELES		
Revisar el estado de la estructura	Comprobación de posibles degradaciones como deformaciones, pandeo, grietas.	Cada 6 meses
Inspección del ensamble	Revisar las uniones atornilladas de los paneles y estructura de los paneles.	Cada 6 meses
Verificación del anclaje	Que estén en buen estado y que no haya movimientos o deterioro.	Cada 6 meses
	INVERSOR HDTZ	
MONITOREO DE RENDIMIENTO		
Revisar la aplicación del inversor	Rastrear el rendimiento de tu sistema fotovoltaico. Registra las lecturas mensuales para detectar cualquier disminución significativa.	Cada semana
Identificación de disminuciones en la producción.	Si notas una caída abrupta en la producción de energía, investiga la causa y toma medidas para resolver cualquier problema identificado.	Cada semana
Limpieza del gabinete	Mantener el área limpia que tenga un correcto funcionamiento	Cada mes
	ELECTROBOMBA	
Inspección visual	Examina la bomba en busca de daños visibles, corrosión o acumulación de sedimentos en la carcasa y las partes móviles.	Cada 6 meses
Revisión de conexiones	Verifica que todas las conexiones eléctricas estén ajustadas y seguras. Examina los cables y cables de extensión en busca de daños o desgaste.	Cada 6 meses

Nota. Elaboración propia.

3.12.8. Plan de mantenimiento para las averías de la Electrobomba

Este plan está diseñado para resolver de manera efectiva cualquier avería que pueda surgir en el funcionamiento de estas bombas.

Tabla 13

Plan de mantenimiento de averías de electrobomba

SÍNTOMA DE FALLA	CAUSA	POSIBLE FALLO	POSIBLE SOLUCIÓN A LA AVERÍA
Bomba no arranca	Falta de tensión	Fusible(s) fundido(s)	Cambiar el/los fusible(s)
		Cable(s) de acometida defectuoso(s)	Cambiar el/los cables de acometida
	Bomba bloqueada	Suciedad en la bomba	Desmontar y limpiar la bomba
	Sentido de giro falso	Sentido de giro no ha sido verificado	Modificar el sentido del giro
	Estrecheces en la tubería de presión	Las válvulas de cierre no se han abierto por completo	Abrir la válvula de cierre por completo
		Tubería de presión obstruida	Limpiar la tubería de presión
		Cuerpos extraños en la tubería	Limpiar la tubería de presión
		Pozo sucio	Retirar la bomba y limpiar el pozo
Caudal demasiado reducido	Fuga en la tubería de presión	Tubería defectuosa	Verificar la tubería
	Rodetes gastados	Gran contenido de tierrilla en el medio a transportar	Desmontar la bomba y repararla (verificar la elección del material de acuerdo con un análisis del agua)
	Régimen de revoluciones demasiado reducido	Cavitación	Verificar la tensión y frecuencia de la red
		Tensión demasiado baja o frecuencia falsa	Verificar los fusibles
		El motor marcha con una fase	Desmontar el equipo y repararlo
		Deterioro de rodamientos	Desmontar el equipo y repararlo
	Altura de presión demasiado elevada	La altura total de presión del sistema no corresponde a la curva característica de la bomba	Disminuir la altura de presión
Equipo se pone en marcha, pero no succiona	Equipo no está siempre sumergido en el medio que transporte	Profundidad de instalación demasiado reducida	Verificar el nivel del pozo y/o suspender el equipo más profundamente
	Tubería de presión no está libre	Válvula de cierre cerrada	Verificar las válvulas de cierre
	Filtro de aspiración obstruido	Cuerpos extraños en el pozo	Desmontar el equipo y limpiar el filtro de aspiración y el pozo

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Introducción

Las energías renovables han emergido como una alternativa económicamente viable y sostenible a las fuentes de energía convencionales. Estas fuentes, como la energía solar, presentan costos decrecientes de implementación y operación a lo largo del tiempo. A medida que la tecnología avanza, los costos de los paneles de sol, han bajado significativamente, mejorando la rentabilidad de los proyectos renovables. Además, la reducción de costos operativos y de mantenimiento en comparación con las fuentes tradicionales, junto con los incentivos gubernamentales y la creciente demanda de energía limpia, contribuyen a un análisis económico favorable para la adopción y expansión de los campos energéticos renovables en el horizonte energético en la actualidad.

4.2. Consumo energético de la municipalidad

Como sabemos en la municipalidad requieren de un alto consumo de luz, para ello se implementó este sistema fotovoltaico para realizar un ahorro al pago del recibo, algo de todos los meses. Para empezar el cálculo, lo primero que se recopiló fue la data de los consumos de luz del año 2022 (Desde Enero del 2022 hasta Enero del 2023). Para saber cuál es el consumo diario de cada mes, hemos divido la cantidad del mes entre la cantidad de días que hay en el mes; pero, a pesar de ello ese no es un valor exacto, es un promedio de consumo diario.

Tabla 14

Histórico de consumos

MES	HISTÓRICO DE CONSUMOS (KWh/mes)	KWh/día
Enero	3543	118.10
Febrero	3353	111.77
Marzo	4043	134.77
Abril	3665	122.17
Mayo	4119	137.30
Junio	4238	141.27

Julio	4340	144.67
Agosto	4241	141.37
Septiembre	4468	148.93
Octubre	4549	151.63
Noviembre	4352	145.07
Diciembre	4199	139.97
Enero	3194	106.47
PROMEDIO	**4023.38**	134.11

Nota. Elaboración propia.

En la **Tabla 4.2** podemos observar que con 62 paneles ocurren una gran producción de energía solar, a pesar de las variaciones de irradiación que hay en cada mes, cabe resaltar que los datos de irradiaciones, son promedio de cada mes y 6.45 HSP (hora sol pico) es el promedio anual.

Tabla 15

Irradiación solar horizontal

IRRADIACION SOLAR HORIZONTAL (KWh/m2/día)					
MES	**HSP**	**Potencia FV (kw)**	**Generación (KWh/dia)**	**Generación Perdidas (KWh/día)**	**Generación promedio FINAL (KWh/mes)**
Enero	6.1	28.52	173.97	139.18	4175.33
Febrero	5.7	28.52	162.56	130.05	3901.54
Marzo	5.8	28.52	165.42	132.33	3969.98
Abril	6.17	28.52	175.97	140.77	4223.24
Mayo	6.39	28.52	182.24	145.79	4373.83
Junio	6.31	28.52	179.96	143.97	4319.07
Julio	6.34	28.52	180.82	144.65	4339.60
Agosto	6.53	28.52	186.24	148.99	4469.65
Septiembre	6.87	28.52	195.93	156.75	4702.38
Octubre	6.9	28.52	196.79	157.43	4722.91
Noviembre	7.22	28.52	205.91	164.73	4941.95
Diciembre	7.05	28.52	201.07	160.85	4825.58
PROMEDIO	**6.45**		**183.91**	**147.13**	**4413.76**
N°PANELES	**62**	**POTENCIA (W)**	**460**		

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, ante el cambio de moneda del dólar, esto afectaría en gran medida el retorno de inversión. Se considera un 20% de perdidas, porque puede que el panel este sucio y

a su vez el clima no sea tan favorable, entre otras posibles fuentes de sombra, aparte que es un dato standard que se usa para la realización de este tipo de cálculos.

La inversión para realizar el sistema fotovoltaico serán s/. 100,000 nuevos soles, se exageró esta cifra ya que en la siguiente tabla se puede ver el monto.

4.3. Retorno de inversión

Tabla 16
Irradiación solar horizontal

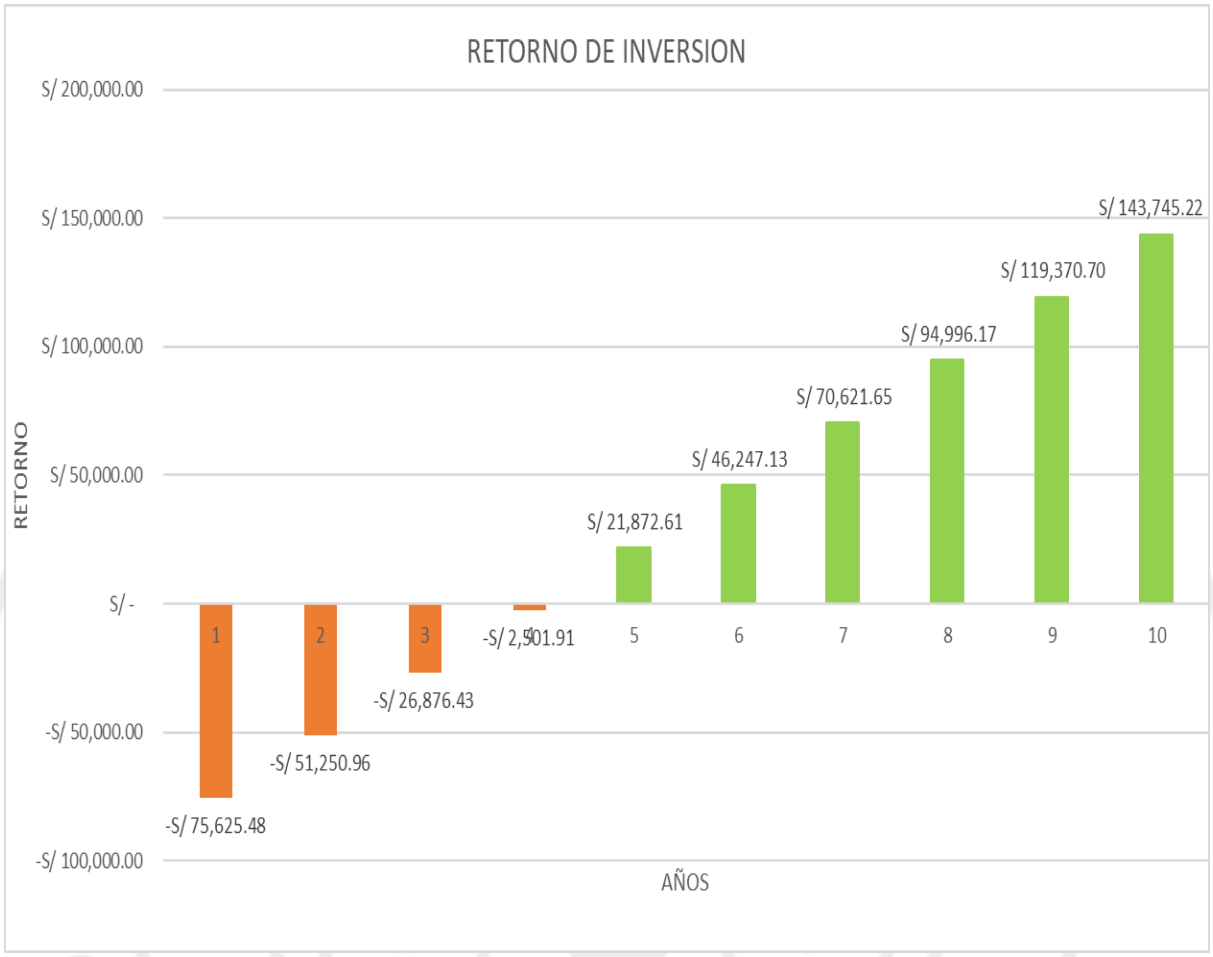
INVERSION FOTOVOLTAICA	MESES	ENERGÍA (SOLES)	AÑO	ENERGIA (ANUAL)	RETORNO
S/ 100,000.00	Enero	S/ 1,921.49	**1**	S/ 24,374.52	-S/ 75,625.48
	Febrero	S/ 1,795.49	**2**	S/ 48,749.04	-S/ 51,250.96
	Marzo	S/ 1,826.99	**3**	S/ 73,123.57	-S/ 26,876.43
	Abril	S/ 1,943.54	**4**	S/ 97,498.09	-S/ 2,501.91
	Mayo	S/ 2,012.84	**5**	S/ 121,872.61	S/ 21,872.61
	Junio	S/ 1,987.64	**6**	S/ 146,247.13	S/ 46,247.13
	Julio	S/ 1,997.09	**7**	S/ 170,621.65	S/ 70,621.65
	Agosto	S/ 2,056.93	**8**	S/ 194,996.17	S/ 94,996.17
	Setiembre	S/ 2,164.03	**9**	S/ 219,370.70	S/ 119,370.70
	Octubre	S/ 2,173.48	**10**	S/ 243,745.22	S/ 143,745.22
	Noviembre	S/ 2,274.28	**11**	S/ 268,119.74	S/ 168,119.74
	Diciembre	S/ 2,220.73	**12**	S/ 292,494.26	S/ 192,494.26
	TOTAL	S/ 24,374.52	**13**	S/ 316,868.78	S/ 216,868.78

Nota. Elaboración propia.

El análisis económico de la fabricación de la estructura que soportará los paneles solares, que incluye fabricación, traslado e instalación, se muestra en siguiente tabla; el monto es de S/. 196,300.00.

Figura 74

Retorno de inversión a través de los años



Nota. Elaboración propia.

Tabla 17

Análisis económico eléctrico de la estructura

Cantidad	Descripción	Und.	Precio Unit.	Parcial
1.00	**PLATAFORMA Y ESTRUCTURA PARA PANELES** **ALCANCES GENERALES:** - MEDIDAS DE ACUERDO A PLANO - MATERIAL SEGÚN PLANO - DETALLES SEGÚN PLANO - BASE ZINCROMATO - ACABADO EN GLOSS - PERSONAL CALIFICADO (5 PERSONAS) - SUPERVISOR ENCARGADO DE LA FABRICACIÓN - MOVILIDAD TRANSPORTE DEL PERSONAL - MOVILIDAD DE TRANSPORTE DE MATERIALES	Und	S/ 160,000.00	S/ 160,000.00
14.00	**TRABAJO DE DADOS EN CIVIL DE ACUERDO A PLANO** **ALCANCES GENERALES:** - EXCAVACIÓN DE 1M X 0.50M X 0.50M - ACABADO DE DADO 0.40M X 0.40M - CANASTILLA DE 3/8 - CEMENTO - ARENA Y CASCAJO - PLANCHA DE ¼" - PERSONAL CALIFICADO (3 PERSONAS) - HERRAMIENTAS DE CIVIL - LEVANTAMIENTO DE PUNTOS	Und	S/ 450.00	S/ 6,300.00
1.00	**INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA EN LA MUNICIPALIDAD DE YARABAMBA** **ALCANCES GENERALES:** - PERSONAL CALIFICADO - EPPS DE ACUERDO AL TRABAJO - SUPERVISOR ENCARGADO DE LA INSTALACIÓN - RESANADO DE PINTURA - ANDAMIOS - GRÚA - TRANSPORTE DE LAS ESTRUCTURAS AL LOCAL	Und	S/ 30,000.00	S/ 30,000.00
			TOTAL	**S/ 196,300.00**

Nota. Elaboración propia.

El presupuesto total asciende a **S/ 196,300**, donde el mayor costo corresponde a la **fabricación** de la plataforma y estructura para paneles con S/ 160,000**,** seguido por la instalación de la estructura en la Municipalidad de Yarabamba con S/ 30,000**,** y finalmente los trabajos de dados de concreto (14 unidades) con un costo total de **S/ 6,300**.

Tabla 18

Análisis económico eléctrico

PARTE ELÉCTRICA			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)**	**PRECIO TOTAL(S/.)**
Cable H07Z1-K 4mm2, 450/750V, azul	2	S/ 255.0	S/ 510.00
Cable H07Z1-K 10mm2, 450/750V, azul	1	S/ 640.0	S/ 640.00
Conectores MC4	32	S/ 20.00	S/ 640.00
Conduit flexible 3/4" rollo x30.5mts	5	S/ 96	S/ 480.00
Abrazadera de 3/4" con orejas de 2mm	25	S/ 1.00	S/ 2,500.00
Cinta aislante 3M	7	S/ 5	S/ 35.00
Cintillo 250x3.6mm negro (paquete)	1	S/ 10.00	S/ 10.00
Cintillo 250x3.6mm blanco (paquete)	1	S/ 11.00	S/ 11.00
Total			**S/ 4,826.00**

Nota. Elaboración propia.

El análisis económico de los insumos como abrazaderas en la instalación de los paneles solares tiene un valor de S/. 4,826.00; tal como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 19

Análisis económico de la estructura de los módulos fotovoltaicos

ESTRUCTURA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)**	**PRECIO TOTAL(S/.)**
Abrazadera	30	S/ 14.00	S/ 420.00

final					
Abrazadera	125	S/	20.65	S/	2,581.25
intermedia	120	S/	60.00	S/	7,200.00
Riel Strut					
Total				**S/**	**10,201.00**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20

Análisis económico de paneles solares y bomba sumergible de 1 hp

PANELES – BOMBA SUMERGIBLE					
DESCRIPCIÓN	**CANTIDAD**		**PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)**		**PRECIO TOTAL(S/.)**
Panel Solar Amerisolar460W 24V Monocristalino PERC	62	S/	790.00	S/	48,980.00
ELECTROBOMBA solar sumergible de 4” - PEDROLLO	1	S/	5,500.00	S/	5,500.00
INVERSOR FRONIUS 10.0-3	2	S/	12,100.00	S/	24,200.00
Total				**S/**	**78,680.00**

Nota. Elaboración propia.

El análisis económico de los insumos para la instalación de los paneles solares y bomba centrifuga sumergible tiene un valor de S/. 88,881,00

Tabla 21

Análisis económico del sistema de protección contra descargas eléctricas

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ELECTRICAS					
DESCRIPCION	**CANTIDAD**		**PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)**		**PRECIO TOTAL(S/.)**
Ionizante no radioactivo MVZ1.2-BOLA (JUVASAC)	1	S/	1,120.00	S/	1,120.00
Tramo de torres arriostrada T-20m de altura	1	S/	210.00	S/	210.00
Base triangular para Torre T-20m de altura	1	S/	110.00	S/	110.00
Soporte de captor Mod 2 1.5M tipo bandera	1	S/	112.00	S/	112.00

Anclaje lateral T-10	1	S/	90.00	S/	90.00
Total				**S/**	**1,642.00**

Nota. Elaboración propia.

El análisis económico de los agregados, son accesorios en el cual no influye directamente en el proyecto, pero se puede considerar si es necesario el caso, se muestra precios de los accesorios de forma individual, tal como se muestra en la tabla 4.9.

Tabla 22

Análisis económico de accesorios agregados

AGREGADOS					
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIDAD CON IGV (S/.)**		**PRECIO TOTAL(S/.)**	
Tubería de agua de 1/2" de diámetro (10m)	2	S/	70.00	S/	70.00
Codo 90º 1/2" simple presión	5	S/	2.00	S/	10.00
Cinta teflón	4	S/	4.00	S/	20.00
Valvula check swing neoprene de 1/2"	1	S/	70.00	S/	70.00
Sellador para tuberías 120 gms 54-H Permatex	1	S/	80.00	S/	80.00
Automático de nivel luise modelo GL90 cable de neopreno	1	S/	80.00	S/	80.00
Andamio Móvil de Aluminio – Zifa 623	1	S/	3,000.00	S/	3,000.00
Total				**S/**	**3,330.00**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23

Análisis económico de la instalación del sistema fotovoltaico con paneles solares

INSTALACION DEL SISTEMA								
DESCRIP.	**CANT.**	**PRECIO UND.CON IGV POR DÍA (S/.)**		**PRECIO TOTAL POR DÍA (S/.)**		**DIAS DE TRABAJO**	**PRECIO TOTAL DE LA INSTALACION (S/.)**	
Personal	5	S/	110	S/	550.00	17	S/	9,350.00
Supervisor y Supervisor de Seguridad	2	S/	160	S/	320	17	S/	5,440.00
Zapatos de seguridad	7	S/	90	S/	630	-	S/	0.00

Guantes de seguridad	7	S/	30	S/	210	-	S/	0.00
Lentes de seguridad	7	S/	15	S/	105	-	S/	0.00
Tapón auditivo	7	S/	3	S/	21	-	S/	0.00
Casco de seguridad	7	S/	58	S/	406	-	S/	0.00
Chaleco de trabajo	7	S/	60	S/	420	-	S/	0.00
SCTR	7	S/	310	S/	2170	-	S/	0.00
Conos de seguridad	8	S/	40	S/	320	-	S/	0.00
Andamio	1	S/	100	S/	100	10	S/	1,000.00
Arneses de seguridad certificado	5	S/	350	S/	1750	-	S/	0.00
Bloque retractil	4	S/	160	S/	640	-	S/	0.00
Herramientas de trabajo	1	S/	1,000.00	S/	1000	-	S/	0.00
Transporte de camión	1	S/	150	S/	150	1	S/	150.00
Transporte de personal por persona	1	S/	35	S/	35	17	S/	595.00
Alimentación	8	S/	20	S/	160	17	S/	2,720.00
							S/	9,255.00
	Costo por servicio prestado						S/	8,000.00
	Costo total de instalación						**S/**	**27,255.00**

Nota. Elaboración propia.

Para el análisis económico de la instalación de los paneles fotovoltaicos se está considerando personal, EPP (equipo de protección personal), entre otros; se muestra lo mencionado con un monto total de instalación de S/. 27,255.00 Adicionalmente se muestra el costo total del proyecto en el cual se considera todos los análisis económicos antes mencionados, donde el costo total del proyecto es de S/. 125,934.00

Tabla 24

Costo total del proyecto

DESCRIPCION	PRECIO TOTAL(S/.)
Parte eléctrica	S/. 4,826.00
Estructura de módulos fotovoltaicos	S/. 10,201.00
Paneles - bombas	S/. 78,680.00
Sistema de protección contra descargas eléctricas	S/. 1,642.00
Instalación del sistema de riego mediante paneles fotovoltaicos	S/. 27,255.00
Agregados	S/. 3,330.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	**S/. 125,934.00**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25

Diagrama de Gantt para la instalación del sistema de paneles solares y estructura

ACTIVIDAD	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
INSTALACION Y RECEPCION DE MATERILES					
INSTALACION					
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO					
PUESTA EN MARCHA					

Nota. Elaboración propia.

Para el cálculo del valor actual neto (VAN), se utilizará la siguiente fórmula

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

C_n = Beneficio generado en cada periodo.

N = Número total de Periodos

n = Año de los beneficios en cada periodo.

r = Tasa de descuento

Si:

- VAN = 0: Proyecto indiferente en términos de rentabilidad.
- VAN > 0: Proyecto rentable y viable.
- VAN < 0: Proyecto no viable.

Cálculo del VAN:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^{13} \frac{FC}{(1+r)^t} - I_0$$

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^{13} \frac{24{,}374.52}{(1+0.10)^t} - 100{,}00$$

Como el flujo es constante, usamos la fórmula de **anualidad**:

$$\text{VAN} = \text{FC}*\left[\frac{1-(1+r)^{-n}}{r}\right] - I_0$$

$$\text{VAN} = 24{,}374.52*\left[\frac{1-(0.10)^{-13}}{0.10}\right] - 100.00$$

VAN = 24,374.52 (7.1037)-100.00

$$VAN = 173{,}140.90 - 100.00$$

$$VAN = S/\ 73{,}140.90$$

Cálculo de TIR:

$$0 = \sum_{t=1}^{13} \frac{24{,}374.52}{(1+r)^t} - 100.00$$

$$100.00 = 24{,}374.52 * \left[\frac{1-(1+r)^{-13}}{r}\right]$$

Resolviendo esta ecuación (por iteración):

$$\text{Con } \mathbf{r = 22\ \%} \rightarrow VAN \approx +S/\ 3{,}200$$

$$\text{Con } \mathbf{r = 23\ \%} \rightarrow VAN \approx -S/\ 1{,}100$$

$$TIR = 22.7\%$$

Se puede ver que VAN es mayor a cero y el TIR es mayor al 10%, por lo cual el proyecto es viable. Para hallar el TIR (tasa interna de retorno) se utilizó el software Excel con los datos obtenidos, para tener un cálculo más preciso.

- **VAN > 0** → Proyecto rentable
- **TIR (22.7%) > 10%** → Inversión financieramente atractiva
- **Recuperación aproximada:** entre el **año 4 y 5**, según tu tabla

CONCLUSIONES

- Se inspeccionó toda el área para posicionar la estructura y las medidas correspondientes, nos fijamos que el muro y los árboles serian un problema, entonces aumentamos la altura de la estructura para que sea más eficientes los paneles y podar los árboles cada vez que tapen los paneles. Por otro lado, los paneles se posicionaron hacia el norte ya que por ese lado aparece el sol.
- Usamos los recibos de luz del año 2022, para tener una referencia del consumo anual que la municipalidad requiere para posteriormente realizar el sistema de conectado a red. Al realizar los cálculos, vimos que el promedio 4023.83 kWh durante el año, sin embargo, este dato puede variar.
- Desde una perspectiva técnica, se ha confirmado que la tecnología seleccionada es adecuada y viable que es el sistema conectado a red, con la estructura y selección de equipos. En el lado económico, como resultado tuvimos que el retorno de inversión del sistema conectado a red es de 5 años. Finalmente, cumple con las perspectivas ambientales como estándares y responsabilidad ecológica.
- El plan de mantenimiento fue basado por datos de las fichas técnicas de los equipos, por otro lado, nuestro plan es parecido a las empresas que se dedican a este rubro.
- Según los resultados del análisis estructural no se incumple ningún parámetro establecido por normas internacionales (AISC 360, IBC 2009) ni nacionales (E020, E090, E.030) de modo que no tenemos observaciones por sobreesfuerzos o por incumplimiento de los parámetros establecidos por estas.

RECOMENDACIONES

- Seguir un plan de mantenimiento para tener un rendimiento óptimo de los paneles solares a largo tiempo, realizar una limpieza semanal o después de una eventualidad (terral).
- Evaluar la incorporación de baterías de larga vida y económicas para tener una reserva de energía, se usaría para cuando ocurra cortes de energía para reducir el gasto de la red eléctrica.
- Realizar inspecciones visuales al cableado y/o conexiones eléctricas estén correctamente conectadas y aisladas, para evitar futuros cortes de corriente y falsos contactos en la estructura.
- Capacitar al personal responsable del mantenimiento sobre los procedimientos adecuados, la seguridad al trabajar con paneles solares y usar los EPP adecuados.
- Mantener el área libre de árboles para que los paneles solares tengan mejor eficiencia en la generación de energía solar y así no disminuya su rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMERISOLAR. (2020). MONOCRYSTALLINE CRYSTALLINE. *New Energy New World*, 2.

ArmandoGuevara. (2018). *Servindi.* Obtenido de https://www.servindi.org/printpdf/59727

Barbosa Urbano, J. (2013). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE VARIABLES FOTOVOLTAICAS DE DOS SISTEMAS DE PANELES SOLARES (MONOCRISTALINO Y POLICRISTALINO) EN BOGOTÁ.* Bogotá: UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA. Obtenido de http://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/831/Estudio%20comparativo%20entre%20variables%20fotovoltaicas%20de%20dos%20sistemas%20de%20paneles%20solares%20en%20Bogot%c3%a1.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Buitin. (2020). Obtenido de https://builtin.com/artificial-intelligence

Caballero Quehue, A., Llanca Trauco, E., Osorio Toribio, L., & Saico Ccope, C. (2021). *BOMBAS CENTRÍFUGAS.* Perú. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67941273/GRUPO_D_BOMBAS_CENTRIFUGAS_Informe_3-libre.pdf?1625865742=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGRUPO_D_BOMBAS_CENTRIFUGAS_Informe.pdf&Expires=1690559658&Signature=IPzWDgmV5rlVga0kn4aMt0NeQxQPKtU

Calle, V. a. (Octubre de 2017). *ELECTRONIC FRONTIER FOUNDATION*. Obtenido de https://www.eff.org/pages/face-recognition

Censolar. (2021). *Censolar*. (U. Europea, Editor) Obtenido de https://www.censolar.org/half-cell/#

Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (2018). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1551/

Contaval. (Febrero de 2016). *CONTAVAL*. Obtenido de https://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/

ECO-SISTEMAS. (2021). *GUIA DE CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE – PARALELO.* Barcelona. Obtenido de https://ecosistemassoltec.com/wp-content/uploads/2021/07/GUIA-DE-CONEXION-SERIE-PARALELO-SERIE-PARALEO-copia.pdf

El Pais. (lunes 13 de Junio de 2022). *El pais*. Obtenido de El pais: https://elpais.com/noticias/precio-energia/

Empresa Nexans. (2011). Conductores de cobre electrolítico recocido THW 90. *INDECO*, 2. Obtenido de http://electrosertec.com/img/cms/THW-90%20INDECO.pdf

FAO. (2018). La situacion actual del recurso hidrico en el Peru para la generacion de energia electrica. 4.

Freepik. (2020). Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/hombre-oficina-tarjeta-identificacion-escanear-maquina-sistema-control-acceso_9449162.htm

FRONIUS. (2015). Fronius Symo. *FRONIUS*, 6. Obtenido de https://www.bing.com/ck/a?!&&p=7937bc233cba6007JmltdHM9MTY5OTU3NDQwMCZpZ3VpZD0yNjMzMDY5NS0xMzBlLTY3MDctMjQ5OC0xNDRhMTJlMzY2MTcmaW5zaWQ9NTIyOQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=26330695-130e-6707-2498-144a12e36617&psq=fronius+symo+datasheet&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZnJvb

GORMAN-RUPP COMPANY. (2010). *BOMBAS SUMERGIBLES.* USA. Arizona: National Pump Company. Obtenido de https://www.nationalpumpcompany.com/wp-content/uploads/2016/12/STP-IOM710_ES_revNRPf1.pdf

Guzmán, M. P. (2018). *Caracterización de una bomba centrífuga sumergible para sistemas de bombeo solar fotovoltaico.* Bogotá: Universidad de los Andes. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/40098/u807798.pdf?sequence=1

Josh. (Diciembre de 2015). *Tecnología, invención, aplicación y más*. Obtenido de https://medium.com/technology-invention-and-more/everything-you-need-to-know-about-artificial-neural-networks-57fac18245a1

Lamiguero, O. P. (2011). *Energia Solar Fotovoltaica.* España. Creative Commons. Obtenido de https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf

LaRepublica. (Martes de Septiembre de 2022). *La Republica*. Obtenido de Soluciones para profesionales: https://www.larepublica.net/noticia/el-alto-costo-de-la-electricidad-y-su-impacto-en-el-desarrollo-nacional

Mansur, A., & Ghassan, H. (2018). *A review of solar-powered water pumping systems.* Saudi Arabia: Elsevier. doi:10.1016/j.rser.2018.02.010

Marchegiani, A. R. (2004). *BOMBAS CENTRIFUGAS*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54214212/bombas-libre.pdf?1503455546=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_DEL_COMAHUE_BOMBAS.pdf&Expires=1682144846&Signature=XmNUx6yEwH9xsP5NTK46AGD96yG5NEH4JhC5adcwbKuP6adL5hX0keZO

Martín, P. F. (2022). *Energía Solar Fotovoltaica para Todos* (2 ed.). MARCOMBO. doi: 978-84-267-3451-8

Morris, H., & Wiggert, J. (1992). *Applied Hydraulics in Engineering.* New York: Jhon Wiley and Sons.

Municipalidad distrital de yarabamaba. (2023). Obtenido de https://www.muniyarabamba.gob.pe/nuestro-distrito/6-ubicacion

Municipalidad Distrital de Yarabamba. (2018). Obtenido de https://www.muniyarabamba.gob.pe/archivos/1554931355.pdf

NOVUM SOLAR. (2019). PnTech SOLAR CABLE DATASHEET. *NOVUM SOLAR*, 1.

Pardo, C. J. (Diciembre de 2017). *VISION POR COMPUTADOR*. Obtenido de https://carlosjuliopardoblog.wordpress.com/2017/12/04/hog-histograma-de-gradientes-orientados/

Pedrollo. (2015). *Fluid Solar: Electrobombas solares sumergibles de 4" de alta eficiencia.* Italia: Pedrollo.

PEDROLLO. (2023). *Electrobombas Solares Sumergidas de 4" de Alta Eficiencia*. Obtenido de https://grupobonnett.com/wp-content/uploads/2022/08/PEDROLLO_FLUID-SOLAR_ES_60Hz-1.pdf

Planas, O. (2016). *Partes de un panel solar, componentes y estructura.* Lima. Obtenido de https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/estructura-de-un-panel-fotovoltaico

S&P. (2020). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* Lima. Obtenido de solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/

Salas, P. D. (2014). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 15 COMPUTADORAS PORTÁTILES EN LA PUCP*. Lima, Perú: PUCP. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5447/VALDIVIE

ZO_PAULO_DISE%c3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Servindi. (Martes 4 de Marzo de 2020). *Servindi (Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso)*. Obtenido de Servindi (Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso): https://www.servindi.org/04/10/2016/peru-se-ubica-entre-los-paises-con-mayor-probabilidad-de-escasez-de-agua-dulce-para-el

Servindi, C. i. (2016). *escasez hidrica en el mundo.* RPP (Radio Programas del Perú).

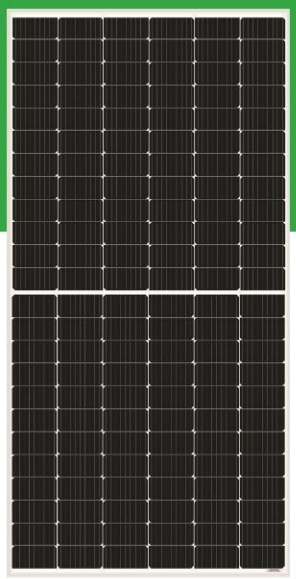
Tejeda Martínez, A., & Gómez-Azpeitia, G. (2015). *Prontuario Solar de México.* (Universidad de Colima, & Universidad Veracruzana, Edits.) México. doi:978-607-8356-45-4

Valverde, J. A., & Palau Estevan, V. (2016). *Determinación del punto de funcionamiento de la asociación de bombas en paralelo a velocidad fija y variable en sistemas de distribución a presión.* Valencia: UPV. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68365/Determinaci%c3%b3n%20punto%20de%20funcionamiento%20de%20una%20asocaci%c3%b3n%20de%20bombas%20en%20paralelo%20a%20velocidad%20fija%20y%20variable.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1: Paneles Amerisolar 460w

Amerisolar | New Energy New World®



AS-6M144-HC
435W~465W
MONOCRYSTALLINE MODULE

ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 21.27% by using innovative Half-cell design and Multi-busbar(MBB) cell technology.
- Low temperature coefficient and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.

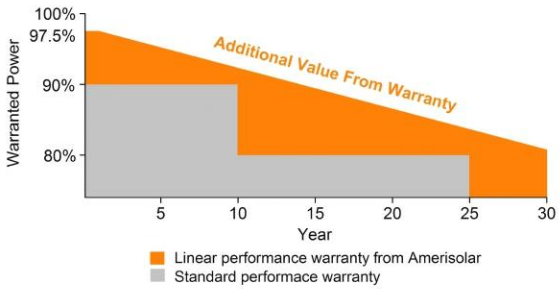
CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC
- ISO 9001:2015: Quality management system
- ISO 14001:2015: Environmental management system
- ISO 45001:2018: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 20 years product warranty
- 30 years linear power output warranty

Passionately committed to delivering innovative energy solution



Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.
www.weamerisolar.com, sales@weamerisolar.com

EN-V2.1-2020

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Maximum Power (P_{max})	435W	440W	445W	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V	50.4V	50.6V	50.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	11.10A	11.16A	11.22A	11.28A	11.34A	11.40A	11.46A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Current at Maximum Power (I_{mp})	10.56A	10.63A	10.70A	10.77A	10.84A	10.91A	10.97A
Module Efficiency (%)	19.90	20.13	20.36	20.58	20.81	21.04	21.27
Operating Temperature	-40°C to +85°C						
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC						
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)						
Maximum Series Fuse Rating	20A						

STC: Irradiance 1000W/m^2, Cell temperature 25°C, AM1.5; Tolerance of Pmax: ±3%; Measurement Tolerance: ±3%

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Maximum Power (P_{max})	323W	327W	331W	335W	339W	343W	347W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	45.6V	45.8V	46.0V	46.2V	46.4V	46.6V	46.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	8.99A	9.04A	9.09A	9.14A	9.19A	9.24A	9.29A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	37.4V	37.6V	37.8V	38.0V	38.2V	38.4V	38.6V
Current at Maximum Power (I_{mp})	8.64A	8.70A	8.76A	8.82A	8.88A	8.94A	8.99A

NOCT: Irradiance 800W/m^2, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 166*83mm
Number of cells	144 (6x24)
Module dimensions	2102x1040x35mm (82.76x40.94x1.38inches)
Weight	24kg (52.9lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm^2 (0.006inches^2), Length: Portrait: 300mm (11.81inches); Landscape: 1400mm (55.12inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

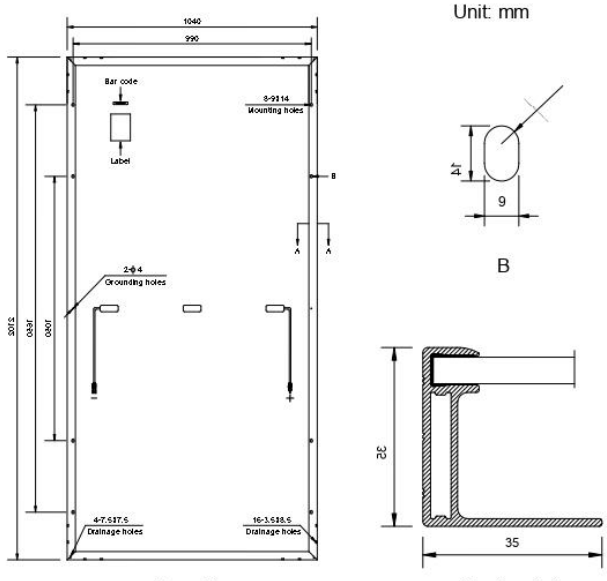
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of V_{OC}	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of I_{SC}	0.05%/°C

PACKAGING

Standard packaging	31pcs/pallet
Module quantity per 20' container	155pcs
Module quantity per 40' container	715pcs

ENGINEERING DRAWINGS

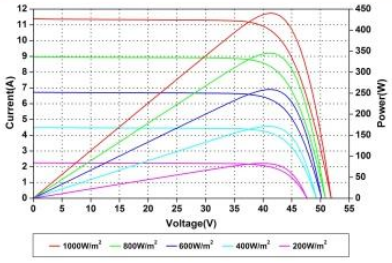


Rear View

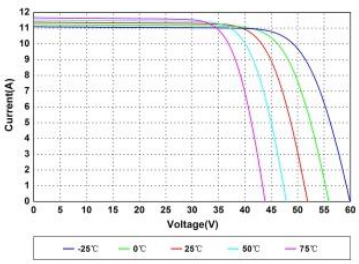
B

Section A-A

IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.

Anexo 2: Electrobomba Fluid Solar 60hz

FLUID SOLAR

Electrobombas solares sumergidas de 4" de alta eficiencia



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **180 l/min** (10.8 m^3/h)
- Altura manométrica hasta **180 m**

LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m^3**
- Profundidad de uso hasta **40 m** bajo el nivel del agua (con cable de alimentación de longitud adecuada)
- Funcionamiento:
  – en vertical
  – en horizontal

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1 **EN 60034-1**
IEC 60335-1 **IEC 60034-1**
CEI 61-150 **CEI 2-3**

CE

CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD

CARACTERÍSTICAS TECNICAS

- Electrobombas solares sumergidas multietapas de 4"
- Motor con imánes permanentes de alto rendimiento
- Módulos fotovoltaicos de alta eficiencia
  PANASONIC mod. VBHN240SJ25
- Control electrónico integrado en el motor

USOS E INSTALACIONES

Las electrobombas **FLUID SOLAR** han sido pensadas para bombear agua limpia desde un pozo aprovechando la energia proveniente de los módulos fotovoltaicos. El control electrónico integrado en el motor de alto rendimiento transforma la tensión en salida de los módulos y regula la velocidad de rotación del motor de forma que se pueda aprovechar al máximo la energia disponible en un determinado instante. **En una jornada soleada se conseguira una velocidad de rotación y prestaciones de la bomba elevadas, en cambio en una jornada nublada, la velocidad será reducida y de consecuencia las prestaciones serán más bajas**.

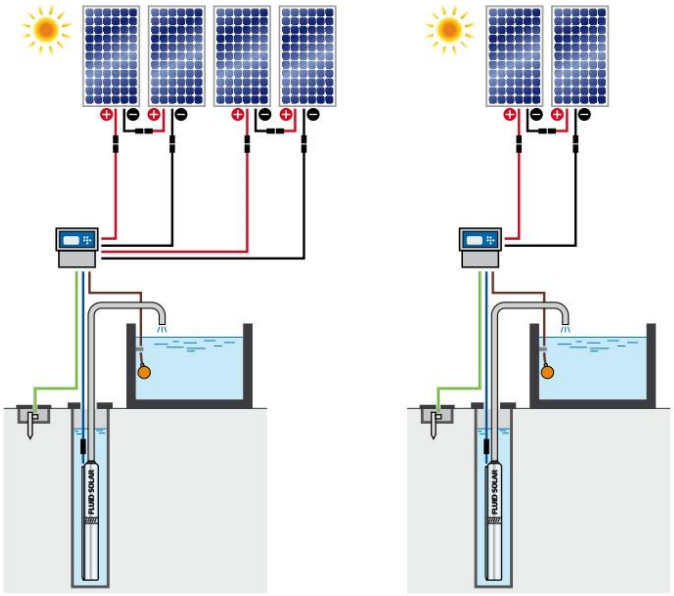
PATENTES - MARCAS

- Patente n° 0001413386, EP2419642
- Patente n° EP2300717
- FLUID SOLAR® Marca registrada n° 0001516301

Ejemplos de instalación para electrobombas con P1=750 W

FLUID SOLAR 1/10 - 2/6 - 4/4 - 6/3

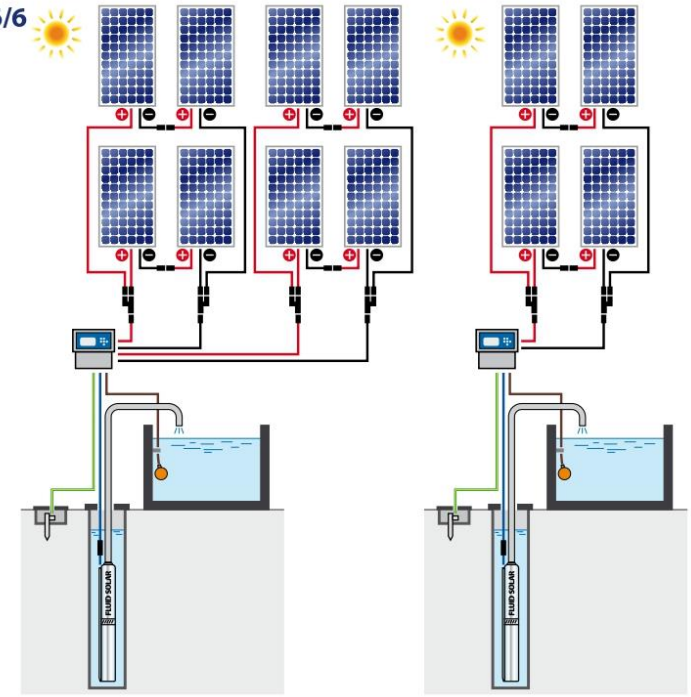
- Para conseguir las prestaciones nominales máximas de la electrobomba, ésta debe ser alimentada con n° **4 módulos fotovoltaicos** con potencia nominal total de almenos **980 Wp**.
- La electrobomba puede ser alimentada también por solo **2 módulos fotovoltaicos** suministrando unas prestaciones reducidas respecto a las máximas nominales que se pueden conseguir con los 4 módulos.
- La tensión en vacio de cada módulo debe estar comprendida entre **35 – 50 VDC**.



Ejemplos de instalación para electrobombas con P1=1500 W

FLUID SOLAR 1/20 - 2/14 - 4/8 - 6/6

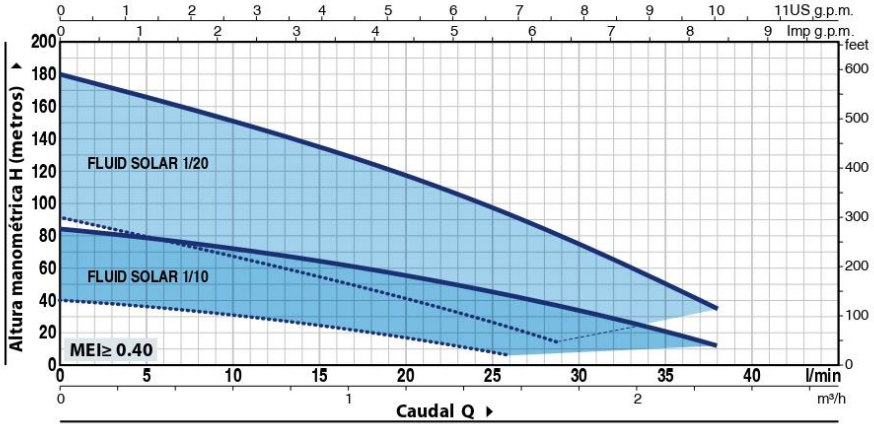
- Para conseguir las prestaciones nominales máximas de la electrobomba, ésta debe ser alimentada con n° **8 módulos fotovoltaicos** con potencia nominal total de almenos **1960 Wp**.
- La electrobomba puede ser alimentada también por solo **4 módulos fotovoltaicos** suministrando unas prestaciones reducidas respecto a las máximas nominales que se pueden conseguir con los 8 módulos.
- La tensión en vacio de cada módulo debe estar comprendida entre **35 – 50 VDC**.



FLUID SOLAR

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B



FLUID SOLAR 1/10 *

POTENCIA ABSORBIDA P1 **750 W**

Prestaciones con n° **4 módulos** fotovoltaicos con potencia nominal total de 980 Wp

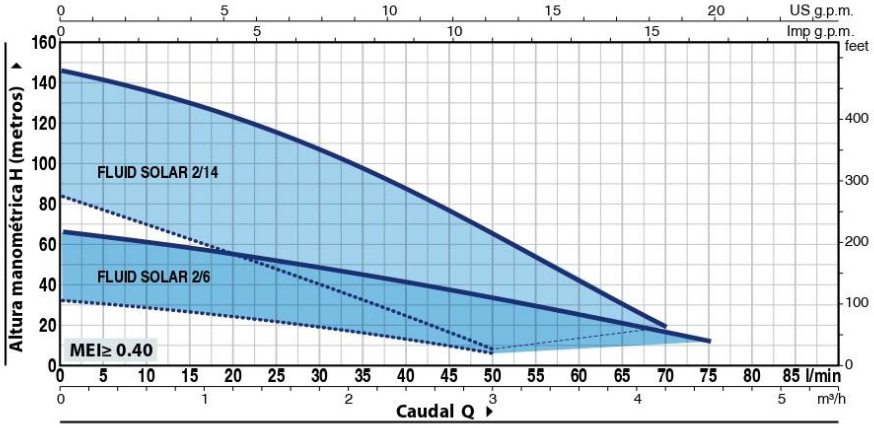
Q	m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.6	1.8	2.3
	l/min	**0**	**5**	**10**	**20**	**26**	**30**	**38**
H metros	▬	84	79	72	56	42	33	12
	••••	40	36	31	17	6		

FLUID SOLAR 1/20 *

POTENCIA ABSORBIDA P1 **1500 W**

Prestaciones con n° **8 módulos** fotovoltaicos con potencia nominal total de 1960 Wp

Q	m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.6	1.74	1.8	2.3
	l/min	**0**	**5**	**10**	**20**	**26**	**29**	**30**	**38**
H metros	▬	180	165	150	118	92	79	75	35
	••••	90	80	67	41	22	13		



FLUID SOLAR 2/6

POTENCIA ABSORBIDA P1 **750 W**

Prestaciones con n° **4 módulos** fotovoltaicos con potencia nominal total de 980 Wp

Q	m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.5
	l/min	**0**	**5**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**75**
H metros	▬	66	64	61	55	48	41	33	25	16	12
	••••	32	31	28	24	19	13	6			

FLUID SOLAR 2/14 *

POTENCIA ABSORBIDA P1 **1500 W**

Prestaciones con n° **8 módulos** fotovoltaicos con potencia nominal total de 1960 Wp

Q	m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2
	l/min	**0**	**5**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**
H metros	▬	146	140	136	123	107	87	65	42	20
	••••	82	77	70	55	40	24	8		

▬ **Prestaciones con una radiación solar de 1000 W/m² y con la tensión en vacio de los módulos fotovoltaicos de 100 VDC**

•••• **Prestaciones con una radiación solar de 300 W/m² con la tensión en vacio de los módulos fotovoltaicos de 70 VDC**

* **Modelos solicitados bajo pedido**

Las curvas de prestaciones representadas arriba se realizan con módulos fotovoltaicos orientados hacia el SUR (Hacia el NORTE para ins talaciones en el hemisferio sur) y optimizando el ángulo de inclinación respecto al horizonte según la latitud del lugar de la instalación.

FLUID SOLAR P1 = 750 W

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1	**CUERPO DE IMPULSION Y CAMISA BOMBA**	Acero inoxidable AISI 304 con boca de impulsión roscada ISO 228/1.
2	**RODETES**	Lexan 141-R para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 6/3 Delrin para FLUID SOLAR 2/6
3	**DIFUSORES**	Noryl
4	**CAJAS PORTA DIFUSORES**	Acero inoxidable AISI 304
5	**PROTECTOR CABLE**	Acero inoxidable AISI 304
6	**EJE BOMBA**	Acero inoxidable AISI 304 para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
7	**CASQUILLO**	Acero inoxidable AISI 316L para FLUID SOLAR 1/10, 4/4, 4/8, 6/3
8	**EJE MOTOR**	Acero inoxidable AISI 431
9	**CAMISA MOTOR**	Acero inoxidable AISI 304
10	**DOBLE SELLO MECANICO CON CAMARA DE ACEITE INTERPUESTA**	

Sello	*Eje*	*Posición*		*Materiales*	
Modelo	***Diámetro***		*Anillo fijo*	*Anillo móvil*	*Elastómero*
STA-17	**Ø 17** mm	Lado motor	Carburo de silicio	Grafito	NBR
ST1-16	**Ø 16** mm	Lado bomba	Carburo de silicio	Grafito	NBR

11	**RODAMIENTOS**	**6203 2RS - C3E / 6203 ZZ - C3E**
12	**INVERTER**	
13	**MOTOR ELÉCTRICO**	

– Sumergible adecuadamente dimensionada, apta para servicio continuo (sin aceite, rebobinable).
– Motor con imánes permanentes de alto rendimiento
– Aislamiento: clase F
– Protección: IP X8

14 CABLE DE ALIMENTACIÓN

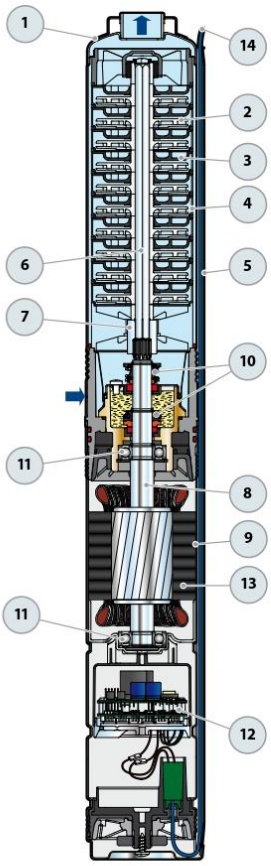
➠ **De tipo PBS-P**
aprobado para el uso en agua potable por la entidad "ACS"
según BS 6920, aprobación n. 04 ACCLI 201
Longitud estandard 2 metros

Dotación de serie: kit de unión para cables RPS2

15 CUADRO ELÉCTRICO

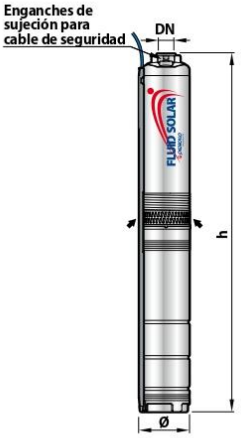
16 CONECTORES

N° 2 conectores macho tipo SMK
N° 2 conectores hembra tipo SMK



Dotación de serie





DIMENSIONES Y PESOS

MODELO	BOCA DN	N° ETAPAS	DIMENSIONES mm Ø	DIMENSIONES mm h	kg *
FLUID SOLAR 1/10	**1"**	10	100	710	12.3
FLUID SOLAR 2/6		6		587	11.4
FLUID SOLAR 4/4		4		614	11.0
FLUID SOLAR 6/3	**1¼"**	3		616	11.0

(* peso electrobomba con cuadro eléctrico)

Anexo 3: Inversor Fronius 10.0-3-M

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

INPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. input current ($I_{dc\ max\ 1}$ / $I_{dc\ max\ 2}$)	27.0 A / 16.5 A		33.0 A / 27.0 A		
Max. array short circuit current (MPP_1/MPP_2)	40.5 A / 24.8 A		49.5 A / 40.5 A		
Min. input voltage ($U_{dc\ min}$)	200 V				
Feed-in start voltage ($U_{dc\ start}$)	200 V				
Nominal input voltage ($U_{dc,r}$)	600 V				
Max. input voltage ($U_{dc\ max}$)	1,000 V				
MPP voltage range ($U_{mpp\ min}$ – $U_{mpp\ max}$)	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Number MPP trackers	2				
Number of DC connections	3+3				

OUTPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	10,000 W	12,500 W	15,000 W	17,500 W	20,000 W
Max. output power	10,000 VA	12,500 VA	15,000 VA	17,500 VA	20,000 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	14.4 A	18.0 A	21.7 A	25.3 A	28.9 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	1.8 %	2.0 %	1.5 %	1.5 %	1.3 %
Power factor (cos $\varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				

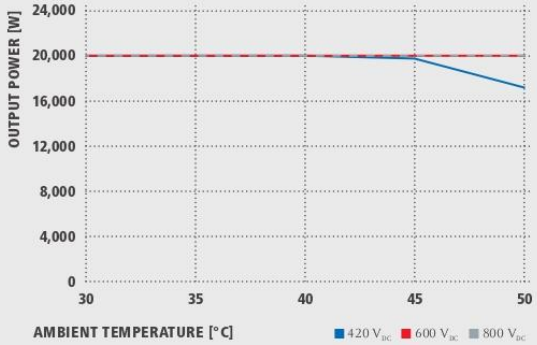
GENERAL DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensions (height x width x depth)	725 x 510 x 225 mm				
Weight	34.8 kg		43.4 kg		
Degree of protection	IP 66				
Protection class	1				
Overvoltage category (DC / AC) [1]	2 / 3				
Night time consumption	< 1 W				
Inverter design	Transformerless				
Cooling	Regulated air cooling				
Installation	Indoor and outdoor installation				
Ambient temperature range	-40 - +60 °C				
Permitted humidity	0 - 100 %				
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)				
DC connection technology	6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm²				
Mains connection technology	5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm²				
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

[1] According to IEC 62109-1. DIN rail for optional overvoltage protection (type 2) is included.
Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at **www.fronius.com**.

FRONIUS SYMO 20.0-3-M EFFICIENCY CURVE



FRONIUS SYMO 20.0-3-M TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. efficiency	98.0 %		98.1 %		
European efficiency (ηEU)	97.4%	97.6 %	97.8 %	97.8 %	97.9 %
η at 5 % Pac.r [1]	87.9 / 92.5 / 89.2 %	88.7 / 93.1 / 90.1 %	91.2 / 94.8 / 92.3 %	91.6 / 95.0 / 92.7 %	91.9 / 95.2 / 93.0 %
η at 10 % Pac.r [1]	91.2 / 94.9 / 92.8 %	92.9 / 96.1 / 94.6 %	93.4 / 96.0 / 94.4 %	94.0 / 96.4 / 95.0 %	94.8 / 96.9 / 95.8 %
η at 20 % Pac.r [1]	94.6 / 97.1 / 96.1 %	95.4 / 97.3 / 96.6 %	95.9 / 97.4 / 96.7 %	96.1 / 97.6 / 96.9 %	96.3 / 97.8 / 97.1 %
η at 25 % Pac.r [1]	95.4 / 97.3 / 96.6 %	95.6 / 97.6 / 97.0 %	96.2 / 97.6 / 97.0 %	96.4 / 97.8 / 97.2 %	96.7 / 97.9 / 97.4 %
η at 30 % Pac.r [1]	95.6 / 97.5 / 96.9 %	95.9 / 97.7 / 97.2 %	96.5 / 97.8 / 97.3 %	96.6 / 97.9 / 97.4 %	96.8 / 98.0 / 97.6 %
η at 50 % Pac.r [1]	96.3 / 97.9 / 97.4 %	96.4 / 98.0 / 97.5 %	96.9 / 98.1 / 97.7 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %
η at 75 % Pac.r [1]	96.5 / 98.0 / 97.6 %	96.5 / 98.0 / 97.6 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %	97.0 / 98.1 / 97.8 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %
η at 100 % Pac.r [1]	96.5 / 98.0 / 97.6 %	96.5 / 97.8 / 97.6 %	97.0 / 98.1 / 97.7 %	96.9 / 98.1 / 97.6 %	96.8 / 98.0 / 97.6 %
MPP adaptation efficiency	> 99.9 %				

PROTECTIVE DEVICES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
DC insulation measurement	Yes				
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation				
DC disconnector	Yes				

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs and 4 digital inputs/outputs	Interface to ripple control receiver				
USB (A socket) [2]	Datalogging, inverter update via USB flash drive				
2x RS422 (RJ45-socket) [2]	Fronius Solar Net				
Signalling output [2]	Energy management (potential-free relay output)				
Datalogger und Webserver	Included				
External input [2]	S0-Meter Interface / Input for overvoltage protection				
RS485	Modbus RTU SunSpec or meter connection				

[1] And at $U_{mpp\ min}$ / $U_{dc.r}$ / $U_{mpp\ max}$ [2] Also available in the light version.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our record of over 1,000 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at **www.fronius.com**

v04 Nov 2014 EN

Fronius India Private Limited
GAT no 312, Nanekarwadi
Chakan, Taluka - Khed District
Pune 410501
India
pv-sales-india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambeck Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kingston
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Text and images correspond to the current state of technology at the time of printing. Subject to modifications.
All information is without guarantee in spite of careful editing - liability excluded. Copyright © 2011 Fronius[SM]. All rights reserved.

M.06.0092.EN v13 Apr 2015 as17

Anexo 4: Cable Fotovoltaico

NOVUM SOLAR

Nº : PN-PV-032

NAME	PnTech SOLAR CABLE DATASHEET	ISSUANCE	2019.5.29	
		AFFIRM	CENSOR	WRITER
SEND				

1.Applicability : This specification covers the construction and characteristics as follows.

2.Rating : voltage : 1/1KV temperature : 90

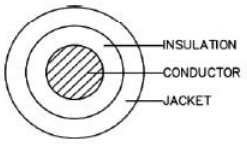
3.Product description Cross section :

(1) Conductor : Tinned annealed copper or annealed copper

(2) Insulation : 125 XLPE

(3) Jacket : 125 XLPE

(4) color : Core: black jacket:black or red



5Marking : Only 2.5mm^2 - 35mm^2

FRCABLE△ TÜV EN50618 H1Z2Z2-K 1X*mm2 DC 1.5KV

6.Construction

Conductor			Insulation		Jacket		Outer Dia.	Conductor resistance (20)	Insulation resistance(20)
Area	Construction	Conductor Dia.	thickness	minimum thickness	thickness	minimum thickness			
mm^2	N/mm	(about) mm	mm	mm	mm	mm	mm	≤Ω/km	≥MΩ•Km
4.0	56/0.285	2.49	0.95	0.71	0.80	0.68	6.0±0.1	5.09	579
6.0	84/0.285	3.05	0.95	0.76	0.95	0.80	6.87±0.1	3.39	499

7.Electric Characteristic:

item	units	Specification
Sheath surface resistance(20	Ω	≥10^9
Withstand voltage	V/5min	AC6500

8.Physical Properties :

item		condition	Specification	
			Insulation	Jacket
Unaged	Tensile strength	-	≥8.05Mpa	≥8.0Mpa
	Elongation		≥125%	≥125%
aging	Tensile strength	150±2 X168h	≥—30%	≥ —30%
	Elongation		≥ —30%	≥ —30%
Cold bend		—40±1 X16h	No crack	No crack
Heat stretch		200±3	≤ 100%	≤ 100%
Cold Shock		—40±1 X16h	No crack	No crack
Flaming test			—	DZ-1

9.Rated Current

Area mm^2	at 60 in ai	Area mm^2	at 60 in a
1.5	30.0	50	260.0
2.5	41.0	70	325.0
4.0	55.0	95	385.0
6.0	70.0	120	440.0
8.0	83.0		
10.0	98.0		
16.0	132.0		
25.0	176.0		
35.0	218		

10.Conversion factor

Ambient temperature	factor
60	1
70	0.91
80	0.82
90	0.71
100	0.58
110	0.41

Anexo 5: Riel Strut

INDUSTRIAL TELLO S.A.C.

"Soluciones para la Industria"

RIEL UNISTRUT



Procedencia: Importado

Material: Acero Galvanizado

Normas:

- ASTM A653 CS.

DESCRIPCIÓN

- Los rieles unistrut son fabricados en planchas de acero al carbono recubiertas con una capa de Zinc en ambas caras, mediante proceso de galvanizado, Según norma ASTM A653 CS.
- Los rieles unistrut son fabricados generalmente en planchas de 1.2 mm a 2.0 mm de espesor, pasando por un proceso de corte, troquelado y doblez.
- Son utilizados en la construcción y las industrias eléctricas como soporte estructural a menudo para apoyar el cableado, plomería o componentes mecánicos tales como el aire acondicionado, los sistemas de ventilación.
- Formado a partir de láminas de metal, doblada en una forma de canal abierto con los labios hacia adentro (curvados), para proporcionar rigidez adicional y como un lugar para montar componentes de interconexión.
- Tiene agujeros en la base, para facilitar la interconexión de fijación o puntal para la construcción de estructuras subyacentes.
- La ventaja principal de los rieles unistrut, es que fácilmente se conectan unos con otros, utilizando diversos sujetadores y tornillos, y pueden ser montados muy rápidamente con un mínimo de herramientas y mano de obra moderadamente entrenados, lo que reduce los costes de manera significativa en muchas aplicaciones.

Av. Guillermo Dansey 699
Cercado de Lima - Lima

Ofc.: (+51) 382 7297

Industrial Tello S.A.C. RUC: 20551450679

www.industrialtello.com.pe

INDUSTRIAL TELLO S.A.C.

"Soluciones para la Industria"

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

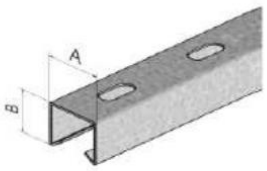
Tipo (Norma)	F (kg/mm2)	R (kg/mm2)	A (%)	Norma Equivalente
ASTM A653 CS	-	28 x min	30 min	IRAM IA5 U 500-214

A: Alargamiento **F:** Límite de Fluencia **R:** Resistencia a la Tracción.

Generalmente con recubrimiento G-60 (180gr/m2). También G-40 (120gr/m2) y G-90 (270gr/m2).

**Referencial*

DIMENSIONES



A (mm)	B (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mts)	Peso (kg)
42	20	1.2	2.40	1.92
42	20	1.5	2.40	2.40
42	20	2.0	2.40	3.12
42	42	1.2	2.40	2.88
42	42	1.5	2.40	3.36
42	42	2.0	2.40	4.08
42	20	1.2	3.00	2.40
42	20	1.5	3.00	3.00
42	20	2.0	3.00	3.90
42	42	1.2	3.00	3.60
42	42	1.5	3.00	4.20
42	42	2.0	3.00	5.10

Anexo 6: Manual De Instalacion Para La Bomba Pedrollo

ES - INSTRUCCIONES ORIGINALES DE USO

ASPECTOS GENERALES

El presente manual debe acompañar siempre el aparato al que se refiere y debe conservarse en un lugar accesible y consultable por el personal encargado del uso y/o del mantenimiento del sistema. Se recomienda al instalador/usuario que lean atentamente las normas y la información contenida en el presente manual antes de utilizar el producto para evitar daños, el uso incorrecto del aparato o la pérdida de la garantía. La empresa fabricante rechaza toda responsabilidad por accidentes o daños debidos a la negligencia y al incumplimiento de lo descrito en el presente manual o a condiciones diferentes de las indicadas en la placa. Además, rechaza toda responsabilidad por daños causados por un uso inadecuado de la electrobomba.
No superponer pesos u otras cajas al embalaje.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de bombeo FLUID SOLAR está pensado para bombear agua limpia de un pozo aprovechando la energía procedente de paneles fotovoltaicos para llenar un depósito.
El control electrónico integrado en el motor brushless convierte la tensión de salida de los paneles y regula la velocidad de rotación del motor para aprovechar al máximo la energía suministrada por los paneles: en un día soleado se obtendrá una velocidad de rotación alta con altas prestaciones de la bomba, mientras que en un día nublado la velocidad será reducida. El motor integra una lógica de control que evita encender la bomba cuando la irradiación solar es demasiado débil y la velocidad de rotación que podría alcanzar el motor sería demasiado baja para su funcionamiento correcto.
Los páneles son conectados en serie para formar cordones. Cada cordón es conectado al cuadro de control a través de un cable apropiado para la conexión. La electrobomba es conectada al cuadro de control a través de un cable de conexión ensamblado al cable eléctrico de la electrobomba mediante el kit de unión en resina. Todo el sistema debe ser conectado a tierra.
(**Fig. 1 FLUID SOLAR con P1=750 W**) o (**Fig. 2 FLUID SOLAR con P1=1500 W**).

SEGURIDAD

Antes de cualquier intervención de control o mantenimiento, desconectar la tensión de la instalación.
Evitar el contacto entre la alimentación eléctrica y el líquido de bombeo. Las electrobombas FLUID SOLAR no son adecuadas para el bombeo de líquidos inflamables o para funcionar en ambientes con peligro de explosión.
No modificar los componentes de la electrobomba. En ningún caso la electrobomba debe sujetarse o transportarse por el cable de alimentación. Las electrobombas FLUID SOLAR no deben ser utilizadas por niños o personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales reducidas o con falta de experiencia y conocimiento, si no se les forma y supervisa. Se debe vigilar a los niños para asegurarse de que no jueguen con el aparato.

INSPECCIÓN PRELIMINAR

Extraer el aparato del embalaje y comprobar su integridad.
El kit está formado por:

- Electrobomba sumergible 4" con motor brushless y control electrónico integrado, con cable de alimentación de 2 metros
- Cuadro eléctrico
- Kit de junta cables
- N° 2 conectores macho tipo SMK (MC4 compatibles)
- N° 2 conectores hembra tipo SMK (MC4 compatibles)
- N° 2 conectores a Y hembra/macho-macho del tipo (solo para FLUID SOLAR con **P1=1500 W**)
- N° 2 conectores a Y macho/hembra-hembra del tipo MC4 (solo para FLUID SOLAR con **P1=1500 W**)

No se necesitan equipos de crimpado.
Además, comprobar que los datos de la placa se correspondan con los deseados. En caso de cualquier anomalía, contactar inmediatamente con el proveedor, indicando la naturaleza de los defectos.

CONDICIONES DE USO

La electrobomba debe utilizarse respetando las siguientes condiciones:

- Temperatura máxima del líquido: +35 °C
- Densidad máxima del líquido: 1 kg/dm³
- Ph del líquido: 6÷8
- Máximo contenido de arena en el líquido bombeado: 150 g/m³
- Profundidad de inmersión máxima: 40 m

INSTALACIÓN DE LA ELECTROBOMBA

La instalación debe ser realizada por un instalador competente y cualificado.
Durante la instalación de la electrobomba, aplicar todas las normas de seguridad dictadas por los órganos competentes y de sentido común; no subestimar el riesgo de ahogamiento si la instalación debe realizarse en un pozo a cierta profundidad.
Asegurarse de que:

- no haya peligro de emanaciones tóxicas o gases nocivos en la atmósfera de trabajo;
- en caso de operaciones de soldadura, se usen todas le precauciones adecuadas para evitar explosiones;
- las dimensiones del pozo sean adecuadas para contener la bomba y las características del agua que debe bombearse sean compatibles con lo descrito en las condiciones de uso;
- el caudal del pozo sea adecuado para las prestaciones hidráulicas de la bomba;
- la profundidad de instalación de la bomba sea suficiente para garantizar su completa inmersión durante el funcionamiento; el funcionamiento en seco de la bomba provoca serios daños a la misma;
- sujetar siempre la bomba con una cuerda adecuada de acero inoxidable, asegurándola por un lado a los orificios específicos en el cuerpo de envío y por el otro lado a la tapa del pozo;
- fijar los cables de alimentación de la bomba con abrazaderas de plástico cada 2–3 metros a lo largo de la tubería de envío.

INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para elegir los módulos fotovoltaicos, seguir las siguientes indicaciones:

- la tensión en vacío de cada cadena debe ser de entre 70 y 100 VDC y puede obtenerse conectando varios paneles en serie; una tensión en vacío alta (**pero siempre inferior a 100 VDC**) asegura mejores prestaciones a la electrobomba;
- la corriente de cada panel debe ser menor que 6A. Si se tienen mas paneles en serie y paralelo, la corriente total hacia el cuadro electrico no debe de superar los 25A;
- para garantizar el buen funcionamiento de la electrobomba, la potencia total de los módulos fotovoltaicos instalados debe ser al menos 960 Wp para FLUID SOLAR con **P1=750 W** y 1920 Wp para FLUID SOLAR con **P1=1500 W**;
- la instalación de los módulos fotovoltaicos con una potencia total superior a 960 Wp para **P1=750 W** o 1920 Wp para P1=1500W garantiza las prestaciones máximas de la bomba durante más tiempo durante el día. El aumento de potencia se debe realizar añadiendo varias cadenas de paneles en paralelo. En vacío, la tensión proporcionada al cuadro y al motor no debe superar 100 VDC.

Durante la instalación de los paneles fotovoltaicos, aplicar todas las normas de seguridad dictadas por los órganos competentes y de sentido común; no subestimar el riesgo de caída si la instalación debe realizarse en el tejado de un edificio.
Los paneles pueden instalarse tanto en el suelo como en el tejado de un edificio. El instalador deberá colocar los paneles fotovoltaicos respetando las normas vigentes en el país de instalación. Los paneles deben fijarse de forma adecuada a una estructura metálica protegida contra la corrosión. Esta estructura debe anclarse de manera adecuada al suelo o al edificio en el que se realiza la instalación. Para garantizar el máximo rendimiento, los paneles deben orientarse hacia el SUR e inclinarse respecto al plano horizontal en un ángulo que depende de la latitud del lugar de instalación. Una instalación dirigida hacia el SUR con una inclinación de 30° permite obtener buenas prestaciones en la mayoría de las aplicaciones. Asegurarse de que la superficie de los paneles no se vea afectada, durante el día y con el cambio de las estaciones, por fenómenos de sombreado causados por árboles u otros edificios que se encuentren cerca de la instalación.
Para garantizar la eficiencia de los paneles en el tiempo, comprobar periódicamente el estado de su superficie y, si es necesario, realizar la limpieza.

CONEXIONES ELÉCTRICAS

La colocación de los diferentes componentes del sistema debe estudiarse con el fin de reducir al mínimo la longitud de las conexiones. Para realizar las conexiones eléctricas entre paneles fotovoltaicos, cuadro de mando y electrobomba, utilizar cables con sección de 4 mm^2 para una longitud total de hasta 40 m, o cables con sección de 6 mm^2 hasta 80 m, o cables con sección de 10 mm^2 hasta 180 m.

Los cables de conexión que van desde los páneles al cuadro de control deben de ser utilizados con los conectores especiales aislados e blindados (en dotación) (**Fig. 6**), o con algún otro sistema compatible con los que se encuentran en los páneles fotovoltaicos que se utilizarán.

Los cables utilizados que conectan los diferentes componentes del sistema deben ser resistentes a los rayos UV. De lo contrario, debe prepararse una protección específica.

Los paneles pueden suministrar una tensión de hasta 100 VDC; antes de realizar cualquier operación en la instalación, tapar la superficie de los paneles con una lona para apantallar la superficie de los paneles de los rayos directos del sol. Después, desconectar los paneles del resto de la instalación.

Prestar la máxima atención cuando se realizan las conexiones de los paneles y de la electrobomba con el cuadro: una conexión realizada sin respetar la polaridad +/- correcta puede dañar el cuadro o la electrobomba.

Unir el cable de la bomba con el cable de conexión al cuadro de control utilizando el kit de unión en resina (en dotación).

Preste mucha atención a las instrucciones que se encuentran en el kit de unión al momento de realizar la unión.

La máxima tensión en vacío proporcionada por las cadenas de los módulos fotovoltaicos (<120 VDC) permite clasificar el sistema como instalación de baja tensión de seguridad (tipo SELV).

Conectar el conductor de protección de la electrobomba y el conductor de tierra que proviene del dispersor de tierra ⏚ a la abrazadera del cuadro de control (**Fig. 8**). Donde no se encuentre presente dicho dispersor, realizarlo clavando un palo en acero zincado en el terreno (**Fig. 1** y **Fig. 2**).

INSTALACIÓN Y USO DEL CUADRO

Instalar el cuadro de mandos de tal manera que no esté directamente expuesto a los agentes atmosféricos (lluvia o rayos directos del sol). Si la instalación se realiza en un ambiente cerrado, éste debe ventilarse de forma adecuada y tener una temperatura ambiente de entre +40 °C y -5 °C (**Fig. 7**).

El cuadro está preparado para recibir la alimentación de las cadenas de paneles, que se conectan en paralelo en el interior del cuadro, y alimentar 1 electrobomba. Cuenta con una entrada programable NO o NC para el mando de la electrobomba mediante un contacto limpio (por ejemplo, un flotador) (**Fig. 8**).

seleccionando "**YES**" con ▲ y pulsar OK.

Después de 10 segundos, la bomba se pone en marcha.

Para apagar la bomba, seleccionar con las teclas ▲ y ▼ "**STOP**" y pulsar OK, confirmar seleccionando "**YES**" con ▲ y pulsar OK.

Para visualizar la evolución de la tensión en el tiempo, seleccionar con las teclas ▲ y ▼ "**WIEW**" y pulsar OK. Pulsando otra vez OK se pasa a visualizar la corriente y la potencia absorbida. Utilizar las teclas ◀ y ▶ para modificar el intervalo de tiempo visualizado y las teclas ▲ y ▼ para modificar la escala de tamaño visualizada.

Para configurar las protecciones y otras opciones de funcionamiento del cuadro, seleccionar con las teclas ▲ y ▼ "**MENÙ**" y pulsar OK.

Configuración de las protecciones de corriente máxima y tensión mínima y máxima: con las teclas ▲ y ▼ seleccionar "**GENERAL SETUP** y pulsar OK.

Si se utilizan los módulos fotovoltaicos PANASONIC mod. VBHN240SJ25, no es necesario realizar ningún ajuste, ya que los valores correctos se preconfiguran de fábrica. De lo contrario, es necesario realizar las configuraciones siguientes:

1) MIN VOLTAGE OFF: es el valor mínimo de la tensión en vacío proporcionada por los módulos. Por debajo, el cuadro no alimenta la bomba (se recomienda un valor del 90% de la tensión en vacío con la que se alimenta el cuadro).

2) MIN VOLTAGE ON: es el valor mínimo de la tensión proporcionada por los módulos con la bomba en funcionamiento. Por debajo, el cuadro quita alimentación a la bomba (se recomienda un valor del 75% de la tensión en vacío con la que se alimenta el cuadro).

3) MAX VOLTAGE: es el valor máximo de la tensión proporcionada por los módulos. Por encima, el cuadro quita la alimentación a la bomba (se recomienda configurar un valor del 105% de la tensión en vacío con la que se alimentan los paneles).
4) MAX CURRENT: es el valor máximo de corriente absorbida por la bomba (se recomienda configurar el valor indicado en la placa de la bomba).
5) MAX CURRENT TIME: es el tiempo máximo durante el cual se tolera una corriente superior a MAX CURRENT; pasado este tiempo, el cuadro detiene la bomba.
Para configurar los parámetros descritos anteriormente con las teclas ▲ y ▼ seleccionar la voz que debe modificarse y pulsar OK
El valor actual queda resaltado; pulsar las teclas ▲ y ▼ para modificar el valor y la tecla ◀ para confirmar y poder seleccionar otra voz.
Configuración del contacto de entrada: con las teclas ▲ y ▼ seleccionar "**EXTERNAL SETUP**" y pulsar OK.
1) **LEVEL 1 INPUT**: configurar en ON si se desea utilizar un flotador para poner en marcha o detener la bomba; configurar en OFF si se desea controlar la bomba manualmente.
2) **LEVEL 1 TYPE**: configurar en N.O. si, con el contacto habilitado, se desea poner en marcha la bomba cuando el contacto se cierra o configurar en N.C. si se desea poner en marcha la bomba cuando el contacto se abre.
3) **LEVEL 2 INPUT**: configurar en ON si se desea utilizar un flotador para poner en marcha o detener la bomba; configurar en OFF si se desea controlar la bomba manualmente.
4) **LEVEL 2 TYPE**: configurar en N.O. si, con el contacto habilitado, se desea poner en marcha la bomba cuando el contacto se cierra o configurar en N.C. si se desea poner en marcha la bomba cuando el contacto se abre.

Preste atención a que se el LEVEL 1 INPUT y LEVEL 2 INPUT son habilitados en posición ON (ambos), los dos contactos tendrán que ser habilitados para hacer que la bomba arranque (modalidad de funcionamiento en AND).

5) **PARO POR FUNCIONAMIENTO EN SECO**: ajuste de la modalidad de paro de la electrobomba por funcionamiento en seco.
- Para ajustar el funcionamiento deseado en el cuadro electrico seleccionar con los botones ▲ y ▼ "**MENU**", presionando ▲ y ▼. Posteriormente, con los botones ▲ y ▼ "**EXTERNAL SETUP**" y presionar OK.
- Seleccionar con los botones ▲ y ▼ "**NO WATER AUTO**" y posteriormente con los botones ▲ y ▼, seleccione "**ON**" y presione OK (normalmente esta función se encuentra en "OFF")
  – Si la función anteriormente descrita está habilitada, cuando la electrobomba se encuentra en funcionando en seco, verifica la condición por 30 segundos (en el display parpadea la palabra "DRY"), después de los cuáles la bomba entra en función de parada.
  – La bomba intenta la próxima puesta en marcha después de 300 segundos. Si todavía permanece en funcionamiento seco, repetirá el intento después de 600 segundos, posteriormente repetirá el intento después de 1200 segundos, después de 2400 segundos, después de 3600 segundos y así sucesivamente cada 3600 segundos si se mantiene la misma condición, hasta el final del día cuando la bomba se apagará junto con los paneles solares.
  – La mañana siguiente se repetirá todo el programa.
  – Si durante uno de los intentos de reinicio, la bomba vuelve a funcionar con agua (no más en condiciones en seco y aire) durante un tiempo no superior a 30 segundos, el contactor de reinicio cíclico se reconfigura al valor inicial de 300 segundos.

MANTENIMIENTO

Antes de cada intervención, asegurarse de que la tensión esté desconectada y no haya posibilidad de conexiones accidentales.
Reparar o mandar reparar la bomba a personal no autorizado por la Empresa Fabricante significa, además de perder la garantía, trabajar con equipos no seguros y potencialmente peligrosos.
ATENCIÓN: cualquier manipulación puede causar la disminución de las prestaciones y ser peligrosa para las personas y/o los objetos.

DECLARACION DE CONFORMIDAD

Declaramos bajo nuestra exclusiva responsabilidad que el producto en objeto es conforme con cuanto previsto en las siguientes Directivas Comunitarias, incluidas las últimas modificaciones, y con las relativas legislaciones nacionales de reconocimiento:
2006/42/EU, 2014/35/EU, 2014/30/EU, 2009/125/EU, 547/2012/EU, 2011/65/EU

Anexo 7: Smart Meter - Fronius

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SMART METER

Medidor de energía bidireccional y monitoreo del consumo de energía

¿Le gustaría controlar el consumo en su hogar? Fronius tiene la solución mediante el Fronius Smart Meter, un contador de energía bidireccional. Gracias a la medición de consumo y la rápida comunicación a través de la interfaz Modbus RTU, el medidor es adecuado para aplicaciones como el Control Dinámico de Potencia en Sistemas de gestión y/o Autoabastecimiento de energía. Fronius Solar.Web, junto con el sistema Fronius Smart Meter, ofrecen un resumen detallado del consumo de energía de una casa o negocio. El Fronius Smart Meter es compatible con los inversores Fronius SnapInverter como el Galvo, Symo y Primo, así como con las próximas generaciones de inversores Fronius.

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER 240 V-3 UL	BFRONIUS SMART METER 480 V- 3UL
Tensión nominal	166V-276V	384V-552V
Frecuencia	50Hz a 60Hz	
Conectores	Bloques de terminales tipo Euroblock (12AWG)	
Potencia de autoconsumo	1,2W(60hz)/1,5W(50Hz)	1,2W(60hz)/1,6W(50Hz)
Potencia aparente máxima	4VA	3VA
Exactitud	±0,5% (ver detalles en el manual)	
Montaje	Dentro: Montaje sobre la pared	
	Fuera: Si está montado dentro de una carcasa eléctrica NEMA 3R o 4 / IP 66	
Rango de temperatura	-30°C a +55°C	
Peso	306 gr	
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad) cm	3.8 x 14.3 x 8.5	
Interfaz a inversor	Modbus RTU (RS 485)	
Certificaciones/Listados	UL 61010-1, CAN/CSA-C22.2 No 61010-1-04, en 61326; 2002, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3,EN 61000-4-4, EN 61000-4-5,EN 61000-4-6,EN 61000-4-11, FCC Part 15 Class B, EN 55022: 1994 Class B	
Transformadores de corriente	Primario: 1 - 3000A / secundario: Usar solo CT's con voltaje de salida de 333mV	
Tipos de redes	2 Fases - 3 hilos (N), 2 Fases - 2 hilos, e Fases - 4 hilos WYE (N) , 3 Fases - 3 hilos.	
Alimentación	Se auto suministra, No necesita una fuente externa de alimentación	

Nota: Los transformadores de corriente no están incluidos. Si gusta que se le incluyan pregunte por el Paquete de análisis de consumo o consulte www.fronius.mx

LAS VENTAJAS

/ Configuración para cero inyección de energía a la red
/ Control dinámico de potencia con el Datamanager 2.0
/ Sistema de autoabastecimiento* y autoconsumo
/ Visualización del consumo de energía en Fronius Solar.web
/Administración de energía optimizada con la solución de almacenamiento de Fronius*

*Detalles del lanzamiento de esta solución pueden encontrarse en www.fronius.mx

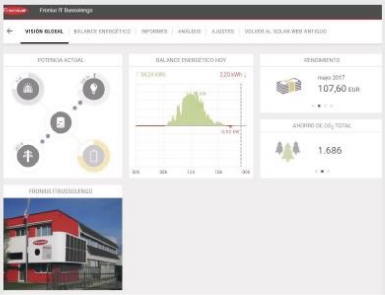
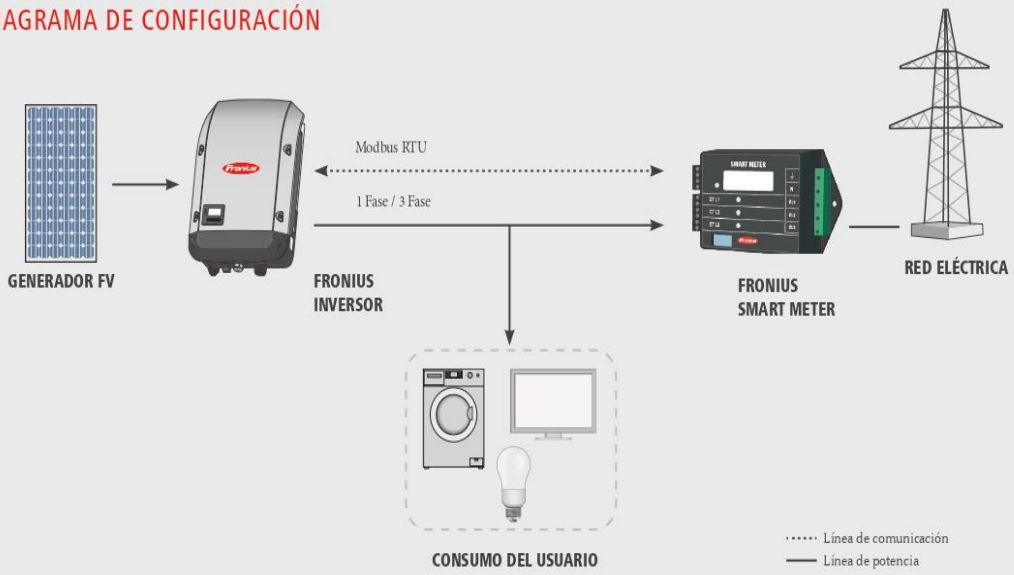


DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN



/ El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores Fronius con un Fronius Datamanager 2.0 integrado (interfaz RS485 para Modbus RTU), que está incluido en los Inversores Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Symo y puede instalarse en cualquier inversor, Fronius IG, IG Plus e IG Plus A.

Nota: Información válida para México, Belize, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá

Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.
No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición, declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2019 Fronius™. Todos los derechos reservados.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES UNIDADES DE NEGOCIO CON UN MISMO OBJETIVO: ESTABLECER LOS ESTÁNDARES MEDIANTE EL AVANCE TECNOLÓGICO.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3,000 empleados en todo el mundo y nuestras más de 1,000 patentes concebidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo, visite **www.fronius.mx**

ES.v01.JUN 2019

24 HORAS DE SOL
www.24hoursofsun.com

Fronius Puebla
Calle 4 Pte. 2904,
Col. Amor
72140 Puebla, Puebla
México
Teléfono +52 222 268 7664
pv-sales-mexico@fronius.com

Fronius Valle de México
Av. Jesús Reyes Heroles 188,
Col. Valle Ceylán
54150 Tlalnepantla, Edo. de México
México
Teléfono +52 55 5388 4065
pv-sales-mexico@fronius.com

Fronius México S.A. de C.V.

Fronius Monterrey
Carretera Monterrey Saltillo 3279E
66367 Santa Catarina, N.L.
México
Teléfono +52 81 8882 8200
pv-sales-mexico@fronius.com
www.fronius.mx

Anexo 8 : Tubos y planchas de acero ASTM A36

TUBO CUADRADO DE ACERO ASTM A500



El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas		
	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

Tolerancias	
Espesor	+/- 10%
Longitud	+127 / -64

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m	Kg
20 x 20	3/4" x 3/4"	0.9	0.49	2.96
		1.5	0.86	5.14
		2	1.04	6.24
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.06	6.37
		2	1.46	8.76
		2.5	1.67	10.02
		3.0	1.93	11.58
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.2	1.04	6.24
		1.5	1.30	7.80
		1.8	1.68	10.08
		2	1.86	11.16
		2.5	2.17	13.02
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5	1.77	10.62
		1.8	2.03	12.18
		2	2.24	13.46
		2.5	2.99	17.94
		3	3.54	21.24
		4.5	4.52	27.12
50 x 50	2" x 2"	1.2	1.87	11.24
		1.5	2.25	13.50
		1.8	2.70	16.20
		2	3.12	18.73
		2.5	3.87	23.23
		3	4.49	26.94
		4	6.57	39.41
		4.5	6.02	36.12
		6	8.54	51.21
60 x 60	2 1/2" x 2 1/2"	2	3.56	21.36
		2.5	4.39	26.34
		3	5.19	31.14
		4	7.14	42.86
		4.5	7.43	44.58
75 x 75	3" x 3"	1.5	3.41	20.43
		2	4.50	27.00
		2.5	5.56	33.36
		3	6.81	40.86
		4	8.59	51.54
		4.5	9.55	57.30
		6	13.11	78.66
100 x 100	4" x 4"	2	6.17	36.99
		2.5	7.68	46.05
		3	9.20	55.21
		4	12.17	73.03
		4.5	13.59	81.56
		6	16.98	101.88
		9.5	25.70	154.20
125 x 125	5" x 5"	3	11.31	67.86
		4	14.87	89.22
		4.5	17.17	103.02
		4.7 (3/16")	17.81	106.86
		6	21.69	130.14
		6.35(1/4")	23.24	139.44
150 x 150	6" x 6"	3	13.67	82.02
		4	18.01	108.06
		4.5	20.80	124.80
		6	27.39	164.32
200 x 200	8" x 8"	3	18.63	111.76
		4	24.29	145.74
		4.5	27.77	166.64
		4.7	29.21	175.26
		6.0	35.82	214.92
		8	48.68	292.10
		9	52.34	314.04
		9.5	56.08	336.48
250 x 250	10" x 10"	4.7 (3/16")	36.86	221.14
		6	45.24	271.44
300 x 300	12" x 12"	6	54.66	327.96
		8	73.82	442.90

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	
Límite de Fluencia (kg/mm2)	24 min.
Resistencia a la Tracción (kg/mm2)	41 min
Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
25	1"	1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Tubo LAC ASTM A500



Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).
Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

NORMAS TÉCNICAS

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.

USOS

Diversas estructuras livianas y pesadas, correcerías, tijerales, postes, etc.

PRESENTACIÓN

1. Longitud:
   - Redondos: 6.40 m y 6 m.
   - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
   - Otras longitudes a pedido.
2. Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Sección	Norma técnica		Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación mínimo
	Del tubo	Del acero				
Redondo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25
Cuadrado	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25
Rectángulo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	¤ 290	¤ 25

(¤) Dimensiones y Tolerancias.

DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

	Designación Nominal	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4.0	4.5	6.0
REDONDO NOMINAL	1/4"	13.70		0.53	0.58	0.65						
	3/8"	17.10		0.68	0.75	0.84						
	1/2"	21.30		0.87	0.95	1.08	1.16	1.35				
	3/4"	26.70		1.11	1.22	1.38	1.49	1.75				
	1"	33.40		1.40	1.55	1.76	1.91	2.25				
	1 1/4"	42.20		1.79	1.98	2.26	2.45	2.90				
	1 1/2"	48.30		2.06	2.28	2.61	2.82	3.35	3.66	4.37		
	2"	60.30		2.60	2.88	3.29	3.56	4.24	4.64	5.56		
	¤ 2 1/2"	73.00			3.50		4.35	5.18	5.67	6.81		
	3"	88.90			4.29		5.33	6.36	6.97	8.38		
	4"	114.30			5.54		6.90	8.24	9.04	10.88		
CUADRADO L.E.	-	25 x 25	1.06		1.46							
	-	30 x 30	1.30		1.70							
	-	40 x 40	1.78		2.24			3.32				
	-	50 x 50	2.25		3.12		3.87	4.32				
	2"	50,8			3.12		3.87	4.32				
	-	75 x 75			4.50		5.56	6.81				
	-	100 x 100			6.17		7.68	9.17		12.13	13.59	16.98

(¤) Dimensiones y Tolerancias.

SISTEMA INGLÉS

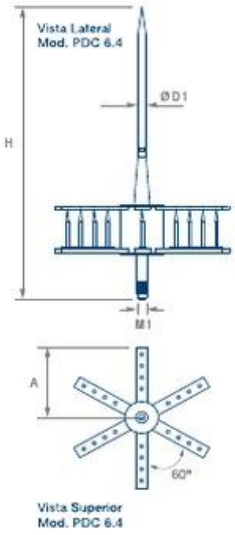
	Designación Nominal	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
CUADRADO L.E.	1"	-	1.36	1.50	1.70	1.84	2.17			
	1 1/4"	-	1.71	1.90	2.16	2.34	2.77			
	1 1/2"	-	2.07	2.29	2.62	2.84	3.37			
	2"	-	2.79	3.09	3.54	3.83	4.56	5.99		
	3"	-		4.69	5.37	5.83	6.96	9.18		
	4"	-		6.28		7.82	9.35	12.37	13.86	
RECT. L.E.	1" x 2"	-	2.10	2.32						
	2" x 3"	-	3.54	3.92		4.87	5.81			
	2" x 4"	-		4.71		5.85	6.98	9.21	10.31	
	2" x 6"	-		6.34		7.89	9.43	12.48	13.98	
	4" x 10"	-								34.60

SISTEMA MÉTRICO

	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0
CUADRADO L.E.	25	1.12	1.33	1.47	1.81							
	30		1.62	1.79								
	38		2.07	2.29	2.83	3.36						
	40		2.18	2.41	2.99	3.55						
	50		2.75	3.04	3.77	4.49		6.57	8.53			
	75			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24			
	80			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81				
	100			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95			
	125					11.55		17.16	22.66			
	150					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
	200					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34	
	250							34.83	46.21	61.22	76.04	
	300									73.79	91.74	109.49
	400										123.14	147.18
RECTÁNGULO L.E.	20 x 40	1.35		1.70								
	25 x 50	1.65	2.04	2.26								
	40 x 50		2.46	2.73								
	40 x 60	2.26	2.75	3.03	3.60	4.25						
	40 x 80	2.71		3.66	4.39	5.19						
	50 x 70			3.67	4.56	5.43						
	50 x 75					5.42						
	50 x 100		4.16	4.50	5.56	6.60	8.59	10.10	13.24			
	50 x 150			6.17	7.68	9.17	11.73	13.63	17.95			
	150 x 100				9.66	11.55	15.31	17.16	22.66			
	200 x 100					13.91	18.45	20.70	27.37	36.10	44.54	
	200 x 150					16.26	21.59	24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 100							24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 150							27.76	36.79	48.66	60.34	
	300 x 200								46.21	61.22	76.04	90.65
	400 x 200										91.74	109.49
	500 x 300										123.14	147.18

Anexo 9 : Selección de pararrayo





INGESCO®
LIGHTNING SOLUTIONS

PARARRAYOS INGESCO® PDC

Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según normas
UNE 21.186:2011
NFC17-102:2011
NP4426:2013

funcionamiento

El diseño del pararrayos **INGESCO® PDC** permite producir una ionización de las partículas de aire alrededor de la punta del captador, que genera un trazador ascendente dirigido hacia la nube. Esta corriente de iones intercepta y canaliza desde su origen la descarga eléctrica del rayo.

Entre el conjunto excitador (que se encuentra al mismo potencial que el aire circundante) y la punta y el conjunto deflector (que se hallan a igual potencial que la tierra) se establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto más alto es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más inminente es la formación del rayo.

La obtención, mediante ensayos de laboratorio, del valor Δt (incremento del tiempo de cebado) permite establecer una correlación entre la velocidad de propagación de la corriente de iones y la distancia de impacto del rayo, a partir de la cual se calcula el radio de protección para cada modelo de pararrayos (ver cuadro adjunto).

El conocimiento de estos radios de protección nos permite seleccionar el modelo de pararrayos más adecuado a las características de la estructura a proteger, de acuerdo con la normativa reguladora del CTE (Código Técnico de la Edificación).

niveles de protección

Model	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3	PDC 6.4
Ref.	101000	101001	101003	101005	101008	101009
Δt	15 µs	25 µs	34 µs	43 µs	54 µs	60 µs
NIVEL I	35 m	45 m	54 m	63 m	74 m	80 m
NIVEL II	45 m	55 m	64 m	73 m	84 m	90 m
NIVEL III	60 m	70 m	79 m	88 m	99 m	105 m
NIVEL IV	75 m	85 m	94 m	103 m	114 m	120 m

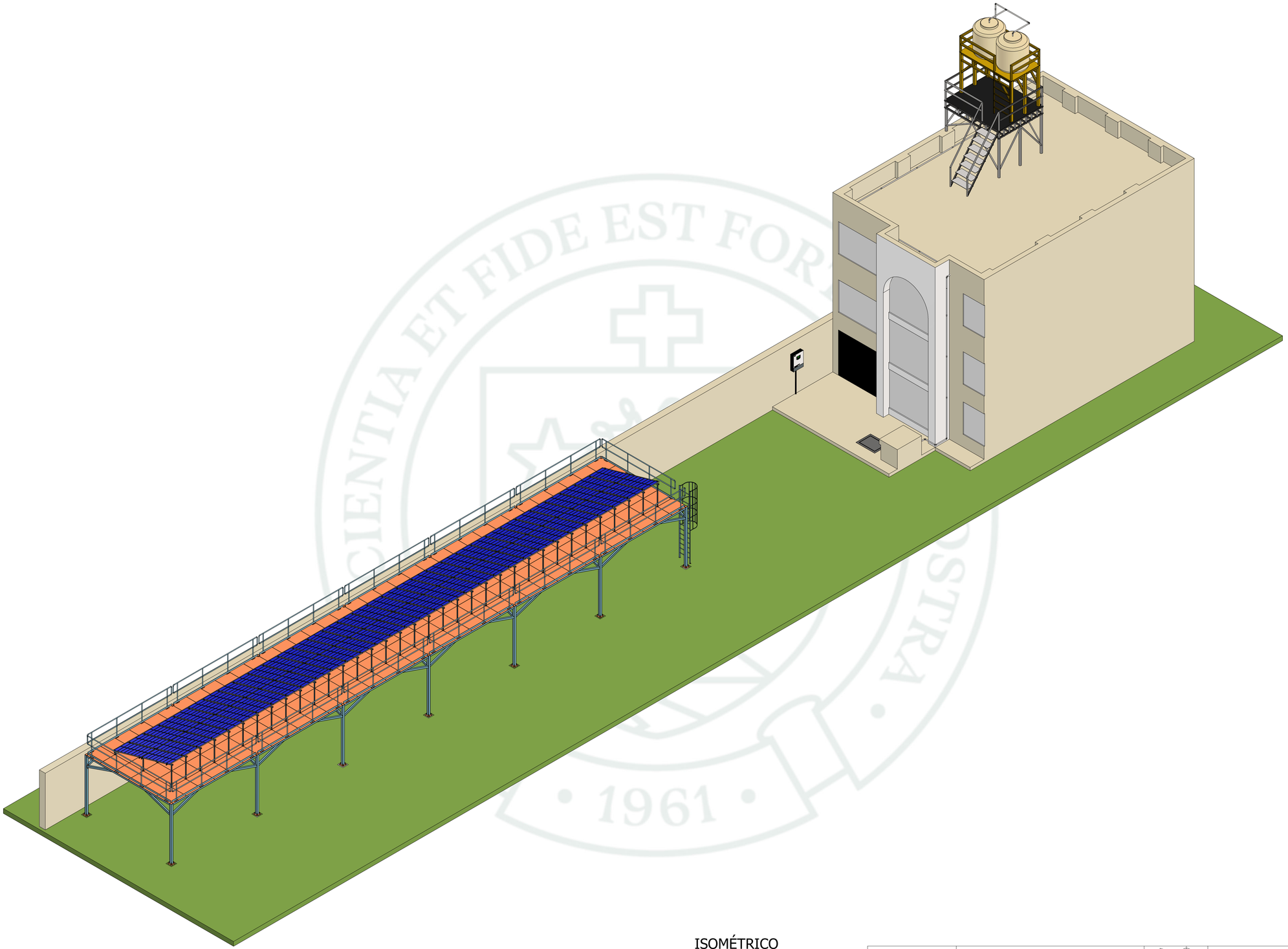
Radios de protección calculados según el Código Técnico de la Edificación.

especificaciones técnicas

Mod.	Ref.	Mat.	H (mm)	D1 (mm)	M1	A (mm)	Peso (g)
PDC 3.1	101000	Inox	387	16	M 20	95	2350
PDC 3.3	101001	Inox	598	16	M 20	156	3200
PDC 4.3	101003	Inox	598	16	M 20	156	3400
PDC 5.3	101005	Inox	598	16	M 20	156	3600
PDC 6.3	101008	Inox	598	16	M 20	156	3800
PDC 6.4	101009	Inox	598	16	M 20	186	4150

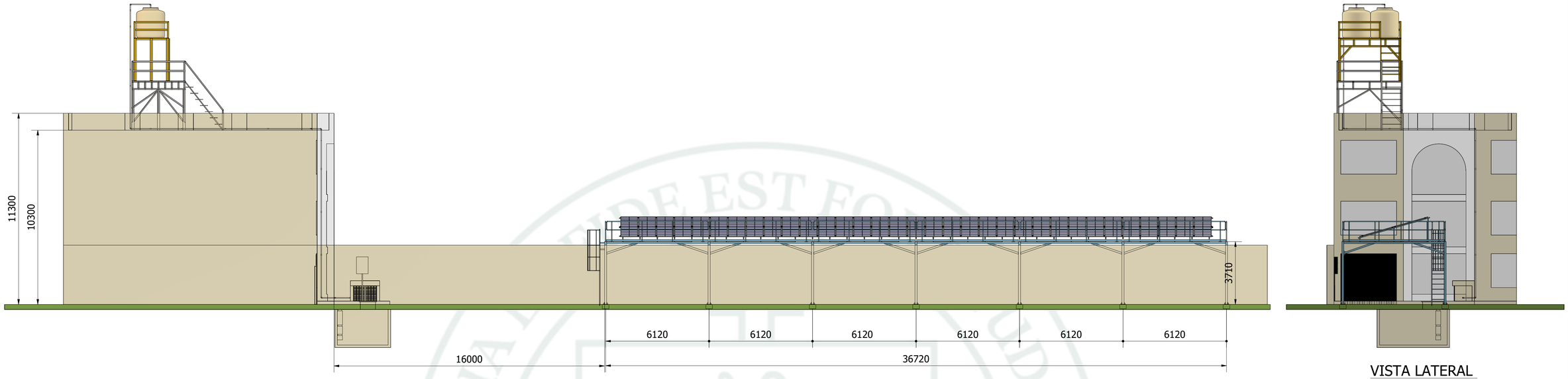
ingesco.com

PLANOS DE PROYECTO



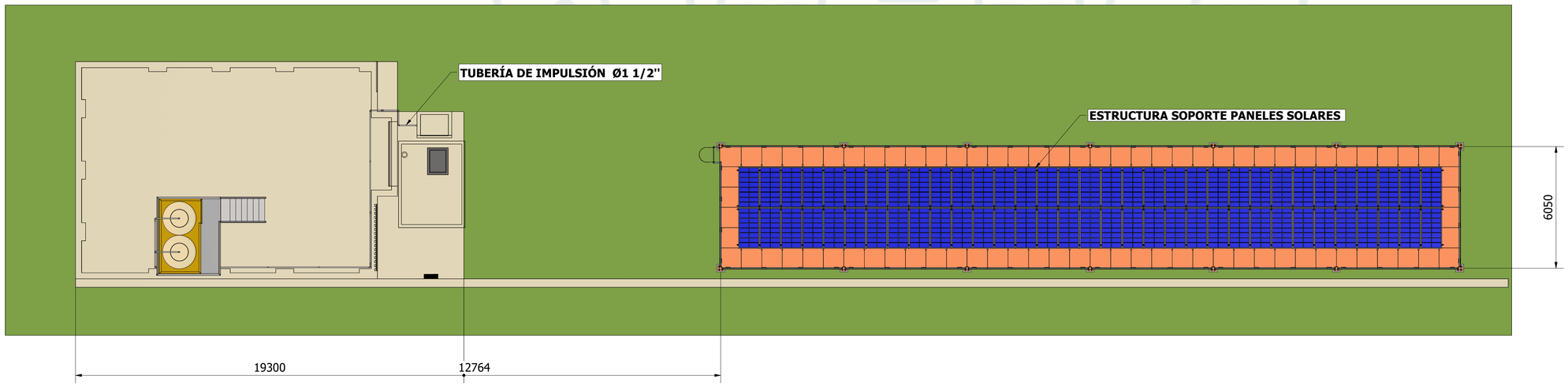
ISOMÉTRICO
ESC: (1 : 100)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-ISO-MONT-008	06/12/2025		
Escala: Indicada	MONTAJE ISOMETRICO PLATAFORMA		Pagina: 01/23	Rev. 00



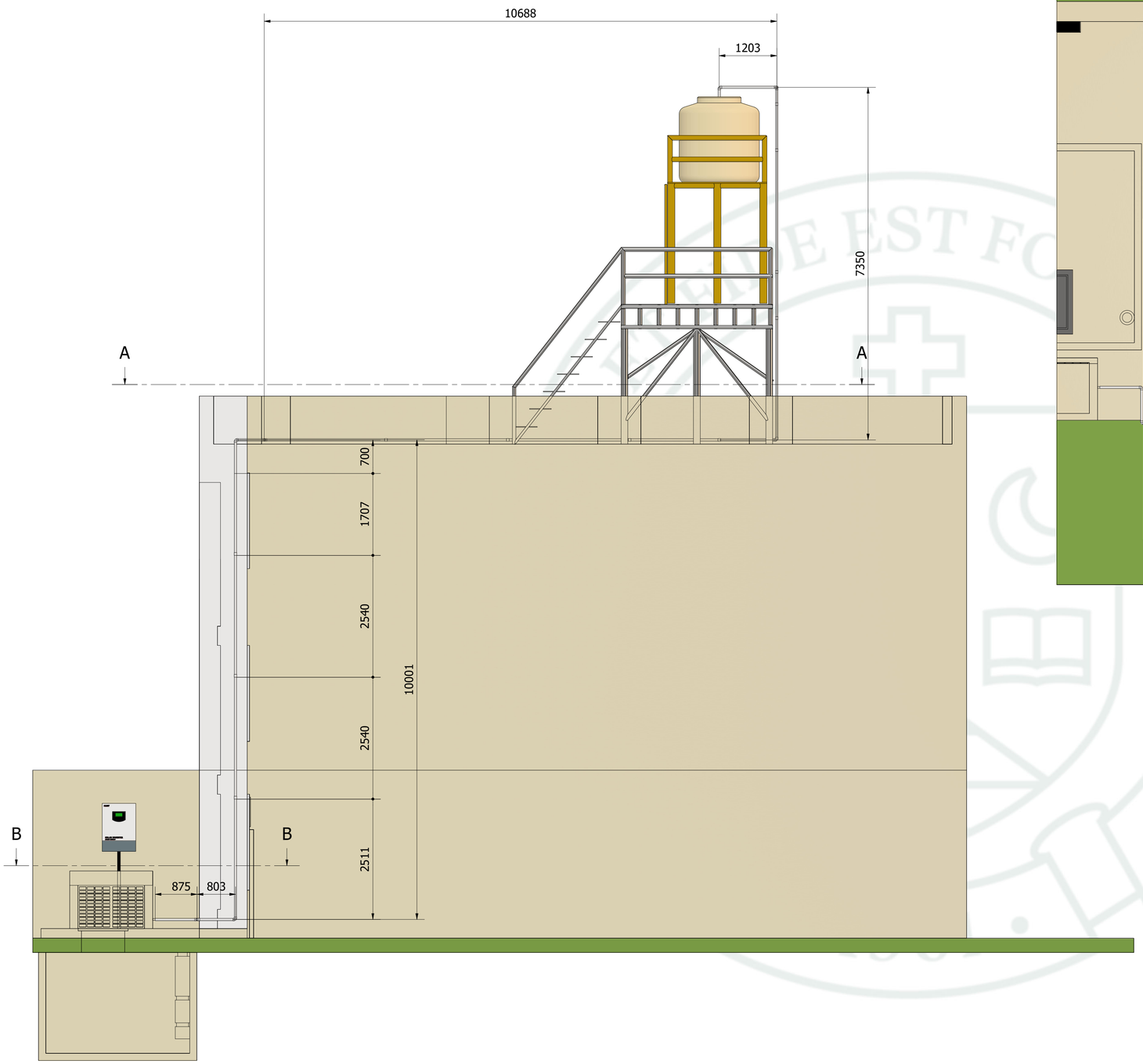
VISTA FRONTAL
ESC: (1 : 120)

VISTA LATERAL
ESC: (1 : 120)

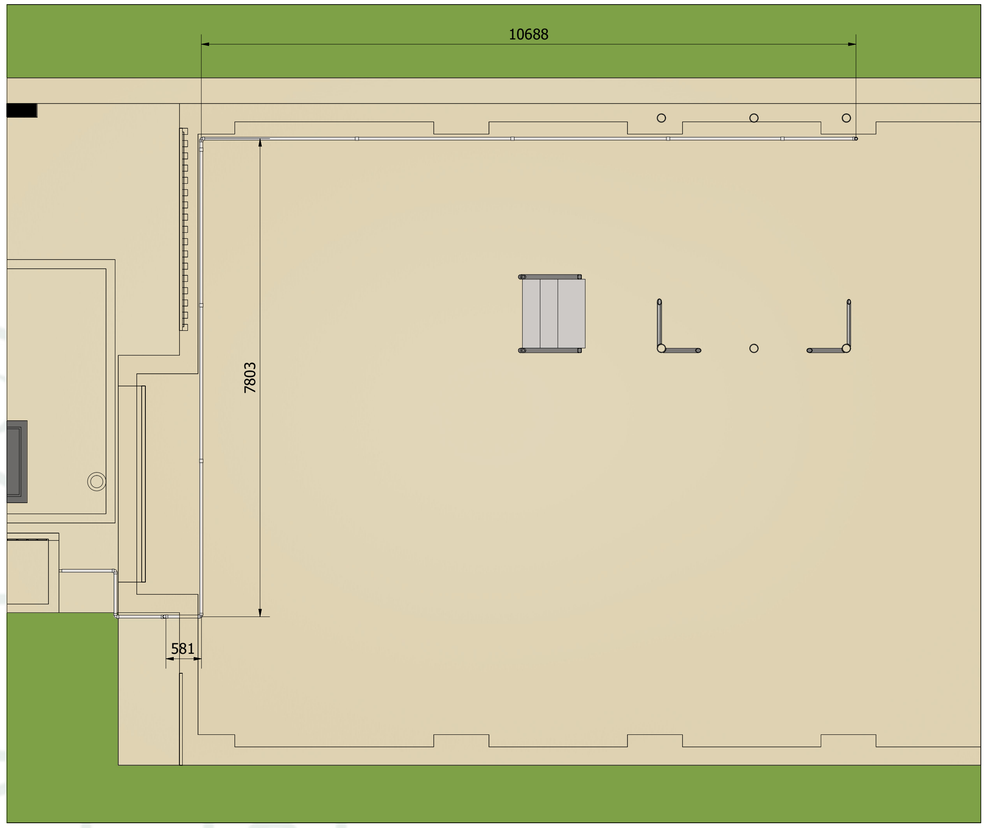


VISTA PLANTA
ESC: (1 : 120)

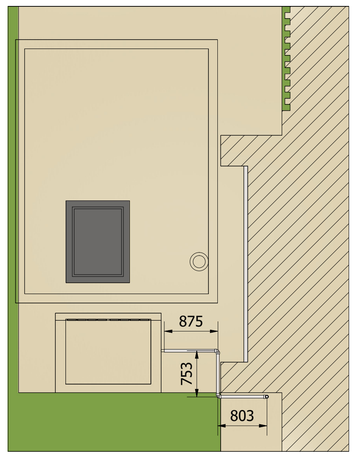
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-009	06/12/2025		
Escala: Indicada	MONTAJE DE PLATAFORMA PANELES SOLARES/ TUBERIAS		Pagina: 02/23	Rev. /00



FRONTAL TUBERIA
ESC: (1 : 50)

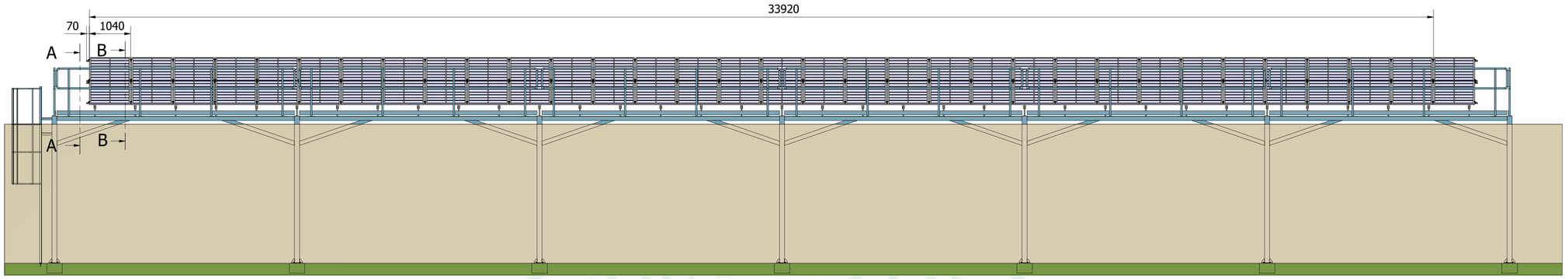


SECCIÓN:A-A
ESC:(1 : 50)

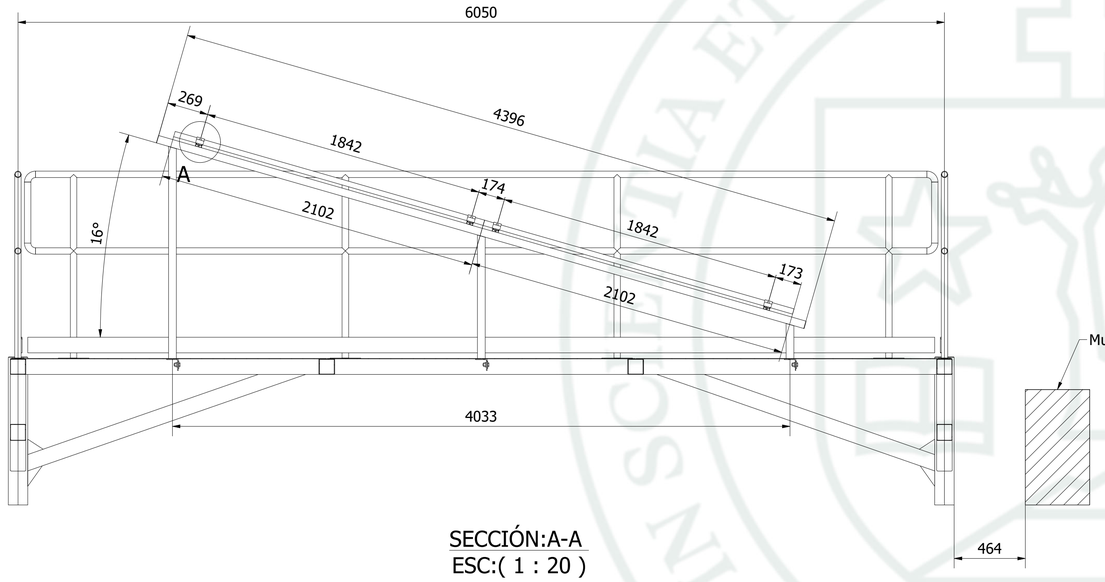


SECCIÓN:B-B
ESC:(1 : 50)

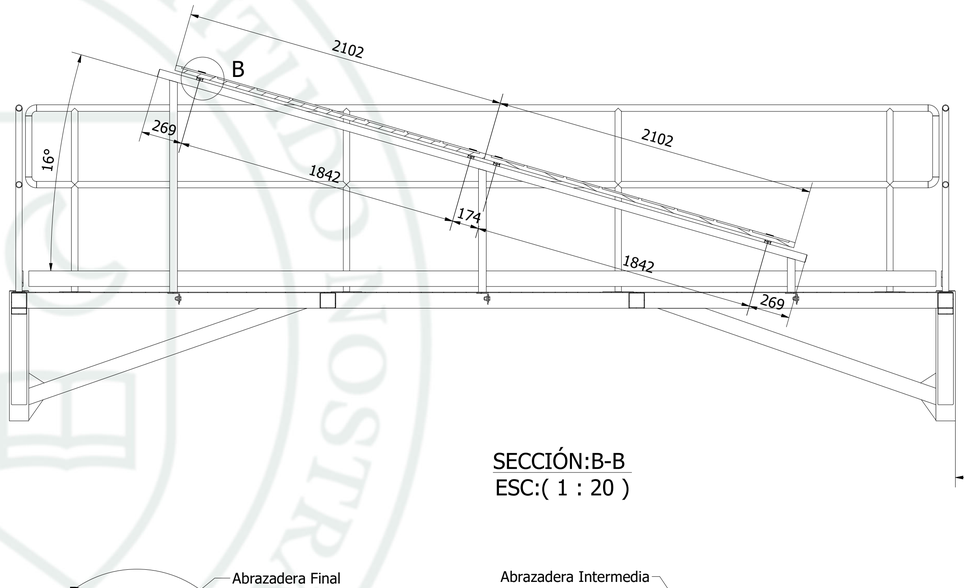
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-010	06/12/2025		
Escala: Indicada	MONTAJE PLATAFORMAS BARANDAS / VISTAS		Pagina: 03/23 Rev. 00	

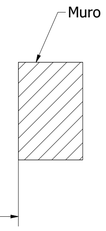


VISTA FRONTAL PANELES SOLARES
ESC: (1:50)

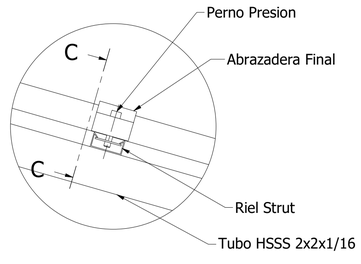


SECCIÓN:A-A
ESC:(1 : 20)

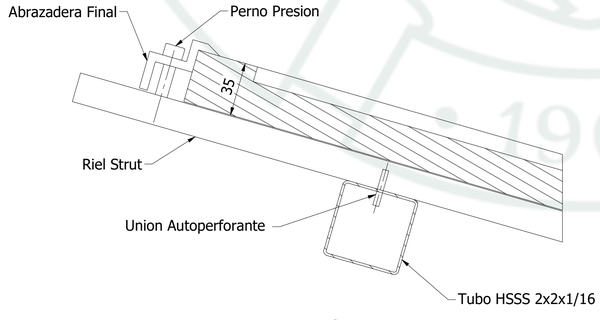




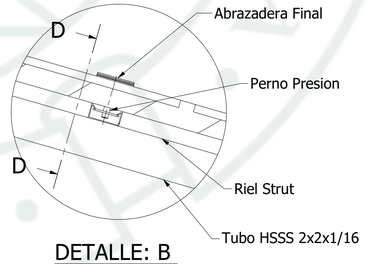
SECCIÓN:B-B
ESC:(1 : 20)



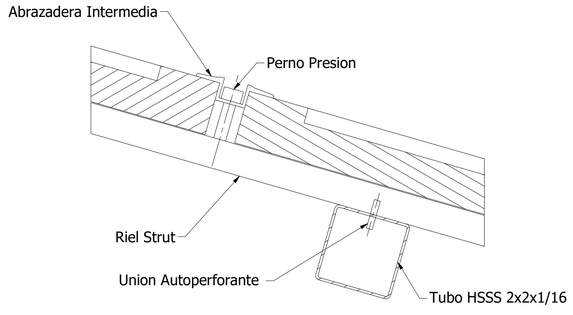
DETALLE: A
ESC(1 : 4)



SECCIÓN:C-C
ESC:(1 : 2)

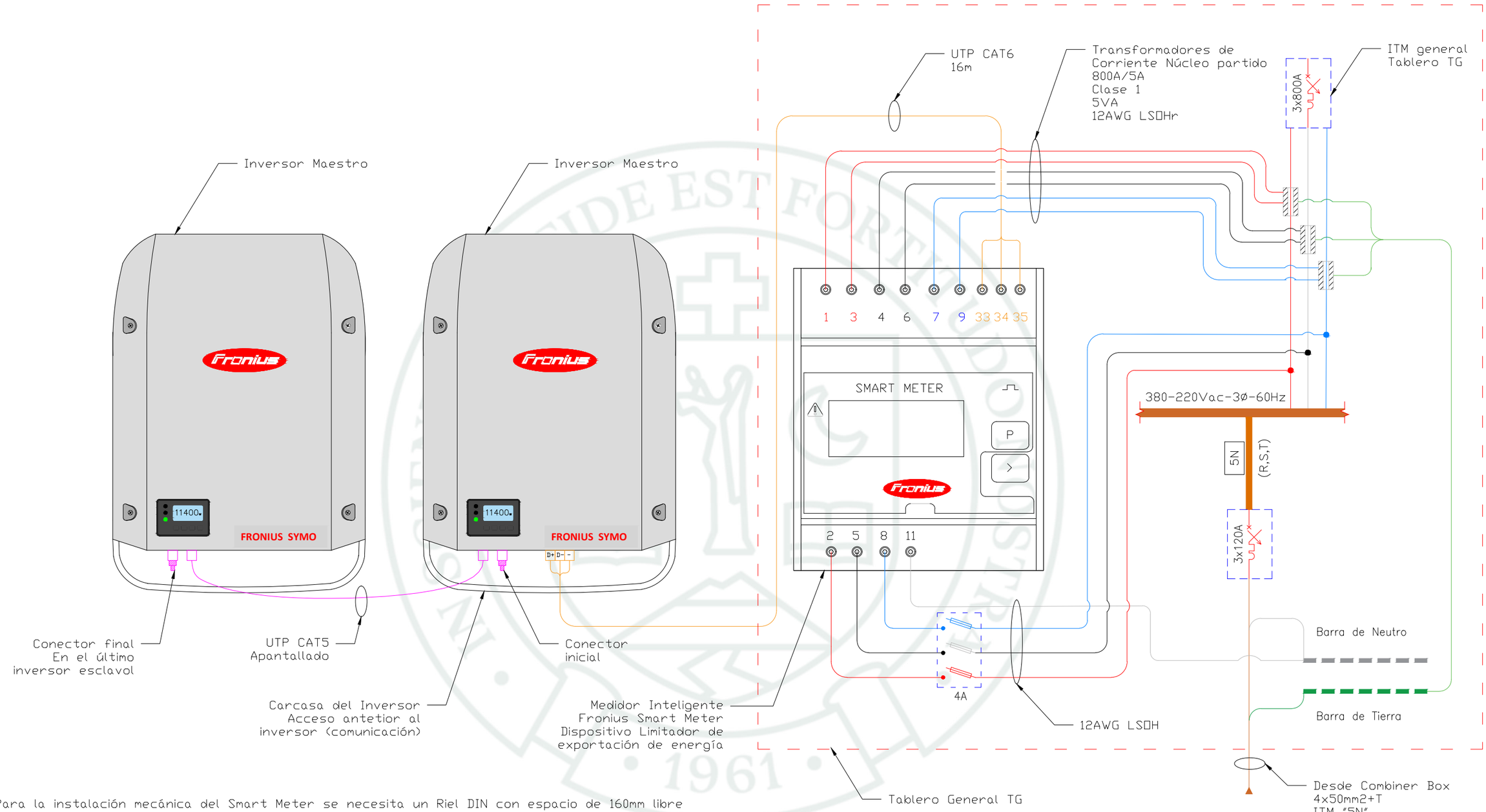


DETALLE: B
ESC(1 : 4)



SECCIÓN:D-D
ESC:(1 : 2)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-011	06/12/2025		
Escala: Indicada	MONTAJE PANELES SOLARES SOBRE PLATAFORMAS		Pagina: 04/23 Rev: 00	



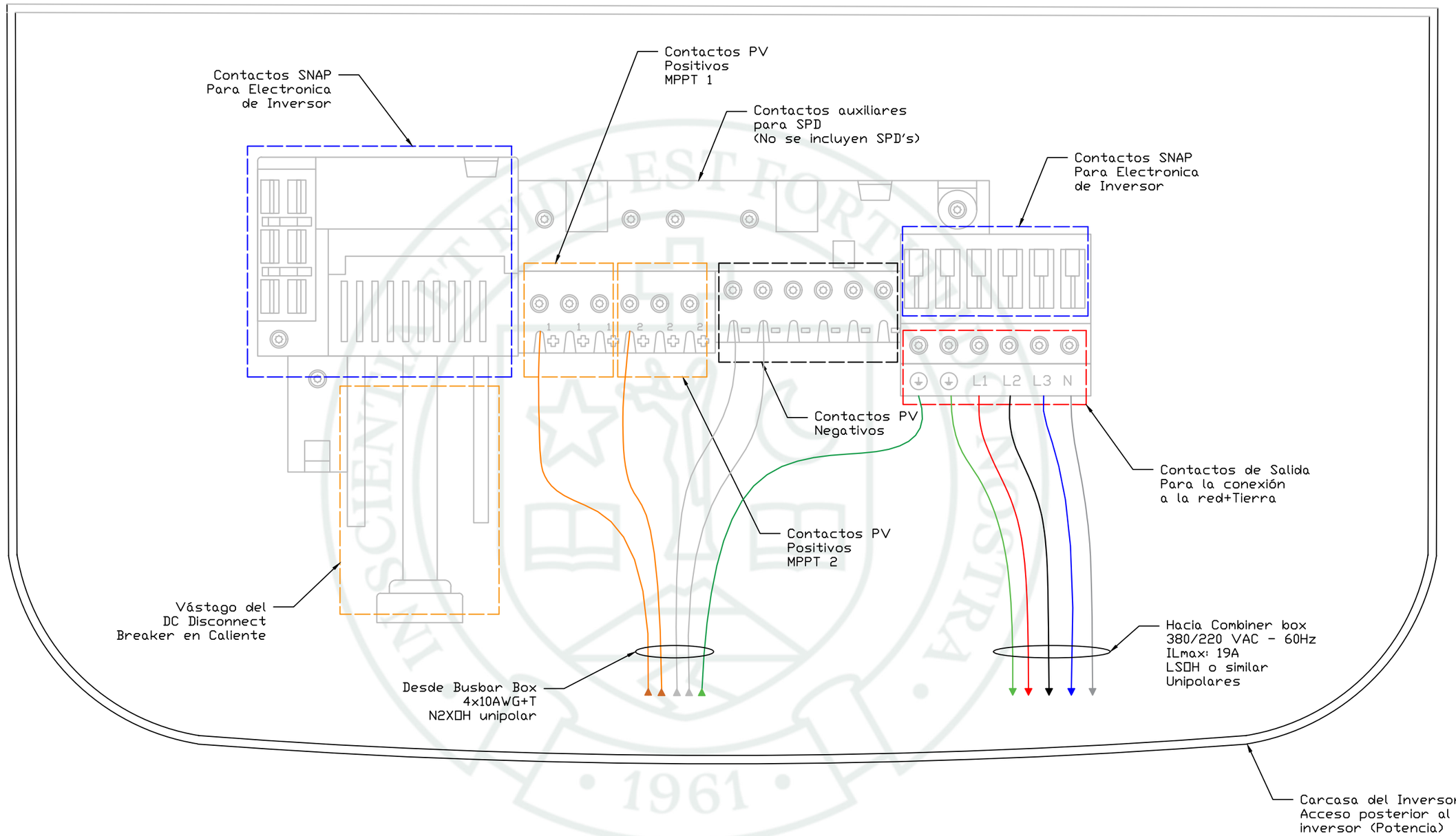
Para la instalación mecánica del Smart Meter se necesita un Riel DIN con espacio de 160mm libre

Todos los conductores unipolares libres de halógeno (LSOH o N2XOH)

El medidor Smart Meter es un medidor bidireccional que sensa la cantidad de energia consumida y coordina con el inversor maestro la producción solar para que en ningun momento se tengan situaciones de exportación de energía, esto ya que a la fecha en la que se desarrolla el presente proyecto, no se tienen aprobadas las reglamentacioens técnicas y comerciales para la inyección a red directa.

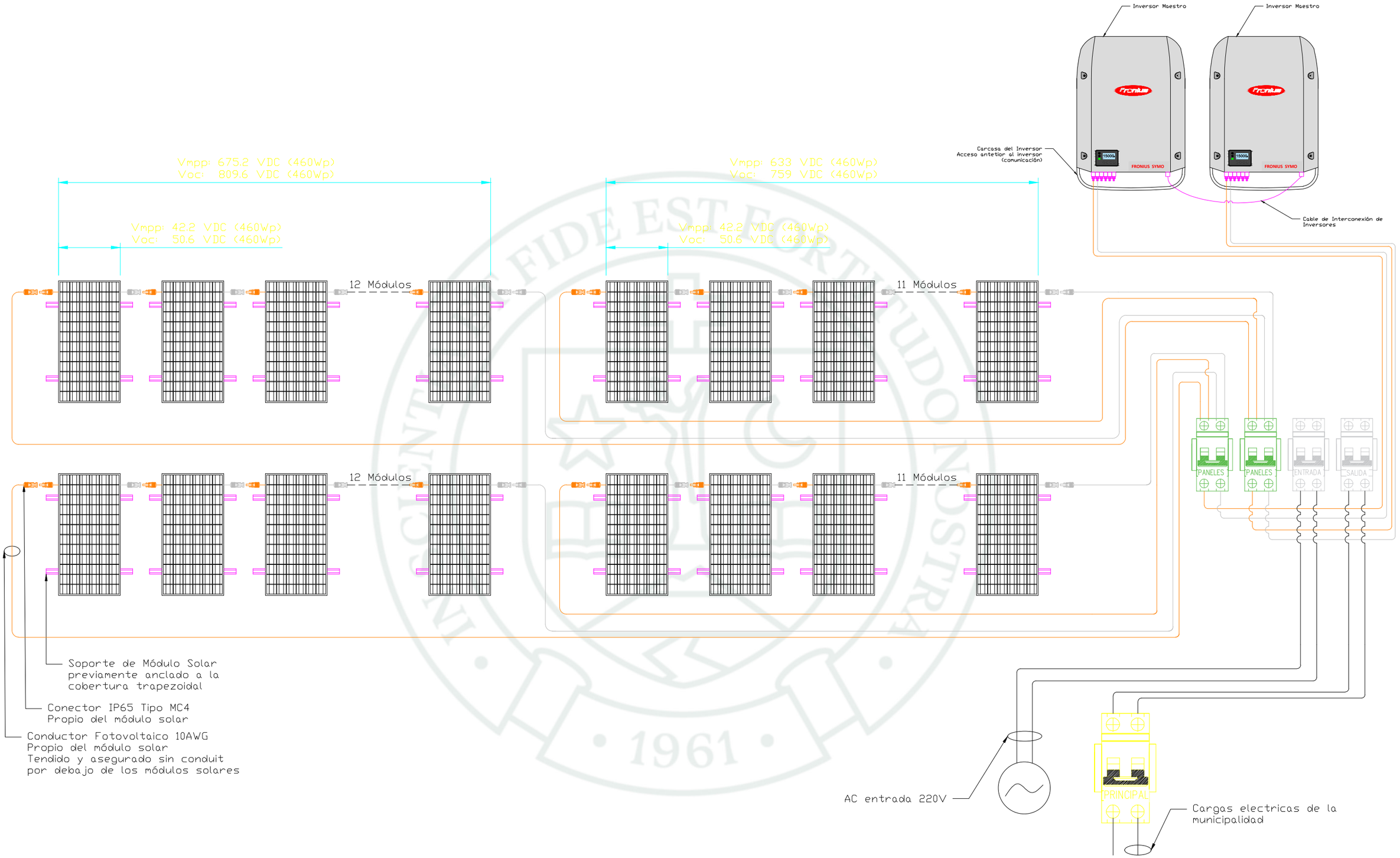
El inversor de conexión a red maestro envía los datos de producción y monitoreo del Smart Meter a un servidor en Austria que es libremente accesible desde internet.
Para esto necesita del punto de Ethernet o red WLAN a ser instalada por el cliente/contratista

N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Callata Jose Maria - Tupa Andree	06/12/2025	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Augusto Cacéres Núñez	06/12/2025			
Escala: 1.00	ARQUITECTURA DE CONTROL Y COMUNICACION				Pág: 05 / Págs: 23



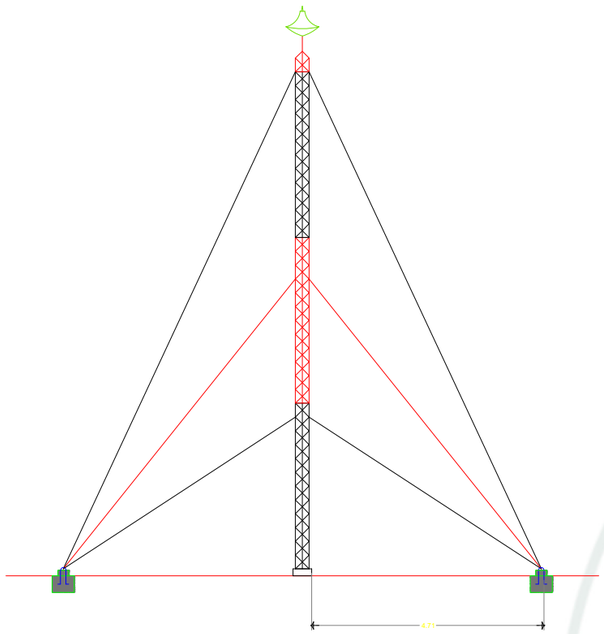
No se han considerado Dispositivos de proteccion ante sobretensiones (SPD) para el lado DC, debido al bajo nivel isoceráunico del Ica (0-5)
Todos los conductores unipolares libres de halógeno (LSOH o N2XOH)

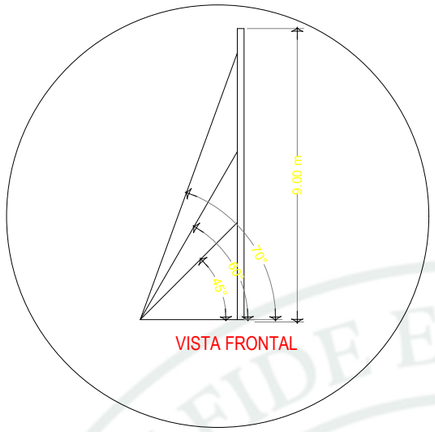
N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Callata Jose Maria - Tupa Andree	06/12/2025	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Augusto Cacéres Núñez	06/12/2025			
Escala:	CONEXIONADO DE INVERSORES				Pág: 06
1.00					Págs:23

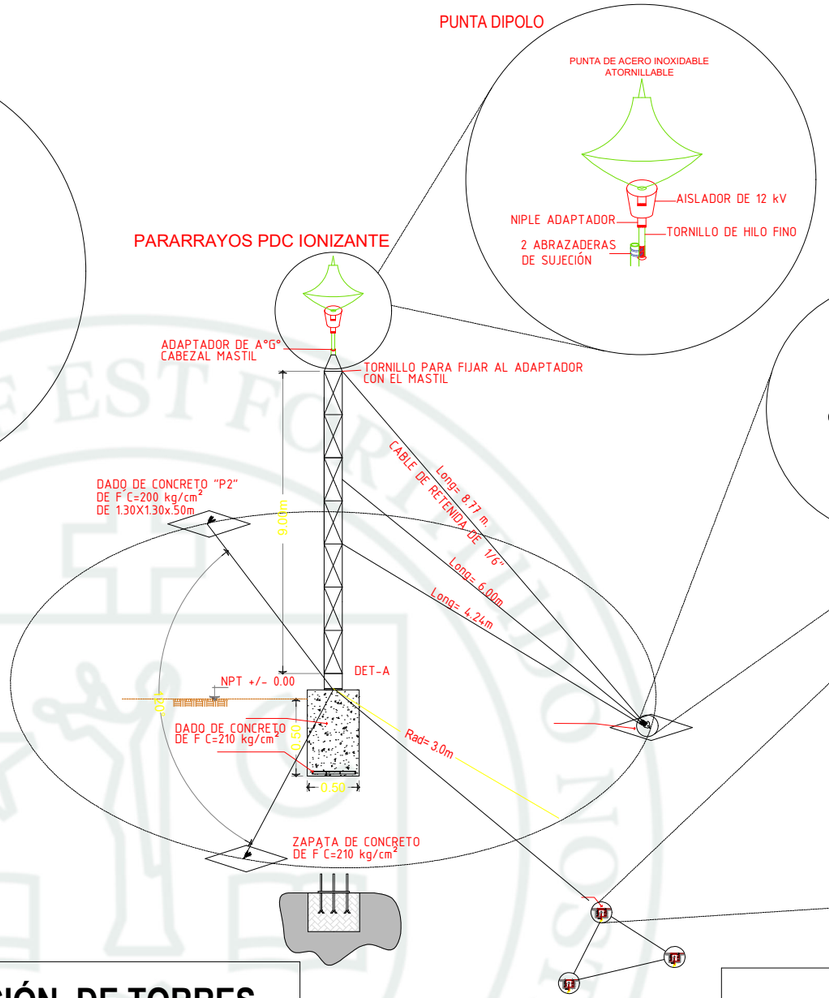


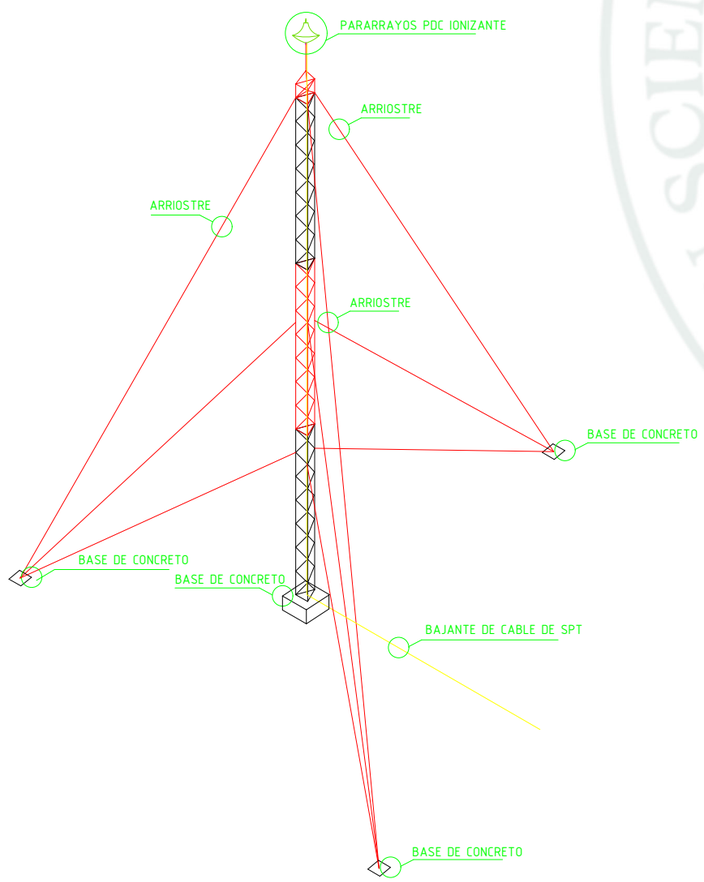
N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Callata Jose Maria - Tupa Andree	06/12/2025	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Augusto Cacéres Núñez	06/12/2025			
Escala: 1.00	CABLEADO DE PANELES A INVERSORES				Pág: 07 Págs:23

DIAGRAMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS





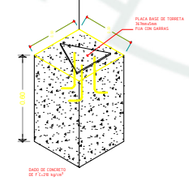




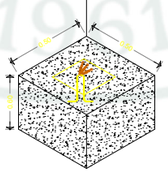
CIMENTACIÓN DE TORRES

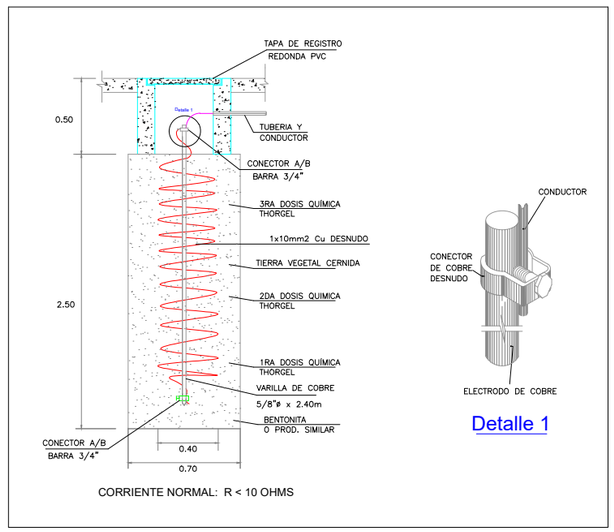
P-1 Zapata Torre

P-1 Zapata Torre



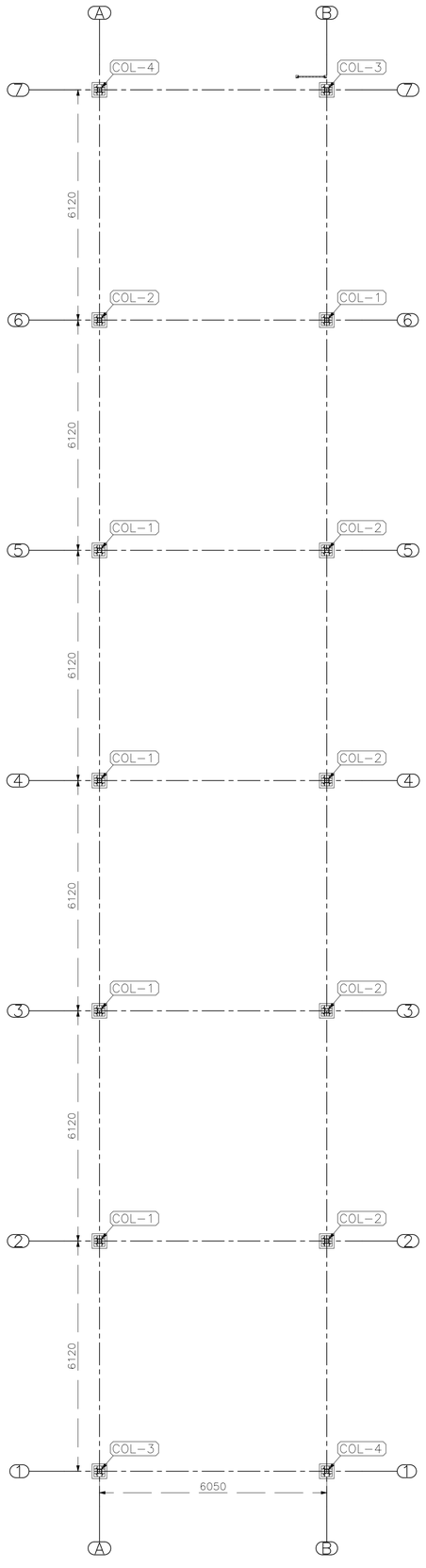
P-2 Zapata De Vientos



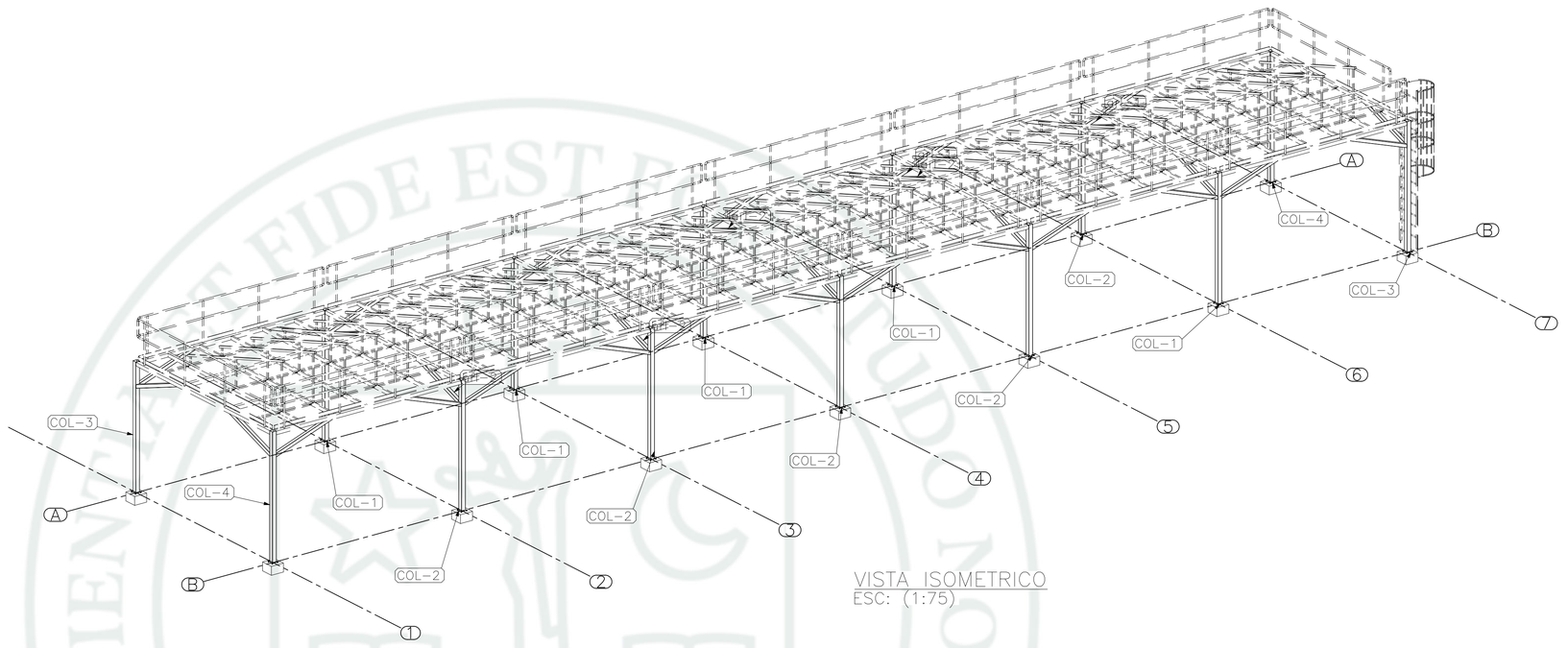


N° de Piezas	Denominación	Norma	Material	Marca	Dimensiones
	Nombre	Fecha	Universidad Católica de Santa María		
Elaboró:	Callata Jose Maria - Tupa Andree	06/12/2025	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica		
Revisó:	Augusto Cáceres Núñez	06/12/2025			
Escala:	PARARRAYO Y PUESTA A TIERRA				Pág: 08
1.00					Págs:23

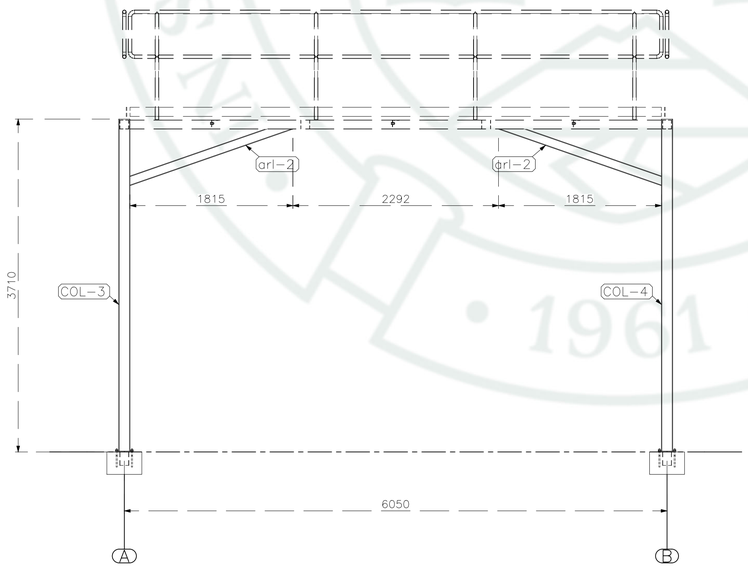
Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
COL-1	HSS5X5X1/8	5	110.6	553	4.51	22.55
COL-2	HSS5X5X1/8	5	111.6	558	5.51	27.55
COL-3	HSS5X5X1/8	2	92	184	3.75	7.5
COL-4	HSS5X5X1/8	2	93	186	3.75	7.5
Total				1481		65.1



VISTA EJE
ESC(1:75)



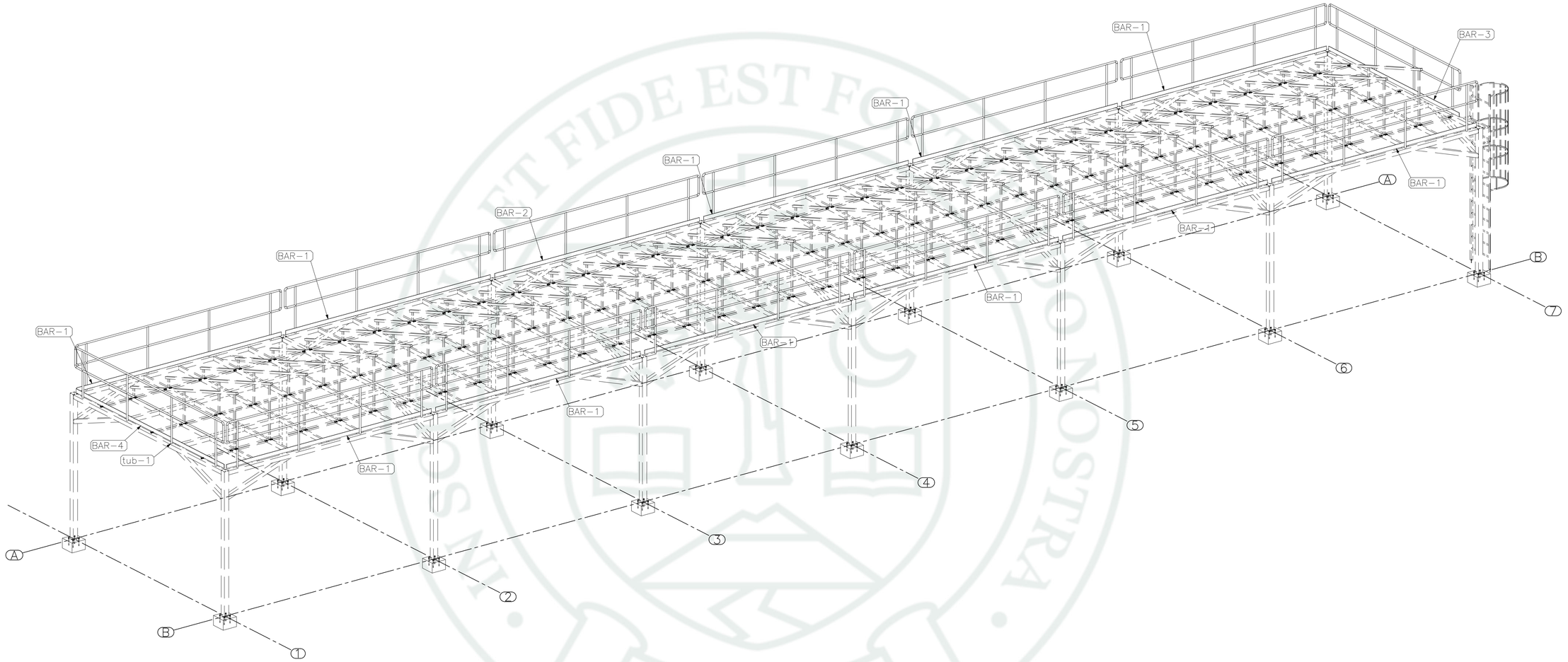
VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:75)



VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:33 1/3)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-001	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE COLUMNAS / COL-1 AL COL-4		Pagina: 09/23 Rev. 00	

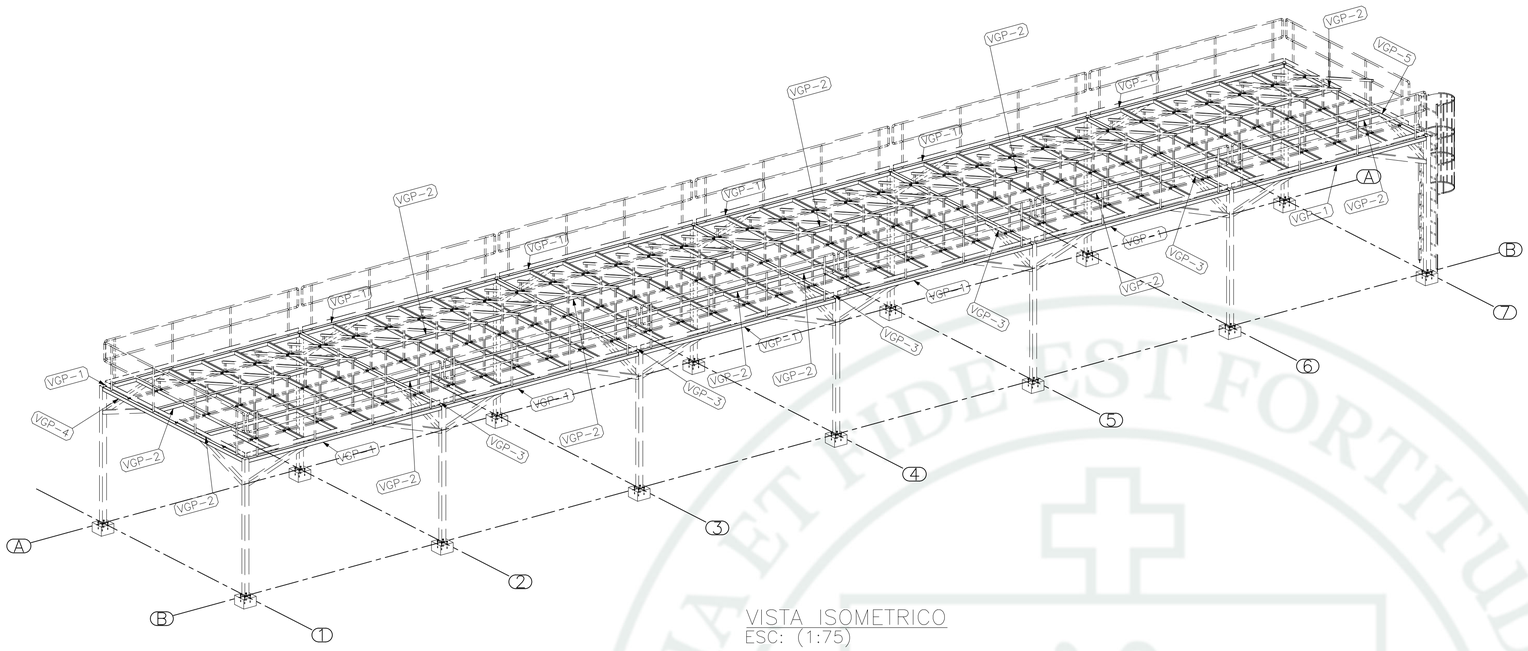
Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
BAR-1	CHAPA 1/4X4	11	93.27	1026.00		41.76
BAR-2	CHAPA 1/4X4	1	92.90	92.90	3.78	3.78
BAR-3	CHAPA 1/4X4	1	84.20	84.20	3.42	3.42
BAR-4	CHAPA 1/4X4	2	92.40	92.40	3.76	3.76
				1295.50		52.72



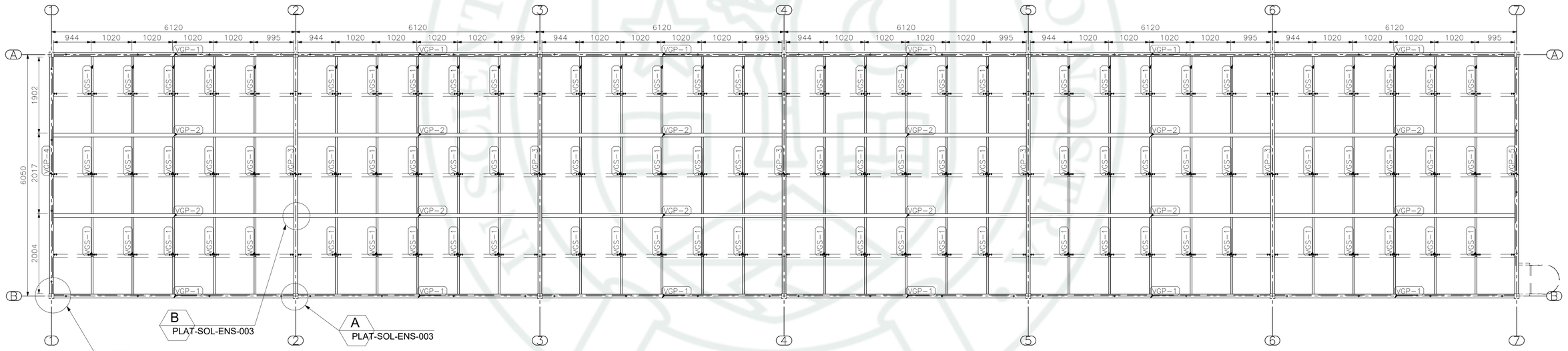
VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:50)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-002	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE BARANDAS / BAR-1 AL BAR-4			Pagina: 10/23 Rev. 00

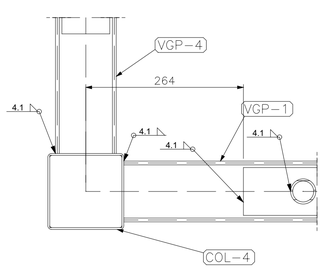
Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
VGP-1	HSS 4X4X1/8	12	57.62	691.40	2.37	28.40
VGP-2	HSS 4X4X1/8	12	57.86	694.30	2.38	28.52
VGP-3	HSS 4X4X1/8	5	57.88	289.40	2.41	12.03
VGP-4	HSS 4X4X1/8	1	57.40	57.40	2.37	2.37
VGP-5	HSS 4X4X1/8	1	57.00	57.00	2.37	2.37
VGS-1	HSS 4X2X1/8	90	13.85	1246.60	0.63	56.67
PLR-1	PL 4X50X50	96	0.04	3.80	0.00	0.31
				3039.90		130.67



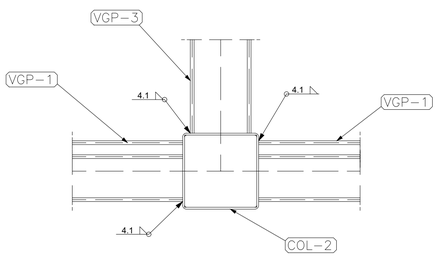
VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:75)



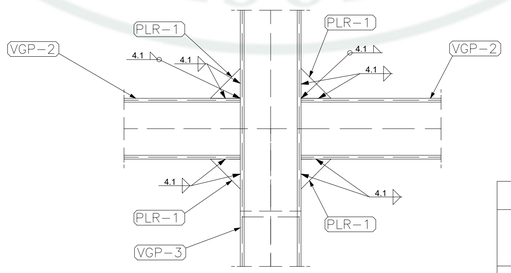
MONTAJE VIGAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS
ESC: (1:50)



C
PLAT-SOL-ENS-003 1:5



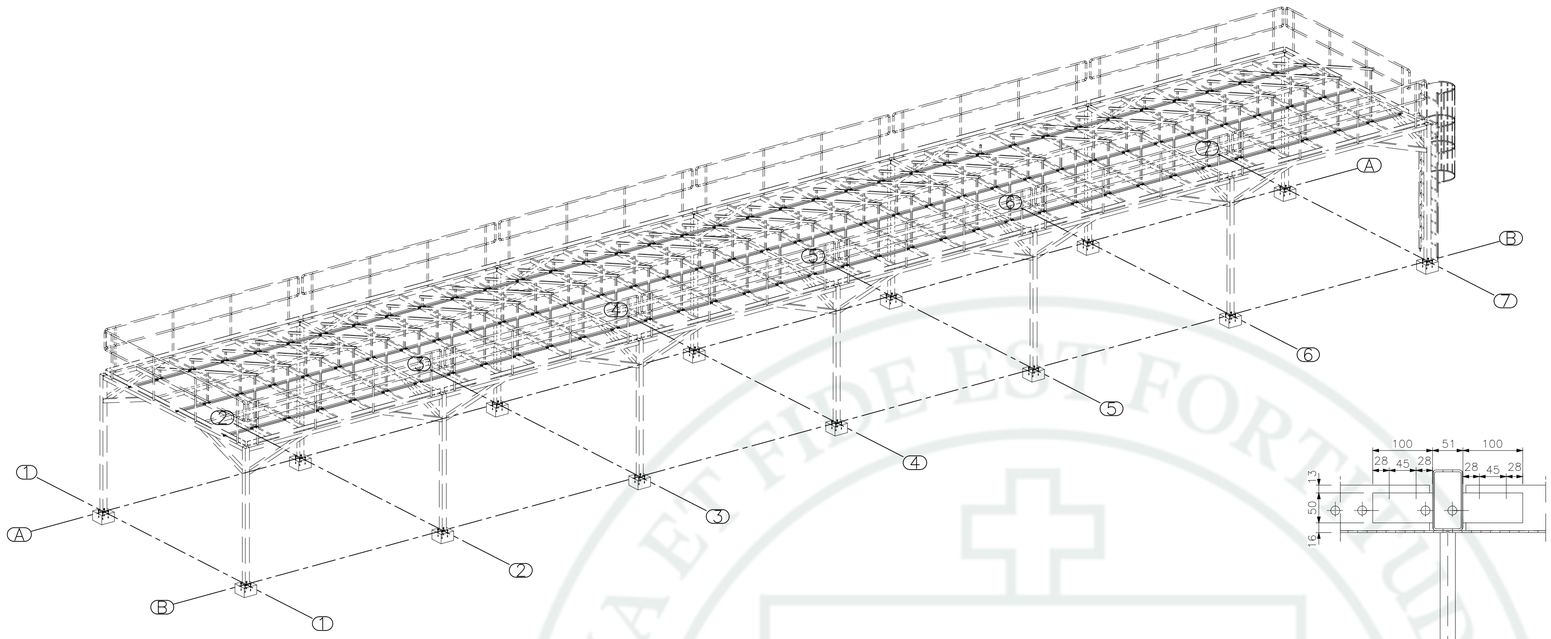
A
PLAT-SOL-ENS-003 1:5



B
PLAT-SOL-ENS-003 1:5

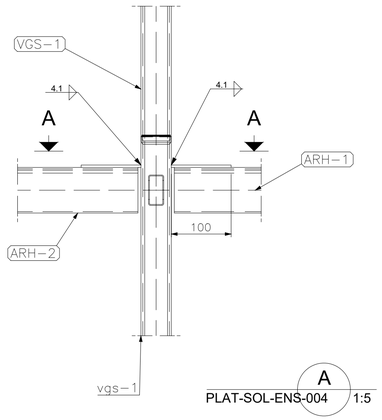
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-003	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE VIGAS PRINCIPALES / VGP-1 AL VGP-5 VIGA SECUNDARIA/ VGS-1 / PLANCHA REFUERZO PLR-1		Pagina: 11/23	Rev. 00

Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
ARH−1	L3X3X3/16	72	5.30	381.30	0.29	21.05
ARH−2	L3X3X3/17	36	5.16	185.60	0.28	10.25
				566.90		31.30

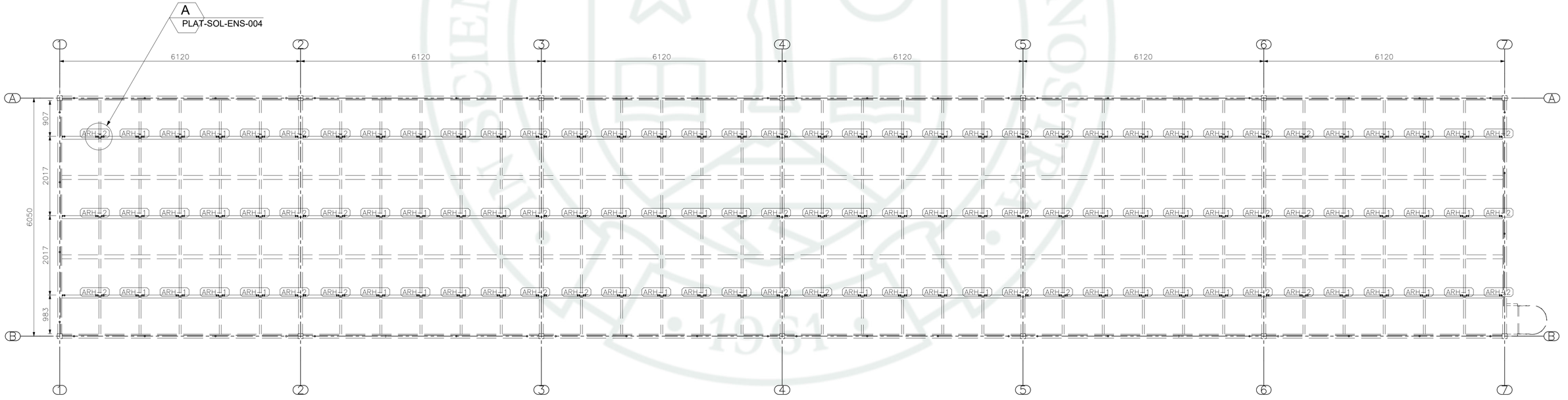


VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:75)

SECCION (A − A)
ESC(1:5)



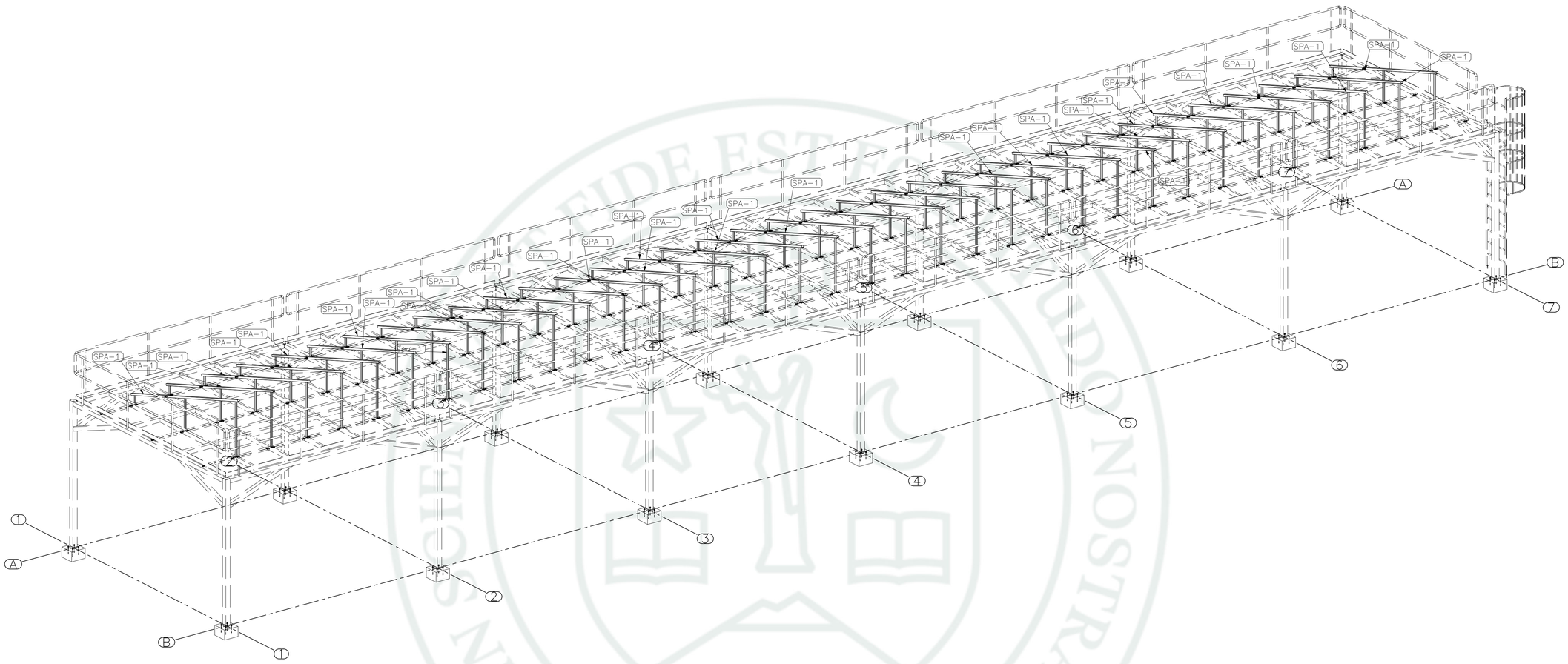
A
PLAT-SOL-ENS-004 1:5



VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:50)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT−SOL−MON−004	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE ARRIOSTRES HORIZONTALES / ARH−1			Pagina: 12/23 Rev. 00

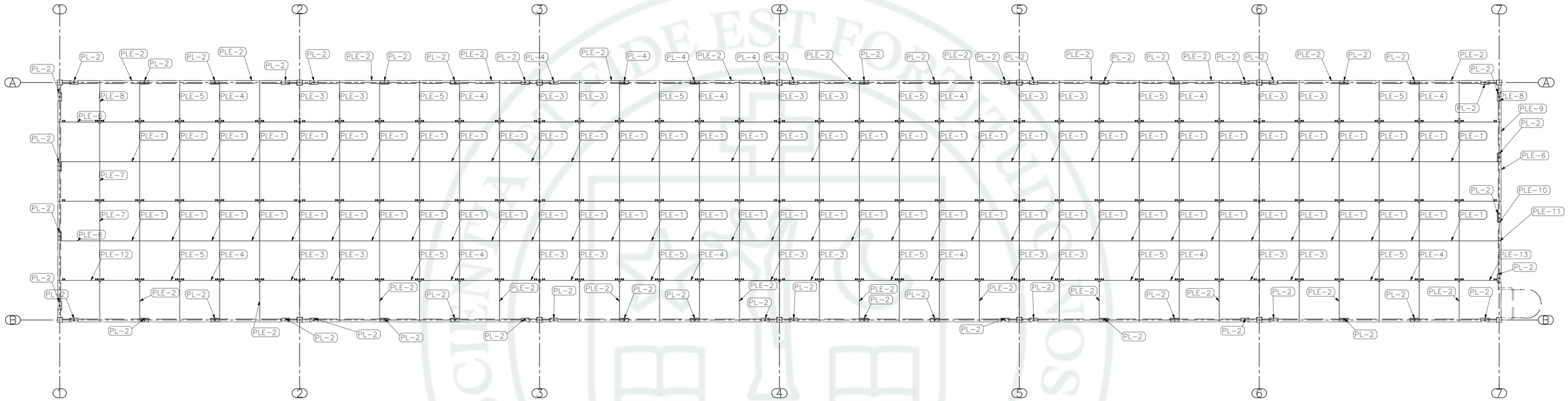
Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
SPA-1	HSS 2X2X1/16	35	15.67	548.60	1.27	44.55
				548.60		44.55



VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:50)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-005	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES SOPORTE DE PANELES SOLARES / SPA-1			Pagina: 13/23 Rev. 00

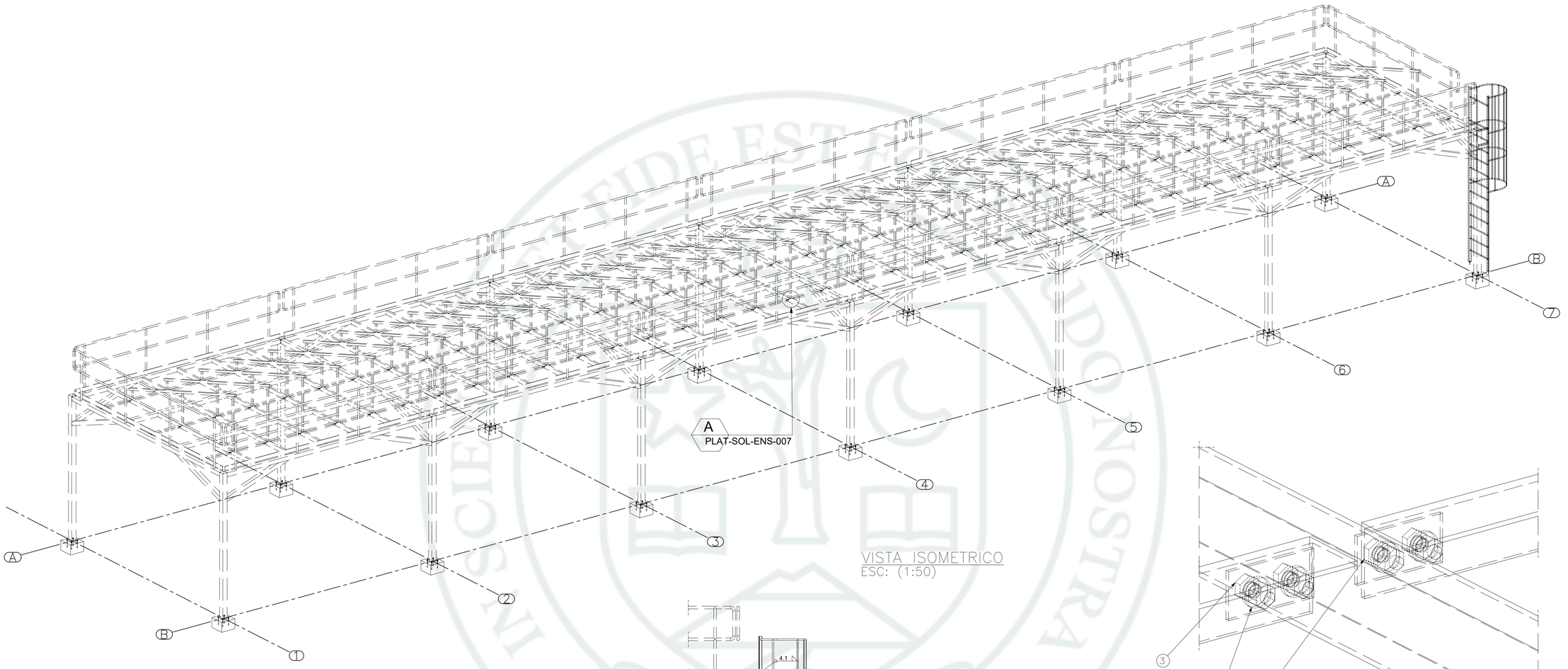
Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)	Pintura (m2)	Pintura Total (m2)
PLE-1	PL 3x1016x1004	136	25.38	3451.00	2.05	279.10
PLE-2	PL 3x1055x1016	24	26.66	639.80	2.16	51.74
PLE-3	PL 3x1055x1016	20	26.55	531.00	2.15	42.94
PLE-4	PL 3x1055x1016	12	26.39	316.70	2.13	25.61
PLE-5	PL 3x1055x1016	12	26.39	316.70	2.13	25.61
PLE-6	PL 3x1067x1004	3	26.67	80.00	2.15	6.44
PLE-7	PL 3x1067x1004	2	26.40	52.80	2.14	4.27
PLE-8	PL 3x1067x1055	2	27.85	55.70	2.25	4.50
PLE-9	PL 3x1067x1004	1	26.70	26.70	2.15	2.15
PLE-10	PL 3x1067x1004	1	26.70	26.70	2.15	2.15
PLE-11	PL 3x1067x1004	1	26.50	26.50	2.14	2.14
PLE-12	PL 3x1067x1055	1	27.80	27.80	2.25	2.25
PLE-13	PL 3x1067x1055	1	27.80	27.80	2.25	2.25
				5579.20		451.15



VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:50)

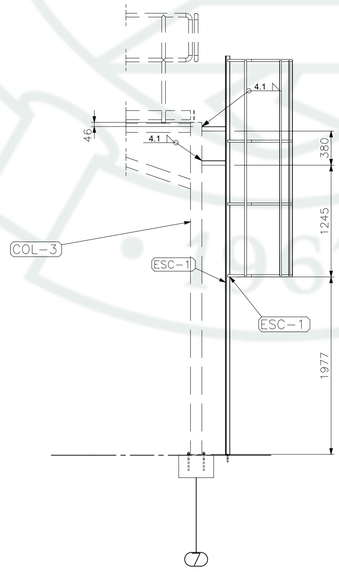
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-006	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE PLANCHAS PLATAFORMA / PLE-1 AL PLE-13			Pagina: 14/23 Rev. 00

Marca	Nombre	Cantidad	Peso (kg)	Peso Total (kg)
1	TUERCA ASTM-A536 Ø1/2"	432	0.03	12.80
2	HARDENED WASHER ASTM F436 Ø1/2"	432	0.01	3.90
3	PERNO ASTM-A325 Ø1/2"X 1 1/4"	432	0.10	43.20
	TOTAL	1296		59.9
ESC-1	L 2"X2"X1/4"	1	79.70	79.70
		1		79.70



VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:50)

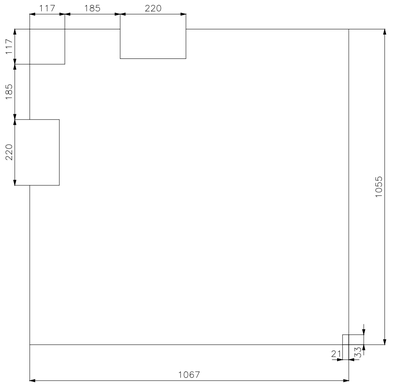
A
PLAT-SOL-ENS-007 1:2



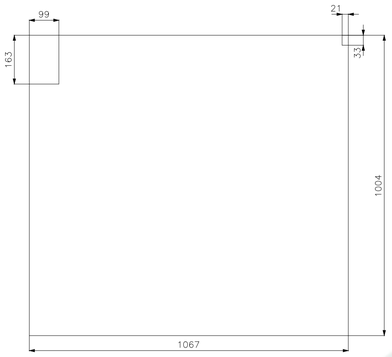
VISTA ISOMETRICO
ESC: (1:33 1/3)

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-MON-007	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES MONTAJE PERNOS / ARANDELAS / TUERCAS MONTAJE ESCALERA / ESC-1		Pagina: 15/23 Rev. 00	

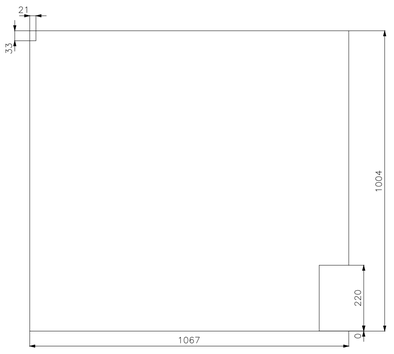
2x ple−8 PL 3x1067x1055
A36 – 1:10



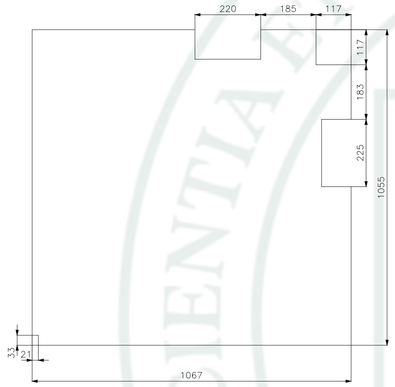
1x ple−11 PL 3x1067x1004
A36 – 1:10



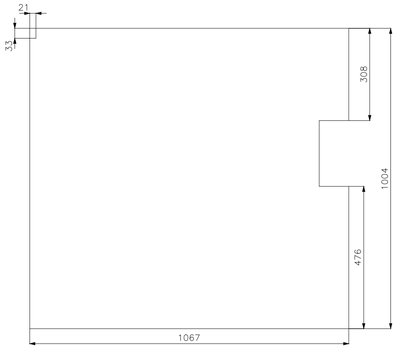
1x ple−9 PL 3x1067x1004
A36 – 1:10



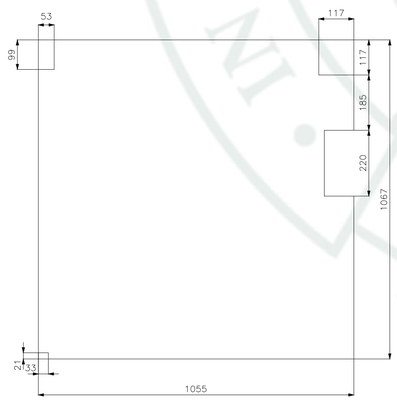
1x ple−12 PL 3x1067x1055
A36 – 1:10



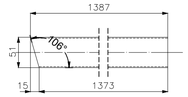
1x ple−10 PL 3x1067x1004
A36 – 1:10



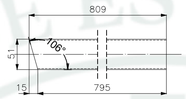
1x ple−13 PL 3x1067x1055
A36 – 1:10



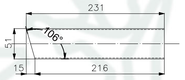
35x spa−1 HSS 2X1X1/16
A36 – 1:5



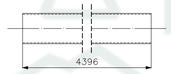
35x spa−2 HSS 2X1X1/16
A36 – 1:5



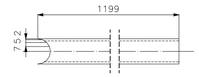
35x spa−3 HSS 2X1X1/16
A36 – 1:5



35x spa−4 HSS 2X2X1/16
A36 – 1:5



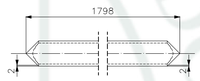
56x tub−1 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



28x tub−2 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



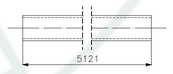
36x tub−3 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



1x tub−4 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



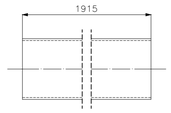
1x tub−5 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



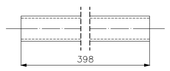
12x tub−6 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



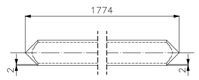
90x vgs−1 HSS4X2X1/8
A36 – 1:5



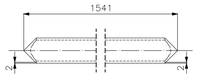
28x tub−7 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



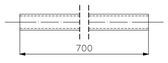
3x tub−8 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



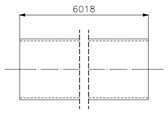
3x tub−9 Pipe1−1/4STD
A36 – 1:5



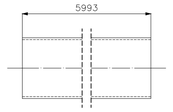
12x tub−10 Pipe3/4STD
A36 – 1:5



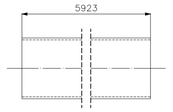
12x vgp−1 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



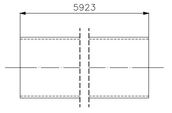
12x vgp−2 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



6x vgp−3 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



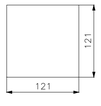
1x vgp−4 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



70x tap−15 PL 2x48x48
A36 – 1:5



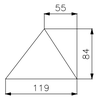
14x tap−16 PL 3x121x121
A36 – 1:5



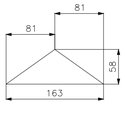
96x plr−14 PL 4x50x50
A36 – 1:5



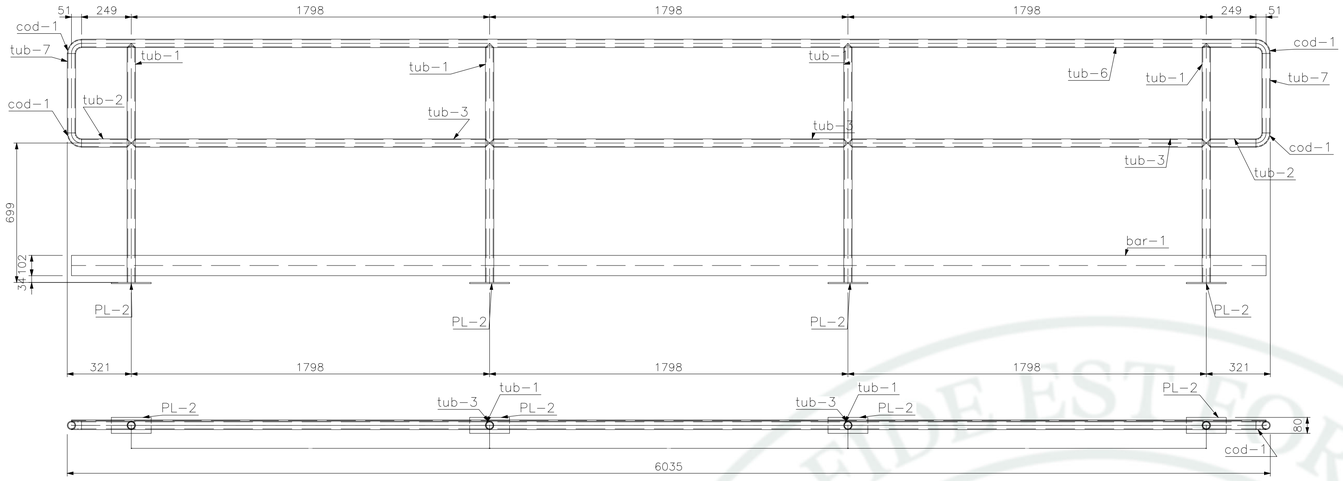
14x plr−17 PL 4x119x84
A36 – 1:5



14x plr−18 PL 4x163x58
A36 – 1:5

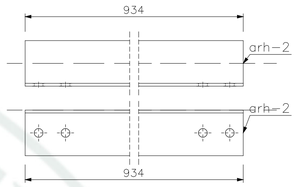


	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT−SOL−FAB−008	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES HABILITADOS−002			Pagina: 16/23 Rev. 00

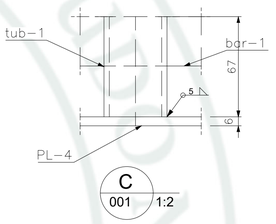


11xBAR-1
ESC (1:15)

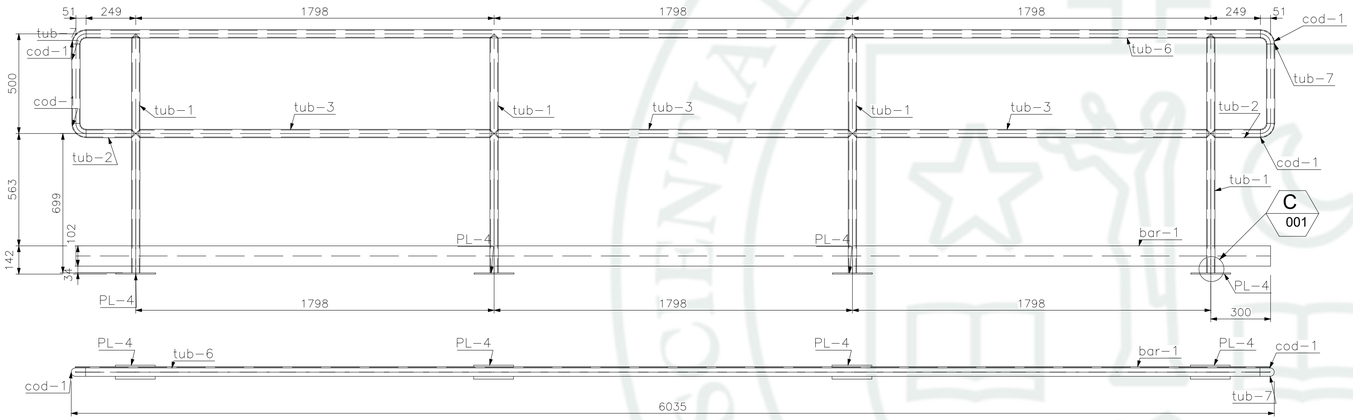
72xARH-1
ESC (1:5)



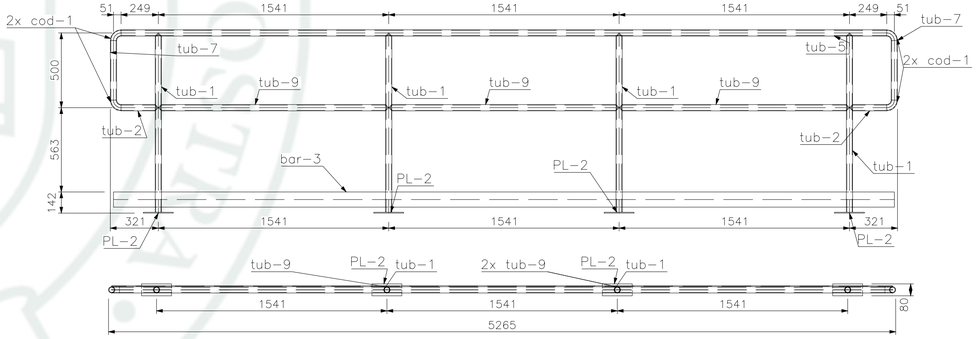
36xARH-2
ESC (1:5)



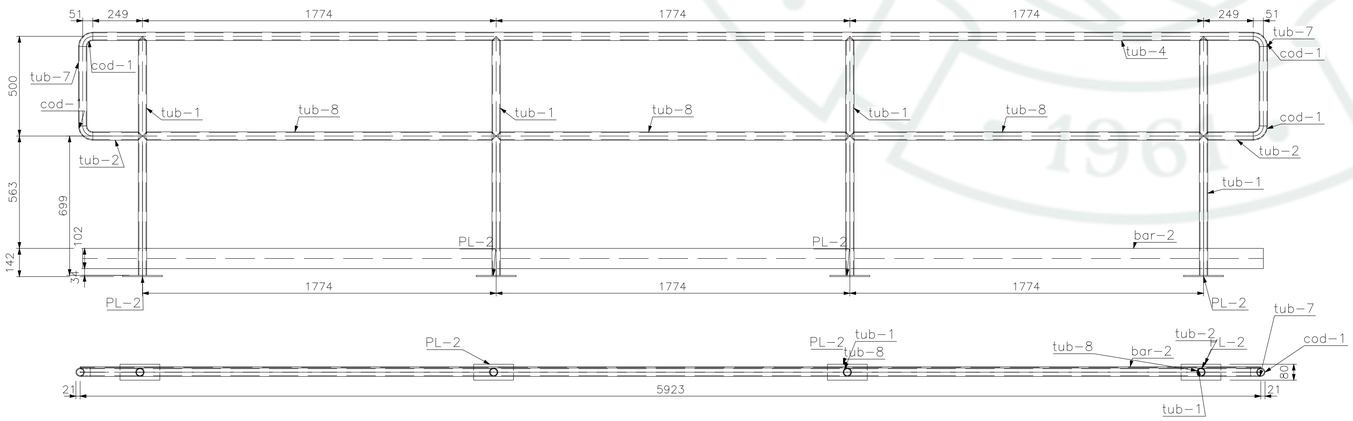
Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
BAR-1	Chapa 1/4X4	11					
tub-6	Pipe1-1/4STD	1	5891		A36	19. 9	0.78
bar-1	Chapa 1/4X4	1	5993		A36	30.40	1.20
tub-7	Pipe1-1/4STD	2	398		A36	2.70	0.10
tub-2	Pipe1-1/4STD	2	249		A36	1. 7	0.07
tub-3	Pipe1-1/4STD	3	1798		A36	18. 3	0.70
tub-1	Pipe1-1/4STD	4	119	9	A36	16. 2	0.64
cod-1	Pipe1-1/4STD	4	11	3	A36	1.10	0.06
PL-2	PL 6x200x80	4	200	80	A36	3.00	0.10
Total		21				93.30	3.80
ARH-1	L3X3X3/16	72					
arh-1	L3X3X3/16	1	959		A36	5.30	0.29
Total		1				5.30	0.29
ARH-2	L3X3X3/16	36					
arh-2	L3X3X3/16	1	934		A36	5.20	0.28
Total		1				5.20	0.28
BAR-2	Chapa 1/4X4	1					
bar-1	Chapa 1/4X4	1	5993		A36	30.40	1.20
tub-6	Pipe1-1/4STD	1	5891		A36	19.90	0.78
tub-2	Pipe1-1/4STD	2	249		A36	1.70	0.07
tub-7	Pipe1-1/4STD	2	398		A36	2.70	0.10
tub-3	Pipe1-1/4STD	3	1798		A36	18.30	0.70
tub-1	Pipe1-1/4STD	4	119	9	A36	16.20	0.64
cod-1	Pipe1-1/4STD	4	11	3	A36	1.10	0.06
PL-4	PL 6x200x70	4	200	70	A36	2.60	0.10
Total		21				92.90	3.78
BAR-3	Chapa 1/4X4	1					
tub-5	Pipe1-1/4STD	1	512	1	A36	17.30	0.68
bar-3	Chapa 1/4X4	1	5223		A36	26.50	1.10
tub-7	Pipe1-1/4STD	2	398		A36	2.70	0.10
tub-2	Pipe1-1/4STD	2	249		A36	1.70	0.07
tub-9	Pipe1-1/4STD	3	154	1	A36	15.70	0.60
tub-1	Pipe1-1/4STD	4	119	9	A36	16.20	0.64
cod-1	Pipe1-1/4STD	4	11	3	A36	1.10	0.06
PL-2	PL 6x200x80	4	200	80	A36	3.00	0.10
Total		21				84.20	3.43
BAR-4	Chapa 1/4X4	1					
tub-4	Pipe1-1/4STD	1	5821		A36	19.70	0.77
bar-2	Chapa 1/4X4	1	5923		A36	30.00	1.20
tub-7	Pipe1-1/4STD	2	398		A36	2.70	0.10
tub-2	Pipe1-1/4STD	2	249		A36	1.70	0.07
tub-8	Pipe1-1/4STD	3	1774		A36	1.80	0.70
tub-1	Pipe1-1/4STD	4	119	9	A36	16.20	0.64
cod-1	Pipe1-1/4STD	4	11	3	A36	1.10	0.06
PL-2	PL 6x200x80	4	200	80	A36	3.00	0.10
Total		21				92.40	3.76



1xBAR-2
ESC (1:15)



1xBAR-3
ESC (1:20)



1xBAR-4
ESC (1:15)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO

- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

SOLDADURA Y CONECTORES

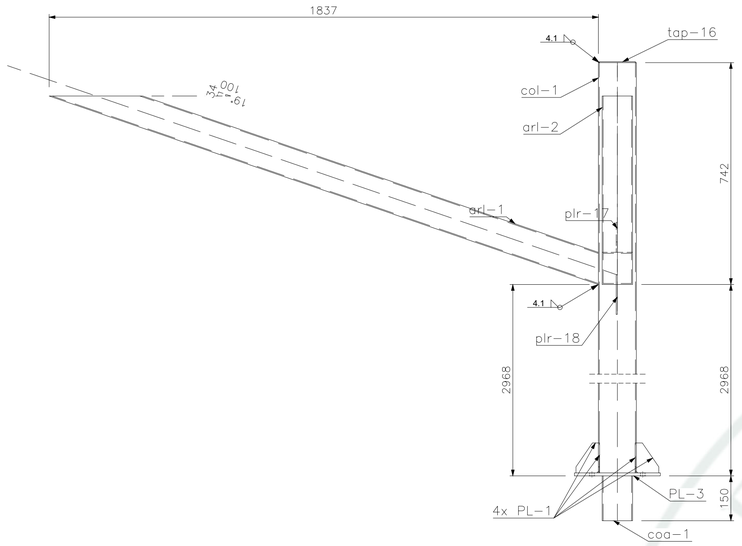
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

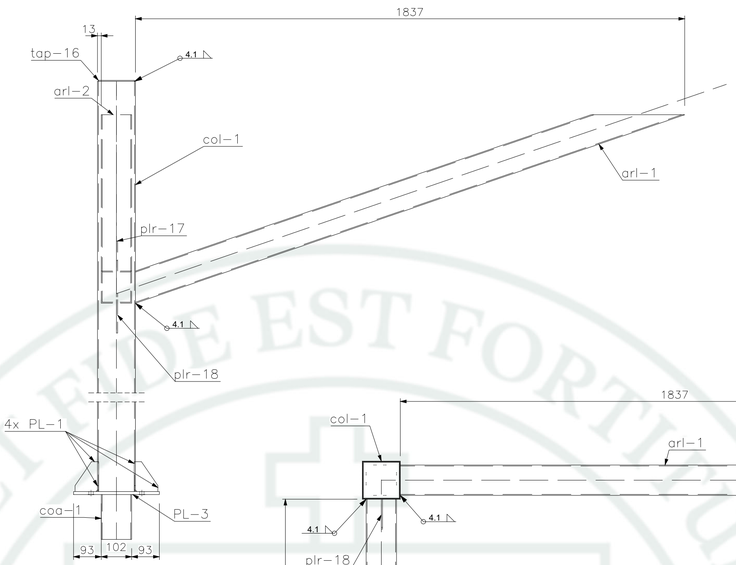
PINTURA

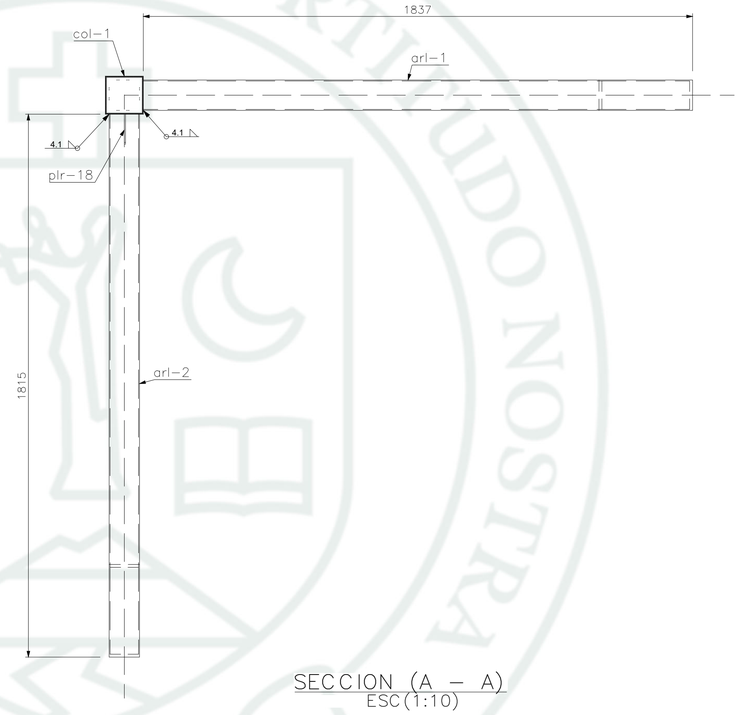
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-FAB-001	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES BARANDAS / BAR-1 AL BAR 4 ARRIOSTRE HORIZONTAL ARH-1 AL ARH-2			Pagina: 17/23 Rev. 00

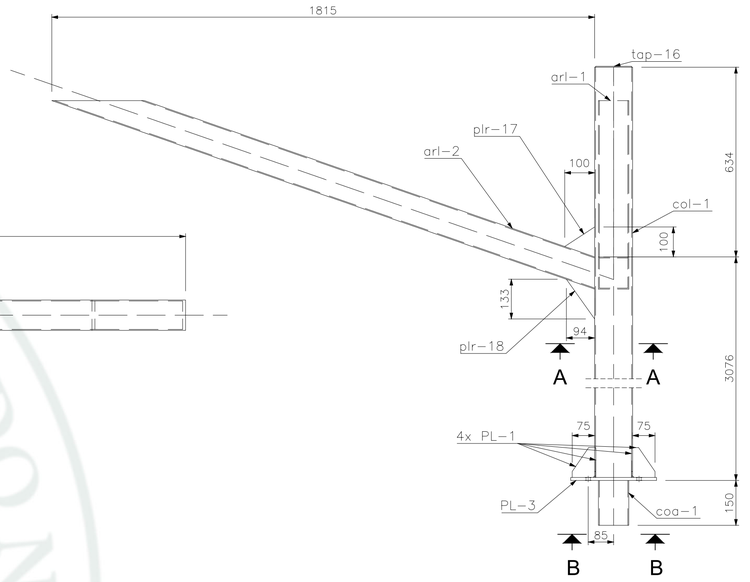
Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
VGS−1	HSS4X2X1/8	90					
vgs−1	HSS4X2X1/8	1	1915		A36	13.5	0.56
−13	PL 4x100x50	2	100	50	A36	0.3	0.02
Total		3				13.9	0.59
VGP−5	HSS4X4X1/8	1					
vgp−4	HSS4X4X1/8	1	5923		A36	56.9	2.34
−13	PL 4x100x50	3	10	50	A36	0.5	0.03
Total		4				57.4	2.37

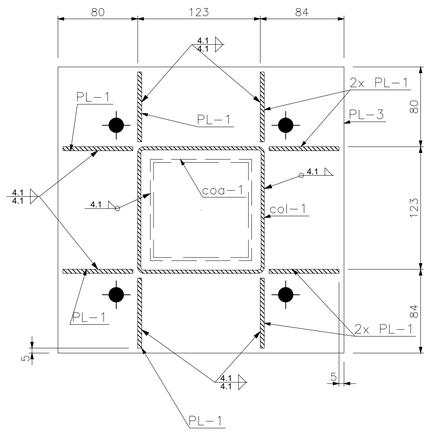


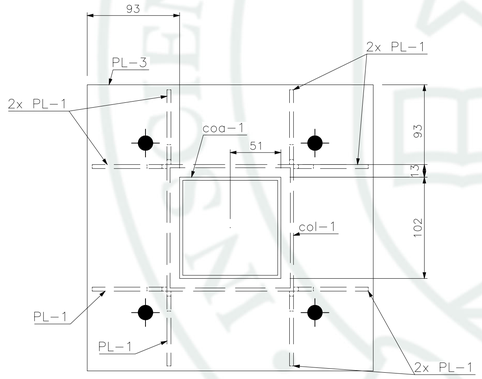




SECCION (A − A)
ESC(1:10)







SECCION (B − B)
ESC(1:3)

2xCOL−4
ESC (1:10)

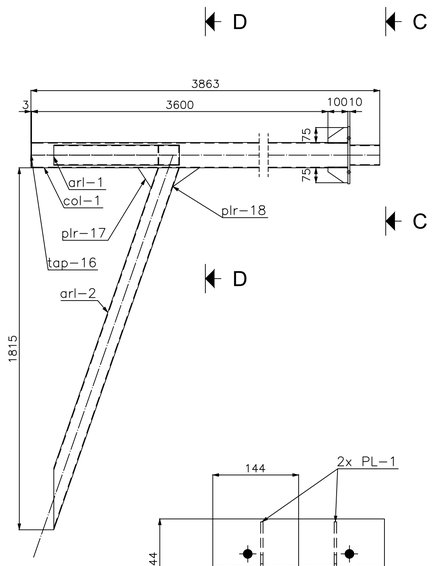
ESPECIFICACIONES TECNICAS

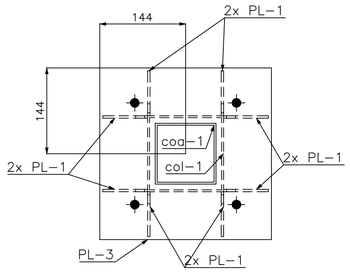
ACERO
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

SOLDADURA Y CONECTORES
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

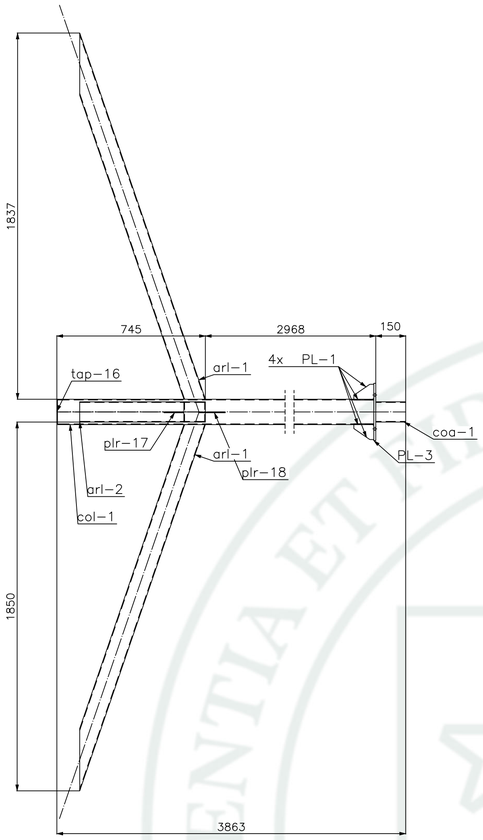
PINTURA
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

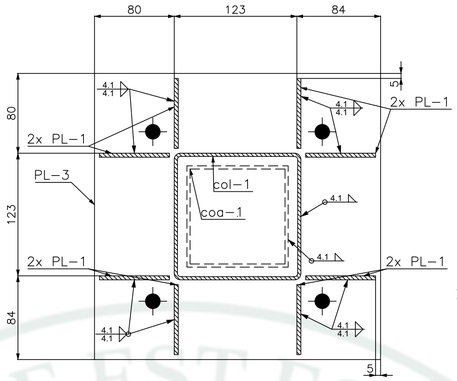
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT−SOL−FAB−002	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES COLUMNA / COL−4			Pagina: 18/23 Rev. 00

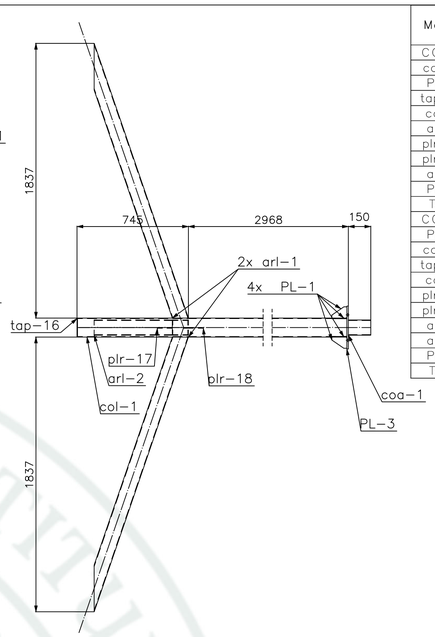




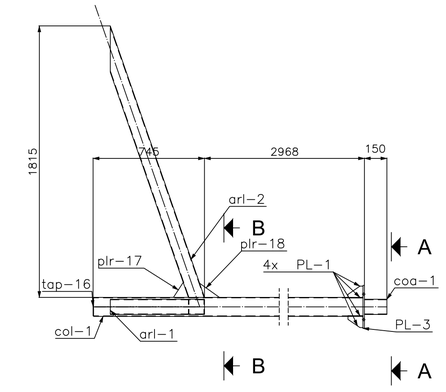
SECCION (C − C)
ESC(1:5)

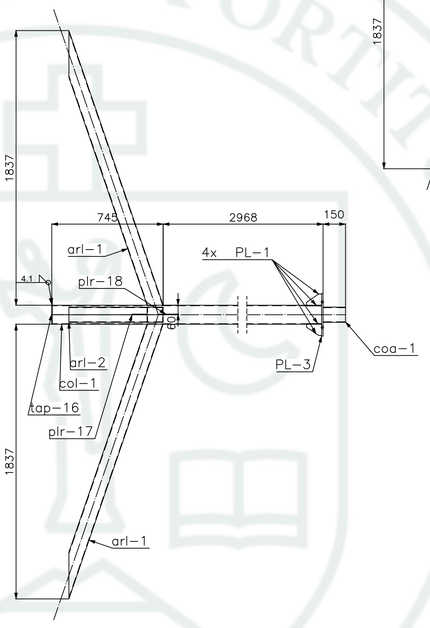


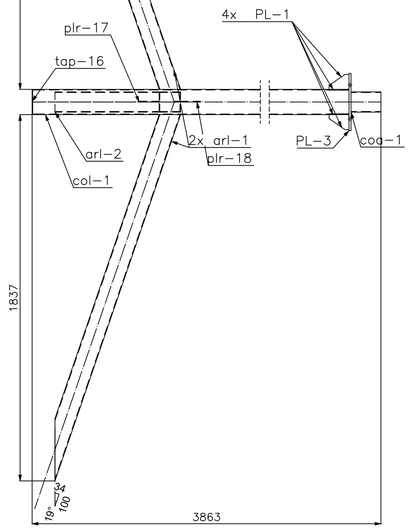


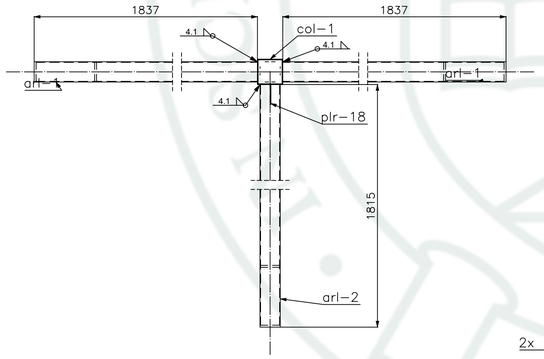


Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
COL−1	HSS5X5X1/8	5					
coa−1	HSS4X4X1/8	1	150		A36	1.4	0.06
PL−3	PL 10x287x287	1	287	287	A36	6.5	0.18
tap−16	PL 3x121x121	1	121	121	A36	0.4	0.03
col−1	HSS5X5X1/8	1	3700		A36	44.9	1.84
arl−2	HSS4X4X1/8	1	1922		A36	18.5	0.76
plr−17	PL 4x119x84	1	119	84	A36	0.2	0.1
plr−18	PL 4x163x58	1	163	58	A36	0.1	0.1
arl−1	HSS4X4X1/8	2	1942		A36	37.3	1.53
PL−1	PL 4x100x75	8	100	75	A36	1.3	0.09
Total		17				110.6	4.51
COL−2	HSS5X5X1/8	5					
PL−3	PL 10x287x287	1	287	287	A36	6.5	0.18
coa−1	HSS4X4X1/8	1	150		A36	1.4	0.06
tap−16	PL 3x121x121	1	121	121	A36	0.4	0.03
col−1	HSS5X5X1/8	1	3700		A36	44.9	1.84
plr−17	PL 4x119x84	1	119	84	A36	0.2	0.1
plr−18	PL 4x163x58	1	163	58	A36	0.1	0.1
arl−2	HSS4X4X1/8	1	1922		A36	18.5	0.76
arl−1	HSS4X4X1/8	2	1922		A36	37.3	1.53
PL−1	PL 4x100x75	8	100	75	A36	1.3	0.09
Total		17				110	4.51

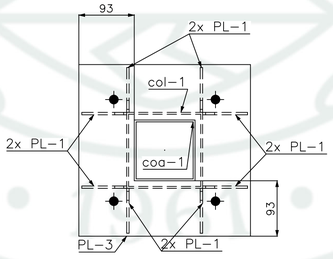




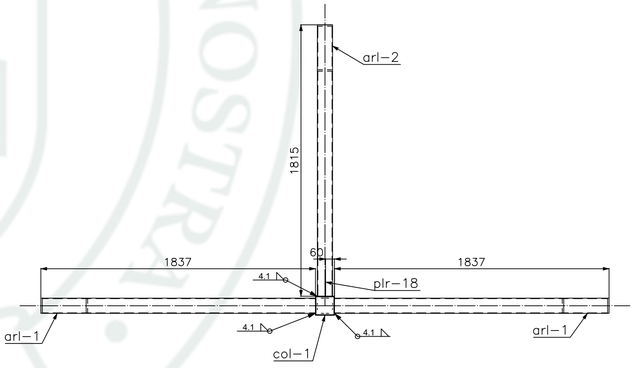




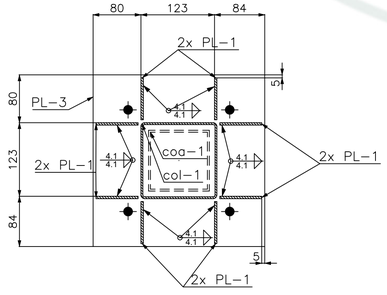
SECCION (D − D)
ESC(1:15)



SECCION (A − A)
ESC(1:5)



SECCION (B − B)
ESC(1:20)



5xCOL−2
ESC (1:15)

5xCOL−1
ESC (1:20)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO

- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

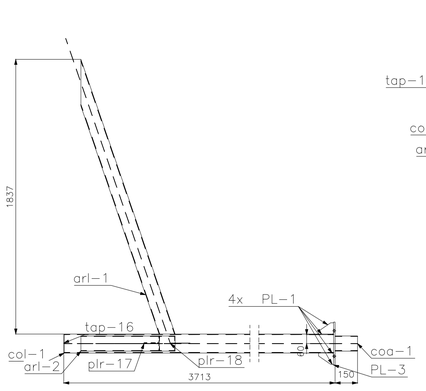
SOLDADURA Y CONECTORES

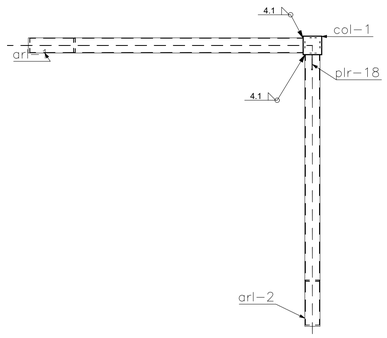
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

PINTURA

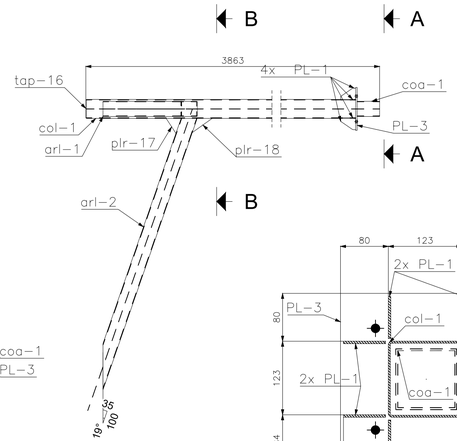
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

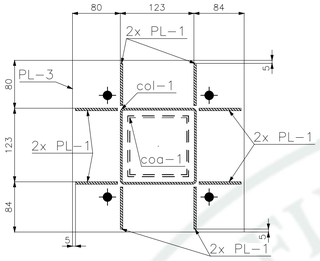
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT−SOL−FAB−003	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES COLUMNAS / COL−1 AL COL−2			Pagina: 19/23 Rev. 00

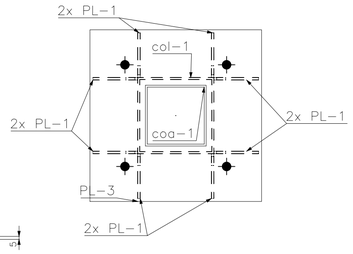




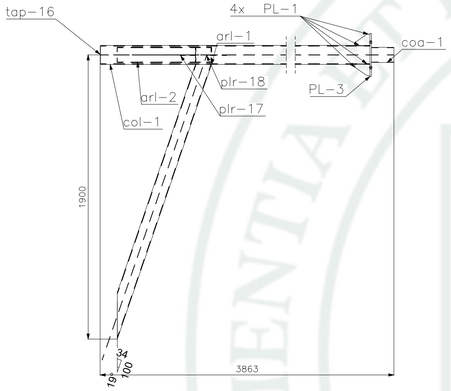
SECCION (B – B)
ESC(1:20)



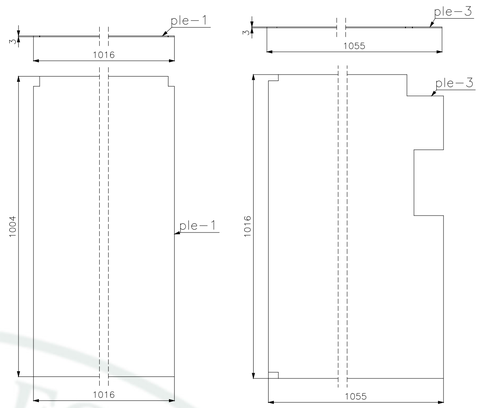




SECCION (A – A)
ESC(1:5)

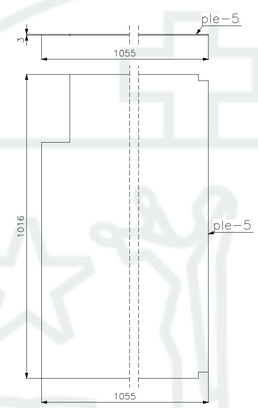


2xCOL-3
ESC (1:20)

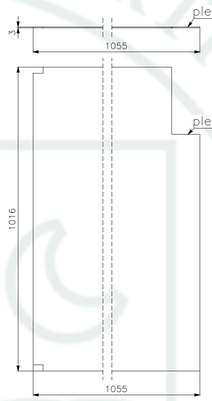


136XPLE-1
ESC (1:10)

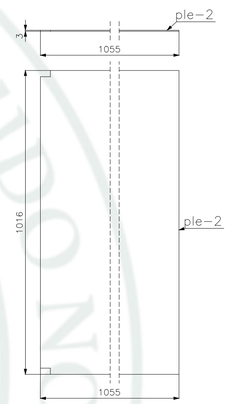
20XPLE-3
ESC (1:10)



12XPLE-4
ESC (1:10)

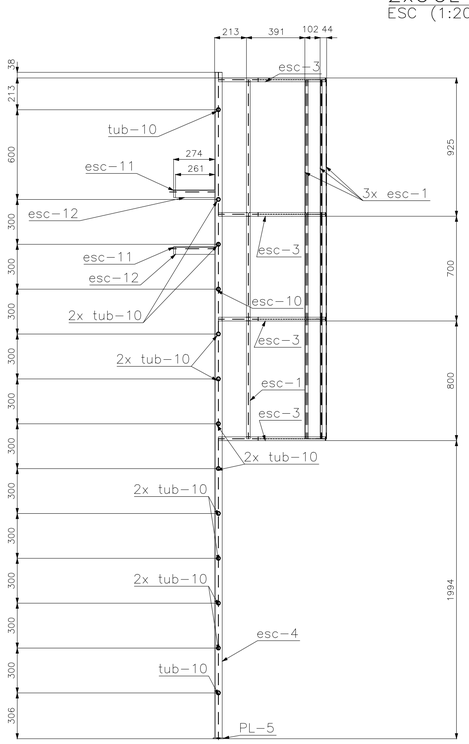


12XPLE-5
ESC (1:10)

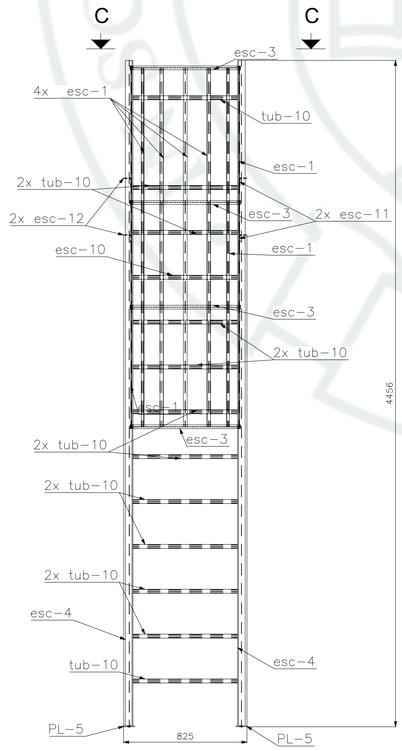


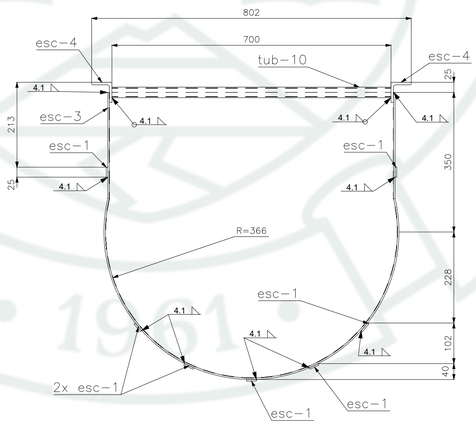
24XPLE-2
ESC (1:10)

Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
COL-3	HSS5X5X1/8	2					
coa-1	HSS4X4X1/8	1	150		A36	1.4	0.06
PL-3	PL 10x287x287	1	287	287	A36	6.5	0.18
tap-16	PL 3x121x121	1	121	121	A36	0.4	0.03
arl-2	HSS4X4X1/8	1	1922		A36	18.5	0.76
arl-1	HSS4X4X1/8	1	1942		A36	18.7	0.77
plr-18	PL 4x163x58	1	163	58	A36	0.1	0.01
plr-17	PL 4x119x84	1	119	84	A36	0.2	0.01
col-1	HSS5X5X1/8	1	3700		A36	44.9	1.84
PL-1	PL 4x100x75	8	100	75	A36	1.3	0.09
Total		16				92	3.75
PLE-4	PL 3x1055x1016	12					
ple-5	PL 3x1055x1016	1	1055	1016	A36	26.4	2.13
Total		1				26.4	2.13
PLE-5	PL 3x1055x1016	12					
ple-4	PL 3x1055x1016	1	1055	1016	A36	26.4	2.13
Total		1				26.4	2.13
ESC-1	L2X2X1/4	1					
esc-10	Pipe3/4STD	1	700		A36	1.2	0.06
esc-4	L2X2X1/4	2	4450		A36	42.3	1.81
esc-12	L2X2X1/8	2	261		A36	1.3	0.11
esc-11	L2X2X1/8	2	274		A36	1.3	0.11
PL-5	PL 6x71x71	2	71	71	A36	0.5	0.02
esc-3	Plano 25X4	4	1858		A36	5.8	0.43
esc-1	Plano 25X4	7	2400		A36	13.2	0.97
tub-10	Pipe3/4STD	12	700		A36	14.2	0.7
Total		32				79.7	4.22
PLE-1	PL 3x1016x1004	136					
ple-1	PL 3x1016x1004	1	1016	1004	A36	25.4	2.05
Total		1				25.4	2.05
PLE-2	PL 3x1055x1016	24					
ple-2	PL 3x1055x1016	1	1055	1016	A36	26.7	2.16
Total		1				26.7	2.16
PLE-3	PL 3x1055x1016	20					
ple-3	PL 3x1055x1016	1	1055	1016	A36	26.6	2.15
Total		1				26.6	2.15



1xESC-1
ESC (1:20)





SECCION (C – C)
ESC (1:7.5)

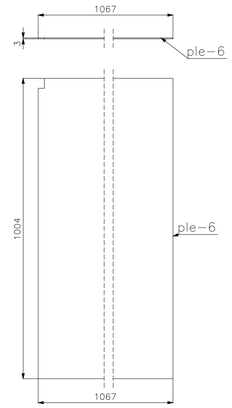
ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

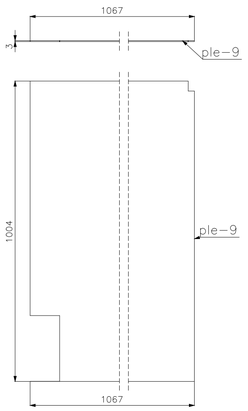
SOLDADURA Y CONECTORES
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

PINTURA
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

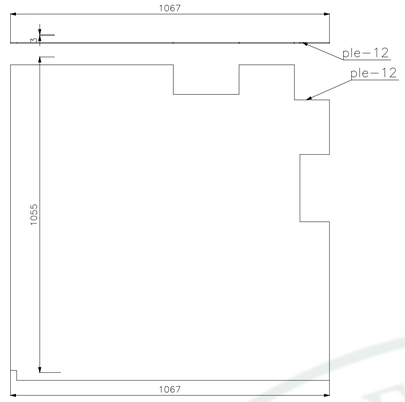
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-FAB-004	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES COLUMNAS / COL-3 / ESCALERAS ESC-1 PLATAFORMA PLE-1 AL PLE-4		Pagina: 20/23	Rev. 00



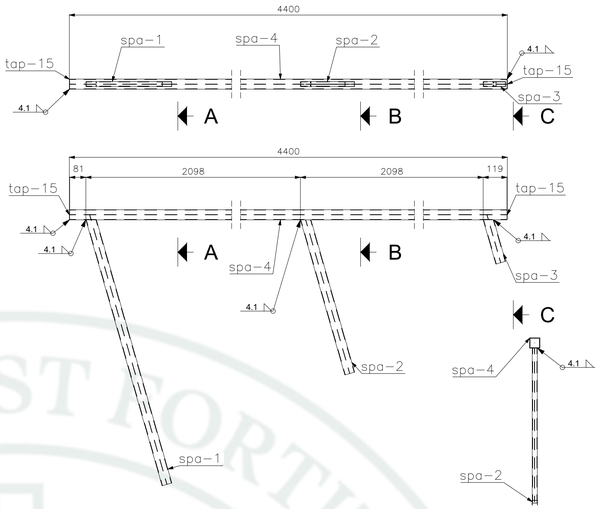
3XPLE-6
ESC (1:10)



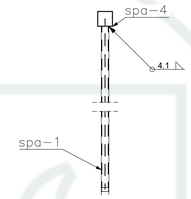
1XPLE-9
ESC (1:10)



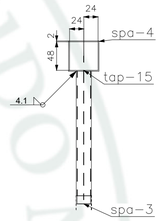
1XPLE-12
ESC (1:10)



SECCION (B – B)
ESC(1:15)

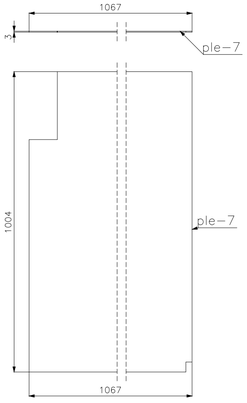


SECCION (A – A)
ESC(1:10)

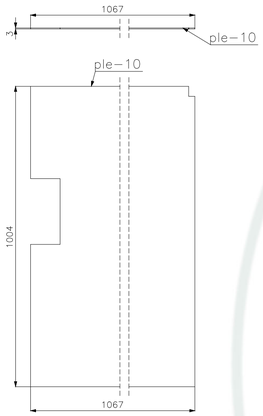


SECCION (C – C)
ESC(1:5)

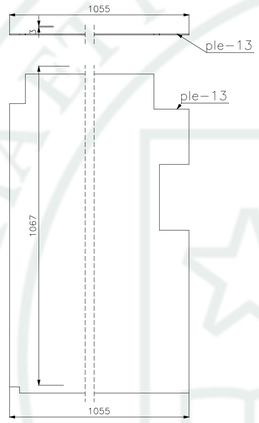
35xSPA-1
ESC (1:15)



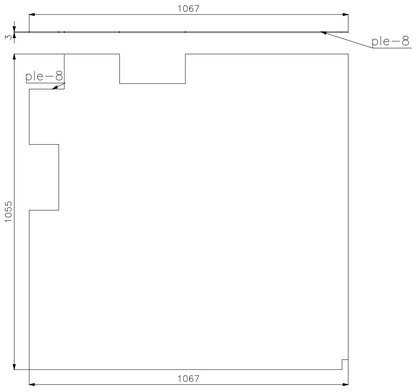
2XPLE-7
ESC (1:10)



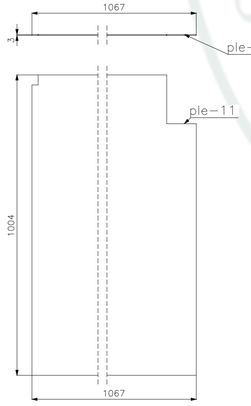
1XPLE-10
ESC (1:10)



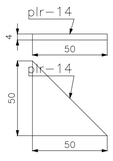
1XPLE-13
ESC (1:10)



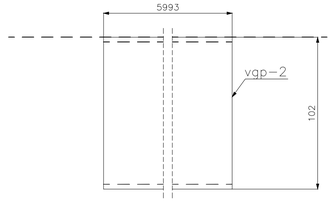
2XPLE-8
ESC (1:10)



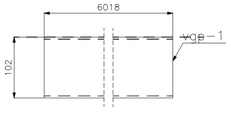
1XPLE-11
ESC (1:10)



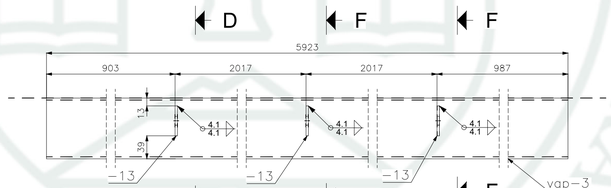
96XPLR-1
ESC (1:2)

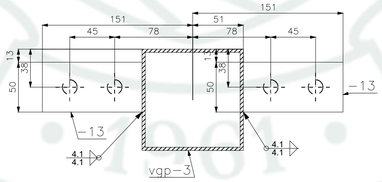


12xVGP-1
ESC (1:2)

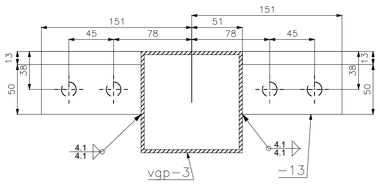


12xVGP-2
ESC (1:5)



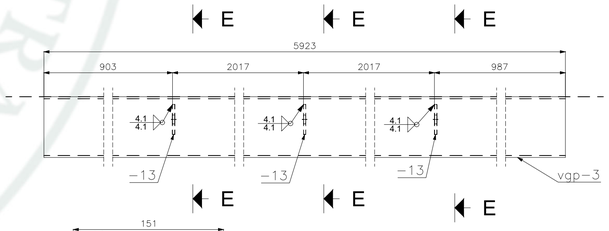


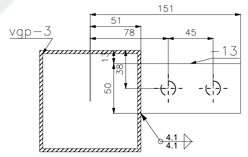
SECCION (D – D)
ESC(1:3)



SECCION (F – F)
ESC(1:3)

5xVGP-3
ESC (1:5)





SECCION (E – E)
ESC(1:3)

1xVGP-4
ESC (1:5)

Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
PLE-9	PL 3x1067x1004	1					
ple-9	PL 3x1067x1004	1	1067	1004	A36	27	2.16
Total		1				27	2.16
PLE-10	PL 3x1067x1004	1					
ple-10	PL 3x1067x1004	1	1067	1004	A36	27	2.16
Total		1				27	2.16
PLE-11	PL 3x1067x1004	1					
ple-11	PL 3x1067x1004	1	1067	1004	A36	27	2.14
Total		1				27	2.14
PLE-12	PL 3x1067x1055	1					
ple-12	PL 3x1067x1055	1	1067	1055	A36	28	2.25
Total		1				28	2.25
PLE-13	PL 3x1067x1055	1					
ple-13	PL 3x1067x1055	1	1067	1055	A36	28	2.24
Total		1				28	2.24
VGP-3	HSS4X4X1/8	5					
vgp-3	HSS4X4X1/8	1	5923		A36	57	2.34
-13	PL 4x100x50	6	100	50	A36	1	0.07
Total		7				58	2.41
PLE-6	PL 3x1067x1004	3					
ple-6	PL 3x1067x1004	1	1067	1004	A36	27	2.16
Total		1				27	2.16
PLE-7	PL 3x1067x1004	2					
ple-7	PL 3x1067x1004	1	1067	1004	A36	26	2.13
Total		1				26	2.13
PLE-8	PL 3x1067x1055	2					
ple-8	PL 3x1067x1055	1	1067	1055	A36	28	2.25
Total		1				28	2.25
SPA-1	HSS 2X2X1/16	35					
spa-4	HSS 2X2X1/16	1	4396		A36	11	0.89
spa-3	HSS 2X1X1/16	1	231		A36	0	0.04
spa-2	HSS 2X1X1/16	1	809		A36	2	0.12
spa-1	HSS 2X1X1/16	1	1387		A36	3	0.21
tap-15	PL 2x48x48	2	48	48	A36	0	0.01
Total		6				16	1.27
VGP-1	HSS4X4X1/8	12					
vgp-2	HSS4X4X1/8	1	5993		A36	58	2.37
Total		1				58	2.37
VGP-2	HSS4X4X1/8	12					
vgp-1	HSS4X4X1/8	1	6018		A36	58	2.38
Total		1				58	2.38
VGP-4	HSS4X4X1/8	1					
vgp-3	HSS4X4X1/8	1	5923		A36	57	2.34
-13	PL 4x100x50	3	100	50	A36	1	0.03
Total		4				57	2.37
PLR-1	PL 4x50x50	96					
plr-14	PL 4x50x50	1	50	50	A36	0	0.00
Total		1				0	0.00

ESPECIFICACIONES TECNICAS

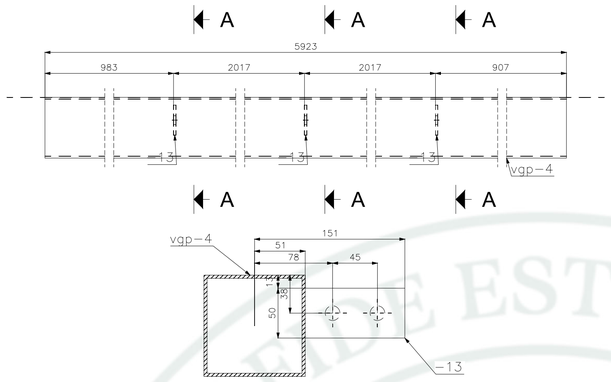
ACERO
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

SOLDADURA Y CONECTORES
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

PINTURA
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

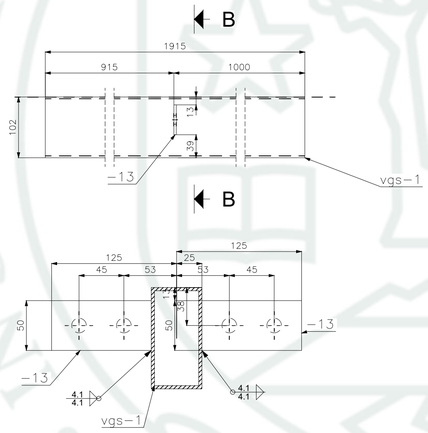
	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-FAB-005	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES PLANCHAS / PLE-6 AL PLA-13/PLR-1 VIGAS PRINCIPALES VGP-1 AL VGP-2 / SOPORTE PANELES SPA-1			Pagina: 21/23 Rev. 00

Marca	Nombre	Cantidad	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Calidad	Peso (kg)	Pintura (m2)
VGS-1	HSS4X2X1/8	90					
vgs-1	HSS4X2X1/8	1	1915		A36	13.5	0.56
-13	PL 4x100x50	2	100	50	A36	0.3	0.02
Total		3				13.9	0.59
VGP-5	HSS4X4X1/8	1					
vgp-4	HSS4X4X1/8	1	5923		A36	56.9	2.34
-13	PL 4x100x50	3	10	50	A36	0.5	0.03
Total		4				57.4	2.37



SECCION (A – A)
ESC(1:3)

1xVGP-5
ESC (1:5)



SECCION (B – B)
ESC(1:3)

90xVGS-1
ESC (1:5)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

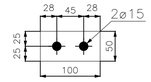
ACERO
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 — Fy = 2,530 kg/cm2

SOLDADURA Y CONECTORES
- ELECTRODOS CELULÓSICOS E60, SEGÚN AWS A5.1 — Fu = 4,200 kg/cm2
- PERNOS ASTM A325 Ó A490 — Fu = 4,200 kg/cm2

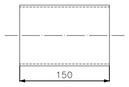
PINTURA
- ARENADO: SSPC SP 6
- PINTURA EPOXICA, AMARILLO SEGURIDAD, A 6 MILS.

	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT-SOL-FAB-006	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES VIGAS PRINCIPALES VGP-5 VIGA SECUNDARIA VGS-1			Pagina: 22/23 Rev. 00

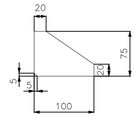
216x —13 PL 4x100x50
A36 – 1:5



14x coa—1 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



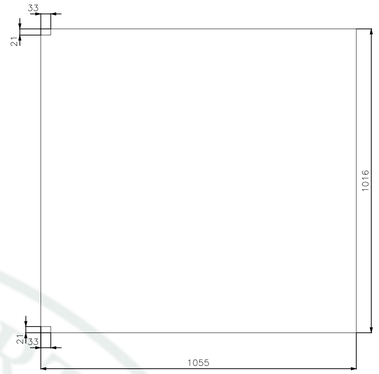
112x PL—1 PL 4x100x75
A36 – 1:5



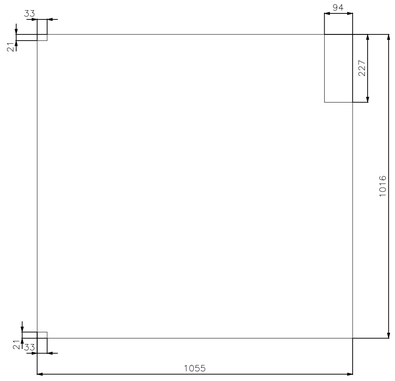
52x PL—2 PL 6x200x80
A36 – 1:5



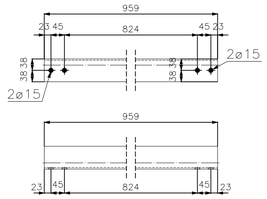
24x ple—2 PL 3x1055x1016
A36 – 1:10



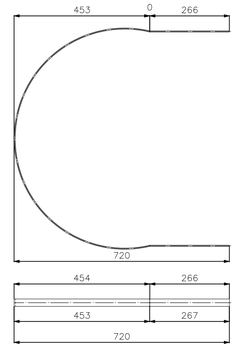
12x ple—5 PL 3x1055x1016
A36 – 1:10



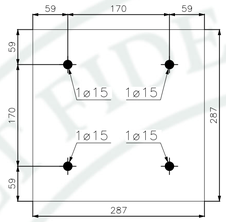
72x arh—1 L3X3X3/16
A36 – 1:10



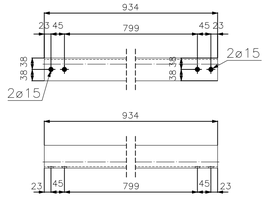
4x esc—3 Plano 25X4
A36 – 1:10



14x PL—3 PL 10x287x287
A36 – 1:5



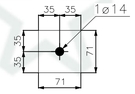
36x arh—2 L3X3X3/16
A36 – 1:10



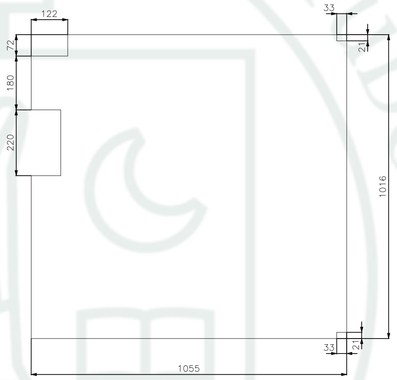
2x esc—4 L2X2X1/4
A36 – 1:5



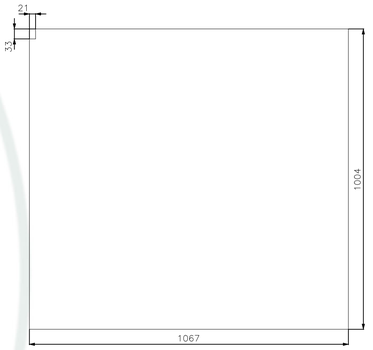
2x PL—5 PL 6x71x71
A36 – 1:5



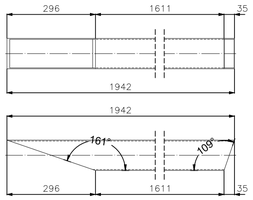
20x ple—3 PL 3x1055x1016
A36 – 1:10



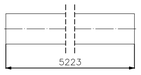
3x ple—6 PL 3x1067x1004
A36 – 1:10



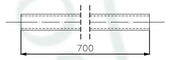
24x arl—1 HSS4X4X1/8
A36 – 1:10



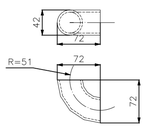
1x bar—3 Chapa 1/4X4
A36 – 1:10



1x esc—10 Pipe3/4STD
A36 – 1:5



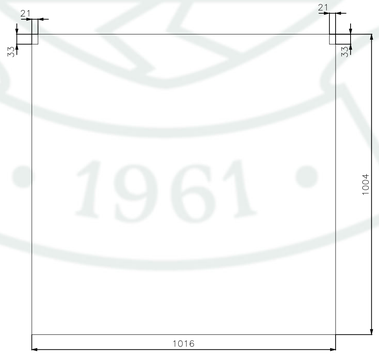
56x cod—1 Pipe1—1/4STD
A36 – 1:5



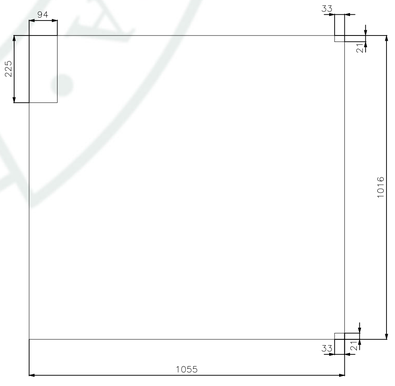
4x PL—4 PL 6x200x70
A36 – 1:5



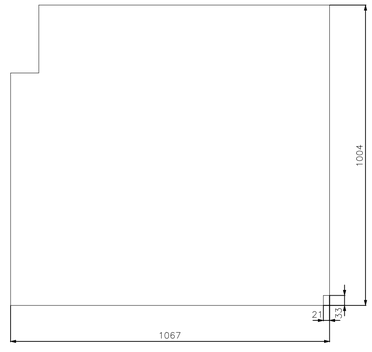
136x ple—1 PL 3x1016x1004
A36 – 1:10



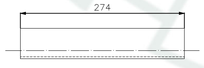
12x ple—4 PL 3x1055x1016
A36 – 1:10



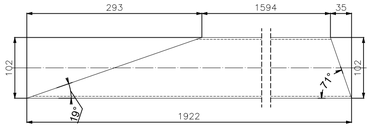
2x ple—7 PL 3x1067x1004
A36 – 1:10



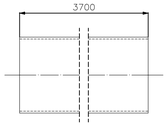
2x esc—11 L2X2X1/8
A36 – 1:5



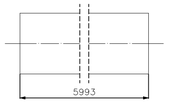
14x arl—2 HSS4X4X1/8
A36 – 1:5



14x col—1 HSS5X5X1/8
A36 – 1:5



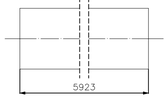
12x bar—1 Chapa 1/4X4
A36 – 1:5



2x esc—12 L2X2X1/8
A36 – 1:5



1x bar—2 Chapa 1/4X4
A36 – 1:5



7x esc—1 Plano 25X4
A36 – 1:5



	Denominación		Material: Indicado en plano	Dimensiones en mm
Elaboró:	CALLATA HUACCHA JOSE MARIA	Fecha:	Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica, Mecanica-Electrica y Mecatronica	
	TUPA BELISARIO ANDREE ALEX	06/12/2025		
Revisó:	CACERES NUÑEZ EMILIO AUGUSTO			
Código Plano:	PLAT—SOL—FAB—007	06/12/2025		
Escala: Indicada	PLATAFORMA PANELES SOLARES HABILITADOS—001			Pagina: 23/23 Rev. 00