

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y

ELECTROMECAÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE
AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA
GRANDE**

Proyecto de grado presentado para la obtención del Grado de Licenciatura en Ingeniería
Electromecánica

POR: ERICK DANIEL ZAMBRANA TEJERINA.

TUTOR: ING. LUCIO MAMANI CHOQUE

LA PAZ-BOLIVIA

Junio, 2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECAÁNICA
“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA
SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, POR:

ERICK DANIEL ZAMBRANA TEJERINA

REVISADO Y PRESENTADO ANTE EL TRIBUNAL DE GRADO ACADÉMICO

DIRIGIDA POR:

Ing. Lucio Mamani Choque.

TRIBUNAL EXAMINADOR:

M.Sc. Ing. Ciro Alberto Levy Díaz.

Ing. Marco Antonio Mamani Choque.

Ing. Edwin Luis Flores Menacho.

La Paz – Bolivia

2024

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado salud y permitirme lograr los objetivos, por estar siempre conmigo, por cuidarme y por guiar e iluminar mi camino.

A mi familia. Se la Dedicó este proyecto a las personas que más han influenciado en mi vida, dándome los mejores consejos, guiándome y haciendo una persona de bien, con todo mi amor, mi afecto se las dedico, a mi madre Eusebia Teresa Tejerina Mora que ha sabido formarme, enseñarme los hábitos y valores lo cual me ayudaron a seguir adelante en los momentos difíciles y a mi Padre Juan Zambrana Carmona por sus sabios consejos. Gracias por saber guiar los pasos de sus hijos, a mis hermanos Leidy Silvia, María Luz, Ariel y Carol Alejandra, quienes con su ejemplo impulsaron en mí la ganas de superación que me empujaron a ser una mejor versión de mí mismo.

AGRADECIMIENTOS

A la carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica, por la formación profesional integral impartida durante el desarrollo de mi carrera.

A los comunarios del Municipio de Casa Grande de Sur Lipez Potosí, cuya experiencia y necesidades, permitieron el desarrollo del presente Proyecto de Grado.

Al ingeniero Lucio Mamani Choque por apoyarme con sus conocimientos y experiencia en la elaboración del presente proyecto.

A mis tribunales por las enseñanzas impartidas en sus aulas. A los amigos que tuve la dicha de conocer y quienes compartimos esta etapa de la vida.

A mis padres por ser mis primeros maestros, por ser mi guía moral y por ser mi inspiración.

RESUMEN

El proyecto presenta el diseño de un sistema fotovoltaico destinado al bombeo de agua subterránea para la comunidad de Casa Grande, ubicada en el municipio de Mojinete, provincia de Sur Lipez, departamento de Potosí. Este proyecto se enfoca principalmente en atender las necesidades de poblaciones rurales que carecen de acceso a servicios básicos. Su objetivo es satisfacer la demanda de agua en la comunidad mediante la extracción de agua de pozos existentes, utilizando una bomba sumergible. El agua extraída será almacenada en un tanque para su posterior uso en consumo humano, animal y riego de cultivos. El proyecto incluye el análisis de los parámetros de diseño, como el número de familias, animales y áreas de cultivo, así como datos geográficos necesarios para dimensionar el sistema fotovoltaico en el lugar de estudio. También se considera la producción agrícola para garantizar el suministro sostenible de este recurso vital para la comunidad.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se lleva a cabo un exhaustivo estudio de la generación fotovoltaica y la selección de bombas sumergibles. Para ello, se establece un fundamento teórico que permite determinar los parámetros de diseño necesarios para realizar cálculos ingenieriles precisos. Estos valores se validan a través de herramientas computacionales, garantizando un equilibrio entre la oferta y la demanda de energía de los equipos.

En el siguiente apartado, se detalla la planificación del proceso de manufactura de la estructura de los paneles fotovoltaicos, así como del sistema de pararrayos. Además, se presentan recomendaciones para la operación y el mantenimiento de cada subsistema del sistema de bombeo fotovoltaico. A partir de estos puntos, se revelan los precios de los materiales, equipos, insumos y herramientas, lo que permite determinar el costo total del sistema de bombeo subterráneo fotovoltaico para la comunidad de Casa Grande.

Como resultado el costo de inversión de la instalación de sistema de bombeo subterráneo fotovoltaico se presenta un valor accesible ante los otros sistemas de solución. Dando a conocer a la comunidad que no existe gastos posteriores por lo tanto la inversión inicial se recupera a la mitad de la vida útil de la instalación por otra parte significa beneficio económico para la comunidad de Casa Grande.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivo Específicos.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.1. Justificación Técnica.....	3
1.4.2. Justificación Económica.....	3
1.4.3. Justificación Social.....	4
1.5. LIMITES Y ALCANCES.....	4
1.5.1. Limites.....	4
1.5.2. Alcances.....	4
1.6. UBICACIÓN Y CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.....	5
1.6.1. Comunidad de Casa Grande, Ubicación y Clima.....	5
1.6.2. Extensión territorial.....	6
1.7. ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....	7
1.8. ELECCION DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION.....	8
CAPÍTULO II.....	9
2. FUNDAMENTO TEORICO.....	9
2.1 AREA DE INFLUENCIA PARA EL PROYECTO.....	9
2.1.1. Población actual en la comunidad de Casa Grande.....	9
2.1.2. Sistemas de producción Agrícola.....	11
2.1.3. Software para sistemas de información geográfica /QGIS.....	14
2.2 DEMANDA DE AGUA POR LA COMUNIDAD.....	15
2.2.1. Sistema de agua para riego a los cultivos.....	15
2.2.1.1. Diseño agronómico.....	16
2.2.1.2. Sistema de consumo de agua potable.....	27
2.3 DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO.....	33
2.3.1. Determinación de las necesidades hidráulicas de bombeo.....	34
2.3.2. Determinación de los Parámetros hidráulicos.....	34
2.4 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.....	44
2.4.2. Radiación solar.....	46
2.5. SUBSISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA.....	48
2.5.1. Generador Fotovoltaico.....	48

2.5.2.	Módulos Fotovoltaicos.....	48
2.5.3.	Tipos de Módulos Solares.....	49
2.5.4.	Conexión de un módulo Fotovoltaico.....	50
2.5.5.	Célula fotovoltaica.....	51
2.5.6.	Efectos de la Temperatura y la Radiación en la célula Fotovoltaica.....	52
2.5.7.	Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos.....	53
2.5.8.	Parámetros para el dimensionamiento fotovoltaico.....	54
2.5.9.	Software Dimensionamiento Fotovoltaico PVSyst.....	56
2.6.	SUBSISTEMA MOTOR-BOMBA FOTOVOLTAICO.....	57
2.6.1.	Implementación de bombas para la extracción de agua.....	57
2.6.2.	Motores.....	57
2.6.3.	Bombas.....	59
2.6.4.	Tipos de bombas en aplicaciones solares.....	59
2.6.5.	Selección del tipo de Bomba y su configuración.....	59
2.6.6.	Acople generador Motor-Bomba.....	62
2.7.	SUBSISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA.....	63
2.7.1.	Inversores DC/AC.....	63
2.7.2.	Sistema de almacenamiento (Baterías).....	68
2.7.3.	Controlador o Regulador de carga.....	70
2.7.4.	Conductores eléctricos.....	71
2.7.5.	Protecciones.....	73
	CAPÍTULO III.....	78
3.	INGENIERIA DEL PROYECTO.....	78
3.1.	PARAMETROS DE DISEÑO.....	78
3.1.1.	Descripción del área de estudio.....	78
3.1.2.	Condiciones climatológicas del lugar de estudio.....	81
3.1.3.	Determinación de la demanda de agua sistema de riego.....	85
3.1.3.3.	Diseño hidráulico asistido por Bentley WaterCAD.....	97
3.1.4.	Sistema de consumo de agua potable.....	113
3.2.	CONFIGURACION DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICA.....	127
3.2.1.	Identificación de Subsistemas.....	127
3.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL SUBSISTEMA DE BOMBEO DE AGUA.....	128
3.2.1.	Determinación de las necesidades Hidráulicas.....	128
3.2.2.	Altura manométrica total o altura dinámica de bombeo.....	134
3.2.3.	Dimensionamiento de la potencia del motor/bomba.....	136
3.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SUBSISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA.....	138

3.3.1.	Demanda energética de la instalación.....	138
3.3.2.	Radiación solar en el lugar de estudio.	139
3.3.3.	Cálculo de la potencia del sistema de fotovoltaico.....	140
3.3.4.	Cálculo de los elementos.	140
3.3.5.	Cálculo de los acumuladores de energía.	145
3.3.6.	Cálculo de los conductores y protecciones.	146
3.3.7.	Simulación de los sistemas fotovoltaicos.	155
3.3.8.	Diseño de la estructura de soporte.	158
3.3.9.	Sistema de control.....	164
CAPÍTULO IV		169
4. MANUFACTURA.		169
4.1. PROCESO DE FABRICACION.		169
4.1.1.	Proceso de fabricación de la estructura de los generadores.	169
4.1.2.	Proceso de fabricación de la estructura sistema de pararrayos.....	169
4.2. PROCESO Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS.		169
4.2.1.	Montaje de los paneles.....	169
4.2.2.	Montaje de las baterías.....	170
4.2.3.	Montaje del inversor.	171
4.2.4.	Montaje de la bomba de agua sumergible.....	171
4.3. PROCESO MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO.		172
4.3.1.	Mantenimiento de los paneles solares.....	172
4.3.2.	Mantenimiento del grupo de Baterías.	173
4.3.3.	Mantenimiento de bomba sumergible de agua.	173
4.3.4.	Mantenimiento tablero principal.....	174
4.3.5.	Mantenimiento de sistema de distribución de agua.	174
CAPÍTULO V		176
5. COSTOS.....		176
5.1. Análisis Económico.		176
5.2. Costo de equipos e insumos.		176
5.3. Costo de procesos y mano de obra.....		177
5.4. Costo total		178
CAPÍTULO VI.....		181
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		181
6.1. Conclusiones.		181
6.2. Recomendaciones.....		182
BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA.....		183
ANEXOS.....		184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa Geográfico de la Provincia Sur Lipez.....	5
Figura 1.2 Actividades Económicas Comunidad Casa Grande.....	6
Figura 2.1 Comunidad de Casa Grande - Municipio de Mojinete.	9
Figura 2.2 Ubicación de Áreas de Cultivos de la comunidad de Casa Grande	14
Figura 2.3 Triangulo de textura de suelos.	17
Figura 2.4 Diagrama esquemático del agua en el suelo.	17
Figura 2.5 Sistema de riego por aspersión.	25
Figura 2.6 Traslape entre aspersores y humedecimiento del perfil de suelo.	26
Figura 2.7 Diagrama esquemático del nivel del agua en un pozo de bombeo.	42
Figura 2.8 Curva característica de una bomba centrífuga.	43
Figura 2.9 Software para el diseño hidráulico WaterCAD.....	44
Figura 2.10 Mapa de energía solar en el Mundo en W/m ² (Watts por metro cuadrado).	45
Figura 2.11 Mapa de radiación solar Media Anual para Bolivia (kWh/m ² /día).	45
Figura 2.12 Espectro de radiación solar fuera de la atmosfera de la Tierra.	47
Figura 2.13 Radiación solar directa, difusa y reflejada sobre una superficie inclinada.	48
Figura 2.14 Sección de un módulo fotovoltaico.....	48
Figura 2.15 Conexión en Serie.	50
Figura 2.16 Conexión el Paralelo.	51
Figura 2.17 Curva características I-V del panel fotovoltaico.....	51
Figura 2.18 Corrientes internas de una celda fotovoltaica.	52
Figura 2.19 Módulos a temperatura variable e irradiación constante de 1000 W/m ²	52
Figura 2.20 Módulos a temperatura constante de 25°C.	53
Figura 2.21 Selección del tipo de Bomba FV-rango de capacidades.....	60
Figura 2.22 Característica I-V de diferentes cargas acopladas.....	62
Figura 2.23 Convertidores DC-AC (Inversores).	64
Figura 2.24 Regulador de carga Solar.	70
Figura 2.25 Volumen de proporcionado por el concepto del ángulo de protección.....	76
Figura 2.26 Angulo de protección ofrecido por las terminales aéreas esfera rodante.....	76
Figura 2.27 Conceptos utilizados para determinar el ángulo de protección.....	77
Figura 3.1 Ubicación de la Comunidad de Casa Grande.	78
Figura 3.2 Comunidad de Casa Grande- Terrenos de cultivo	80
Figura 3.3 Temperatura máxima promedio por meses.....	82
Figura 3.4 Precipitación Pluvial (mm) Comunidad Casa Grande.	83
Figura 3.5 Radiación Solar incidente sobre distintas superficies inclinadas.	84
Figura 3.6 Representación de las Horas sol pico promedio de la zona de estudio.....	85

Figura 3.8 Ventana de Datos Climáticos para ET	86
Figura 3.9 Ventana de situación sin Proyecto	86
Figura 3.10 Configuración de un sistema de riego Móvil	91
Figura 3.11 Ventana de Fuente de Agua- tanque de almacenamiento.	94
Figura 3.12 Ventana Situación con proyecto.	94
Figura 3.13 Exportación de las curvas de nivel de QGIS a DXF.....	98
Figura 3.14 Configuración de las unidades en Bentley WaterCAD.....	100
Figura 3.15 Plano a escala importado en WaterCAD.	100
Figura 3.16 Trazado de la red hidráulica en WaterCAD.....	101
Figura 3.17 Importación de las elevaciones del lugar de estudio.....	101
Figura 3.18 Ventana con las elevaciones importadas en los nodos de la red hidráulica.	102
Figura 3.19 Configuración Manual de las elevaciones de nivel.....	102
Figura 3.20 Configuración de la demanda en WaterCAD.	103
Figura 3.21 Sistema de distribución de agua a los cultivos.....	104
Figura 3.22 Cronograma de sistema de riego continuo multiflujo.....	104
Figura 3.23 Configuración del tanque de almacenamiento en WaterCAD.	106
Figura 3.24 Configuración de las válvulas reductoras de presión PRV.....	107
Figura 3.25 Configuración de las válvulas expulsoras de aire AV.	107
Figura 3.26 Configuración de la válvula de retención o Check en WaterCAD.	108
Figura 3.27 Configuración de las válvulas GPV.....	108
Figura 3.28 Pérdidas de válvula mariposa por el ángulo de apertura.....	109
Figura 3.29 Configuración de la curva de pérdidas de las válvulas.	110
Figura 3.30 Validación de la red Hidráulica en WaterCAD.	110
Figura 3.31 Validación de los cálculos en análisis dinámico.	111
Figura 3.32 Resultados de los cálculos del modelo hidráulico en Bentley WaterCAD.....	113
Figura 3.33 Proyección de la Población.....	115
Figura 3.34 Plano Topográfico del área de estudio en DWF.	118
Figura 3.35 Configuración del nivel de elevaciones del terreno.....	118
Figura 3.36 Configuración de las elevaciones en Custometer Meter.....	119
Figura 3.37 Configuración de la demanda Doméstica.	122
Figura 3.38 Configuración No doméstica.	123
Figura 3.39 Validación de la red de conducción de agua.....	123
Figura 3.40 Computo de la red de conducción de agua.	124
Figura 3.41 Resultados de la red de Conducción de agua.....	124
Figura 3.42 Resultados de las presiones de trabajo en análisis dinámico en los nodos.	125
Figura 3.43 Resultados de las presiones de trabajo en análisis estático en los nodos.	125
Figura 3.44 Diagrama de presiones de trabajo Dinámico y estático.	126

Figura 3.45 Configuración del sistema de bombeo fotovoltaico.....	127
Figura 3.46 Dimensiones del tanque de Almacenamiento.	131
Figura 3.47 Representación del tanque de almacenamiento de las paredes laterales.	132
Figura 3.48 Representación del tanque de almacenamiento de las paredes Frontales	132
Figura 3.49 Configuración de parámetros para la bomba.	136
Figura 3.50 Esquema de la línea de impulsión del sistema de bombeo.	136
Figura 3.51 Diagrama Unifilar preliminar.	146
Figura 3.52 Capacidades de amperaje permisibles en conductores canalizados	148
Figura 3.53 Configuración del enmallado del sistema de pararrayos.	154
Figura 3.54 Distancia mínima para determinar sombras.	154
Figura 3.55 Configuración de la ubicación de la comunidad de Casa Grande.....	155
Figura 3.56 Trayectoria solar del lugar de estudio.	155
Figura 3.57 Configuración Meteorológica del lugar de estudio.....	156
Figura 3.58 Resultados con el ángulo Optimo calculado.	156
Figura 3.59 Perdidas del ángulo optimo durante el mes de invierno.	157
Figura 3.60 Configuración de las cargas del sistema.	157
Figura 3.61 Configuración de los elementos del sistema de generación Fotovoltaica.	158
Figura 3.62 Coeficiente eólico sobre el área de influencia.	162
Figura 3.63 Estructura para 8 paneles.	164
Figura 3.64 Diagrama de control subsistema Bomba sumergible-Tanque.....	165
Figura 3.65 Dispositivo de control de nivel de depósitos.	165
Figura 3.66 Sensores de nivel flotador.	166
Figura 3.67 Electroválvulas de solenoide para aplicaciones de distribución de agua.	166
Figura 3.68 Contactor y relé térmico.	167
Figura 3.69 Relé de contactos Eaton.	168
Figura 3.70 Pilotos de señalización tablero de control.....	168
Figura 4.1 Montaje de los paneles fotovoltaicos.....	169
Figura 4.2 Montaje de las baterías en estructura.	170
Figura 4.3 Configuración del banco de Baterías.	170
Figura 4.4 Montaje del inversor SUN.	171
Figura 4.5 Configuración del sistema de bombeo.....	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clima por comunidades.....	6
Tabla 1.2 Tamaño y uso actual de la Tierra Comunicad de Casa Grande.....	6
Tabla 2.1 Índice de crecimiento poblacional comunidad de Casa Grande.....	10
Tabla 2.2 Unidades Educativas en el Distrito.....	11
Tabla 2.3 Importancia de los Cultivos.....	11
Tabla 2.4 Rotación de cultivos Municipio.	12
Tabla 2.5 Superficies sembradas por tipo de Cultivo y Familia.....	12
Tabla 2.6 Calendario Agrícola.....	13
Tabla 2.7 Población Pecuaria Municipal.	13
Tabla 2.8 Tendencia de Ganado Promedio (Cabezas/familia)	14
Tabla 2.9 Valores de la densidad aparente por la textura.	19
Tabla 2.10 Configuraciones de sistemas de riego.	20
Tabla 2.11 Espaciamiento entre aspersores, velocidad del viento.	22
Tabla 2.12 Método de cálculo para la estimación de la población futura.	28
Tabla 2.13 Dotación media diaria (l/hab/día).	29
Tabla 2.14 Valores del Coeficiente k2.	30
Tabla 2.15 Valores de coeficiente K de simultaneidad.	32
Tabla 2.16 Coeficiente de Hazen Williams para diferentes materiales.	40
Tabla 2.17 Coeficiente de resistencia del accesorio k.	41
Tabla 2.18 Velocidad máxima permisible en tuberías (m/s).	41
Tabla 2.19 Características de los tipos de Celdas Fotovoltaicas.	49
Tabla 2.20 Perdidas presentes en los sistemas Fotovoltaicos.....	56
Tabla 2.21 Ventajas y desventajas de bombas fotovoltaicas.....	60
Tabla 2.22 Componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico con baterías.	61
Tabla 2.23 Resistividad de materiales en función a la variación de la temperatura.....	71
Tabla 2.24 Variación de la conductividad con la temperatura	72
Tabla 2.25 Porcentaje de Caída de tensión en un sistema fotovoltaico NB 60364.	73
Tabla 3.1 Descripción del Área de estudio De la comunidad de Casa Grande.	79
Tabla 3.2 Porcentajes de producción de cultivos de la comunidad de Casa Grande.....	80
Tabla 3.3 Temperaturas máximas en °C en la comunidad de Casa Grande.....	81
Tabla 3.4 Condiciones Climáticas Promedio de MMAyA-ABRO.	82
Tabla 3.5 Radiación Solar incidente sobre distintas superficies inclinadas.	83
Tabla 3.6 Distribución de los cultivos en el área de Estudio.....	87
Tabla 3.7 Velocidad de infiltración básica de suelos de diferentes texturas.	90
Tabla 3.8 Características del emisor seleccionado.	90
Tabla 3.9 Datos técnicos del emisor seleccionado.	90
Tabla 3.10 Cálculo de la superficie bajo riego por turno.	92
Tabla 3.11 Cálculo de la dosis de riego por turno.	93
Tabla 3.12 Cálculo del caudal requerido por los cultivos.	93
Tabla 3.13 Verificación de la oferta /demanda de agua.	95
Tabla 3.14 Datos del sistema de riego.....	96
Tabla 3.15 Velocidades permisibles aplicado en sistemas de riego.....	99

Tabla 3.16 Descripción del área de cultivos existentes en el lugar de estudio.....	103
Tabla 3.17 Determinación del Volumen requerido por la demanda de riego.....	105
Tabla 3.18 Pérdidas de la válvula mariposa en función al caudal de diseño.....	109
Tabla 3.19 Tabla de resultados de las presiones de trabajo en WaterCAD.....	112
Tabla 3.21 Datos del lugar de Estudio.....	115
Tabla 3.22 Dotación de agua Comunidad de Casa Grande.	115
Tabla 3.23 Caudal medio Diario.....	116
Tabla 3.24 Caudal máximo diario.	116
Tabla 3.25 Valores del Coeficiente k2.	116
Tabla 3.26 Caudal máximo horario.	116
Tabla 3.27 Caudales de demanda en (l/s).	117
Tabla 3.28 Caudal unitario para el consumo doméstico.....	121
Tabla 3.29 Consumo no domestico (instituciones dentro del lugar de estudio).....	122
Tabla 3.30 Necesidades de agua por la comunidad.	129
Tabla 3.31 Estimación del caudal de bombeo.	129
Tabla 3.32 Determinación del diámetro de impulsión.	133
Tabla 3.33 Perdidas primarias por la tubería de impulsión.	134
Tabla 3.34 Perdidas secundarias por la tubería de impulsión.....	134
Tabla 3.35 Descenso de agua respecto al bombeo de agua dentro del pozo.	135
Tabla 3.36 Resultado del equipo de bombeo.....	137
Tabla 3.37 Demanda de energía en el lugar de estudio.	138
Tabla 3.38 Radiación global y promedio en el lugar del proyecto.....	139
Tabla 3.39 Características técnicas. de los paneles seleccionados para el proyecto.	140
Tabla 3.40 Características técnicas del inversor.....	141
Tabla 3.41 Características técnicas de la batería Tensite.	145
Tabla 3.42 Número de acumuladores por sistema de alimentación.	146
Tabla 3.43 Sun 2000(3KTL) L1- Manual de instalación	149
Tabla 3.44 Resumen del cálculo de los conductores del sistema fotovoltaico.....	150
Tabla 3.45 Resistividad del lugar de estudio según la textura del suelo.	150
Tabla 3.46 Parámetros del ángulo de Protección.	153
Tabla 3.47 Sección de conductores de Descarga.....	153
Tabla 3.48 Distancia permisible entre paneles.	154
Tabla 3.49 Peso propio de los elementos de la estructura de los paneles solares.	160
Tabla 3.50 Coeficiente para tipo de entorno.	161
Tabla 3.51 Característica técnica sensor de nivel Promart.....	166
Tabla 4.1 Mantenimiento preventivo y correctivo de los paneles fotovoltaicos.	172
Tabla 4.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de las baterías.....	173
Tabla 4.3 Mantenimiento preventivo y correctivo de la bomba sumergible.....	173
Tabla 4.4 Mantenimiento preventivo y correctivo tablero eléctrico.	174
Tabla 4.5 Lista de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de agua.	175
Tabla 5.1 Presupuesto de materiales del proyecto.....	176
Tabla 5.2 Presupuesto de Mano de obra por actividad dentro del proyecto.....	177
Tabla 5.3 Presupuesto total por etapas del proyecto. (Parte -1)	178
Tabla 5.4 Resumen del presupuesto total.	180

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCIÓN.

El agua es un recurso importante para la vida y el desarrollo del país, este recurso debe ser tan importante que su uso sea eficiente en beneficio a la humanidad, actualmente, existe competencia por el uso eficiente de los recursos hídricos debido principalmente a las necesidades poblacionales, energéticas y agrícolas. En cuanto a las necesidades de las poblaciones, encontramos que varias áreas de nuestro país no cuentan con tales recursos y en términos de agricultura, debemos garantizar la seguridad alimentaria de nuestro país en una política nacional. Debido a los problema que enfrentamos, es necesario adoptar nuevas tecnologías necesarias para garantizar este importante recurso para la humanidad con el fin de cumplir con los derechos sobre este recurso y satisfacer las necesidades de agua de la producción agrícola y mejorar la producción de nuestro país, hoy en día hemos encontrado que el cambio climático ha provocado diversos cambios en diversa regiones de nuestro país, entre ellos precipitaciones muy escasas y muy variables en un corto periodo de tiempo, lo que ha provocado escasez de agua en diversas regiones del país, es por ello que desarrollamos nuevas tecnologías para gestionar eficientemente el agua para el consumo humano o riego de los cultivos.

En la zona de estudio no cuenta con los derechos básicos por ser una comunidad alejada de la ciudad, pero se caracterizan por la agricultura y ganadera de la provincia, los recurso hídricos para los cultivos provienen de ríos cercanos a la comunidad, pero durante tiempos de riego presentan problemas como ser la contaminación de los centros mineros clandestinos en el sitio de estudio provocando problemas en los suelos de los cultivos, con lo que me llevo a implementar un sistema de riego que incremente la eficiencia del usos de agua para sus cultivos.

El objetivo del proyecto es diseñar un sistema de bomba de agua subterráneas mediante bombas sumergibles alimentadas por instalaciones eléctricas de energía renovable que funcionen de forma continua durante el día con el fin de almacenar agua en tanques o embalses. El propósito es dotar de agua para el consumo diario de los habitantes de la

comunidad y el consumo del ganado y un sistema de riego para los cultivos de la comunidad de Casa Grande.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema que existe en las comunidades o zonas rurales de nuestro país es que existe un desfase en el nivel de cobertura de servicios básicos, en definitiva, no existe un red eléctrica y agua potable para cubrir los requerimientos básicos de riego de los cultivos. La producción es un factor importante en el desarrollo de la economía agrícola de la región, del sector y del país.

El servicio básico de agua potable en la comunidad es un rubro esencial con consumos absolutamente impredecibles por parte de las personas, el ganado y el riego de cultivos, juega un papel importante en el desarrollo rural, principalmente el desarrollo económico local, permitiendo a los comunarios tener un mejor futuro para sus familias tanto en el entorno social y ambiental.

La razón principal de este problema es la disminución agrícola, que ha provocado una disminución de la dotación de factores en la región y una inversión agrícola insuficiente. Debido a estos puntos algunos municipios de las regiones han implementado sistemas de riego de tecnología para aumentar los rendimientos agrícolas.

Por lo tanto, en la comunidad, al no existir una red de tubería de agua potable ni sistema de riego de cultivos, es necesario diseñar una planta central fotovoltaica para la aspersión controlada de agua y distribución para los cultivos y proveer agua para consumo humano y animal.

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un diseño de sistema fotovoltaico de bombeo de aguas subterráneas para abastecer agua para su consumo humano, animales y cultivos, con el fin de promover el desarrollo local y contribuir al medio ambiente con una energía renovable y no contaminante.

Con lo que lleva a formular la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar un sistema de bombeo subterráneo utilizando una Planta central fotovoltaica eficiente y a bajo costo con una cobertura de energía solar para la provisión de agua para el consumo humano y riego de los cultivos para las familias de la comunidad de Casa Grande?

1.3.OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema de bombeo subterráneo a través de una planta central fotovoltaica para consumo humano, animales y riego de los cultivos con la finalidad de almacenar el recurso en épocas de sequía en la comunidad de Casa Grande.

1.3.2. Objetivo Específicos.

- Determinar las características geográficas, climatológicas y requerimiento de agua para el consumo humano, ganado y cultivos del lugar de estudio
- Determinar la altura hidráulica y potencia de la bomba según los requerimientos del lugar de estudio.
- Dimensionar la potencia de la planta central fotovoltaica para satisfacer la continuidad del servicio de bombeo de agua.
- Realizar un análisis económico del presupuesto final por actividades para referencia a las autoridades de la comunidad de Casa Grande.

1.4.JUSTIFICACIÓN.

1.4.1. Justificación Técnica.

El proyecto a desarrollar, técnicamente se busca dar una solución de suministro de agua potable y agua para el riego de los cultivos de la comunidad de Casa Grande y se vio la urgencia de utilizar una fuente de energía solar como una opción en busca de reducir los daños que viene causando la misma sociedad a la naturaleza. Para ello es necesario implementar una tecnología con diversas formas de uso de la luz solar siendo la elección más admisible para el bombeo de agua. La comunidad de Casa Grande del municipio de Mojinete está ubicada geográficamente en una zona donde tiene todas las posibilidades, condiciones climáticas, geográficas para promover el uso de la energía solar ya que se encuentra en una zona favorable de radiación promedio anual en nuestro país.

1.4.2. Justificación Económica.

Los costos de inversión de una instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica son elevados comparados con otros sistemas. Lo interesante en beneficio para la comunidad es que ya no existen gastos posteriores, por lo tanto, la inversión inicial se recupera a la mitad de la vida útil de la instalación. Por otra parte, calidad de producción significa beneficio económico para la comunidad de Casa Grande.

1.4.3. Justificación Social.

El proyecto presente tiene como margen de beneficiar a la comunidad de Casa grande, como también beneficiar a otras comunidades aledañas a ellas, que promueve el desarrollo de las comunidades como prioridad del crecimiento económico, oportunidades de negocios. Por lo tanto, significa mejorar la calidad de vida de todas las familias agricultoras de la región.

1.5.LIMITES Y ALCANCES.

1.5.1. Limites

El desarrollo del proyecto está direccionado para su aplicación en zonas distantes de la distribución comercial eléctrica convencional y por motivos de costo de difícil acceso de llevar servicio eléctrico por la empresa concesionaria del departamento de Potosí a la comunidad de Casa Grande.

Ante esta limitante este proyecto está encaminado a desarrollar y proponer un sistema de bombeo de agua subterránea para el servicio de agua potable y bombeo subterráneo para el riego de los cultivos por las captaciones de aguas de fuentes subterráneas, para incrementar la productividad y rentabilidad en las familias agricultoras de la comunidad mediante la aplicación de la energía solar fotovoltaica.

Como también podemos mencionar algunas limitantes de la comunidad.

- Un límite que se tiene es falta de información y registros de la comunidad de la producción agrícola por el lugar de estudio.
- No se llevará a cabo el diseño del pozo de agua subterráneas, ya que la comunidad cuenta con los mismos y se encuentra en pleno funcionamiento con un caudal constante.
- Para el diseño de las tuberías de distribución, aducción se limitará a las condiciones mínimas de funcionalidad en cuanto a velocidades, presión en la tuberías y nudos.
- No se llevará a cabo el tratamiento químico de agua subterráneas.
- No se presentarán planos a detalle de las obras civiles involucrada en el proyecto.

1.5.2. Alcances.

En cuanto al alcance del proyecto se pretende dar un marco de referencia acerca la implementación del sistema de generación fotovoltaica como conocimiento para las demás

comunidades para la provisión del recurso hídrico para ello es necesario comprender por actividades.

- Planos y memoria de cálculo de sistemas de generación fotovoltaica para la el servicio continuo del sistema de riego controlado por la comunidad.
- Memoria de cálculo de los sistemas hidráulicos, impulsión y distribución para el sistema de riego y consumo humano en la comunidad de Casa Grande.
- Memoria de cálculo de los caudales demandados de acuerdo a los requerimientos de los cultivos y dotación de agua para el consumo humano.

1.6. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

1.6.1. Comunidad de Casa Grande, Ubicación y Clima.

La comunidad de Casa Grande se encuentre ubicada en el distrito rural de comunidades dentro del municipio de Mojinete. Mojinete es un municipio de Bolivia ubicado en la provincia de suroeste del departamento de Potosí, en las coordenadas $21^{\circ}46'00''S$ $66^{\circ}18'00''O$ a una altura de 3240 m.s.n.m. con una superficie total de 1182 Km^2 , según el último censo realizado en 2012 el municipio cuenta con 1180 habitantes¹. Esta caracterizado por la presencia de cumbres rocosas, bofedales de pastoreo, serranías con presencia de tholares, pajonales y otras especies nativas que ocupan la mayor parte del espacio territorial, también está ocupado por cuerpos de agua, quebradas, arroyos, vertientes, ríos y comprende también zonas y serranías eriales sin uso, cuyas superficies concentran principales actividades productivas como ser: ganadería, agricultura y otros. Ver figura 1.1.

Figura 1.1 Mapa Geográfico de la Provincia Sur Lipez



Fuente: <https://www.educa.com.bo/geografia/provincia-de-sur-lipez-mapa>

¹ (Instituto Nacional de Estadística (INE) ,2012), <https://www.ine.gob.bo/potosi-censo-2012/>

El clima predominante del municipio es variado un clima semiárido templado, con una temperatura máxima de 20°C y una mínima de 5°C como promedio durante los meses de junio y julio en época de frío. La temperatura media es de 19°C con una humedad relativa de 40 a 20%. Esto es debido a las zonas topográficas que presentan montañas y serranías con zonas intermedias donde existen serranías y colinas onduladas con menores pendientes donde se forman valles pequeños. Ver tabla 1.1.

Tabla 1.1 Clima por comunidades

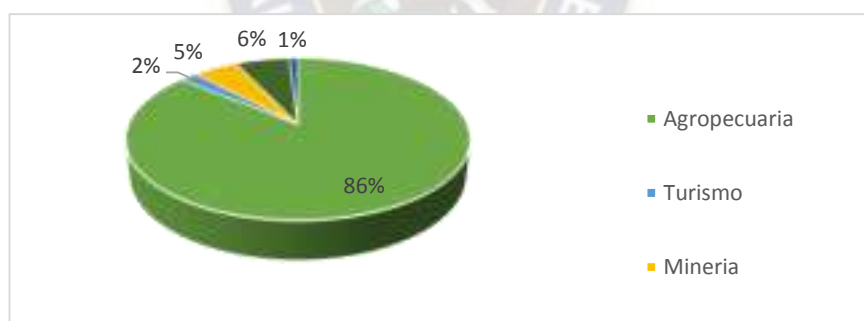
Clima	Frio	Frio Templado	Templado
Comunidades	Bonete palca. Estancia Grande.	La Ciénega. Pueblo Viejo	Casa Grande. Casa Pintada. Mojinete

Fuente: Elaborado con base en Diagnostico 2006.Medicus Mundi

1.6.2. Extensión territorial

Mojinete es un municipio que está organizado en 5 cantones y 7 comunidades que en su interior alberga a varias estancias dispersas cuyas actividades principales es la agricultura la ganadería. No obstante, tiene otras actividades económicas, como ser el turismo, la minería y la fruticultura. En la figura 1.2 se muestra las actividades realizadas por el municipio junto con sus comunidades en el área urbana del mismo.

Figura 1.2 Actividades Económicas Comunidad Casa Grande



Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de: (Plan de Desarrollo Municipal Mojinete 2007-2011)

La comunidad de Casa Grande cuenta con una extensión territorial de 267,13 Km² y se caracteriza por ser ganadera – agrícola de gran importancia, es un área equipada con un sistema de riego tradicional por sequias y vertientes de agua. Ver tabla 1.2

Tabla 1.2 Tamaño y uso actual de la Tierra Comunicad de Casa Grande

Uso actual	Ha (Hectáreas)	%
Sup. De tierra para el cultivo	26,00	0,1
Sup. Pastoreo y/o forestales	22706,05	85
Tierras erosionadas sin uso	3981,15	14,90
TOTAL	26713,2	100

La superficie total dentro de la comunidad de Casa grande en la agricultura alcanza 26 Ha, con una producción de maíz, trigo, papa, haba y como también la producción de manzanas y duraznos que son cultivadas bajo un riego tradicional, Aunque existen zonas para ampliar el área agrícola, pero el riego es una limitante debido a la topográfica y fuentes de agua; por esta razón que las familias cercanas a los ríos y vertientes son las cuentan con mayor área de cultivo

1.7.ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Según las características de la zona del proyecto es oportuno aprovechar al acceso de las fuentes de agua con la finalidad de mejora del riego de los cultivos y suministro de agua potable para el consumo humano y ganado de la comunidad. Teniendo en cuenta que para la extracción del agua existen diversas soluciones tecnologías como ser:

- Sistema Fotovoltaico.
- Sistema Eólico (Aerogenerador).
- Sistema electrificación por generadores Eléctricos.
- Electrificación por red eléctrica.

Antes estos sistemas podríamos decir que todos son óptimos para la implementación del proyecto. Aprovechando que la comunidad no cuenta con el servicio básico de red eléctrica. Para ello se vio que es necesario implementar una fuente de energía limpia y renovable que no consuman un tipo de combustible para ello podemos descargar el uso de sistema de electrificación por generadores eléctricos como también los sistema hídricos por el uso de un generador por combustible que tienen elevados costos durante su vida del sistema por el consumo de combustible para dar marcha al sistema y la finalidad del proyecto es evitar en uso de combustibles que ocasiona problemas monetarios a las familias agricultoras de la comunidad.

Finalmente, nos quedamos con dos sistemas que podríamos implementar en el proyecto. Pero el análisis sería lo siguiente la implementación de un sistema eólico (Aerogeneradores) en lugares cercanos ocasiona molestia por las personas y la evaluación de impacto ambiental que presentan ante la situación de aves que habitan en el lugar de estudio para la implementación de este sistema es ver que las condiciones del viento son favorables para la instalación de estos sistemas. La implantación de los sistemas fotovoltaicos es adecuada para la implementación en lugar cercanos porque no emiten ningún ruido y ninguna otra característica que puedan dañar al medio ambiente. Pero la

instalación de estos sistemas se debe ver si las condiciones de radiación solar son favorables en el lugar de estudio.

1.8.ELECCION DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION.

Analizado el punto anterior tenemos dos sistemas que se podrían implementar para la construcción de nuestro proyecto, pero hay que ver las condiciones ambientales que se presenta dentro del lugar de estudio, la ubicación el lugar de estudio se encuentra dentro del departamento de Potosí a una latitud $21^{\circ}56'8''$ Sur y una longitud $66^{\circ}16'12''$ Oeste con la ubicación del lugar estudio podemos determinar las condiciones de radiación solar dentro del lugar de estudio así la velocidad del viento que se presenta dentro del lugar de estudio. Dentro del mapa de velocidad de viento con la ubicación dentro del lugar de estudio presenta una velocidad a 40 [m].

$$v_e = 3,5 [m/s]$$

Dentro de mapa de radiación solar que incide dentro del lugar de estudio los datos se tomaran del mes de enero.

$$Irradiacion\ horizontal\ Global = 8.0 [kWh/m^2/dia]$$

$$Irradiacion\ normal\ directa = 9,5 [kWh/m^2/dia]$$

$$Irradiacion\ horizontal\ difusa = 1,7 [kWh/m^2/dia]$$

Datos extraídos del mapa de radiación solar y el mapa eólico de Bolivia por la aplicación Móvil INTiVITU generado por el Ministerio de Hidrocarburos y Energías. En base a los datos podemos observar que la implementación del sistema fotovoltaico se adecua más para la implantación del proyecto por las condiciones favorables que presenta dentro del lugar de estudio como también los costos de la implementación de los paneles fotovoltaicos a diferencia de los años pasados son más económicos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEORICO.

En el presente capítulo se determina fundamento teórico de la energía solar en el lugar de emplazamiento del proyecto, así como la descripción de las fuentes de la energía solar, módulos fotovoltaicos y elementos que constituyen los sistemas fotovoltaicos como también la determinación de las necesidades hidráulicas para el dimensionamiento de la bomba de agua para el riego de los cultivos.

2.1 AREA DE INFLUENCIA PARA EL PROYECTO.

El municipio de mojinete se encuentra localizado a sur oeste del departamento de Potosí, entre los paralelos 21°50' y 21°42' de latitud sur de la línea del ecuador y los paralelos 66°31' de longitud oeste del meridiano de Greenwich donde la comunidad de Casa Grande está ubicado a 40 minutos del municipio de mojinete, a una latitud de -21, 93543° o 21°56'8'' sur y una longitud -66, 26994° o 66°16'12'' oeste. A una altura 3380 m.s.n.m. la comunidad de Casa grande cuenta con 210 habitantes según el último censo realizado el 2012². y una estimación de 240 habitantes para este 2022 con una extensión territorial de 267,18 Km² ver figura 2.1.

Figura 2.1 Comunidad de Casa Grande - Municipio de Mojinete.



Fuente: Elaboración en base a los Datos de QGIS

2.1.1. Población actual en la comunidad de Casa Grande

La comunidad de casa grande cuenta con 210 habitantes que forman 37 familias por número de viviendas que habitan en la comunidad con un promedio de 5 a 6 personas por familia. En 37 vivienda que habitan actualmente la comunidad de Casa grande.

² Instituto Nacional de Estadística,2012). <http://censosbolivia.ine.gob.bo>

Datos extraídos por el técnico por la comunidad en cuanto a la distribución de la población de acuerdo al sexo en la población corresponde a personas mayores a 10 años y personas mayores de 10 años.

a) Estabilidad poblacional.

Generalmente la comunidad cuenta con un 65 % de la población total tal manera que el restante es la población migratoria con un 12 % esta situación se genera a partir del contexto del sector que manifiesta no haber presentado mejoras en el nivel de vida, y por otro lado las personas jóvenes deciden continuar sus estudios superiores, según el censo 2012 muestra que el 35% son personas jóvenes que habitan dentro de la provincia Sud Chichas -Tupiza.

b) Emigración temporal.

según el diagnostico familiar por la comunidad según el censo 2012 los emigrantes se encuentran dentro del municipio de Tupiza y Villazón y la demás población se encuentran en centros mineros de la región Lipez donde realizan trabajos temporales de explotación minera como el en caso de la empresa minera San Cristóbal.

c) Índice de Crecimiento Poblacional.

Con los datos de la población de los censos de 2001 y 2012 según el Instituto Nacional de Estadística (INE) el índice del crecimiento poblacional nos muestra la cantidad total por el municipio de mojinete que nos muestra una tasa de crecimiento de 1,26 [%]. Como se puede apreciar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Índice de crecimiento poblacional comunidad de Casa Grande.

Censo [año]	Población [hab]
1992	148
1999	154
2001	160
2006	167
2012	190
2022	210

Fuente: INE- Instituto Nacional de estadística del departamento de Potosí

d) Base cultural de la población.

El origen étnico de la población de la comunidad es el quechua y el idioma que predomina en la comunidad es el Bilingüe, debido a que muchos habitantes hablan quechua y castellano 82% castellano y quechua, 13 % quechua y un 5 % castellano.

e) Educación.

El sistema de educación está bajo la dirección distrital de la educación de San Pablo de Lipez del distrito de Mojinete que cuenta con 6 unidades educativas fiscales de las cuales todas están en funcionamiento. Ver tabla 2.2.

Tabla 2.2 Unidades Educativas en el Distrito.

Unidad Educativa Fiscal	Rural	Localización en la comunidad	Inicial	Primaria								Sec.	Distancia	
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	Km	
Mojinete	R	Mojinete	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Antofagasta	R	Casa Pintada	X	X	X	X	X							12
Bonete Palca	R	Bonete Palca	X	X	X	X	X	X						30
Pueblo Viejo	R	Pueblo Viejo	X	X	X	X	X	X						19
La Ciénega	R	La Ciénega	X	X	X	X	X	X						22
Casa Grande	R	Casa Grande	X	X	X	X	X	X						25

Fuente: Elaborado con base en Diagnostico por el plan de desarrollo Municipal Mojinete.

f) Religión.

Dentro de la comunidad de estudio predomina la religión católica contando con una infraestructura realizado por la comunidad para los días religiosos y eventos religiosos por la iglesia.

g) Salud.

La comunidad cuenta con una estructura institucional para la atención de la salud para la comunidad, pero el personal de salud depende de la red de servicios por el municipio de Tupiza. En tanto a nivel de sección depende del centro de Salud de San Pablo de Lipez.

2.1.2. Sistemas de producción Agrícola.

La estructura productiva del sector agropecuario del municipio se basa principalmente en la producción de maíz seguido de trigo, haba, papa, manzana y una menor porción de hortalizas por las características fisiográficas de la región. Ver tabla 2.3.

Tabla 2.3 Importancia de los Cultivos

Cantón	Maíz	Trigo	Haba	Papa	Hortalizas	Manzana
Bonete Palca	65	35	60	68	15	-
La Ciénega	92	96	72	62	18	45
Estancia Grande	60	35	60	48	8	-
Pueblo Viejo	90	96	75	67	18	45
Casa Grande	91	99	73	45	21	52
Casa Pintada	90	99	73	42	18	54
Mojinete	90	100	77	45	23	60

Fuente: Elaboración en Base en Diagnostico 2006, Medicus Mundi.

a) Rotación de cultivos y manejo de suelos.

Dentro del municipio muchos productores realizan la rotación de los cultivos cada año, generalmente se mantiene el cultivo de trigo y maíz en el mismo terreno por dos y 3 años consecutivos. La rotación de los cultivos es la alternancia de cultivos de subsistencia y abonos verdes para evitar que el suelo se agote y que asegure la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen año tras año para mantener la fertilidad del suelo en la siguiente tabla 2.4

Tabla 2.4 Rotación de cultivos Municipio.

Cantón	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Bonete Palca	papa	cebada	haba	maíz	haba
La Ciénega	papa	maíz	haba	trigo	haba
Estancia Grande	papa	maíz	haba	trigo	haba
Pueblo Viejo	papa	trigo	haba	maíz	trigo
Casa Grande	trigo	papa	haba	maíz	trigo
Casa Pintada	papa	trigo	maíz	haba	trigo
Mojinete	haba	trigo	maíz	haba	trigo

Fuente: Elaboración con base en Diagnostico 2006, Medicus Mundi

b) Superficies por cultivos y familias.

La distribución de tierras a nivel familiar en el municipio de Mojinete y sus comunidades, permite que las familias tengan la posibilidad de cultivar diferentes especies vegetales en función de sus necesidades y en base a las condiciones agroecológicas y agroclimáticas, el área cultivada en total del municipio es 1,25 Ha/familia más las comunidades como se muestra detallada en la siguiente tabla 2.5.

Tabla 2.5 Superficies sembradas por tipo de Cultivo y Familia.

Comunidad	Superficie (Ha)						Total, Ha/Flia.
	Trigo	Maíz	Haba	Papa	Cebada	Hortalizas	
Bonete Palca	0,045	0,123	0,135	0,085	0,145	0,004	0,54
La Ciénega	0,085	0,275	0,238	0,210	0,243	0,012	1,06
Estancia Grande	0,085	0,152	0,122	0,068	0,045	0,003	0,48
Pueblo Viejo	0,138	0,232	0,248	0,243	0,145	0,010	1,02
Casa Grande	0,385	0,510	0,132	0,120	0,085	0,015	1,25
Casa Pintada	0,368	0,320	0,132	0,085	0,120	0,012	1,04
Mojinete	0,620	0,365	0,240	0,120	0,065	0,035	1,45
Promedio Ha	0,247	0,282	0,178	0,133	0,121	0,013	0,97

Fuente: Elaboración en Base en diagnostico 2006, Medicus Mundi

c) Calendario Agrícola.

La producción agrícola necesita una planificación anual, según las características de la zona para la comercialización o como para consumo de las familias y de los animales, la

producción abarca aproximadamente 9 meses a partir de septiembre hasta junio pues esto depende de las circunstancias climatológicas del lugar tabla 2.6.

Tabla 2.6 Calendario Agrícola.

Producción	Sept	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mrz	Abr	May	Jun	Jul	Agt
Siembra												
Haba		•	•									
Trigo		•										
Maíz		•										
Papa			•									
Hortalizas		•	•	•								
Labores Culturales												
Haba			•	•	•	•						
Trigo			•	•	•	•						
Maíz			•	•	•	•						
Papa			•	•	•	•	•					
Hortalizas		•	•	•	•	•	•					
Manzano	•	•	•	•	•	•						
Cosecha												
Haba							•					
Trigo (segado)								•				
Maíz (corte)							•	•				
Papa							•	•				
hortalizas				•	•	•	•	•				
Manzano					•	•	•	•				
Post Cosecha												
Haba (secado)							•	•				
Haba (Trillado)								•	•			
Trigo (secado)									•	•		
Trigo (venteadado)										•	•	
Maíz (secado)									•	•		
Maíz (desgrane)											•	•

Fuente: Elaboración en base a los datos del Plan de Desarrollo Municipal Mojinete.

d) Sistema de producción pecuaria.

Las especies pecuarias predominantes en el municipio son el ganado Caprino, ovino, camélido y bovino, junto a estas especies de importancia social y económica tenemos los equinos que sirven de medio de transporte local de los productos y el desplazamiento de los productores para las distintas faenas. (Plan de desarrollo Municipal Mojinete, 2007, p.54).

Tabla 2.7 Población Pecuaria Municipal.

Comunidad	Llamas	Cabras	Ovejas	Vacunos	Total
Bonete Palca	280	580	700	27	1587
La Ciénega	0	900	110	35	1045
Est. Grande	28	110	80	0	218
Pueblo Viejo	180	220	310	20	730
Casa Grande	156	1010	250	11	1427
Casa Pintada	0	850	30	36	916
Mojinete	14	480	150	52	696

Fuente: Elaboración con base en Diagnostico 2005, Medicus Mundi.

e) Tenencia de ganado por familia.

De acuerdo a la información del diagnóstico por gobierno municipal son muy pocas las familias que cuentan con un ganado. Entre ellas la comunidad de Bonete Palca el número de familias son dedicadas a la cría de ganado. Ante esta situación se puede observar en la siguiente tabla 2.8 se muestra la tendencia de ganado promedio por cada comunidad.

Tabla 2.8 Tendencia de Ganado Promedio (Cabezas/familia)

Comunidad	Llamas	Cabras	Ovejas	Vacunos	Equinos
Bonete Palca	38	38	12	2	3
La Ciénega	0	32	8	3	2
Estancia Grande.	28	110	80	0	2
Pueblo Viejo	22	17	12	3	3
Casa Grande	18	36	16	2	3
Casa Pintada	0	40	13	2	3
Mojinete	21	16	7	2	2
Promedio Total	18,14	41,28	21,14	2	2,57

Fuente: Elaboración con base en Diagnostico 2005, Medicus Mundi.

2.1.3. Software para sistemas de información geográfica /QGIS.

Es un software libre y de código abierto para proyectos de sistemas de información geográfica, permite manejar formatos ráster y vectores a través bibliotecas GDAL, así como bases de datos con un soporte de extensión espacial del área de estudio o en cualquier ubicación del globo terráqueo. cuyas coordenadas GPS fueron extraídos de la aplicación de QGIS³. Imágenes satelitales que representa la representa cartográfica de SIG, y el análisis de datos espaciales y la plataforma de ubicación. (ver figura 2.2).

Figura 2.2 Ubicación de Áreas de Cultivos de la comunidad de Casa Grande



Fuente: Elaboración propia con QGIS.

³ QGIS. Es un software de código libre para plataformas, que permite manejar formatos ráster y vectoriales, así como base de datos.

Dentro de la cartografía del programa de QGIS del área de estudio nos permite identificar la superficie de cultivo en (m^2) el mismo que será utilizado para la extracción de datos, cabe resaltar o mencionar que la utilización de este programas introduce un margen de error mínimo en las cotas de elevación del área de estudio por la topografía que presenta la comunidad la cual también podemos observar la cantidad de viviendas que existen dentro de la comunidad, según el plan de estudio del municipio de mojinete y en censo del 2012 el número de familias es 27 familias, hoy en día en el año 2022 el número de familias que habitan dentro de la comunidad son 37 familias. Este paquete computacional libre QGIS se constituye una herramienta útil para la identificación de datos a la hora de elaborar las propuestas preliminares del proyecto. Como también la exportación datos del lugar de estudio las cuales nos permite exportar en formato DXF⁴ compatible con AutoCAD 2018. (Anexo- Mapas).

2.2 DEMANDA DE AGUA POR LA COMUNIDAD.

La finalidad del proyecto es bombear el agua de un pozo existente que se encuentra en la comunidad la cual será almacenado en un tanque de almacenamiento que será distribuido por gravedad para el cumplir con la demanda de agua que se requiere en tiempos de sequía, como parte del agua en tiempo que no exista demanda de agua para los cultivos por la comunidad el agua puede ser utilizada para el consumo humano y pecuario para la comunidad.

2.2.1. Sistema de agua para riego a los cultivos.

La implementación del sistema de bombeo de agua por agua subterráneas su aplicación será para el suministro de agua que será almacenada en un tanque para su distribución a los cultivos que habitan dentro del lugar de estudio.

a) Clasificación de los métodos de riego.

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo:

- **Riego por superficie o por gravedad.** Son comprendidos por el riego de inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos en canteros con nivelado de precisión, en riego por sumersión en canteros para arroz y el riego por escorrentía libre.
- **Riego por aspersión.** Son sistemas estáticos o disposiciones en cuadrículas fijo o móviles, con sistemas móviles de cañón o ala sobre carro tirada por

⁴ Es un formato de archivo para dibujos de diseño asistido por computadora. (Drawing Exchange Format).

enrollador o por cable y sistema de latera móvil pivotante o de desplazamiento lineal.

- **Riego localizado o micro riego.** Son aquellos donde el sistema de riego se da por goteo o por difusores o borboteadores, por tubos perforados o porosos.
- **Riego subterráneo.** son sistema de riego realizado por el control de las aguas profundas de la capa freática.

Entre la clasificación de los métodos de riego, se debe establece de acuerdo con la forma como el agua es esparcida o distribuida sobre el suelo dependiendo de las características topográficas, y los tipos de cultivos y la disponibilidad del recurso híbrido.

2.2.1.1. Diseño agronómico.

El diseño agronómico puede entenderse como el planteamiento general del sistema de riego en relación a los parámetros del lugar de estudio (fuente de abastecimiento de agua, cultivos, clima, etc.), con la finalidad de determinar los parámetros de riego (lámina de agua, lamina neta, lamina bruta, frecuencia de riego, etc.) garantizando que la instalación del sistema de riego sea capaz de suministrar con una eficiencia optima a los cultivos cumpliendo con las necesidades netas de riego durante el periodo de máximo consumo.

2.2.1.1.1. Estudio topográfico.

El estudio de riego según FAO⁵ (2014), nos indicar las siguientes restricciones impuestas por la topografía que comprenden la ubicación de la fuente de agua, pendiente de las parcela, relieve y micro relieve del terreno. El riego por superficie puede adaptarse a terrenos con relieve que va de plano ondulado con una pendiente de 0.2% la cual es ideal para el riego por surcos o melgas rectas mientras que para aplicaciones de sistema de riego por aspersión se puede implementar en suelos con pendientes hasta el 20 %.

2.2.1.1.2. Textura y estructura del suelo.

Las reglas de la descripción del suelo y la codificación de atributos se basan generalmente en las guías para la descripción del suelo de acuerdo con FAO (2009). Que nos presenta una textura que se refiere al contenido porcentual de arena, limo y arcilla que presenta el suelo en porciones relativamente de las clases de tamaño de partículas en volumen de suelo dado como se puede apreciar en el siguiente triangulo de textura.

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Figura 2.3 Triangulo de textura de suelos.

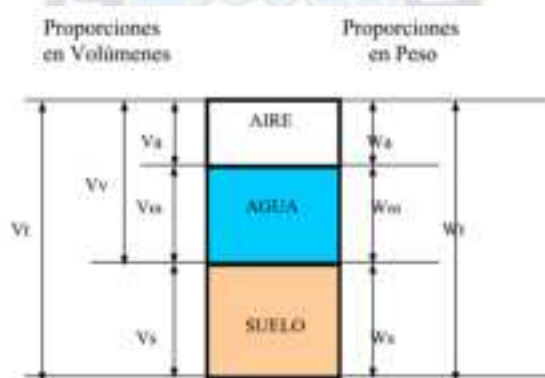


Fuente: <https://www.rotam.bo/productos/xtrata-gold> (FAO, 2009)

2.2.1.1.3. El agua en el suelo de cultivo.

La cantidad de agua presente en el suelo que está disponible para la producción de los cultivos depende de cuánta agua permanece en el suelo debido a que después existe pérdidas por la evaporación y drenaje profundo ante esta situación se presenta un esquema del suelo. Ver figura 2.4.

Figura 2.4 Diagrama esquemático del agua en el suelo.



Fuente: Mecánica de los suelos. (<https://post.geoxnet.com/mecanica-de-suelos/>).

Es muy importante conocer la capacidad que tiene el suelo para almacenar el agua, a efecto de reponer por pérdida de evapotranspiración.

En los suelos arenosos presentan una gran porción de poros grandes las cuales ocupan una gran cantidad de aire y poca agua, mientras que los suelos arcillosos tienen un gran de microporos y son las que más retienen el agua más que los suelos arenosos.

a) Capacidad de Campo (C.C).

Es un parámetro que mide el límite existente entre el agua libre y el agua utilizable. El agua libre es la que se mueve gravitacionalmente entre los poros del terreno si se da un tiempo suficiente para que el agua drene por lo tanto es el agua

utilizable por las plantas, pero el tiempo que tiene para poder tomarla es muy pequeño.

$$CC = 0,48 \cdot \%Arc + 0.162 \cdot \%Li + 0.023 \cdot \%Are + 2.62 \quad [2.1]$$

b) Punto de Marchitez Permanente (PMP).

Se refiere al contenido de agua que habita de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo. La cual no depende la humedad del suelo ya que también intervienen las condiciones meteorológicas.

$$PMP = 0,302 \cdot \%Arc + 0.102 \cdot \%Li + 0.047 \cdot \%Are \quad [2.2]$$

c) Suelo Seco (SS).

Es un punto de marchitamiento ya que el suelo pierde en agua por evapotranspiración en condiciones ambientales, pero el suelo queda un pequeño porcentaje de cierta cantidad de agua.

2.2.1.1.4. Parámetros básicos para riego de los cultivos

a) Evapotranspiración.

Se conoce como evapotranspiración a la combinación de dos procesos la evaporación desde el suelo o desde la superficie cubierta por las plantas y la transpiración desde las hojas de los cultivos, por la evaporación y la liberación de agua a la atmosfera debida a la transpiración de la vegetación en la región de estudio.

El análisis de funcionamiento y la dispersión de resultados obtenidos por varios métodos de cálculo revela la necesidad de formular un único método estándar para el computo de la evapotranspiración dado el mejor comportamiento y consistencia del método FAO Penman-Monteith en el ámbito global, este es el único que se recomienda como método estándar del cálculo. (Evapotranspiración del cultivo FAO,1990, p.19).

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * u_2)} \quad [2.3]^6$$

- Donde:
- ET_0 , evapotranspiración de referencia [$mm \text{ dia}^{-1}$].
 - R_n , Radiación neta en la superficie del cultivo [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$].
 - R_a Radiación extraterrestre [$mm \text{ dia}^{-1}$].
 - G , Flujo del calor de suelo [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$].
 - T , Temperatura media del aire a 2 m de altura [$^{\circ}C$].

⁶ Revista de evapotranspiración del cultivo FAO.1990- Ecuación de FAO Penman-Monteith, p.25.

- u_2 , Velocidad del viento a 2 m de altura [$m s^{-1}$].
- e_s , Presión de vapor de saturación [kPa].
- e_a , Presión real de vapor [kPa].
- $e_s - e_a$, Déficit de presión de vapor [kPa].
- Δ , Pendiente de la curva de presión de vapor [$kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$].
- γ , Constante psicrométrica [$kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$].

Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar de los cultivos es necesario contar con factores de corrección para ajustar ET_c . Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y el manejo cultural de las condiciones del campo.

b) Lámina de Agua (Lam).

El agua utilizable por el cultivo o agua disponible en el suelo, ya sea de manera directa o indirecta o estimados a partir de la textura de capacidad de campo punto de marchitamiento permanente y densidad aparente de cada extracto de perfil y con la profundidad de raíces de los cultivos se determina la lámina de riego.

$$Lam = HA = \frac{(CC - PMP)}{100} * \frac{Dap}{Dw} * Pr \quad [2.4]^7$$

- Donde:
- Lam , Láminas de agua [mm].
 - HA , Humedad aprovechable.
 - CC , Capacidad de Campo (%).
 - PMP , Punto de Marchitez Permanente (%).
 - Dap , Densidad aparente [gr/cm^3].
 - Dw , Densidad por la textura del suelo [$Dw = 1 (gr/cm^3)$].
 - Pr , Profundidad de raíces [m].

Tabla 2.9 Valores de la densidad aparente por la textura.

Textura	Densidad Aparente (gr/cm3)
Arenosa	1.5-1.8
Franco Arenosa	1.4-1.6
Franco	1.3-1.5
Franco Arcillosa	1.3-1.4
Arcillosa	1.2-1.3

Fuente: principios del riego Ing. Julio C. Chávez Cárdenas.

c) Lamina Neta (Ln).

Lamina neta del agua es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración.

$$Ln = HA * NR * PAR \quad [2.5]^8$$

⁷ Guías para la elaboración de estudios de diseños técnicos de preinversión, MMA YA, 2018, p.176.

⁸ Guías para la elaboración de estudios de diseños técnicos de preinversión, MMA YA, 2018, p.176.

Donde: Ln , Lamina neta [mm].
 Lam , Humedad fácilmente aprovechable [mm].
 HA , Humedad aprovechable (%).
 NR , Nivel de reposición (Criterio de riego) = 0.5.
 PAR , Porcentaje de área a regar (1 para riego por aspersión).

d) Lamina Bruta (Lb).

El suministro de agua dentro de los cultivos debe incluir adicionalmente a las necesidades netas de las plantas, ya que el riego del cultivo presenta pérdidas por escorrentía, evaporación, arrastre de viento y entre otros. Ante esta situación ya sea el método de riego que se implemente en el área de estudio es necesario tomar en cuenta un estudio completo antes estas pérdidas presentes.

$$Lb = \frac{Ln}{Ea} \quad [2.6]^9$$

Donde: Lb , Lamina bruta.[mm]
 Ln , Lamina neta de riego [mm].
 Ea , Eficiencia de aplicación (%).

Para determinar la lámina bruta aplicada a una superficie mediante el riego es necesario contar con la eficiencia de sistema de riego que se va aplicar para ello utilizaremos las siguientes configuraciones como se puede apreciar en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Configuraciones de sistemas de riego.

Sistema de riego	Eficiencias (%)
Aspersión	75-80
Mini-Aspersión	80-85
Micro-Aspersión	90
Goteo	85-90

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseño técnico (MMAyA).

e) Frecuencia de riego (F).

La frecuencia de riego en los métodos tradicionales viene por el agricultor quien define el turno de riego a los cultivos quien se encarga de cuánto tiempo y cantidad de agua se va asignar el agua a cada cultivo.

⁹ Guías para la elaboración de estudios de diseños técnicos de preinversión, MMAyA,2018, p.177.

$$Fr = \frac{Ln}{ET} \quad [2.7]^{10}$$

Donde: F , Frecuencia. [*dia*]
 Ln , Lamina neta de riego [mm].
 ET , Evapotranspiración diaria del cultivo. [*mm /dia*].

la evapotranspiración diaria por los cultivos podemos determinar de la siguiente ecuación.

$$ET = ET_0 \cdot Kc \quad [2.8]$$

Donde: ET , Evapotranspiración diaria del cultivo. [*mm /dia*].
 ET_0 , Evapotranspiración de referencia [*mm /dia*].
 Kc , Coeficiente de cultivo.

finalmente podemos determinar la lámina de riego en el área de cultivo con la siguiente expresión:

$$Lr = \frac{Fr * ET}{Prr} \quad [2.9]$$

Donde: Lr , Lámina de riego [mm].
 Fr , frecuencia de riego (días).
 ET , Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)
 Prr Porcentaje de riego según el sistema de riego (aspersión $Prr= 75\%-100\%$)
Ciclo de riego.

$$C_r = F_r - DP \quad [2.10]^{11}$$

Donde: C_r , Número de días continuos de riego en el campo. [*dias*]
 F_r , Es el máximo número de días de riego. [*días*]
 DP , Días de paro destinados a reparaciones, mantenimiento, labores agrícolas, etc.

Área de riego del aspersor o área útil.

$$A_{asp} = S_a \cdot S_l \quad [2.11]$$

¹⁰ Guías para la elaboración de estudios de diseños técnicos de preinversión, MMAyA,2018, p.176.

¹¹ Guías para la elaboración de estudios de diseño técnico de preinversión (MMAyA)

Donde: A_{asp} , Área de cobertura del aspersor o área útil. [m^2]
 S_a , Espaciamiento entre aspersores. [m]
 S_l , Espaciamiento entre laterales. [m]

Precipitación horaria del aspersor.

$$PH_r = \frac{q}{A_{asp}} \quad [2.12]$$

Donde: PH_r , Precipitación horaria del aspersor. [mm/h]
 q , Descarga de agua del aspersor elegido. [m^3/h o l/s]
 A_{asp} , Área de cobertura del aspersor o área útil. [m^2]

La precipitación horaria del aspersor es la cantidad de agua que se aplica en un determinado tiempo. Este punto es muy importante comparar el valor de la velocidad de infiltración básica cumpliendo que $PH_r < lb$, esta condición debe cumplirse con el aspersor seleccionado con la finalidad que se tenga buenos resultados en el riego de los cultivos.

Tiempo de aplicación o tiempo de riego.

$$T_r = \frac{Lb}{PH_r} \quad [2.13]$$

Donde: T_r , Tiempo de riego por posición del aspersor. [h]
 Lb , Lamina neta. [mm]
 PH_r , Precipitación horaria del aspersor. [mm/h]

Numero de aspersores

$$NA = \frac{S_{t,promedio}}{A_{cobertura,asp}} + 1 [asp] \quad [2.14]$$

Donde: NA , Numero de aspersores
 $S_{t,promedio}$, Área de riego óptimo en [m^2]
 $A_{cobertura,asp}$, Área de cobertura de riego del aspersor elegido [m^2]

Los factores principales que influyen en el espaciado es el viento. Los valores de traslape en función a la velocidad de viento se presentan en la siguiente tabla 2.11.

Tabla 2.11 Espaciamiento entre aspersores, velocidad del viento.

Velocidad del Viento	Distancia entre aspersores
Sin viento	65 % del diámetro
2 m/s	60 % del diámetro
3.5 m/s	50 % del diámetro
Más de 3.5 m/s	30 % del diámetro

Fuente: Guías riego menor, Riego mayor riego tecnificado, Bolivia 2014, Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).

Máximo número de turnos de riego.

$$T_d = \frac{H_m}{T_r} \quad [2.15]$$

Donde: T_d , Turnos por día. (turnos/día).
 H_m , Horas de riego, máxima diarias. (horas/día).
 T_r , Horas de riego por turno. (horas/turno)

Horas de riego por día.

$$H_d = T_d \cdot T_r \quad [2.16]$$

Donde: H_d , Horas de riego diarias (horas/día).
 T_d , Turnos por día. (turnos/día).
 T_r , Horas de riego por turno. (horas/turno)

Horas de riego por ciclo.

$$H_c = C_r \cdot H_d \quad [2.17]$$

Donde: H_c , Horas de riego por ciclo. (horas/ciclo)
 C_r , Ciclo de riego. (días/ciclo)
 H_d , Horas de riego diarias (horas/día).

Numero de turnos por ciclo.

$$T_c = F_r \cdot T_d \quad [2.18]$$

Donde: T_c , Turnos de riego por ciclo. (turnos/ciclo)
 F_r , Ciclo de riego. (días/ciclo)
 T_d , Turnos por día. (turnos/día)

Superficie bajo riego por turno.

$$S_t = \frac{S_r}{T_c} \quad [2.19]$$

Donde: S_t , Superficie bajo riego por turno. (ha/turno)
 S_r , Superficie total de riego por ciclo (ha/ciclo)
 T_c , Turnos de riego por ciclo. (turnos/ciclo)

Dosis de riego bruta por turno.

$$DB = \frac{L_r \cdot Prr}{10} \quad [2.20]$$

Donde: DB , Dosis bruta (m^3 /ha).
 L_b , Lamina riego (mm) = (l/m^2).
 Prr , porcentaje riego según el sistema de riego. (%) $Prr= 75-100 \%$
El factor 10 convierte la lámina a (m^3 /ha) y el porcentaje (%)

Dosis de riego bruta por turno.

$$DB_t = S_t \cdot DB \quad [2.21]$$

Donde: DB_t , Dosis bruta por turno (m^3 /turno)
 S_t , Superficie por turno de riego. (ha/turno)
 DB , dosis bruta. (m^3 /ha)

Caudal requerido.

$$Q_r = \frac{DB_t}{T_r} \quad [2.22]^{12}$$

Donde: Q_r , Caudal requerido (m^3 /h)
 DB_t , Dosis bruta por turno. (m^3 /turno)
 T_r , Horas de riego por turno. (h/turno)

Numero de parcelas por riego

$$C_{\text{cantidad area,riego}} = S_{t,\text{promedio}} \cdot Fr \quad [2.23]$$

Donde: $C_{\text{cantidad area,riego}}$, Demanda de agua sobre la obre el terreno cultivado
 $S_{t,\text{promedio}}$, Área de riego óptimo en [ha]
 Fr , Frecuencia de riego (días)

Numero de aspersores funcionado por parcela.

$$NH_{\text{func.}} = \frac{NA \cdot Tr}{D} \quad [2.24]$$

Donde: $NH_{\text{func.}}$, Numero de hidrantes funcionando (aspersores)
 NA , numero de aspersores (aspersores)
 Tr , Tiempo de riego (h)
 D , días de trabajo (h) $D=24$ (h)=1(día).

Eficiencia de riego.

$$Er = \frac{Q_{\text{diseño,parcela}}}{Q_{\text{parcela}}} \quad [2.25]$$

Donde: Er , Eficiencia de riego (%)
 $Q_{\text{diseño,parcela}}$, Caudal de diseño de la demanda del sistema de riego. (l/s)
 Q_{parcela} , Caudal por parcela de riego (l/s).

f) Elección del tipo de irrigación.

Los métodos más utilizados para el riego de los cultivos debido a su versatilidad y facilidad de manejo y adaptación a diversos cultivos y topografía de terreno. Los tipos de sistema de riego más utilizados para el riego de los cultivos en áreas rurales más aplicados son:

➤ Riego por aspersión.

¹² Determinación del régimen de riego de los cultivos – Calculo de las necesidades de riego (Dr. Albert Avidan)

Como todo sistema, el riego por aspersión se trata de imitar a la lluvia es decir el agua cae uniforme cuyo objetivo es la infiltración en el mismo punto donde caen las gotas. Este proceso se realiza a través de tuberías que acaban en aspersores que son encargados de elevar el agua para que caigan pulverizados en forma de gotas sobre la superficie del terreno. Como cualquier sistema de riego está compuesta por una red de tuberías estructuradas en ramales y ramales secundarios, que llegan a los aspersores giratorios de referencia. Los sistemas de riego por aspersión se pueden dividir en dos tipos.

Sistemas estacionarios. Estos sistemas pueden ser:

- Fijos enterrados permanente.
- Fijos temporales aéreos.
- Semifijos con tuberías fijas.
- Semifijos con tuberías móviles.

Sistemas de desplazamiento continuo.

- Ramales desplazables.
- Aspersores gigantes con cañones viajeras o enrolladoras.

El depósito de agua almacenado es conectado al sistema de riego por medio de la red de tuberías para su respectivo suministro a los cultivos.

Figura 2.5 Sistema de riego por aspersión.



Fuente: <https://agrosolmen.es/los-sistemas-de-riego-por-aspersion/>

Este sistema de riego posee las siguientes ventajas.

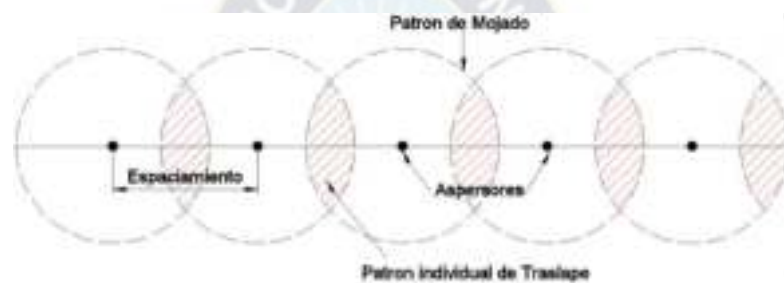
- Se adapta a distintas dosis de riego necesarias.
- Alta eficiencia de aplicación del agua en un 80% de forma uniforme en su penetración a en el perfil del suelo.
- No necesita nivelación sin limitaciones según el tipo de suelo.
- Suele permitir el tratamiento con fertilizante, fitosanitarios y lucha anti-helada.

Las desventajas son:

- Alto costo de inversión inicial entre ellos mantenimiento y funcionamiento.
- Mala uniformidad en el reparto por la acción de fuertes vientos.
- El consumo de agua es mayor que el requerido por el riego por goteo.

El patrón de mojado de los aspersores puede variar con la distancia tomando en cuenta que la mayor cantidad de agua cae cerca del aspersor y va disminuyendo a medida que se aleja. Por este motivo los aspersores deben traslaparse en un porcentaje de su radio para aplicarse en forma uniforme la lámina de agua sobre la superficie de cultivo lo cual también está relacionado con las condiciones de viento del lugar de estudio ya que este modifica la distribución del agua en los cultivos.

Figura 2.6 Traslape entre aspersores y humedecimiento del perfil de suelo.



Fuente: Elaboración Propia.

g) Válvulas y accesorios.

Las válvulas son dispositivos mecánicos que se encargan de interrumpir, controlar o regular el movimiento de un fluido dentro de una conducción a presión. Debido al diseño de las válvulas de diferentes materiales pueden abrir y cerrar, conectar, desconectar, regular o aislar enorme serie de líquido y gases según su aplicación.

➤ **Válvulas de bloqueo.**

Son dispositivos que permiten aislar parte de un sistema hidráulico, son válvulas de control que deben ser ubicadas de modo que permitan el aislamiento de cierta parte de las líneas de aducción, a fin de permitir el cierre de un punto para su reparación o ajuste de las tuberías.

➤ **Válvulas de estrangulamiento.**

Son dispositivos que permiten modificar el caudal de diferentes partes del circuito de red, son caracterizadas como válvulas de regulación, sus principales usos más comunes son de cierre positivo para un uso poco frecuente produciendo resistencia y caídas de presión considerables.

➤ **Válvulas de retención.**

Son dispositivos que no permiten el flujo inverso, actúan de una forma automática ante cambios de presión para evitar que se invierta el flujo, el cierre de esta válvula se comporta mediante el peso del mecanismo de retención o por la contrapresión cuando se invierte el fluido.

➤ **Válvulas de regulación y control.**

Estos dispositivos permiten modificar el caudal y la presión de determinadas partes de los circuitos de la red, entre ellas puede ser las válvulas limitadoras de caudal, las válvulas reductoras de presión.

➤ **Válvulas de protección.**

Estos dispositivos están diseñados para la protección contra golpe de ariete, estas válvulas vienen incorporados un tapón que se abre cuando la presión interna es demasiado elevada y libera el fluido por el escape, cuando pasa este suceso vuelve a la posición original.

2.2.1.1.5. Software ABRO V3.

La aplicación del software Abro creado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural que fue aprobado mediante Resolución Ministerial N° 095/02, bajo el cálculo del área de riego óptimo (ABRO) del sector público misma que sigue vigente hasta la actualidad.

Es un paquete de información de datos para el mejoramiento de sistemas de riego e indicador de varios factores que son relacionados con las condiciones climáticas dentro del área de estudio y la disponibilidad de agua para sistema de riego del proyecto.

2.2.1.2. Sistema de consumo de agua potable.

El Proyecto tiene como finalidad de llegar con agua a los lugares elevados donde es complicado regar los cultivos y cumplir la demanda de agua en tiempo de riego durante las épocas de sequía. Para ello en el punto anterior se dio a conocer un sistema de distribución por un tanque elevado quien se encargará de llevar este recurso a las parcelas de los cultivos. La distribución de agua por el tanque de almacenamiento será suministrada durante los meses de riego, pero nos encontraremos con meses en que el agua almacenada no tendrá salida a los cultivos. Para ello se propone que parte del agua empleada para el riego de los cultivos se divida para la distribución de agua para la comunidad.

2.2.1.2.1. Parámetros básicos de diseño.

Para el diseño del sistema de agua potable se hará referencia el reglamento Nacional NB 689¹³ (Instalaciones de agua- diseño para sistema de agua Potable) Ministerio del Agua y Viceministerio de Servicios Básicos. A base de la norma se obtendrá los parámetros de diseño de suministro de agua potable. el sistema de agua será por gravedad quiere decir que la redes funcionaran por gravedad que estará formado por los siguientes parámetros.

a) Tasa de crecimiento.

Para el determinar la cantidad de cantidad de agua necesaria la distribución para una comunidad o una ciudad es necesario estimar la tasa de crecimiento dentro del lugar de estudio.

b) Periodo de Diseño.

Para el dimensionamiento del consumo de agua es necesario realizar un proyecto para 20 años en base a la tasa de crecimiento.

c) Población de diseño.

Es necesario determinar la tasa de crecimiento de la población en base al periodo de diseño y la tasa de crecimiento del lugar de estudio según la norma NB 689 podemos determinar por diferentes métodos que se presenta en la tabla 2.12.

Tabla 2.12 Método de cálculo para la estimación de la población futura.

Método	Población hasta 5000 hab.
Aritmético	X
Geométrico	X
Exponencial	X

Fuente: Norma Boliviana NB-689. (Pag.18).

Para el cálculo de la población futura se puede utilizar los siguientes métodos de crecimiento.

$$P_{fA} = P_o * \left(1 + \frac{i \cdot t}{100}\right) \quad [2.26]$$

$$P_{fG} = P_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t \quad [2.27]$$

$$P_{fE} = P_o * e^{\left(\frac{i \cdot t}{100}\right)} \quad [2.28]$$

Donde: P_{fA} , Población futura en habitantes Aritmética.

P_{fG} , Población futura en habitantes Geométrico.

P_{fE} , Población futura en habitantes Exponencial.

i, índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje.

¹³ NB 689 (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad- Instalaciones de agua -Diseño para sistema de agua potable, 2da revisión. Diciembre 2004.

t, Numero de años de estudio o periodo de diseño.

d) Consumo de agua.

Para el cálculo del consumo de agua por la población debe ser establecida mediante dotación media diaria y dotación futura que permita satisfacer los requerimientos de consumo por la población. Considerando las pérdidas en la red de distribución.

- **Dotación media diaria**

La dotación media diaria está establecida por el consumo anual previsto por la población dividida por la población abastecida y el número de días del año. Especificando la siguiente tabla 2.13.

Tabla 2.13 Dotación media diaria (l/hab/día).

Zona	Población [habitantes]		
	Hasta 500	De 501 a 2000	De 2001 a 20000
Del Altiplano	30-50	30-70	50-80
De los Valles	50-70	50-90	70-100
De los Llanos	70-90	70-110	90-120

Fuente: Norma Boliviana NB-689. (Pag.20).

- **Dotación Futura.**

La dotación futura para el periodo de diseño se debe a que la dotación media diaria actual puede incrementarse debido a los factores de consumo, para ello es necesario estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria. Aplicando la siguiente formula.

$$D_f = D_o * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t \quad [2.29]$$

Donde: D_f , Dotación futura. [l/hab-d]

D_o , Dotación inicial [l/hab/d].

d , Incremento anual de la dotación en porcentaje ($d=1$ [%])

t , periodo de diseño. ($t=20$ [Años])

e) Caudales de diseño.

Los caudales de diseño deben ser estimada para dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de agua potable.

- **Caudal medio diario.**

Se define como el consumo promedio de una población, durante un año de registro se determina con base en la población del lugar de estudio de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400} \quad [2.30]$$

Donde: Q_{md} , Caudal medio diario. [l/s]

P_f , Población futura. [hab]

D_f , Dotación futura. [l/hab/d]

- **Caudal máximo diario.**

Representa la demanda máxima que presenta en un día del año y se determinará multiplicando el caudal medio por el factor de variación diaria (k_1) que varía entre 1,2 y 1,5 según las características de la población.

$$Q_{max,d} = k_1 * Q_{md} \quad [2.31]$$

Donde: $Q_{max,d}$, Caudal máximo diario. [l/s]

Q_{md} , Caudal medio diario. [l/s]

k_1 , coeficiente de caudal máximo diario. [$k_1=1,50$]

- **Caudal máximo horario.**

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año, y se obtiene multiplicando el caudal máximo por el coeficiente (k_2) que varía según la tabla 2.14.

$$Q_{max,h} = k_2 * Q_{max,d} \quad [2.32]$$

Donde: $Q_{max,h}$, Caudal máximo horario. [l/s]

$Q_{max,d}$, Caudal máximo diario. [l/s]

k_2 , Coeficiente de caudal máximo horario. [$k_2=2,10$]

Tabla 2.14 Valores del Coeficiente k_2 .

Población (habitantes)	Coefficiente k_2
Hasta 2000	2,20-2,00
De 2001 a 10000	2,00-1,80
De 10001 a 100000	1,80-1,50
Mas de 100000	1,50

Fuente: Norma Boliviana NB-689. (Pag.22).

2.2.1.2.2. Red de distribución.

La red de distribución del sistema de agua potable, se diseñará de acuerdo a la Norma Boliviana NB-689, tomando en cuenta parámetros para el suministro de agua a los usuarios de forma constante con una presión apropiada.

a) Tipos de redes.

- **Red abierta o ramificada.**

La red abierta está constituida por una línea principal de tubería, y puede aplicarse en poblaciones semidispersas o dispersas por razones topográficas.

- **Red cerrada o anillada.**

La red cerrada se caracteriza por tener tubería que tienen en forma de circuitos cerrados o anillos, y puede aplicarse en poblaciones concentradas mediante redes totalmente interconectadas.

- **Red mixta o combinada.**

La red mixta suele aplicarse según las características topografías del lugar de estudio y puede realizarse la distribución de la población de forma combinada redes cerradas y redes abiertas.

b) Determinación de caudales por nudo.

La determinación de los caudales en los nudos es necesario verificar la topografía del lugar de estudio, según el criterio de la topografía podemos aplicar caudales para redes cerradas o para redes abiertas.

- **Caudales en redes cerradas.**

En redes cerradas la determinación de caudales en los nudos de la red principal se aplicará el método de densidad poblacional.

$$Q_n = Q_u * N_{fn} \quad [2.33]^{14}$$

Donde: Q_i , Caudal en el nudo “n”. [l/s]

Q_u , Caudal unitario. [l/s-familia]

N_{fn} , Número de familias en el área de influencia del nudo.

$$Q_u = \frac{Q_t}{N_t} \quad [2.34]$$

Donde: Q_t , Caudal máximo horario. [l/s]

N_t , Número total de familias.

- **Caudales en redes abiertas.**

¹⁴ NB-Reglamento técnico de diseño de redes de distribución para sistemas de agua potable, Pág. 286.

en redes abiertas para determinación de caudales en redes abiertas de debe considerar el número de conexiones tomando los siguientes puntos.

- a) Para redes con más de 30 conexiones debe aplicarse uno de los métodos para redes cerradas. (NB-689, Pag.287).
- b) Para redes con menos de 30 conexiones debe aplicarse el caudal por ramal utilizando el método probabilístico o de simultaneidad basado en el coeficiente de simultaneidad y el número de grifos. (NB-689, Pag.287).

El caudal por ramal es:

$$Q_{ramal} = K * \sum Q_g \quad [2.35]$$

Donde: Q_{ramal} , Caudal de cada ramal. [l/s]

Q_g , Caudal por grifo. [l/s] ($Q_g \geq 0,10$)

K , coeficiente de simultaneidad ($K \geq 0,20$)

$$K = \frac{1}{\sqrt{(x - 1)}} \quad [2.36]$$

Donde: x , Número total de grifos en el área que abastece cada ramal. ($x \geq 2$)

Tabla 2.15 Valores de coeficiente K de simultaneidad.

Nº de grifos	K	Nº de grifos	K
2	1,00	17	0,25
3	0,71	18	0,40
4	0,58	19	0,40
5	0,50	20	0,30
6	0,45	21	0,20
7	0,41	22	0,20
8	0,38	23	0,20
9	0,35	24	0,20
10	0,33	25	0,20
11	0,32	26	0,20
12	0,30	27	0,20
13	0,29	28	0,20
14	0,28	29	0,20
15	0,27	30	0,20
16	0,25		

Fuente: NB-689(Pág. 288)

En ningún de los casos, el caudal por pileta publica y conexión domiciliaria debe ser menor a 0,10 [l/s].

c) Área de proyecto.

El área del proyecto debe comprender la población de proyecto de las áreas domicilios presentes y resultantes de la expansión futura.

d) Presiones de servicio.

En la red de distribución es necesario tomar en cuenta las presiones de trabajo de la red hidráulica del sistema de agua potable, que durante el periodo de la demanda máxima horaria se recomienda que la presión dinámica mínima en cualquier punto de la red no sea menor a 5 m.c.a. y en sistema de distribución por gravedad con tanques de almacenamiento la presión estática máxima en la red no debe ser mayor a los 70 m.c.a. y la presión estática máxima permitida en tubería de aducción será de 50 m.c.a.

e) Velocidades de diseño.

Las velocidades permisibles en la red de distribución en ningún caso deben ser menor a 0,30 [m/s] con la finalidad de garantizar la autolimpieza del sistema. Y la velocidad máxima de la red de distribución no debe ser mayor a 2,00 [m/s] a fin que se produzca pérdidas de cargas excesivas en la red.

f) Diámetros mínimos.

Según la norma NB-689 establece que los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerrada deben ser de 1". Y en redes abiertas el diámetro mínimo de la tubería principal debe ser de 1" aceptándose en poblaciones menores de 2000 habitantes, y en los ramales con un diámetro de 3/4".

g) Profundidad de instalación de las tuberías.

La instalación de la red hidráulica de distribución debe ser enterradas a excepción de las estructuras especiales. La profundidad mínima de las tuberías en áreas rurales debe ser de 0,60 [m] medida desde la rasante del terreno. La ubicación de la red distribución de las tuberías deben ubicarse en los costados Sur y Este de las calles a 1,00 [m] del cordón de la acera o un tercio de la calzada.

2.3 DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO.

Todos los componentes de un sistema de bombeo alimentado mediante energía solar fotovoltaica interactúan con una bomba de agua las cuales incluyen componentes como los dispositivos de accionamiento y control de la bomba, las tuberías y otros componentes por los que pasa el fluido.

Las aplicaciones para la demanda de agua se puede distinguir dos tipos de almacenamiento de agua.

- Almacenamiento de agua largo plazo en el cual almacena agua de un mes para otro.

- Almacenamiento de agua a corto plazo lo cual almacena agua de un día para otro, tomando en cuenta que permite evitar la falta de agua en determinados días de baja radiación solar.

El suministro de agua ya sea su aplicación es necesario incluir un sistema de depósito de almacenamiento ya sea a largo plazo o a corto plazo para asegura los días de autonomía.

2.3.1. Determinación de las necesidades hidráulicas de bombeo.

Es necesario e importante conocer la demanda de agua en volumen dentro del lugar de estudio., ante esta situación es necesario seguir una serie de evaluaciones para el dimensionamiento del subsistema:

- Realizar una evaluación o estudio de la energía solar que incide dentro de la zona del proyecto.
 - Realizar una evaluación de los parámetros hidráulicos necesarios para el sistema de bombeo de agua.
 - Definición del equipo necesario para el bombeo.

Para el dimensionamiento del subsistema es necesario contar con datos medios o mensuales de la radiación solar disponible en la zona de estudio, así como las definiciones del rendimiento pico del subsistema motor/Bomba y la evaluación hidráulica para la extracción del agua ya sea de pozos subterráneos de agua.

2.3.2. Determinación de los Parámetros hidráulicos.

2.3.2.1. Necesidades de agua.

Uno de los primeros puntos a considerar para el diseño del sistema de bombeo solar es necesario conocer el volumen de agua diario medio mensual necesario para satisfacer la demanda de aplicación dentro del lugar de estudio como ser:

- Agua para el consumo humano.
- Agua para el consumo de animales domésticos
- Agua para el riego de los cultivos.

“Es muy importante realizar un estudio previo de la capacidad del pozo del que se va bombear y realizar un estudio de las variaciones estacionales del agua para proveer la situación de la bomba y que no trabaje en vacío”. (Miguel Alonso Abella y Faustino Chenlo Romero,1994, p.34).

Para seleccionar el tipo de sistema adecuado que se va tomar en cuenta es el tipo de consumo que se va realizar.

- Este tipo de consumo continuo es el caso de abastecimiento de agua para el número de hogares que inciden el lugar de estudio o en caso por cada animal que vaya a consumir el agua del sistema y la capacidad del depósito de almacenamiento para asegurar un suministro continuo que se puede consumir tanto por el día, noche en invierno o en verano. Su capacidad se calcula estimando las necesidades diarias y multiplicando por el número de días de reserva.
- Este tipo de consumo estacional es el caso de los sistemas de riego, en lo que las necesidades de agua son aproximadamente proporcionales a la intensidad de la radiación solar en el lugar de estudio. En este caso es necesario conocer las necesidades máximas diarias de agua para el cultivo en el que se va a implementar en el sistema de riego.

Una vez definido las necesidades del tipo de consumo de agua a lo largo del año se puede dimensionar el volumen de agua para cada mes del año calculando la energía hidráulica mensual necesaria mediante la siguiente expresión:

2.3.2.2. Caudal de diseño.

para el dimensionamiento del sistema de bombeo es necesario contar con la demanda de agua necesaria que satisfaga a la comunidad.

$$Q_b = \frac{24}{N} \cdot Q_{max,d} \quad [2.37]$$

Donde: Q_b , Caudal de bombeo. (l/s)

$Q_{max,d}$, caudal máximo diario por la bomba, (l/s)

N , Número de horas de Bombeo.

a) Número de horas de bombeo.

El número de horas de bombeo o número de operaciones (arranques) en un día debe depender de los siguientes factores.

- Rendimiento de la fuente.
- Consumo de agua.
- Limitaciones de energía.
- Costo.

Se recomienda que por razones económica y operativas el periodo de bombeo en un día debe ser menor a 12 horas, que podrán ser distribuidas en una o más operaciones de bombeo diarios.

2.3.2.3. Velocidad media de flujo.

La velocidad media de flujo en la tubería se determinará escogiendo el diámetro inmediato superior comercial la cual será el diámetro de diseño para la tubería de impulsión y utilizando la ecuación de continuidad podemos determinar.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_c^2} \quad [2.38]$$

Donde: V , Velocidad media del agua a través de la tubería. (m/s)

D_c , Diámetro interior de la sección transversal de la tubería (m).

Q , Caudal de bombeo (m^3/s)

Las velocidades consideradas en tuberías PVC, que se encargan de elevar el agua, la velocidad dentro de la tubería debe variar entre 0.30 a 2.0 (m/s).

2.3.2.4. Diseño Hidráulico.

a) Diámetro de la tubería Basado en la velocidad de diseño.

Para determinar el diámetro de diseño se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde un punto de vista. La velocidad para la tubería de impulsión debe estar dentro de un rango de 0.3 a 2.0 (m/s). según parámetros de diseño de bombeo por aguas subterráneas.

La fórmula de Bresse es una aproximación para la obtención de un diámetro económico para líneas de impulsión de agua subterráneas.

En el caso para bombeo continuo donde la bomba trabaje durante las 24 horas al día, Bresse propone lo siguiente.

$$D = K_o \cdot \sqrt{Q_d} \quad [2.39]^{15}$$

Donde: D , Diámetro de la tubería impulsión. (m/s)

Q_b , Caudal de diseño (m^3/s).

K_o , coeficiente de Bresse con un valor de 1.3 (adimensional)

Para el caso de bombeo discontinuo, donde la bomba trabaja en menor de 24 horas al día y se convierte en la siguiente ecuación.

$$D = K_o \cdot \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} \cdot \sqrt{Q_b} \quad [2.40]$$

¹⁵ Ecuación de Bresse para la obtención de diámetro económico para líneas de impulsión de agua.

Donde: D , Diámetro de la tubería impulsión. (m/s)

N , es el número de horas de bombeo al día.

Q_b , es el caudal de bombeo. (m^3/s).

Q_d , Caudal de diseño(m^3/s).

K_o , coeficiente de Bresse con un valor de 1.3 (adimensional)

2.3.2.5. Altura hidráulica total de bombeo.

Para que el sistema de bombeo cumpla con el objetivo de suministrar agua de punto a otro por ejemplo desde un pozo hasta un depósito de almacenamiento se debe calcular la altura hidráulica total que este compuesto por la suma de la altura estática, altura dinámica del pozo y el abatimiento del pozo.

$$CDT = H_e + H_f + S_w \quad [2.41]^{16}$$

Donde: CDT , Carga Dinámica Total (m).

H_e , Carga estática total (m)

H_f , Perdidas por fricción (m)

S_w , Abatimiento (m)

La carga dinámica total podemos determinar utilizando la ecuación de Bernoulli mostrada de la siguiente forma:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_s + CDT - H_{f1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_d \quad [2.42]^{17}$$

Despejando la carga dinámica total se despeja CDT y tenemos:

$$CDT = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + (h_d - h_s) + H_{f1-2} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad [2.43]$$

Donde: CDT , Carga dinámica total que se requiere para llevar el fluido al punto 2.

P_1 y P_2 , Presión sobre la superficie del líquido en los puntos 1 y 2.

¹⁶ Sistema de Bombeo Fotovoltaico (DEPARTAMENTO DE ENERGIAS RENOVABLES-CIEMAT-Miguel Alonso Abella & Faustino Chenlo Romero, p.36)

¹⁷ Ecuación de Bernoulli. Dinámica de fluidos -Mecánica de fluidos 7ma edición – Robert L Mott. P. 159

V_1 y V_2 , Velocidad del fluido en los puntos 1 y 2 (m)

h_s , Altura de succión (m)

h_d , Altura de descarga (m)

H_{f1-2} , Pérdidas totales de carga que tiene el líquido en la tubería (m)

γ , Densidad del fluido a la temperatura de bombeo (kg/m³)

g , aceleración de la gravedad. (9,77 m/s²)

- **Altura estática de succión (h_s)**

es la distancia vertical que existe del nivel de agua al punto central de equipo de bombeo (cuando la bomba se encuentra arriba del nivel de agua a succionar). Se le conoce como altura de elevación estática de succión.

- **Carga estática de Succión (h_s)**

se encuentra cuando la bomba se encuentra debajo del nivel de agua a succionar, la distancia vertical del nivel del agua al punto central del equipo de bombeo se lo conoce como carga estática de succión.

- **Carga estática de descarga (h_d)**

es la distancia que existe entre el punto central del equipo de bombeo y el punto a donde se transporta el agua y se lo conoce como carga estática de descarga

a) Carga estática total. (He)

la carga estática total se obtiene de la sumatoria de la carga estática de descarga y la carga estática de succión o altura y se expresa de la siguiente:

$$He = h_d - (\pm h_s)$$

La ecuación de la carga estática total indica que en los sistemas de bombeo dependen de su configuración del nivel de fuente de alimentación que se encuentra por debajo de la línea central de la bomba o por arriba del nivel de la bomba.

En sistema donde el sistema de bombeo sumergibles la carga estática total se expresa con la siguiente expresión.

$$He = \text{altura de descarga} + \text{nivel estatico de succion}$$

b) Pérdida de carga por fricción (H_{f1-2}).

Las pérdidas por fricción con las cargas necesarias para vencer la resistencia del agua que fluye por la tubería y los accesorios, las cuales depende del tipo de tamaño de tubo y esta expresado de la siguiente expresión.

$$H_{f1-2} = H_{fs} + H_{fd} \quad [2.44]$$

Donde: H_{f1-2} , Carga de fricción (m).
 H_{fs} , Carga de fricción de succión (m)
 H_{fd} , Carga de fricción de descarga (m)

Las pérdidas dentro de una red de agua dentro de una tubería están compuestas por dos tipos de pérdidas como ser:

- Pérdidas primarias o líneas que aparecen en el rozamiento del agua con la pared de la tubería.
- Pérdidas secundarias o singulares se presentan en los puntos iniciales y finales de la tubería o ya sea en accesorios que forman parte de la red de tuberías.

a) **Pérdidas primarias.**

Para determinar las pérdidas primarias en las tuberías utilizaremos la ecuación por Hazen-Williams que depende de cuatro factores el diámetro de la tubería, trayectoria total de la tubería y la constante fijada por el material de la tubería.

$$h_f = k \frac{L}{D^{1.16}} \cdot \left(\frac{V}{C}\right)^{1.851} \quad [2.45]$$

Donde: h_f , pérdida de carga debido al rozamiento. (en m o ft)
 C , factor de fricción de Hazen Williams.
 L , longitud de la tubería (en m o ft).
 D , Diámetro de la tubería (en m o ft).
 V , velocidad en la tubería (en m/s o fps).
 k , 6,79 para V en m/s, D en m.
 k , 3,02 para V en fps, D en ft.

Valores de los factores de fricción por Hazen Williams. Como se puede apreciar en la siguiente tabla 2.16.

Tabla 2.16 Coeficiente de Hazen Williams para diferentes materiales.

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Plomo	130-140
Latón	130-140	Plástico (PE, PVC)	140-150
Ladrillo de saneamiento	100	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido nuevo	130	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Acero nuevo	130
Concreto	120-140	Acero rolado	110
Cobre	130-140	Lata	130
Hierro dúctil	120	Madera	120
Hierro galvanizado	120	Hormigón	120-140
Vidrio	140		

Fuente: <https://go.gale.com/ps/i.do?>

b) Pérdidas secundarias.

Las pérdidas secundarias suceden cuando existen una reducción o pérdidas en la velocidad del fluido y se puede determinar con la siguiente ecuación.

$$h_f = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [2.46]$$

Donde: h_f , pérdida de carga local del accesorio. (m)

k , coeficiente de resistencia del accesorio (adimensional)

g , aceleración de la gravedad. *a nivel de la comunidad* $\left(9,77 \frac{m}{s^2}\right)$

V , Velocidad promedio del fluido (m/s)

Para determinar los coeficientes de resistencia para las válvulas y accesorios utilizaremos las tablas 2.17.

Tabla 2.17 Coeficiente de resistencia del accesorio k.

Pieza, conexión o dispositivo	K	Pieza, conexión o dispositivo	K
Rejilla de entrada	0.80	Tee con flujo en ángulo	1.50
Válvula de pie	3.00	Tee con salida bilateral	1.80
Entrada cuadrada	0.50	Válvula de compuerta abierta	5.00
Entrada abocinada	0.10	Válvula de ángulo abierta	5.00
Entrada de borda o reentrada	1.00	Válvula de globo abierta	10.0
Ampliación gradual	0.30	Válvula alfarera	2.00
Ampliación Brusca	0.20	Válvula de retención	2.50
Reducción gradual	0.25	Boquillas	2.75
Reducción brusca	0.35	Controlador de gasto	2.50
Codo corto de 90°	0.90	Medidor de Venturi	2.50
Codo corto 45°	0.40	Confluencia	0.40
Codo largo de 90°	0.40	Bifurcación	0.10
Codo largo de 45°	0.20	Pequeña derivación	0.03
Codo largo de 22°,30°	0.10	Válvula de mariposa abierta	0.24
Tee con flujo en línea recta	0.10		

Fuente: CONAGUA,2002.

2.3.2.6. Análisis de Golpe de Ariete.

Generalmente el golpe de ariete es un fenómeno transitorio ocasionado por las maniobras rápidas en el sistema de conducción como ser abrir y cerrar con rapidez una llave de paso o una bomba de agua, su característica principal en general es la generación de una onda de presión que puede causar daños en el sistema hidráulico.

Tabla 2.18 Velocidad máxima permisible en tuberías (m/s).

Material	Velocidad máxima (m/s)
Tubería revestida de hormigón simple	3,0
Tubería de hormigón centrifugado	3,5
Tubería de asbesto cemento	5,0
Tubería de PVC	5,0
Tubería de hierro fundido	5,0
Tubería acero galvanizado	5,0
Tubería de acero	5,0

Fuente: Instalaciones de Agua - Diseño para sistema de Agua Potable. (NB-496)

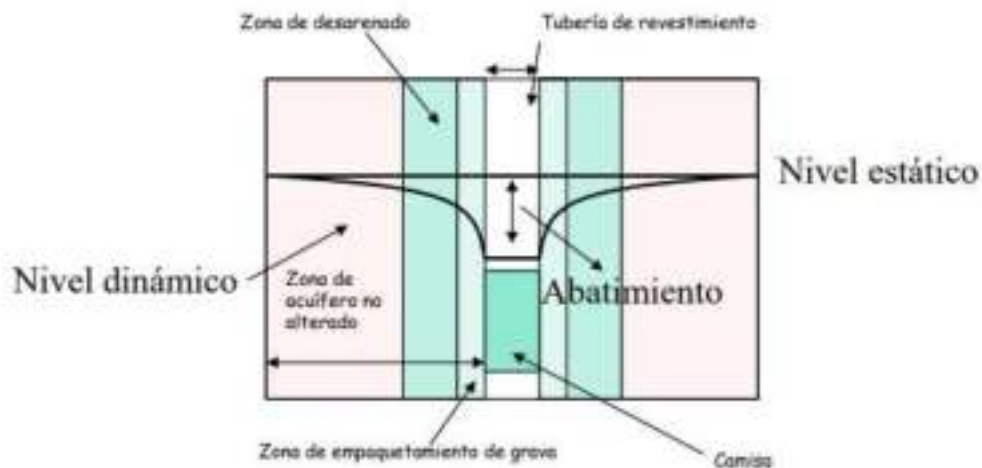
En tuberías de impulsión la velocidad no debe ser mayor a 2,0 m/s. A objetivo de mitigar los efectos por golpe de ariete y en general cuando sea inminente se recomienda que la velocidad máxima sea menor a 1,5 m/s. y la velocidad mínima en la tubería debe ser

establecida en función de la velocidad de autolimpieza. La velocidad mínima es de 0,30 m/s. (Diseño para sistema de agua potable-NB 689, p. 48).

a) Abatimiento del pozo.

Generalmente al bombea agua de un pozo el nivel de agua en su interior no se mantiene constante en el pozo si no varía en función del caudal bombeo y el tiempo de bombeo.

Figura 2.7 Diagrama esquemático del nivel del agua en un pozo de bombeo.



Fuente. Sistema de bombeo Fotovoltaico (Ciemat- Miguel Alonzo Abella)

El abatimiento se lo conoce como la diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico (en condiciones de bombeo). Como se puede apreciar en la figura. Normalmente para dimensionar del abatimiento está relacionado con la altura manométrica estática del pozo y por otro lado debido a las pérdidas de cargas en las tuberías hidráulicas de impulsión. Se puede obtener una relación matemática entre el abatimiento producido en un pozo, el caudal bombeado y el tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo. Mediante el método de Jacob bajo ciertas condiciones adicionales podemos obtener valores confiables del pozo de estudio.

$$s_w = \frac{Q}{4 * \pi * T} * \ln \left(\frac{2,24 * T * t}{r^2 * S} \right) \quad [2.47]^{18}$$

- Donde: s_w , Abatimiento dentro del pozo de bombeo. (m)
 r , Distancia del pozo de bombeo (m)
 S , Coeficiente de almacenamiento estimado.

¹⁸ Método de Jacob (Cooper Jacob) -abatimiento para un ciclo logarítmico

T , Es el coeficiente de transmisividad del acuífero.

t , Es el tiempo de Bombeo.

Q , Es el caudal de bombeo.

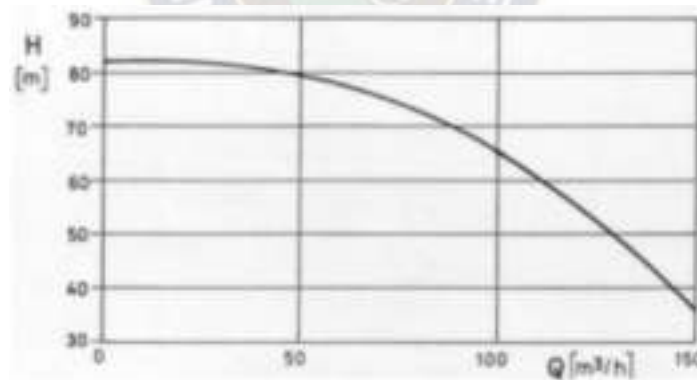
2.3.2.7. Equipo de bombeo motor/bomba.

un sistema de bombeo está compuesto por un equipo que se encarga de bombear el fluido de un lugar a otro a través de un motor eléctrico quien se encarga de transformar esa energía mecánica que procede del motor y la convierte en energía que el fluido adquiere en forma de presión, de posición y velocidad.

Ya que estos tipos de equipos de bombeo presentan distintas prestaciones, pero todas cumplen una finalidad, mover un cierto volumen de líquido entre otros niveles, en sí son máquinas hidráulicas que se encargan de transformar un trabajo mecánico en otro tipo hidráulico.

Estas bombas de agua poseen una curva de funcionamiento llamada curva característica de la bomba que está compuesta en función a la altura de impulsión “ H ” y el caudal que se desea bombear “ Q ” como se puede apreciar en la figura (2.19) que para cada valor de altura de impulsión corresponde un valor de caudal o viceversa. Que a medida que el caudal aumenta la altura va decreciendo como se puede apreciar en la figura 2.8.

Figura 2.8 Curva característica de una bomba centrífuga.



Fuente: <https://www.debem.com/es/curva-caracteristica-de-bomba-centrifuga>

Para el dimensionamiento de un equipo adecuado es necesario tomar en cuenta algunos factores como ser.

- Caudal de agua que se pretende extraer del pozo.
- Altura de carga dinámica total prevista.
- Diámetro del tubo del Pozo.

Ante esos factores podemos determinar la potencia de la bomba y del motor con la siguiente ecuación.

$$P_b = \frac{Q_b \cdot H_b}{76 \cdot \eta} \quad [2.48]$$

Donde: P_b , potencia de la bomba y del motor. (HP)

Q_b , Caudal del bombeo (l/s).

H_b , Altura manométrica total (m).

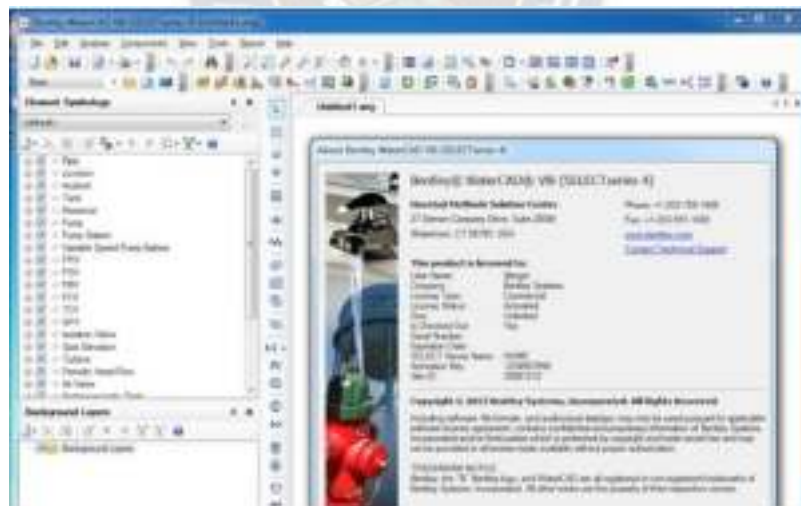
η , Eficiencia del sistema de bombeo, $\eta = \eta_{motor} \cdot \eta_{bomba}$

Para la selección de la bomba debe consultar al proveedor o fabricante sobre las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimiento reales de la bomba. Tomando en cuenta que la bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con la eficiencia (η) mayor a 70%.

2.3.2.8. Software para el diseño hidráulico WaterCAD.

WaterCAD es un software cuyo algoritmo se basa en el cálculo hidráulico, permite el análisis hidráulico de redes de agua determinando las presiones en diversos puntos de la red del sistema de agua, así como también los caudales, velocidades, perdidas en las líneas que conforman la red hidráulica, así como otros parámetros o elementos presentes en el sistema como bombas, válvulas de control, tanques etc. Ver figura 2.9.

Figura 2.9 Software para el diseño hidráulico WaterCAD.



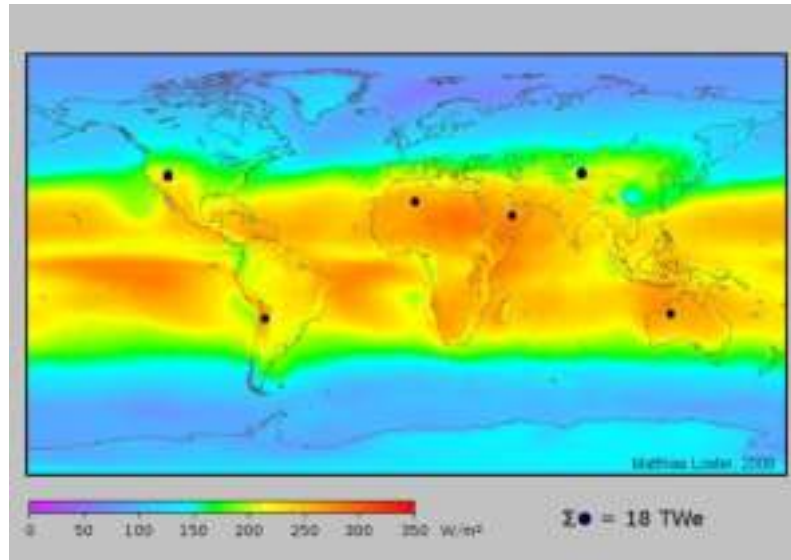
Fuente: <https://www.bentley.com/software/openflows-watercad/>

2.4 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.

La energía solar es una de las fuentes de energías más aprovechadas por el ser humano desde la antigüedad mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el paso del tiempo, la energía solar se deriva directamente de la radiación que llega a la tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioletas y es considerado la energía principal de la tierra que gracias a la radiación solar ponen en marcha varios procesos que permiten la

supervivencia de los seres vivos que habitan en la tierra, como también la radiación solar es el origen de los vientos , las mareas y los combustibles fósiles, en pocas palabras el sol es el motor principal de casi todas las fuentes de energía de nuestro planeta.

Figura 2.10 Mapa de energía solar en el Mundo en W/m2 (Watts por metro cuadrado).

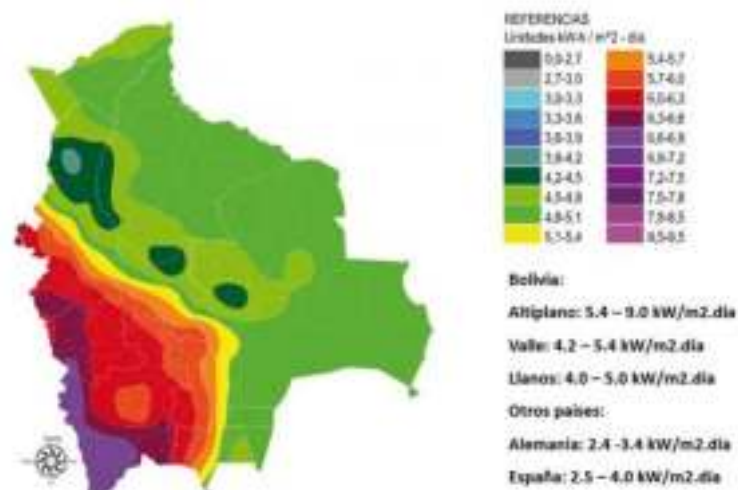


Fuente: SMI energías Renovables

2.4.1. Potencia solar en Bolivia.

En Bolivia cuenta con un extraordinario potencial de energías renovables, como ser la energía solar, eólica e hidroenergía que son factores claves para resolver los problemas energéticos y generar una energía sostenible y accesible para la población rural.

Figura 2.11 Mapa de radiación solar Media Anual para Bolivia (kWh/m²/día).



Fuente: Elaborado en base a Universidad Mayor de San Simon,2010.

En Bolivia las regiones del altiplano y de los Valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar, estos valores altos de radiación solar en nuestro país se deben a la posición geográfica por ello la tasa de radiación entre las épocas de invierno y verano no

presentan diferencia que sobrepasan el 25%, diferencia de otras regiones del globo terráqueo que se encuentran en latitudes mayores.

La energía solar que proviene de la irradiación del sol, Bolivia es uno de los países donde la radiación es mayor que recibe a diferencia de los otros países de Sudamérica. La mayor radiación solar diaria media anual se presenta en el altiplano de Bolivia el índice de radiación que se presenta y se mide en ($kWh/m^2/dia$) el color violeta es el que más índice de radiación tiene que se presenta en el mapa solar de Bolivia.

a) Fuentes de energía.

Según sea la utilización las fuentes de energía las podemos clasificar en primarias y secundarias:

- Las energías primarias son las que se obtienen directamente de la naturaleza, como el carbón, petróleo, gas natural, hidroenergía, biomasa, energía eólica y energía solar.
- Las energías secundarias se obtienen de las primarias mediante procesos de transformación por medio técnicos.

Bolivia cuenta con niveles relativamente elevados en potencia energéticos primarios como ser las energías alternativas y renovables y los grandes recursos que existen sobre los recursos hidráulicos que se originan en los ríos que nacen en las cordilleras de Bolivia.

2.4.2. Radiación solar.

la importancia de la radiación solar emitida por el sol que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas proporcionadas por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del sol y el calor generado por las reacciones de fusión nuclear quien es responsable de que el sol sea una masa gigantesca e incandescente que tiene una temperatura aproximada de $35^{\circ}C$. La radiación emitida por el sol en todas las direcciones interceptada por la tierra se puede definir una magnitud llamada constante solar el valor de la constante solar puede estimarse suponiendo el sol como un cuerpo negro a una temperatura de 5772 K y se obtiene así un valor de la constante solar midiendo la parte externa de la atmosfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del sol y el valor obtenido de las mediciones satelitales es de $1361\text{ W}/m^2$.¹⁹ En realidad la constante solar no es propiamente una constante, pero si un parámetro que a corto y medio plazo varia dentro de los márgenes de distancia entre el sol y la tierra. Para calcular la irradiancia terrestre

¹⁹ La constante solar I_{SC} fue establecida por Hickey y Crommelynck cuyo valor oscila entre 1361 a 1371 [W/m^2],siendo constantemente corregidas por mediciones del satélite.

incidente en una superficie tangente a la atmosfera para cierta latitud determinada se emplea la siguiente ecuación:

$$I_0 = I_{SC} E_0 \cos \theta \quad [2.49]^{20}$$

Donde: I_0 , es la irradiancia terrestre sobre una superficie horizontal [W/m^2].
 I_{SC} , es la constante solar, cuyo valor es 1361 [W/m^2].
 E_0 , factor de corrección de la excentricidad de la órbita terrestre, adimensional.
 θ , es el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie.

El estudio del espectro que presenta la radiación solar que emite fuera de la atmosfera y a nivel del mar en condiciones de cielo despejado esta energía es absorbida debida a diferentes gases en la atmosfera como ser el oxígeno molecular (O_2), ozono (O_3), y el vapor de agua (H_2O). Según la figura 2.12.

Figura 2.12 Espectro de radiación solar fuera de la atmosfera de la Tierra.



Fuente: ECYT_AR-Irradiancia solar

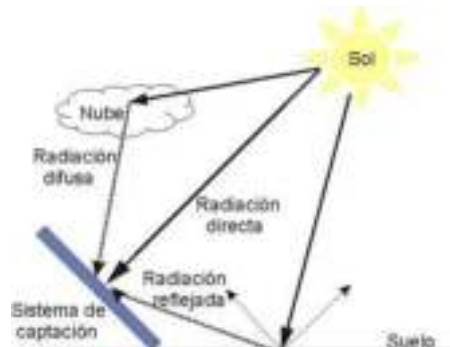
La parte de la radiación solar que viaja en diferentes líneas y penetra a la tierra sufre un fenómeno de dispersión, difusión y reflexión que una vez que la radiación alcanza la superficie de la tierra consta de tres componentes:

- Radiación solar directa: Es la radiación que actúa perpendicularmente a la superficie de la tierra sin cambios de dirección.
- Radiación solar difusa: Es la cantidad de energía solar que incide sobre la superficie horizontal desde todos los lugares de la atmosfera.

²⁰ Ruiz Hernández, Valeriano & Silva Pérez, Manuel. Radiación solar, grupo de termodinámica, Escuela superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, España, p15.

- Radiación solar Reflejada: Es la radiación solar dirigida hacia arriba, tras haber sido reflejada por la atmosfera y por la superficie terrestre.

Figura 2.13 Radiación solar directa, difusa y reflejada sobre una superficie inclinada.



Fuente: Radiación Directa, difusa y reflejada (marzo 2019)

2.5. SUBSISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA.

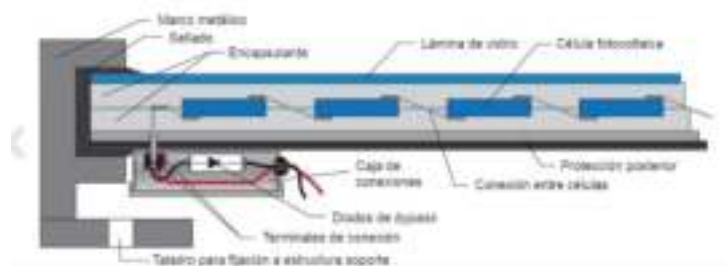
2.5.1. Generador Fotovoltaico.

El sol que irradia luz o calor sobre la superficie terrestres genera energía limpia y económica transformando la radiación solar en electricidad, con un sistema de generación de energía solar que da gracias al efecto fotovoltaico puede acceder a la energía eléctrica en cualquier lugar y libre de sombras.

2.5.2. Módulos Fotovoltaicos.

Un Panel solar o modulo fotovoltaico este compuesto por un conjunto de celdas o células conectadas eléctricamente que produce en su salida de conexión una tensión continua y se diseña para valores de tensión (6 V, 12 V y 24 V) la energía eléctrica generada por los paneles solares puedes ser distribuida para sus diferentes usos. Los componentes principales que conforman los paneles fotovoltaicos según su aplicación se presentan en la siguiente figura 2.14.

Figura 2.14 Sección de un módulo fotovoltaico.



Fuente: Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas 2da edicion,2022, (Julián Cantos Serrano, 2022, p 52)

- **Lamina de vidrio exterior**, se encarga de proteger las células frente a la acción de agentes externos como ser lluvias, granizo, arena, etc. Están compuesto de un material transparente con un espesor de 3 mm.
- **Encapsulante**, este material este situado por encima de las células que aísla eléctricamente normalmente está formado de etilen-vinil-acetato, deben presentar una buena transmisión a la radiación.
- **Células**, son los elementos que están conectado entre sí para dar lugar a un módulo y las que produce el efecto fotovoltaico generando electricidad a través de la radiación que inciden sobre las células.
- **Protección posterior**, al igual que la lámina de vidrio se encarga de proteger frente a los agentes externos.
- **Bastidor o marco metálico**, normalmente está compuesto de aluminio anodizado o pueden estar contruidos de acero inoxidable, se encargan de dar soporte a los componentes de las celdas fotovoltaicas.
- **Conexiones entre células**, mediante contactos metálicos soldados a ellas tras su construcción.
- **Caja de conexiones**, está situada en la parte posterior del módulo, donde se encuentran los bornes terminales para la conexión del módulo.
- **Diodos de paso o diodos de bypass**, normalmente viene incluido en la caja de conexiones y su función es cortocircuitar las zonas del módulo que puedan ser dañadas y perjudicar el funcionamiento de los módulos.

2.5.3. Tipos de Módulos Solares.

Tabla 2.19 Características de los tipos de Celdas Fotovoltaicas.

Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características
Monocristalino	24%	15-18%	Color azul homogéneo. Alta eficiencia. Cristal Único.
Policristalino	19-20%	12-14%	Distintos tonos de color azul. Precios económicos. Diferentes cristales.
Amorfo	16%	< 10%	Color homogéneo (marrón). Células flexibles Capas delgadas.

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.3.1. Módulos fotovoltaicos monocristalinas.

Las células monocristalinas se componen de un único cristal que están fabricadas de silicio de muy alta pureza y son reconocidas por su forma circular o rectangular y el tipo de color negro de las celdas presentan una eficiencia que alcanza el 24 %, los paneles fotovoltaicos con celdas monocristalinas son instaladas en zonas donde la exposición de luz solar no es muy alta y larga vida útil de las celdas.

2.5.3.2. Módulos fotovoltaicos Policristalino.

Las celdas policristalinas están construidas de un material de silicio fundido y se introduce en moldes con los que se da forma a las células. Los paneles fotovoltaicos policristalinos cuentan con una larga trayectoria en la industria con una eficiencia de 19% entre 20% sin embargo son baratas comparando con los paneles monocristalinas.

2.5.3.3. Módulos fotovoltaicos Células Amorfas.

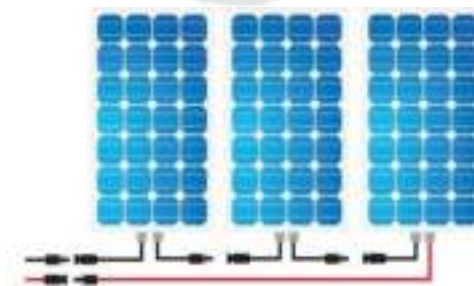
las celdas amorfas están fabricadas por una delgada capa de amorfo (no cristalino) de silicio puesto en una base rígida y flexible, estas celdas se consideran las menos eficientes y menos costoso el parte industrial y en el comercio, presentan una eficiencia de 16% pero con una mayor utilización dada por su naturaleza y por su flexibilidad que presente los paneles fotovoltaicos amorfas.

2.5.4. Conexión de un módulo Fotovoltaico.

2.5.4.1. Modulo Fotovoltaico conectado en serie.

La necesidad de conectar paneles solares en serie es porque se quiere obtener voltajes superiores a los que ofrecen actualmente los paneles. Por ejemplo, para obtener 72V necesitamos conectar varios paneles en serie porque no existen paneles solares que tengan esa tensión, La conexión de los paneles solares conectados se muestra en la siguiente figura 2.15.

Figura 2.15 Conexión en Serie.

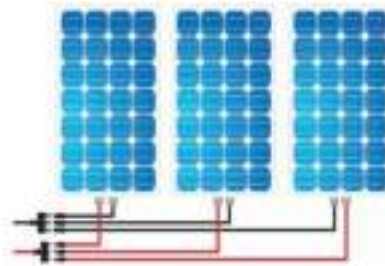


Fuente: Paneles en serie. (<https://www.generatuluz.com/>)

2.5.4.2. Modulo Fotovoltaico conectado en Paralelo.

la necesidad de conectar paneles solares en paralelo es porque se quiere mantener el voltaje igual, pero aumentar el amperaje, la conexión en paralelo se realiza conectando por un lado todos los polos positivos y por el otro lado conectando todos los polos negativos. De esta forma se mantiene la tensión mientras que se suma la intensidad figura 2.16.

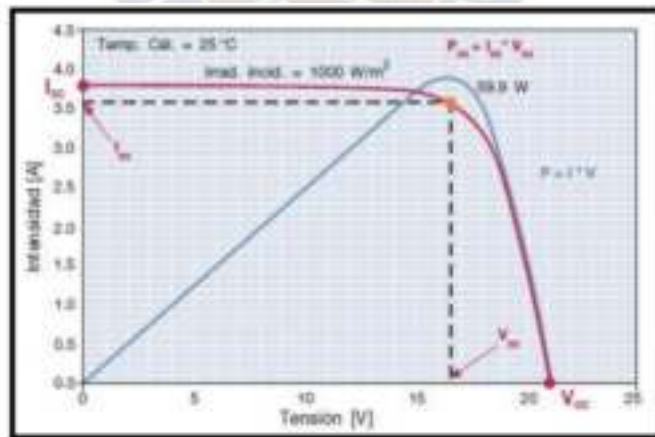
Figura 2.16 Conexión el Paralelo.



Fuente: Paneles en Paralelo. (<https://www.generatuluz.com/>).

Un módulo fotovoltaico está construido de muchas células solares las cuales en general nos presentan las características de las curvas de corriente contra voltaje que irradia sobre una celda solar, toando en cuenta que el rango de funcionamiento de la celda solar abarca desde $V=0$ (I_{SC} corriente de cortocircuito) hasta V_{oc} ($I=0$ corriente de circuito abierto) son parámetros determinados a partir de la curva I-V.

Figura 2.17 Curva características I-V del panel fotovoltaico.



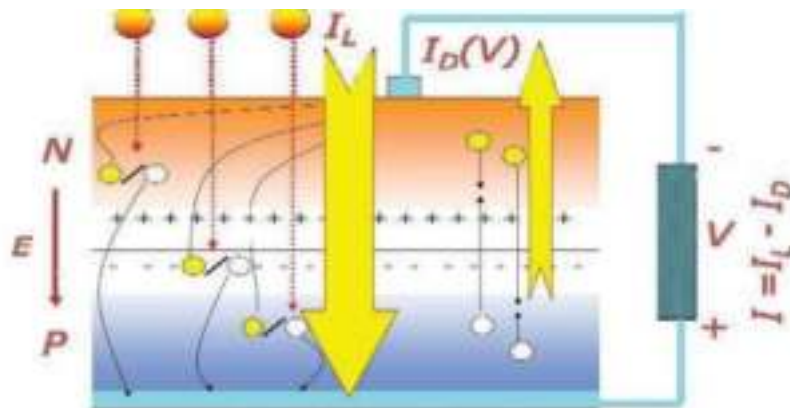
Fuente: (Sistemas de aprovechamiento de energía solar FV, -Academia de las renovables, p16)

2.5.5. Célula fotovoltaica.

Las celdas fotovoltaicas son mecanismos eléctricos que consiguen transformar la energía lumínica en energía eléctrica, estas celdas estas construidas por un dispositivo opto electrónico que se encargan de absorber la energía de la luz y es transferida a los electrones de los átomos del material los que están construidos las celdas fotovoltaicas dicho de otro

modo son dispositivos que generan electricidad cuando los rayos de sol les alcanza o recae sobre los módulos fotovoltaicos.

Figura 2.18 Corrientes internas de una celda fotovoltaica.



Fuente: Electrónica aplicada a los sistemas fotovoltaicos (Juan D Aguilar P & Juan Francisco Merino B, 2014, p 10)

2.5.6. Efectos de la Temperatura y la Radiación en la célula Fotovoltaica.

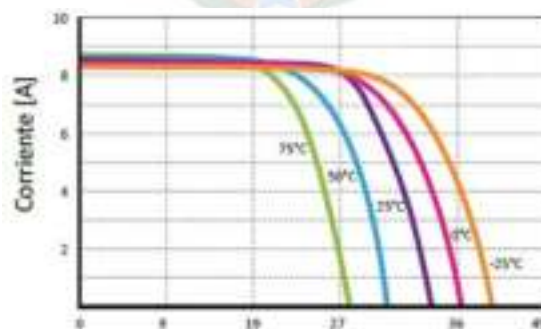
2.5.6.1. Efecto de la variación de la Temperatura.

La temperatura de trabajo de la célula fotovoltaica está relacionada con la temperatura ambiente y la irradiación, por lo tanto, a mayor temperatura ambiente mayor temperatura de trabajo de la célula y se puede obtener mediante la siguiente formula.

$$T_c = T_a + G \cdot \frac{T_{ONC} - 20}{800} \quad [2.50]^{21}$$

Donde: T_c , Temperatura de trabajo de la célula (°C).
 T_a , Temperatura ambiente (°C).
 T_{ONC} , Temperatura de operación nominal de la célula (°C).
 G , Irradiancia (W/m²).

Figura 2.19 Módulos a temperatura variable e irradiación constante de 1000 W/m²



Fuente: (Electrónica aplicada a sistemas fotovoltaicas, 2014, p 21)

²¹ Ecuación de la temperatura de trabajo de una placa solar " T_c " (<https://www.monsolar.com/>)

El valor de la temperatura de operación nominal de la célula es un parámetro que se obtiene de las características de los módulos fotovoltaicos y si no se dispone de este dato se puede tomar 45°C como un valor razonable.

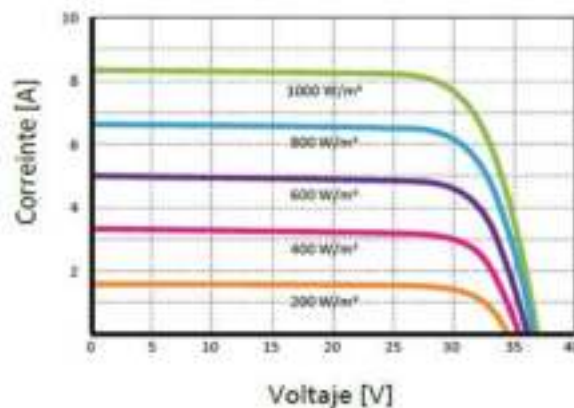
2.5.6.2. Efecto de la variación de la irradiancia.

El efecto de irradiancia en las características de la tensión y corriente genera en la célula que depende directamente de la iluminación recibida. La intensidad de cortocircuito I_{SC} , varía con la irradiancia a medida que se reduce la irradiancia la tensión de circuito abierto varía poco con la irradiancia siendo esta variación lineal de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I_{SC(G)} = I_{SC(STC)} * \frac{G}{1000} \quad [2.51]^{22}$$

Donde: $I_{SC(G)}$, Intensidad de cortocircuito para una irradiación G (A).
 $I_{SC(STC)}$, Intensidad de cortocircuito en condiciones CEM (A).
 G , Irradiancia (W/m^2).

Figura 2.20 Módulos a temperatura constante de 25°C.



Fuente: Módulos a temperatura constante de 25°C y niveles variables de irradiancia. (Electrónica aplicada a sistemas fotovoltaicos, 2014, p 22)

2.5.7. Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos.

La importancia de la ubicación e inclinación de los módulos fotovoltaicos es un factor fundamental a la hora de optimizar la captación de energía solar además de considerar la ubicación en lugares adecuados y accesibles para su mantenimiento. La radiación solar que incide en los módulos fotovoltaicos depende mucho del ángulo apropiado para la latitud donde se encuentra ubicado el sistema fotovoltaico.

²² Electrónica aplicada a los sistemas fotovoltaicos (Juan D Aguilar P & Juan Francisco Merino B, 2014, p 22). Universidad de Jaén Departamento de electrónica.

Según las relaciones geométricas entre el plano con cualquier orientación con el movimiento relativo de la tierra la radiación solar incidente describe en los sistemas fotovoltaicos los siguientes puntos a considerar:

Angulo de inclinación (β), está formado entre la superficie del terreno y el plano inclinado.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi| \quad [2.52]^{23}$$

Donde: β_{opt} , Angulo de inclinación optimo ($^{\circ}$).
 $|\phi|$, Latitud del lugar, sin signo ($^{\circ}$).

En el caso del ángulo Azimutal de la superficie y el ángulo de proyección normal de la superficie terrestre en el punto horizontal y la dirección norte-sur (Para el hemisferio sur). La máxima captación solar anual que se obtiene es inclinando los paneles un ángulo a la latitud de la región, teniendo en cuenta un ángulo mínimo de 10° para el escurrimiento de agua sobre los paneles ($\beta = latitud > 10^{\circ}$).

2.5.8. Parámetros para el dimensionamiento fotovoltaico.

Para realizar el dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicos es necesario determinar los siguientes puntos que se dan a conocer.

a) Demanda de consumo de los equipos.

Consumo diario de energía en corriente continua [Wh/día]

$$E_{CC} = \sum_{i=0}^n P_{cc} * h_i \quad [2.53]$$

Donde: P_{cc} , Potencia de equipos de corriente continua [W].
 h_i , Horas de utilización del equipo “i” [h].

Consumo diario de energía en corriente alterna [Wh/día]

$$E_{CA} = \sum_{i=0}^n P_{ca} * h_i \quad [2.54]$$

Donde: P_{ca} , Potencia de equipos de corriente alterna [W].
 h_i , Horas de utilización del equipo “i” [h].

²³ Ecuación Inclinación, orientación y sombras. (<https://areatecnologia.com/>).

Consumo diario total.

$$E_D = \frac{E_d}{n_{inst}} = \frac{E_{cc}}{n_{reg}} + \frac{E_{ca}}{n_{reg} * n_{inv}} \quad [2.55]$$

Donde: E_D , Energía total o consumo diario [Wh/día].
 E_d , Energía total del consumo total continua y alterna [Wh/día].
 E_{cc} , Energía total o consumo diario en continua [Wh/día].
 E_{ca} , Energía total o consumo diario en alterna [Wh/día].
 n_{inst} , Rendimiento total del sistema.
 n_{reg} , Rendimiento del regulador (Dato del fabricante)
 n_{inv} , Rendimiento del inversor (Dato por el fabricante)

b) Horas Sol pico (HSP).

La energía solar está relacionada con la propagación de la radiación solar la cual es un elemento principal a la hora de calcular la producción de irradiación solar que incide en la superficie terrestre de estudio para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos es un elemento básico y se lo conoce como “horas sol pico” (H.S.P) es la producción de energía que obtiene multiplicando la potencia del panel por las horas sol pico y por un factor de pérdidas.

$$HSP = \frac{G_\beta}{1kW/m^2} \quad [2.56]^{24}$$

Donde: HSP, es la radiación equivalente en horas sol pico [h].
 G_β , es la potencia proveniente que irradia el sol sobre la superficie terrestre la función del ángulo óptimo [W]

c) Radiación sobre superficie.

La radiación solar que llega a la superficie del lugar de estudio durante los años puede ser directa o difusa o presente una radiación solar que no incide sobre la superficie a causa de un obstáculo o el área se encuentre completamente en sombra durante periodos del año. La radiación sobre un panel inclinado se calcula multiplicando la radiación sobre la superficie horizontal por el coeficiente correspondiente a la inclinación elegida.

$$R_\beta = R_o * k_\beta \quad [2.57]$$

²⁴ Ecuación obtenida “cálculo de horas pico”. https://es.wikipedia.org/wiki/Hora_solar_pico

Donde: R_{β} , Valor medio mensual sobre la superficie horizontal [kWh/m²/día]
 R_o , Valor medio mensual sobre la superficie inclinada [kWh/m²/día]
 k_{β} , Coeficiente corrector en función al ángulo.

El ángulo óptimo recomendado aplicado en el hemisferio sur según (NOVUN solar) para captar la radiación solar durante todo el año es igual a la latitud.

d) Determinación del número de paneles.

Para determinar el número de paneles necesarios para satisfacer la demanda de energía se emplea el valor de HSP del mes más desfavorable de todo el año del lugar de estudio y la potencia pico del panel a emplear en el proyecto.

$$N_p = \frac{E_D}{W_p * HSP * (1 - n_f)} \quad [2.58]$$

Donde: N_p , Numero de paneles totales.
 E_D , Energía total o consumo diario [kWh/día].
 W_p , Potencia pico del panel fotovoltaico [KW]
 HSP , es la radiación equivalente en horas sol pico [h].
 n_f , Pérdidas que engloba en panel fotovoltaico.

Para determinar el número de paneles es necesario considerar las pérdidas que se presentan generalmente en los sistemas fotovoltaicos. Ver tabla 2.20

Tabla 2.20 Pérdidas presentes en los sistemas Fotovoltaicos.

Pérdidas en sistema fotovoltaicos	Unidades	Valores
Pérdidas por acumulación de suciedad en los paneles	[%]	2,5
Pérdidas por sombras parciales	[%]	2,6
Pérdidas por degradación natural de las celdas solares	[%]	1
Pérdidas eléctricas por caída de tensión en DC	[%]	1,5
Pérdidas por reflectancia	[%]	2,9
Pérdidas eléctricas por caída de tensión en AC	[%]	2
Pérdidas provocadas por el inversor (dato por el fabricante)	[%]	3,5
Pérdidas por incremento de temperatura de las celdas	[%]	9
Pérdidas totales que se debe considerar	[%]	25

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.9. Software Dimensionamiento Fotovoltaico PVSyst.

Este programa PVSyst está diseñado para realizar el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos de una manera óptima y eficiente, además de realizar un estudio completo de datos para el modelado del sistema fotovoltaico. Con base a sus datos meteorológicos el software nos permite determinar el tamaño de la instalación del sistema

en función de la radiación solar que incide en zona del proyecto además nos permite modelar en 3D y ver el movimiento del sol durante horas sol del día y ver la proyección de las sombras simuladas.

El software cuenta con una amplia librería de los componentes de los sistemas fotovoltaicos como también para los sistemas de bombeo fotovoltaico que nos ayudaran a seleccionar los componentes según las características de voltaje y corriente requeridas para el sistema fotovoltaico del proyecto.

2.6.SUBSISTEMA MOTOR-BOMBA FOTOVOLTAICO.

2.6.1. Implementación de bombas para la extracción de agua.

En los últimos tiempos han aparecido muchas aplicaciones para la extracción del agua ya sea de embalses, ríos o pozos para ser utilizadas en riegos u otros, disponiendo de la energía solar fotovoltaica para la alimentación eléctrica para las bombas de agua. Los sistemas de bombas solares representan un respeto hacia el medio ambiente, estos sistemas de bombeo alimentadas por energía solar este compuesto de los siguientes componentes:

- **Panel Fotovoltaicos**, es un conjunto de celdas solares que se encargan de transformar la energía del sol en electricidad.
- **Inversor**, se encarga de mantener un voltaje estable para mantener la bomba fija o de lo contrario podría dañar la bomba.
- **Bombas eléctricas**, son máquinas que se encargan de transformar la energía para mover el agua en movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos: volumétricas y turbo-bombas.

Los subsistema motor-bomba este compuesto por un motor que generalmente acciona a una bomba de agua. En general los motores pueden ser de corriente continua (CC) o de corriente alterna (AC), entre los motores de corriente continua los mejor adaptados al bombeo variable pero la elección de motores de corriente alterna para el bombeo mediante energía fotovoltaica parece imponerse cada vez más. Las bombas pueden ser centrifugas o de desplazamiento positivo, y en caso pozos subterráneos se pueden emplear los sistemas motor-bomba pueden ser sumergibles o de superficie.

2.6.2. Motores.

El motor es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generado en sus bobinas, dependiendo del tipo de alimentación eléctrica los motores eléctricos utilizados para bombeo solar son:

- Motores de corriente continua (DC).
- Motores de corriente alterna (AC).

Dependiendo del tipo de construcción del motor, los motores de corriente continua pueden ser de imanes permanentes (con o sin escobillas) y en caso de los motores de corriente alterna pueden ser monofásicos o trifásicos.

2.6.2.1. Motores de corriente continua (DC).

Las máquinas de corriente directa son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente directa y los motores que convierten energía eléctrica de cd en energía mecánica. La mayoría de las máquinas de cd son semejantes a las máquinas de ca en el sentido de que tienen voltajes y corrientes de ca dentro de ellas. (Stephen J, Chapman, 2012, p. 301)²⁵.

Las partes fundamentales de un motor cd están compuestas de un estator o inductor que es la parte fija del motor y una parte giratoria que llegaría a ser el rotor o inducido y el colector que va montado sobre el mismo eje que el rotor y giran simultáneamente y las escobillas que son unos de contactos de presión que rozan sobre el colector y tienen como misión la entrada y salida de la corriente del rotor.

2.6.2.2. Motores de corriente Alterna (AC).

Los motores eléctricos como bien sabemos son los que transforman la energía eléctrica en mecánica, pero en este caso son alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna las cuales fueron diseñados que les permite funcionar con una potencia de corriente trifásica y son más utilizados en la industria. Dentro de los tipos de motores de corriente alterna más conocidos son:

Motores asíncronos, están formados por un rotor que pueden ser de dos tipos de jaula de ardilla o bobinado y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras y se caracterizan por su voltaje, potencia, velocidad de giro y dependiendo de la frecuencia de la tensión de la alimentación.

Motores síncronos, producen un campo magnético en el rotor ya sea mediante el diseño de imanes permanentes o mediante la aplicación de una corriente de corriente directa a su devanado para crear un electroimán y se caracterizan por la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales y el rendimiento de estos motores depende de la potencia activa de alimentación y de la carga.

²⁵ Maquinas Eléctricas (5ta edición) Stephen J. Chapman- Fundamentos de máquinas de corriente directa (cd).

2.6.3. Bombas.

Una bomba hidráulica o bomba de agua es una maquina generadora que transforma la energía mecánica en energía hidráulica. En general las bombas son utilizadas para incrementar la presión de un líquido para mover el fluido de una zona de menor presión a otra con solo añadiendo energía al sistema hidráulico. Los tipos de bombas más utilizados en los sistemas fotovoltaicos son:

- Bombas Centrifugas.
- Bombas de desplazamiento positivo o volumétricas.

2.6.4. Tipos de bombas en aplicaciones solares.

2.6.4.1. Bombas centrifugas sumergibles.

Las bombas sumergibles como su nombre indica son bombas que funcionan completamente dentro de un líquido. El motor con lo que este acoplado se encarga de transformar la energía cinética en energía centrifuga y por último en energía de presión, lo que eleva el agua hacia fuera de un pozo. Debido a que este tipo de bombas pueden sumergir a grandes profundidades y pueden usarse para drenar o bombear agua de pozos situados a gran profundidad. Es muy importante no utilizar este tipo de bombas fuera del líquido ya que su motor podría dañarse. Las bombas sumergibles están diseñadas especialmente para trabajar siempre dentro de un líquido.

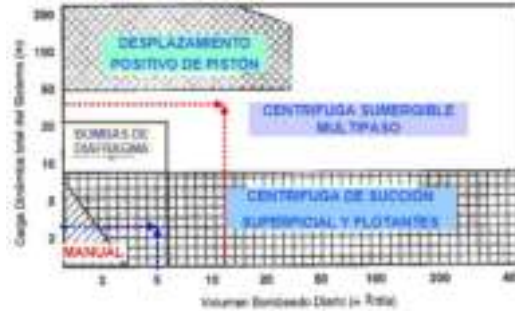
2.6.4.2. Bombas centrifugas de succión superficial.

Una bomba de succión como cualquier bomba cumple la misma función que las demás bombas para mover líquidos de un punto a otro, esta bomba centrifuga es una maquina en forma de caracol, con impulsor o rodete de alabes radiales cerrados o abiertos es que recibe la rotación del eje horizontal. Una bomba de succión está diseñada para funcionar alimentando por gravedad el fluido que se va a bombear. Por lo general esta bomba centrifugas tienen una válvula en el conducto de salida para controlar el flujo y la presión es decir que en flujo bajos y altas presiones.

2.6.5. Selección del tipo de Bomba y su configuración.

Existen distintos tipos de bombas que se encargan de transferir un fluido de un lugar a otro según los requerimientos del sistema. Según la figura 2.21.

Figura 2.21 Selección del tipo de Bomba FV-rango de capacidades



Fuente: Curso taller sistema fotovoltaicos UNAM. (www.cie.unam.mx)

Todo tipo de bomba trabaja dentro de un rango como se puede apreciar en la figura 2.21 el recurso volumétrico (híbrido) diario y una altura total de carga hidráulica a la que están diseñadas cada tipo de bombas para trabajar efectivamente durante bajas condiciones de radiación a voltajes reducidos sin sufrir daños de sobrecalentamiento en los motores. A continuación, se muestra las ventajas y desventajas de cada tipo de las bombas fotovoltaicas y características las que presenta cada bomba solar.

Tabla 2.21 Ventajas y desventajas de bombas fotovoltaicas.

Bombas fotovoltaicas	Ventajas.	Desventajas.
Centrifugas sumergibles	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con motores de CC de velocidad variable o Ca. • Usan el agua como lubricante • Pueden tolerar aguas sucias con solidos disueltos • Cargas dinámicas variables y grandes a través de pasos múltiples de bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se dañan cuando operan en seco. • Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. • Deben extraerse para su mantenimiento.
Centrifugas de succión superficial.	<ul style="list-style-type: none"> • Son muy comunes • Manejan cargas dinámicas altas. • Cuentan con motores de CC de velocidades variables o CA. • Manejan flujos altos. • Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. • Son fácil mantenimiento y reparación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. • Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas. • Tienen limitadas la succión, necesitan purgarse y pueden congelarse con las heladas.
Desplazamiento positivo de pistón	<ul style="list-style-type: none"> • Caudales constantes en periodos largos. • Presiones elevadas a la salida. • Rendimiento volumétrico superior al 90%. • Impulsión de líquidos tóxicos o peligrosos corrosivos y con solidos abrasivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No toleran arenas o sedimentos. • La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro. • Para el mantenimiento se debe extraer el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos. • Elevado costo inicial y de mantenimiento
Diafragma	<ul style="list-style-type: none"> • La acción de bombeo es eficiente en un amplio rango de velocidad del motor. 	<ul style="list-style-type: none"> • No toleran arenas o sedimentos. • No trabajan a cargas dinámicas grandes.

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 2.21 las que mejores ventajas presentan es la bomba centrífuga sumergible se adapta a pozos de agua con profundidades mayores a los 8 metros su capacidad de manejo de flujos altos además que tiene un diseño modular que permite obtener más agua al agregar más módulos fotovoltaicos según el dimensionamiento de la bomba.

2.6.5.1. Sistema de bombeo por un sistema de baterías.

Este sistema consta de los siguientes componentes dependiendo del tipo de motor como se aprecia en la siguiente tabla 2.22:

Tabla 2.22 Componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico con baterías.

Componentes de un sistema de bombeo con baterías.	
Motor DC	Motor AC
<ul style="list-style-type: none">• Generador fotovoltaico.• Sistema de baterías.• Regulador.• Motor DC.• Bomba• Depósito de almacenamiento (opcional)	<ul style="list-style-type: none">• Generador fotovoltaico.• Sistema de baterías.• Inversor DC/AC.• Motor AC.• Bomba• Depósito de almacenamiento (opcional)

Fuente: Elaboración Propia.

La corriente eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos durante las horas de incidencia del sol, se carga las baterías para poder abastecer energía eléctrica a la bomba durante días sin sol para bombear agua cuando sea necesario.

En el caso que se instale con bombas de corriente alterna es necesario incorporar un inversor de DC/AC donde las baterías alimentan al convertidor quienes se encarga de transforma la corriente continua en corriente alterna manteniendo un voltaje estabilizado.

2.6.5.2. Sistema de bombeo directo.

Este sistema consta de los siguientes componentes:

- Generador fotovoltaico
- Regulador.
- Bomba de agua.
- Depósito de almacenamiento (opcional).

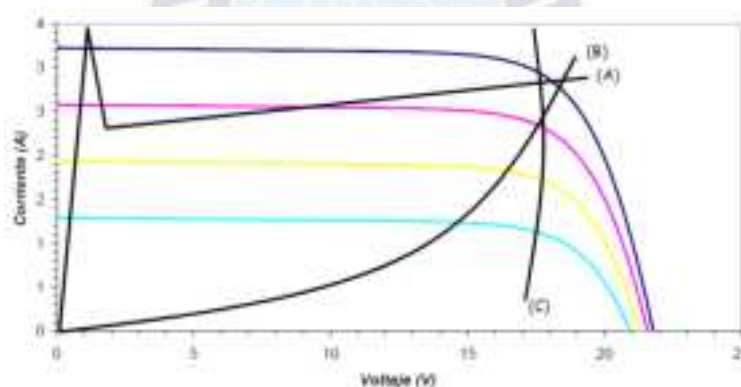
Estos sistemas están diseñados para bombear el agua de una forma directa ya sea en corriente continua o en corriente alterna de una manera directa es decir la bomba depende directamente de la cantidad de la luz solar incidente en los paneles.

La ventaja que presenta este sistema es que su instalación es más simple y con un bajo costo que un sistema de bombeo acoplado con baterías.

2.6.6. Acoplo generador Motor-Bomba.

El acoplo generador, motor-bomba es muy importante que se cumpla que la potencia de entrada al motor sea igual a la potencia de salida del generador. Por lo tanto, sucede lo mismo con la tensión y la corriente en consecuencia el punto de trabajo que es resultante de la conexión de un generador fotovoltaico y conexión de la bomba para el ello se analiza el punto de corte de la curva I-V de los sistemas fotovoltaicos en cada uno de ellos como se puede apreciar en la siguiente figura 2.22.

Figura 2.22 Característica I-V de diferentes cargas acopladas.



Fuente: Característica I-V de diferentes cargas acopladas a un generador Fotovoltaico Sistema de Bombeo Fotovoltaico. (CIEMAT-Miguel Alonso Abella, p 23)²⁶

A partir del tipo de motor y del tipo de bomba, algunos subsistemas se adaptan mejor al generador fotovoltaico que otros. Según la gráfica 2.44 mostrada podemos hacer el siguiente análisis.

- (Curva A) Las bombas centrífugas o los sistemas con baterías se aproximan bastante bien el punto de máxima potencia del generador operando en condiciones normales de diseño.
- (Curva B) Las bombas de desplazamiento positivo los subsistemas no se adaptan bien al punto de máxima potencia y el rendimiento del sistema es bajo.

²⁶ Master en Energía Renovables y Mercado energético energía solar Fotovoltaica escuela de Organización Industrial (CIEMAT). https://oscarperpinan.github.io/esf/SFB_Componentes.pdf

- (Curva C) En el caso de que el sistema disponga de un seguimiento del punto de máxima potencia el acople del sistema de bombeo con el generador es próximo al ideal ya que el punto de trabajo coincide con el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico.

Tomando en cuenta que el rendimiento del subsistema motor-bomba determina el tamaño del generador fotovoltaico que es necesario para determinar las necesidades de energía hidráulica en caso de las bombas de desplazamiento positivo para mejorar el rendimiento se debe utilizar algunos dispositivos electrónico que adaptan la impedancia de entrada del motor y permiten seguir el punto de máxima potencia del generador.

2.7. SUBSISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA.

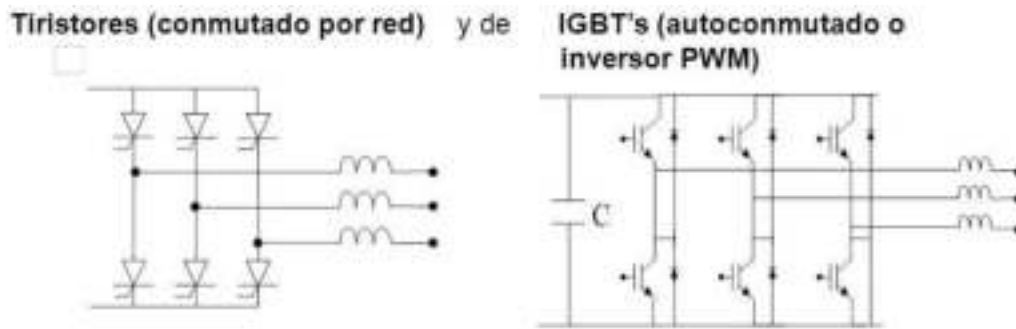
2.7.1. Inversores DC/AC.

Los módulos fotovoltaicos quienes están compuesto los sistemas solares son los que producen corriente continua y es almacenada en un banco de baterías quienes se encargan de almacenar esta corriente continua y para que pueda alimentar a distintos suministros están conectados en corriente alterna. Para ello es que se utilizar componentes electrónicos de apoyo para convertir la corriente continua a alterna o viceversa usando un inversor o un transformado rectificador.

Un inversor está compuesto por un dispositivo electrónico que se encarga de transformar una corriente continua (DC) en una corriente alterna (AC) a un voltaje y frecuencia determinada. Por ejemplo, si tenemos una bomba de agua eléctrica que funciona con corriente alterna 230 V (frecuencia 50 Hz) pero no se dispones de una corriente de red, entonces gracias al inversor utilizando una fuente de corriente continua como una batería de 12 V (DC) podemos en funcionamiento a la bomba de agua.

Los inversores empleados en los sistemas fotovoltaicos se pueden dividir en dos grandes categorías como ser los auto conmutados y los conmutados por la red. Aquellos inversores auto conmutados pueden funcionar como fuentes de tensión o fuentes de corriente, mientras que los inversores conmutados solo pueden funcionar como fuente de corriente. Por esta razón es que los inversores auto conmutados son los más utilizados en aplicaciones autónomas mientras que los inversores conmutados pueden trabajar en aplicaciones conectadas a la red. Configuraciones según la figura 2.23.

Figura 2.23 Convertidores DC-AC (Inversores).



Fuente: Inversores de corriente continua en corriente alterna. (www.monografias.com).

Los inversores auto conmutados son los que pueden operar en modo autónomo y la regulación de tensión suelen operar por modulación del ancho del pulso (PWM). Normalmente estos inversores conmutan a altas frecuencias con la señal de salida suelen ser senoidales con un contenido de armónicos de muy altas frecuencias. Los únicos inconvenientes es este tipo de inversor es el alto costo, la potencia máxima están bastante limitados y al funcionar a altas frecuencias de conmutación las pérdidas debido a las conmutaciones se disparan.

2.7.1.1. Inversores Híbridos.

Tomo cualquier inversor cumple la misma finalidad, estos inversores híbridos son equipos más modernos y prácticos en la utilización de instalaciones fotovoltaicas. Estos inversores se encargan de transformar la corriente que proviene de la energía fotovoltaica, así como también de la energía de otras fuentes. El mismo inversor trabaja integrando y gestionando las diferentes fuentes de energía dando prioridad a cada una de las fuentes de energía.

La función de los inversores híbrido en el autoconsumo no se limita exclusivamente a convertir la corriente eléctrica. Estos equipos electrónicos esta diseñados para transformar la corriente durante el día que procede de los paneles solares intercalando el uso de las baterías durante las noches. En si estos inversores híbridos se sincronizan con la red de los paneles y con las baterías o según la configuración de su sistema de generación eléctrica.

a) Selección de los inversores híbridos.

Para seleccionar el inversor híbrido se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros del catálogo por el fabricante para la selección del inversor híbrido.

S_{out} , Potencia aparente de salida [kVA o VA].

P_{out} , Potencia activa AC o DC [kW o W].
 $V_{n,max}$, Voltaje de entrada máximo DC [V].
 $V_{n,min}$, Voltaje de entrada mínimo DC [V].
 $I_{n,max}$, Intensidad de corriente de entrada máxima DC [A].
 V_{outmax} , Voltaje máximo de salida AC [V].
 $I_{out,max}$, Intensidad de cortocircuito del inversor [A]
 I_{sc} , Intensidad máxima de salida AC o DC [V]
 f , Frecuencia de salida [Hz]
 ϵ , Eficiencia [%]

Para determinar el número de inversores que cubran la demanda del suministro de energía.

$$N_{inv.} = \frac{N_p * W_p}{P_{out}} \quad [2.59]^{27}$$

Donde: $N_{inv.}$, Numero de inversores
 N_p , Numero de paneles totales.
 W_p , Potencia del panel fotovoltaico [kW]
 P_{out} , Potencia de salida del inversor seleccionado DC [kW]

b) Parámetros para la instalación de los paneles a el inversor.

Tomando en cuenta las condiciones climatológicas del lugar de estudio debido que el inversor podría alcanzar tensiones por encima de las especificaciones por el fabricante, para ello es necesario contar con las condiciones estándar por los paneles y la variación de temperatura más baja del lugar de estudio según la norma NB 60364-7.

- **Potencia máxima.**

Para determinar el número máximo de paneles totales para el inversor

$$P_{PMP(max)} = P_{PMP} * \left[1 + \frac{\gamma_{Pmp}}{100} * (T_{min} - 25) \right] \quad [2.60]$$

Entonces el número máximo de paneles para un inversor.

$$NP_{T.inv} = \frac{P_{max,inv}}{P_{PMP(max)}} \quad [2.61]$$

Donde: $P_{PMP(max)}$, Potencia máxima [W]

²⁷ Instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el estadio revolución, Universidad de San Carlos de Guatemala (Lic. Ronaldo Marcelo Lay de León -2021)

P_{PMP} , Potencia máxima de los paneles [W]

γ_{Pmp} , Coeficiente de potencia de los paneles [%/°C]

T_{min} , Temperatura máxima del lugar de estudio [°C]

$P_{max,inv}$, Potencia máxima de entrada del inversor [W]

$NP_{T.inv}$, Numero de paneles totales del inversor

- **Intensidad de entrada.**

Para determinar el número máximo de strings (conectados en serie en paralelo) por entrada del inversor. Para el cálculo se dará con la temperatura más alta del lugar de estudio.

$$I_{mp(max)} = I_{mp} * \left[1 + \frac{\beta_{mp}}{100} * (T_{max} - 25) \right] \quad [2.62]$$

Numero de paneles en strings.

$$NPP = \frac{I_{max\,inv}}{I_{mp(max)}} \quad [2.63]$$

Donde: $I_{mp(max)}$, Corriente máxima de potencia [A].

I_{mp} , Corriente máxima de potencia de los paneles [A]

β_{mp} , Coeficiente de corriente de los paneles [%/°C]

T_{max} , Temperatura máxima del lugar de estudio [°C]

$I_{max\,inv}$, Corriente máxima de entrada del Inversor [A]

NPP , Numero de paneles en una cadena (Strings).

- **Intensidad de Cortocircuito.**

Para determinar el número máximo de strings (conectados en serie en paralelo) por entrada del inversor. Para el cálculo se dará con la temperatura más alta del lugar de estudio.

$$I_{sc(max)} = I_{sc} * \left[1 + \frac{\beta_{sc}}{100} * (T_{max} - 25) \right] \quad [2.64]$$

Numero de paneles en paralelo.

$$NPP = \frac{I_{sc\,max\,inv}}{I_{sc(max)}} \quad [2.65]$$

- Donde:
- $I_{sc(max)}$, Corriente cortocircuito máxima [A].
 - I_{sc} , Corriente cortocircuito de los paneles [A]
 - β_{sc} , Coeficiente de corriente de los paneles [%/°C]
 - T_{max} , Temperatura máxima del lugar de estudio [°C]
 - $I_{sc\ max\ inv}$, Corriente cortocircuito de entrada del Inversor [A]
 - NPP , Numero de paneles en paralelo

- **Tensión mínima de funcionamiento.**

La tensión mínima determina el número mínimo de paneles conectados en serie de cada string. Para el cálculo se dará con la temperatura más alta del lugar de estudio.

$$V_{mp(min)} = V_{mp} * \left[1 + \frac{\alpha_{mp}}{100} * (T_{max} - 25) \right] \quad [2.66]$$

Numero de paneles en serie.

$$NPS_{min} = \frac{V_{min\ inv}}{V_{mp(min)}} \quad [2.67]$$

- Donde:
- $V_{mp(min)}$, Tensión mínima de potencia [V].
 - V_{mp} , Tensión máxima de potencia de los paneles [A]
 - α_{mp} , Coeficiente de tensión de los paneles [%/°C]
 - T_{max} , Temperatura máxima del lugar de estudio [°C]
 - $V_{min\ inv}$, Tensión mínima de entrada del Inversor [A]
 - NPS_{min} , Numero de paneles en serie.

- **Tensión máxima soportada.**

El cálculo de la tensión máxima soportada se da cuando la instalación trabaja sin baterías, para determinar el número de paneles conectados en serie se dará con la temperatura más baja.

$$V_{oc(max)} = V_{oc} * \left[1 + \frac{\alpha_{oc}}{100} * (T_{min} - 25) \right] \quad [2.68]$$

Numero de paneles en serie.

$$NPS_{oc,max} = \frac{V_{max\ inv}}{V_{oc(max)}} \quad [2.69]$$

- **Potencia pico del inversor.**

$$P_{pico,inv} = \frac{NPP * NPS * Wp}{\eta} \quad [2.70]$$

Donde: $V_{oc(max)}$, tensión circuito abierto [V].

V_{oc} , Tensión circuito abierto de potencia de los paneles [A]

α_{oc} , Coeficiente de tensión de los paneles [%/°C]

T_{min} , Temperatura mínima del lugar de estudio [°C]

$V_{max\ inv}$, Tensión máxima de entrada del Inversor [A]

$NPS_{oc,max}$, Numero de paneles conectados en serie.

$P_{pico,inv}$, Potencia pico del inversor [W]

Wp , Potencia de los paneles solares [W]

η , Eficiencia del inversor [%]

- **Tensión y corriente del inversor.**

Es necesario determinar la tensión y corriente de ingreso a los inversores en su punto de máxima eficiencia para ello se debe determinar con las siguientes ecuaciones.

$$V_{mp,T} = NPS * V_{mp} \quad [2.71]$$

$$I_{mp,T} = NPP * I_{mp} \quad [2.72]$$

2.7.2. Sistema de almacenamiento (Baterías).

El sistema de almacenamiento en un sistema fotovoltaico está formado por un conjunto de baterías, que son elementos que concentran la energía almacenada para luego ser transformada a energía eléctrica y pueda ser entregada cuando se requiera.

Tomando en cuenta que las características más importantes que se debe considerar para el dimensionamiento o instalación de un sistema de almacenamiento (Batería) en un sistema fotovoltaico es el ciclado, que se refiere el proceso de cargado de la batería durante el día y la descarga por la noche este ciclado diario se asocia a los periodos de incidencia de radiación en la zona del proyecto y otros parámetros de operación como la temperatura ambiente, el máximo valor de corriente que puede entregar de manera continua durante un número específico de horas de descarga donde estos parámetros inciden sobre la vida útil de la batería.

Uno de los parámetros más importantes que se debe tener en cuenta a la hora de elegir una batería es la capacidad, que se define como la cantidad de energía eléctrica que pueda descargarse completa de la batería partiendo del estado de carga total del mismo. Se mide en amperios-hora (Ah) y se lo calcula como el producto de la intensidad de descarga del acumulador durante el tiempo en el que está actuando.

$$C_{bate} = \frac{E_d * D_{aut}}{V_n * \eta_{pd} * \eta_{cond} * \eta_{inv}} \quad [2.73]$$

Donde: C_{bate} , Capacidad de potencia de las baterías [Ah]

E_d , Energía total de la carga [Wh/d]

D_{aut} , Días de austeridad [días]

V_n , Voltaje nominal del banco [V]

η_{pd} , Eficiencia de profundidad de descarga. (80%)

η_{cond} , eficiencia debido a los conductores (90%)

η_{inv} , Eficiencia del inversor.

Según la ecuación 2.73 nos indica que para no afectar la vida útil de la batería se recomienda evitar las descargas excesivas de la batería, es decir limitar la máxima profundidad de descarga (Pmax) entre un valor de 30% y el 60 % de la capacidad nominal, que al alcanzar estos valores debe interrumpirse el suministro de energía a las cargas.

Para dimensionar la capacidad de las baterías es necesario entender que la producción de energía excedente durante el peor mes será mayor la demanda. Para esto las la capacidad útil de las baterías debe permitir brindar servicio durante esos días de autonomía que sean imprudentes. Para determinar el número de baterías necesarias.

$$N_{bt} = \frac{V_{n,banco} * C_{n,banco}}{V_{n,bateria} * C_{n,bateria}} \quad [2.74]$$

Cantidad de baterías en serie.

$$N_{bs} = \frac{V_{trabajo}}{V_n} \quad [2.75]$$

Cantidad de baterías en paralelo.

$$N_{bp} = \frac{N_{bt}}{N_{bs}} \quad [2.76]$$

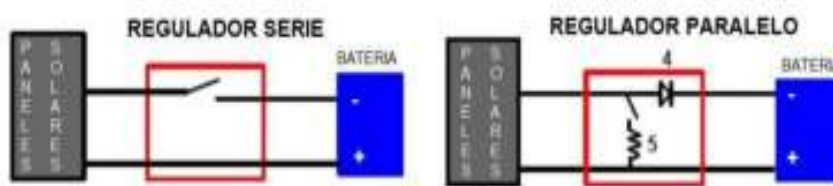
2.7.3. Controlador o Regulador de carga.

Los reguladores de carga en un sistema fotovoltaico autónomo con baterías son las que se encargan de realizar un óptimo proceso de carga completa en los acumuladores (baterías), pero sobre todo evitando la sobrecarga y la sobre descargas. Los reguladores de carga solar son dispositivos electrónicos que van situados con los paneles solares y un sistema de acumuladores como su nombre indica se encarga de regular el flujo de energía controlando la intensidad como el voltaje que recibe además de la vigilancia y control del estado de carga de la batería con el objetivo de maximizar la vida útil del sistema.

A pesar que los reguladores de carga son los más costosos del sistema su funcionamiento tiene una gran influencia en la vida útil de las baterías como la importancia de efectuar una medida correcta evitando la caída de tensión que se produce en los cables de conexión y en los dispositivos de protección que puede haber entre la batería y el regulador, muchos reguladores disponen de un circuito independiente que tiene incorporado un voltímetro que mide la tensión directamente en los bornes de la batería como controlador de tensión en los acumuladores.

- Los reguladores “serie” interrumpen la conexión entre el generador solar y la batería.
- Los reguladores en “paralelo” (o “shunt”) cortocircuitan al generador solar.

Figura 2.24 Regulador de carga Solar.



Fuente: <https://www.areatecnologia.com/> Regulador de carga solar.)

Además, cuentan con dos tipos básicos de estrategia de control. En los controladores “on-off” se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el voltaje de fin de carga. Y en los controladores con “modulación de ancho de pulso” (PWM) se encargar de reducir gradualmente la corriente de carga cuando se alcanza el voltaje de fin de carga, manteniendo así el voltaje constante. Ambos tipos de reguladore y estrategias de control son adecuados para sistemas fotovoltaicos y no producen diferencia significativa en la vida útil de las baterías.

Asimismo, el regulador puede incorporar diversos indicadores informáticos sobre el estado de la instalación y cabe resaltar la función principal de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico son:

- Proteger a la batería contra la sobrecarga o descarga profunda.
- Proteger a la batería contra la sobrecarga, limitando la tensión de fin de carga.
- Evitar la descarga nocturna de la batería sobre el generador fotovoltaico.

2.7.4. Conductores eléctricos.

Generalmente en sistema fotovoltaicos la instalación de los conductores eléctricos es instalados al aire libre, lo cual son conductores diseñados para resistir situaciones meteorológicas (temperaturas elevadas, radiación solar y la humedad) como también son resistentes a los impactos que condicionan los materiales empleados para la instalación de un sistema fotovoltaico. Dado que en los sistemas fotovoltaicos vemos que los voltajes de trabajo son relativamente bajos, por lo que en potencias deseadas se utilizara frecuentemente alta corrientes, por lo que se considera que en altas corrientes por un conductor generan una caída de tensión debido al material o las largas trayectorias de los conductores eléctricos. Cabe resaltar que estos conductores presentan una resistividad mínima pero bastante influyente en los sistemas fotovoltaicos.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad [2.77]$$

Donde: R , Es la resistencia de un conductor en función a la resistividad (Ω).

ρ , Resistividad de cada material ($\Omega \cdot m$)

l , Longitud del conductor (m).

S , Sección transversal del conductor (m^2)

Tabla 2.23 Resistividad de materiales en función a la variación de la temperatura.

Material	ρ_{20} ($\Omega \cdot mm^2/m$)	ρ_{70} ($\Omega \cdot mm^2/m$)	ρ_{90} ($\Omega \cdot mm^2/m$)
Cobre	0,017	0,021	0,023
Aluminio	0,029	0,033	0,036

Fuente: www.cadisac.com

Según la norma boliviana NB/IEC 60364-7-712 en sistemas fotovoltaicos se debe considerar los siguientes puntos en el sistema de cableado (conductores).

- Identificar los conductores de los circuitos de CA y CC debe ser tal que se puedan distinguir claramente por etiquetas o cables de diferentes colores.
- Si los conductores esta expuestos al medio ambiente debe ser resistente a los rayos ultravioleta o estar protegido de la luz ultravioleta mediante una protección adecuada.
- Los conductores de CC deben seleccionarse y separar de los conductores de CA de manera que minimice el riesgo de fallas a tierra o cortocircuitos.
- La instalación de los conductores de CA debe cumplir con la norma boliviana de instalaciones eléctricas NB 777.

En los tramos de conductores de CC serán tramos compuestos como conductores activos más un conductor de protección. Para el cálculo de la sección de los conductores de CC en instalaciones fotovoltaicas se utilizará la siguiente ecuación.

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V} \quad [2.78]$$

Donde: S , Sección del conductor del cable en continua (mm^2).

L , longitud del conductor (m)

I , intensidad que circula por el conductor (A).

ΔV , Caída de tensión máxima permitida en tramo (V).

σ , Conductividad del conductor del cable (56 Cu; 35 Al) ($m/\Omega \cdot mm^2$)

ρ , resistividad del conductor ($\Omega * mm^2/m$)

Tabla 2.24 Variación de la conductividad con la temperatura

Material	20° C	30° C	40° C	50° C	60° C	70° C	80° C	90° C
Cobre ($m/\Omega \cdot mm^2$)	56	54	52	50	48	47	45	44
Aluminio ($m/\Omega \cdot mm^2$)	37	34	32	31	30	29	28	27

Fuente: Elaboración Propia.

En toda instalación eléctrica indican porcentajes de caída de tensión máximas las cuales son recomendadas para cada tramo de instalación fotovoltaico como se puede apreciar en la siguiente tabla 2.25.

Tabla 2.25 Porcentaje de Caída de tensión en un sistema fotovoltaico NB 60364.

Tramo	Máxima	Recomendada.
Generador fotovoltaico - Regulador de carga	3 %	2 %
Inversor -Baterías	2 %	2 %
inversor - Cargas	5 %	3 %

Fuente: Elaboración Propia.

2.7.5. Protecciones.

Como en todas las instalaciones eléctricas en los sistemas fotovoltaicos deben estar provistos protecciones que preserven la seguridad de las personas y eliminar cualquier incidente en la instalación, para ello la protección de los elementos de la instalación fotovoltaica son encargados de llevar a cabo esa misión garantizando así una protección de los equipos y de las personas.

Dentro de una instalación de un sistema fotovoltaico nos podemos encontrar con problemas de sobrecargas y cortocircuitos en el momento de la instalación de los elementos para ellos podemos prevenir utilizando las recomendaciones dadas según la Norma Boliviana NB/IEC 60364-7-712 que nos da a conocer la protección en el lado de corriente continua mientras que para el lado de corriente alterna recurriremos a utilizar la norma NB 777 para instalaciones de baja tensión.

a) Protección Contra las sobreintensidades.

En un grupo fotovoltaico conectados en cadena ya sea en paralelo o en serie como en todo circuito se debe establecer un dispositivo de protección contra cortocircuitos tomando en cuenta de la capacidad de corte estará de acuerdo a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de conexión. Según la norma NB 81013-IEC 62548 las sobre corrientes dentro de un sistema fotovoltaico puede ser a causa de fallas a tierra en el cableado del conjunto de corrientes de falla debido a cortocircuitos en las cajas de conexión. Para proteger cada cadena fotovoltaica conectada en serie instalada debe cumplir la siguiente condición.

$$1,35 \cdot I_{MOD_MAX_OCPR} < (N_s - 1) \cdot I_{SC_MAX} \quad [2.79]$$

Donde: $I_{MOD_MAX_OCPR}$, Intensidad de corriente máxima admisible del conductor.

I_{SC_MAX} , Corriente de cortocircuito máximo de un módulo fotovoltaico

N_s , Número de cadenas en serie conectadas en el mismo dispositivo de protección.

Cuando se requiera dispositivos de seguridad en el lado de corriente continua su corriente nominal debe cumplir las siguientes condiciones.

$$I_c \leq I_n \leq I_z \quad [2.80]$$

Donde: I_c , Intensidad de diseño según la carga.

I_n , Intensidad nominal del interruptor automático.

I_z , Máxima intensidad admisible del cable conductor.

- **Diodos de Bloqueo.**

Los diodos de bloqueo generalmente son destinados para evitar la corriente inversa en los paneles fotovoltaicos debido a las corrientes que fluyen desde una sección de un panel que funciona generalmente a una sección de panel que contiene la falla. Estos dispositivos electrónicos generalmente vienen incorporados en los paneles fotovoltaicos.

- **Protección de Fusible (Opcional).**

En objetivo de los fusibles en corriente continua es proteger los módulos contra las sobrecorrientes. Estas fallas se presentan a la desigualdad de distribución de tensiones provocando fallas a los módulos y debido a estas situaciones provoca la circulación de corriente en los módulos conocido como corriente inversa o residual. Para ellos es necesario diseñar una forma que la intensidad corte sea mayor que la máxima intensidad que pueda soportar el módulo en inversa y menor que la intensidad máxima producida por la cadena de paneles fotovoltaicos (string). Para el dimensionamiento de los fusibles en el lado de corriente continua será de acuerdo a la norma IEC 60269-6 indicado que el fusible tiene la finalidad de interrumpir la corriente en el caso que la intensidad circulante sea 145 % mayor a la corriente nominal.

$$I_{sc,mod} \leq I_{fus} \leq 1.45 * I_{max\ admisible} \quad [2.81]$$

Donde: $I_{sc,mod}$, Intensidad de la línea.

I_{fus} , Intensidad nominal del fusible.

$I_{max\ admisible}$, Máxima intensidad del conductor.

- **Interruptores termomagnéticos.**

Los interruptores termomagnéticos son otra forma de proteger la instalación eléctrica ante situación de cortocircuitos y excesos de carga. Estos dispositivos tienen la finalidad de cortar la corriente cuando este alcanza ciertos niveles máximos.

$$I_{termomag} = 1,25 * I_{sc,mod} \quad [2.82]$$

Donde: $I_{sc,mod}$, Intensidad de la línea.

I_{fus} , Intensidad nominal del fusible.

$I_{max\ admisible}$, Máxima intensidad del conductor.

b) Protección contra sobretensiones.

Generalmente las sobretensiones en una instalación fotovoltaica tienen origen a las descargas atmosféricas como ser rayos que se pueden propagar en las partes altas de las estructuras metálicas que soportan los módulos fotovoltaicos. La protección contra estas descargas se realiza por dispositivos de protección conocidos como pararrayos o auto válvulas quienes se encargan de descargar la corriente propagada hacia tierra.

Según la norma NB/IEC 60364-7-712 exige una protección contra las sobretensiones que se puede dar ya sea transitorias, estas protecciones deben aplicarse en el lado de corriente continua de la instalación fotovoltaica. Que los cables de CC se deben instalarse de manera que los conductores positivos y negativos de un arreglo fotovoltaico principal se agrupen con una conexión a tierra asociado.

En los conductores de trayectorias largas por ejemplo en los cables CC principales fotovoltaicos deben estar protegidos por dispositivos de protección contra sobretensiones.

c) Protección contra efectos de rayos y sobretensiones.

Dentro de una instalación fotovoltaica ya sea en domicilio o en un edificio a menudo tiene una insignificante probabilidad que caiga un rayo directo, por lo tanto, no implica necesariamente instalar un sistema de protección contra rayos.

Sin embargo, la instalación de sistema fotovoltaico en lugares montañosos es posible que se requiera protección contra sobretensiones para proteger los módulos fotovoltaicos, el inversor y todas las partes de la instalación del sistema.

- **Sistema de bajante.**

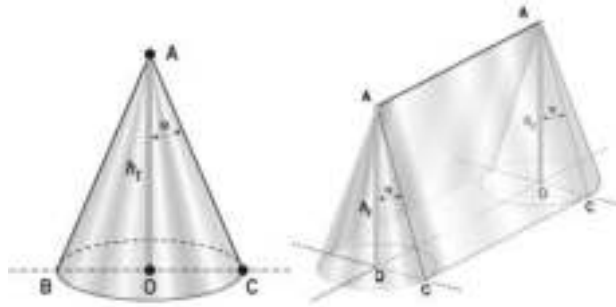
El sistema bajante se encargará de conducir las descargas eléctricas a la malla de tierra dimensionado sin riesgo ninguno. Los bajantes deben ser instalados verticalmente para obtener el trayecto más corto y directo hacia el sistema de descarga (puesta a tierra).

Para determinar la protección de pararrayos existen 3 métodos más utilizados y recomendados por la norma NB 148010 entre ellos tenemos el método de ángulo de protección, método de esfera rodante y método de la malla. Para nuestro proyecto implementaremos el método de ángulo de protección o más conocido como el método de Franklin.

- **Método de ángulo de protección.**

El método de ángulo de protección es recomendado para la protección de los elementos que sobresalen sobre superficies planas, inclinadas según la configuración del lugar de protección.

Figura 2.25 Volumen de proporcionado por el concepto del ángulo de protección.



Fuente. Volumen de proporcionado por el concepto del ángulo de protección para una terminal aérea vertical y para una terminal aérea horizontal. Norma Mexicana ANCE- 2005

Las terminales aéreas deben ubicarse de tal manera que proteja todas las partes de la estructura a proteger dentro de la zona de protección.

Figura 2.26 Angulo de protección ofrecido por las terminales aéreas esfera rodante.

Nivel de protección	Radio de la esfera rodante r (m) y su correspondiente valor de corriente de rayo I (kA)		Ángulo de protección ($^\circ$)			
	r (m)	I (kA)	$h=20$ m	$h=30$ m	$h=45$ m	$h=60$ m
I	20	3	25	45	60	75
II	30	6	35	55	70	80
III	45	10	45	60	75	85
IV	60	15	60	75	85	90

h corresponde a la máxima altura de la terminal aérea.
⁽¹⁾ No se puede aplicar el concepto del **ángulo de protección**, debido a que la altura de la terminal aérea es mayor que el radio de la esfera rodante.

NOTA: La corriente I (kA) es estimada mediante la ecuación (A-2) del apéndice A para el radio r (m) correspondiente.

Fuente. Fuente. Norma Mexicana ANCE- 2005

➤ **Los niveles de protección.**

Nivel I. es el nivel más estricto, a razón a que una falla en el sistema de protección contra las descargas atmosféricas puede ocasionar daños a las edificaciones destinadas a actividades industriales, materiales industriales.

Nivel II. En el nivel que se considera en edificaciones destinados a museos teatros, estadios. Etc.

Nivel III. Se refiere a las edificaciones comunes tales como residencias comercio en general e instalaciones industriales de manufactura simple.

Nivel IV. Se refiere a las edificaciones comunes donde la presencia de las personas no es significativa como depósitos. etc.

Para determinar el ángulo de protección se recomienda utilizar diferentes conceptos como un ángulo optimista el ángulo de áreas equivalentes y el ángulo conservador son ángulo que indica el área cuantitativa de protección proporcionada por el ángulo de protección.

Figura 2.27 Conceptos utilizados para determinar el ángulo de protección



Fuente. Fuente. Norma Mexicana ANCE- 2005

Donde: α_1 , Ángulo optimista.
 α_2 , Ángulo de áreas equivalentes
 α_3 , Ángulo conservador.

Para determinar el ángulo de protección de acuerdo al concepto de área equivalente se recomienda utilizar las siguientes ecuaciones.

$$R = (h + r_s) * \frac{r_s^2}{h} * \text{Arccos}(1 - hr_s) \quad [2.83]$$

$$\tan \alpha = \frac{R}{h} \quad [2.84]$$

$$R_1 = (2r_s * h - h^2)^{0.5} \quad [2.85]$$

Donde: h , es la altura de la terminal aérea, en [m]
 r_s , es el radio de esfera rodante, en [m]
 α , es el ángulo de protección, de acuerdo al concepto de área equivalentes.
 R , es la distancia de protección de acuerdo al ángulo α

Este método del ángulo de protección se recomienda sobre estructura tales como edificios de forma sencilla con superficies planas. Edificios de forma simples con superficies inclinadas, donde el ángulo de protección hace referencia a partir de la línea perpendicular desde la superficie hasta la punta de la varilla. Conocido por el método de Franklin.

CAPÍTULO III

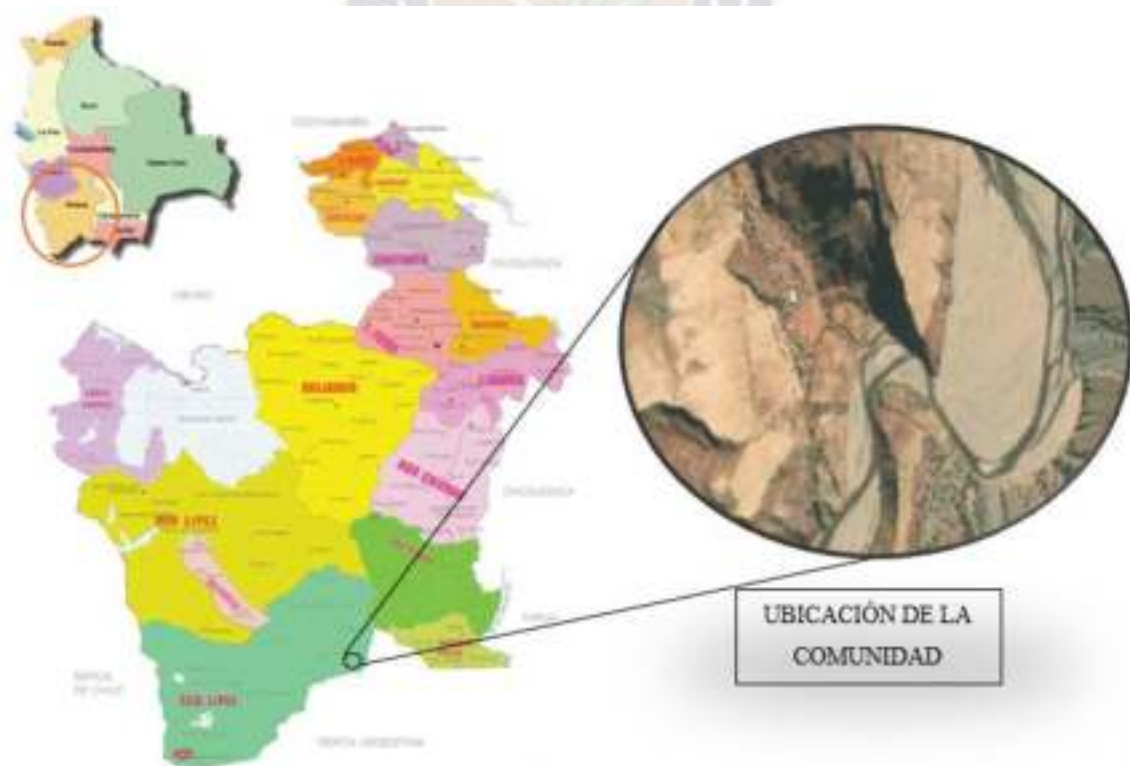
INGENIERIA DEL PROYECTO.

3.1. PARAMETROS DE DISEÑO.

Para empezar, es necesario tomar en cuenta todos los parámetros para el desarrollo del proyecto que tiene como finalidad extraer aguas subterráneas por medio de una bomba solar fotovoltaica. Para ello se debe tomar en cuenta todos los factores locales de la comunidad de Casa Grande, como ser los factores ambientales entre ellos la cantidad de luz solar que irradia sobre la superficies horizontales o inclinadas dentro de la zona de estudio, la temperatura ambiente, la humedad relativa y entre otros factores que serán de ayuda para diseño del proyecto. Ante estos factores también se debe tomar en cuenta que para el diseño y los cálculos se debe considerar la cantidad de agua requerida que se pueda almacenar en un depósito con la finalidad de proveer agua, para el consumo humano, ganado y el riego de los cultivos.

3.1.1. Descripción del área de estudio.

Figura 3.1 Ubicación de la Comunidad de Casa Grande.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.1 Descripción del Área de estudio De la comunidad de Casa Grande.

Departamento:	Potosí				
Provincia:	Sur Lipez	Municipio:	Mojinete		
Comunidad:	Casa Grande				
Latitud:	21.93 Sur.	Longitud:	66.27 Oeste.		
Extensión territorial:	172.57 Km ²				
Población:	210 habitantes; 98 hombres; 112 mujeres.				
Origen:	82 % castellano y quechua; 13% quechua; 5% castellano.				
Número de Familias:	37				
Número de Familias Agricultoras:	32				
Zona ecológica:	Puna baja- Cabecera de valle.				
Tipo de suelo:	Terrenos cultivables semiáridos, arcilla, grava.				
Altitud:	3669 m/12037.40 ft.				
Acceso:	Se encuentra a 25 Km del municipio de Mojinete.				
Producción agrícola:	Trigo, maíz, haba y papa, frutales de manzana y durazno.				
Importancia de los cultivos	Maíz	Trigo	Haba	Papa	Hortalizas
	91 %	99 %	73 %	45 %	21 %
Importancia de frutales	Manzana		52 %		

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.1.1. Situación productiva y pecuaria en la comunidad.

Para estimar la producción agrícola dentro de la comunidad de Casa grande se considerará las dimensiones de los terrenos promedios por familia que son destinados a la agricultura y como ser para aquellas pequeñas y grandes parcelas de las cuales un 50% están cultivadas bajo un sistema de riego convencional.

Las especies pecuarias en la comunidad cuenta con 1427 cabezas de ganado Caprino (1010 cabezas), ovino (250 cabezas), camélido (156 cabezas) y bovino (11 cabezas) son especies de suma importancia social económica y equinos que ayudan el transporte local de productos.

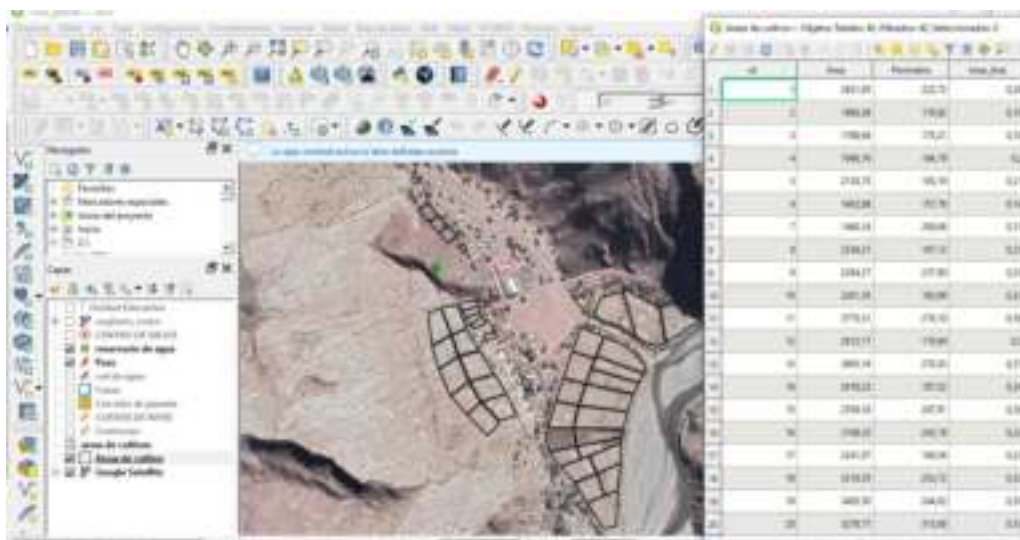
3.1.1.2. Terrenos de Cultivo

Dentro de la comunidad de Casa Grande la situación del área de cultivo está distribuido de una forma conjunta con los hogares de las familias agricultoras, como se puede apreciar en la figura. Las propiedades de la tierra en general son comunales y familiares o por solicitud a las autoridades comunales quienes se encargan de asignar extensiones especialmente para la agricultura y cuyos beneficiarios tienen que habilitar arduamente el terreno para poder cultivar.

La superficie total destinada a la agricultura dentro de la comunidad ubicada en la zona cuenta con 7.76 (Ha) cultivable misma que el terreno para el cultivo está destinada 26 (Ha), aunque existen más zonas para ampliar el área de cultivo, pero al riego es una limitante

debido a la topografía y el cambio climático que cobran una mayor relevancia durante los años que alteraron del calendario de lluvias y la menor disponibilidad de agua para la producción y otros usos que afectaron a muchos municipios a pesar que muchas comunidades está cerca de un recurso híbrido como ser un río o vertientes de agua, a pesar de estas situaciones varias comunidades han sido afectadas por la sequias y el bajo caudal de agua que son distribuidos a los cultivos

Figura 3.2 Comunidad de Casa Grande- Terrenos de cultivo



Fuente: Elaboración Propia.

3.1.1.3. Determinación de los cultivos en la comunidad.

Las características fisiográficas de la comunidad no permiten realizar una producción extensiva de varios cultivos respecto a la topografía y las condiciones climáticas que presenta el lugar, dentro de la zona se cultivan aquellas especies que presentan cierta resistencia a las inclemencias del tiempo como ser el cultivo de maíz, trigo, haba, papa, hortalizas y cultivos frutales que presentan en pequeñas parcelas.

Tabla 3.2 Porcentajes de producción de cultivos de la comunidad de Casa Grande

No	Cultivo o especie	Producción %
1	Trigo	44
2	Maíz	38
3	Haba	9
4	Papa	6
5	Hortalizas	3

Fuente: Elaboración en base a los datos proporcionados por los comunarios

El cultivo de trigo tiene una mayor producción y en segundo el cultivo de maíz que son sembradas en los meses de octubre según los comunarios y para ellos nos presentan un calendario agrícola para la siembra y cosecha de los cultivos. Según su calendario agrícola (tabla 2.5) por la comunidad los comunarios indican que el cultivo tradicional se siembra en octubre y cosechan en abril y debido a la rotación de cultivos en pequeñas parcelas para su siembra generalmente solo ocupan una cierta parte de superficie cultivable y lo restante de acuerdo a la temporada se utiliza como pastizales para alimento para en ganado pecuario. Estos datos serán tomados en cuenta para el presente proyecto.

3.1.2. Condiciones climatológicas del lugar de estudio.

Los datos obtenidos fueron obtenidos en base a los datos de la NASA estación meteorología e hidrología que fue comparada con el registro de SENAMHI en el lugar de estudio con una estimación de datos de 20 años por la NASA y SENAMHI de 10 años. Y con la estación meteorológica de OPLOCA que está cerca al municipio de mojinete

3.1.2.1. Temperatura de Diseño.

La temperatura dentro del municipio es variada debido a un fenómeno climático que está relacionado con la altitud por varias comunidades, dentro de la comunidad de Casa Grande cuenta con una temperatura media de $-7,47\text{ }^{\circ}\text{C}$ la cual alcanza a una temperatura máxima de $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ promedio para cada mes.

Tabla 3.3 Temperaturas máximas en $^{\circ}\text{C}$ en la comunidad de Casa Grande.

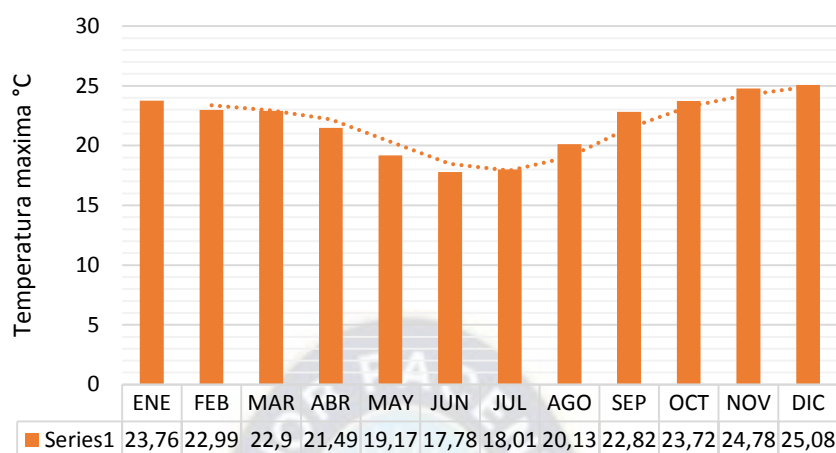
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	24,3	25,62	23,76	19,82	17,8	18,41	16,9	21,58	22,8	22,34	24,95	26,6
2012	24,8	21,79	21,81	21,9	18,53	17,69	18,7	19,43	20,63	23,56	24,98	24,41
2013	20,9	21,76	21,95	20,07	18	17,91	18,2	19,08	23,94	24,15	24,76	25,41
2014	22,6	20,33	21,96	19,29	19,17	15,41	17,7	19,45	20,73	23,6	24,33	24,66
2015	24,3	23,44	23,39	22,29	19,09	16,94	16,3	19,05	22,35	22,95	25,53	24,58
2016	23,5	22,52	22,21	22,61	18,48	18,65	18,1	20,88	21,53	23,33	25,73	24,87
2017	26,2	24,74	24,99	23,24	20,94	15,95	18,4	19,16	25,3	22,11	22,58	25,09
2018	22,5	24,15	23,57	22,03	18,45	19,96	18,3	21,33	23,56	24,12	25,31	23,9
2019	23,4	20,83	23,63	22,2	19,24	16,77	16,6	18,26	21,79	24,16	24,18	25,7
2020	23,9	22,98	23,77	21,56	20,72	19,48	18,3	20,72	24,07	24,62	24,66	25,05
2021	23,6	24,6	22,5	21,0	20,5	19,2	20,6	22,8	24,3	24,7	25,4	25,4
2022	24,6	23,0	21,2	21,7	19,0	16,9	18	19,7	22,8	24,9	24,8	25,2
PROM	23,7	22,9	22,9	21,4	19,1	17,7	18	20,1	22,8	23,7	24,7	25,0

Fuente: Datos Meteorológicos e hidrología de la NASA En coordenadas de la comunidad de Casa Grande. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Para obtener las proyecciones de las temperaturas máximas promedios en el lugar de estudio desde el año 2010 hasta el año 2022 (Tabla 3.5). Fue registrada por el servicio de

la NASA estación meteorología e hidrología que fue comparada con el registro de SENAMHI con la estación Meteorológica Oploca.

Figura 3.3 Temperatura máxima promedio por meses.



Fuente: Elaboracion en base a los datos de la tabla 3.3.

En la figura 3.3 como se puede apreciar son las temperaturas promedio durante el transcurso de un año en el lugar de estudio basado en los datos de la tabla 3.6. cuya grafica podemos observar que la temperatura máxima se da durante el mes de diciembre con una temperatura de 25,08 °C cuya temperatura son aproximadas por los meses de enero, febrero, marzo, septiembre, octubre y noviembre y temperaturas durante en época de invierno tenemos una temperatura de 17,78 °C durante el mes de junio.

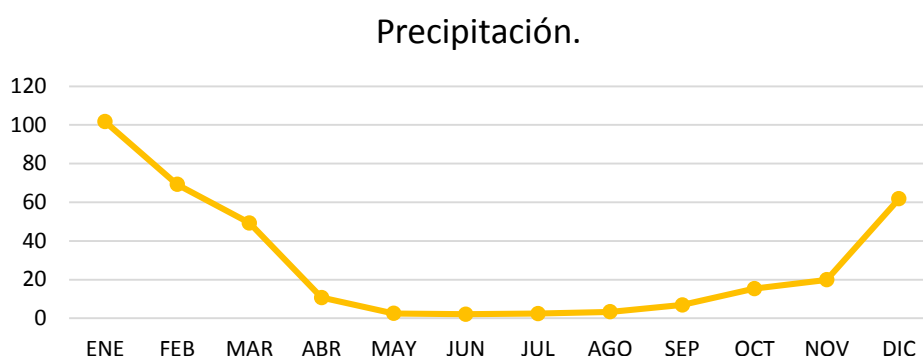
Tabla 3.4 Condiciones Climáticas Promedio de MMAyA-ABRO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación.	101,7	69,2	49,3	10,7	2,5	2,09	2,41	3,33	6,89	15,3	19,9	61,8
Temp. máx.	22,5	22,2	22,8	22,3	19,9	17,5	17,5	19,3	21,1	23,1	24,3	24,0
Temp. min	7,14	6,51	5,54	1,87	2,72	5,28	5,24	3,27	0,64	2,37	4,8	6,14
Humedad Relativa.	62,4	62,8	61,7	55,8	51,8	49,9	44,7	41,3	42,4	47,1	50,9	57,4
Nubosidad.	0,53	0,47	0,40	0,26	0,24	0,31	0,24	0,205	0,253	0,326	0,369	0,527
V. Viento	3,18	2,95	3,06	3,4	3,78	4,06	3,99	3,92	4,1	3,74	3,78	3,27

Fuente: Elaboración Propia en Base a los datos de Sistema de Área Bajo Riego Optimo MMAyA-ABRO

En la tabla 3.6 se puede apreciar valores de las condiciones climáticas promedios estima durante 10 años proporcionados Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) bajo la tutela de Sistema de Área Bajo Riego Optimo (ABRO) que son datos proporcionados por SENAMHI las cuales son comparados con datos proporcionados por la NASA estación meteorología.

Figura 3.4 Precipitación Pluvial (mm) Comunidad Casa Grande.



Fuente. Datos Meteorológicos e hidrología de la NASA En coordenadas de la comunidad de Casa Grande. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

3.1.2.2. Estimación de la radiación solar.

Ante la ausencia de un puesto meteorológico de monitoreo adecuada dentro del lugar de estudio es necesario contar con valores de la radiación solar global por medio de sistemas de información geográfica por imágenes satelitales obtenidos a través de la metodología de la NASA que nos proveen importantes datos meteorológicos, desde la aparición de satélites meteorológicos se abrió una perspectiva para el estudio de la radiación solar en varios lugares del globo terráqueo también cabe resaltar que en regiones montañosas y en los altiplanos tienen un régimen diferenciado de radiación solar en la Comunidad Casa Grande.

Tabla 3.5 Radiación Solar incidente sobre distintas superficies inclinadas.

Parámetros	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRO M
0°	7,5	7,2	6,7	6,2	5,3	4,8	5,1	5,9	7,0	7,8	8,4	8,0	6,7
15°	6,8	6,9	7,0	7,2	6,7	6,4	6,6	7,2	7,6	7,8	7,7	7,1	7,1
45°	6,0	6,3	6,7	7,4	7,2	7,0	7,1	7,6	7,6	7,2	6,7	6,2	6,9
90°	1,8	2,2	3,1	4,7	5,4	5,7	5,6	5,4	4,1	2,6	1,8	1,8	3,7
Irradiación solar optima	7,5	7,24	7,08	7,40	7,33	7,24	7,30	7,67	7,70	7,94	8,40	8,04	7,57
Angulo óptimo de radiación (°)	0	5	19	35	45	50	48	41	27	10	0	0	-

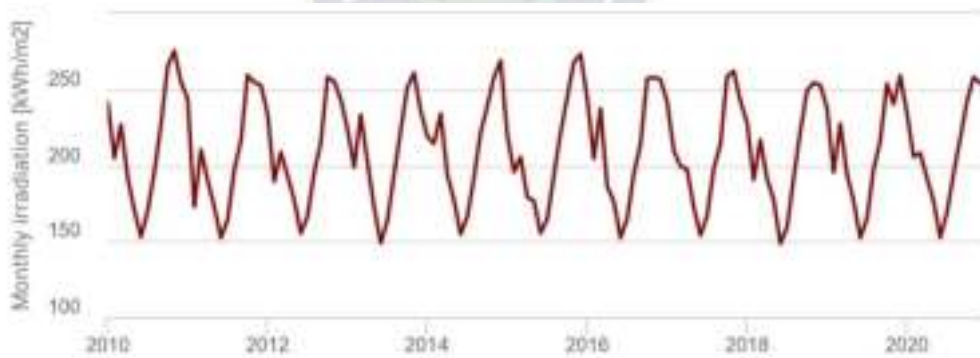
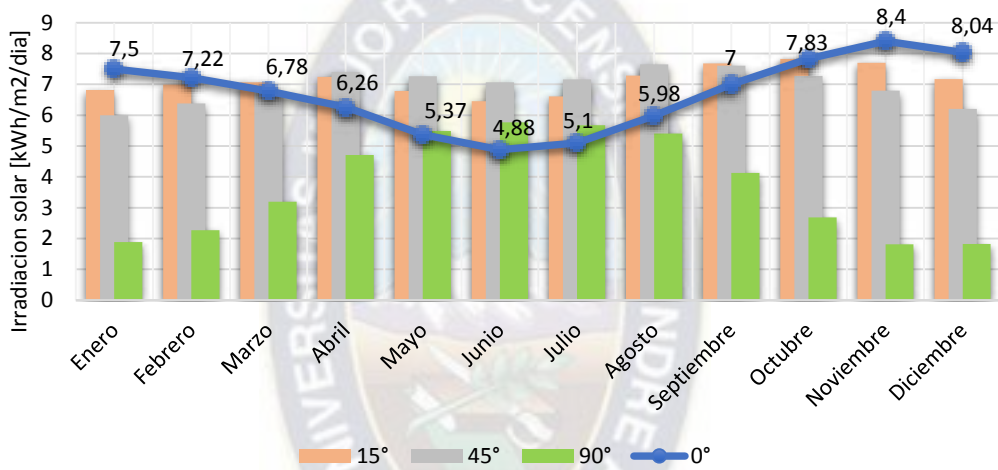
Fuente: Datos Meteorológicos e hidrología de la NASA En coordenadas de la comunidad de Casa Grande. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

En la tabla 3.5 se presenta los resultados de la irradiación solar para cada mes de año para diferentes ángulos de inclinación en la comunidad de Casa Grande, la cual son valores

estimada a través del documento de Atlas Eólica y Solar de Bolivia²⁸. Realizado el 2021 por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía y por los datos proporcionados por a la página WEB de la NASA y PVGIS la cual reúne toda la información global de los parámetros meteorológicos usados para estimar valores de la radiación con un periodo de 10 años de recolección de datos.

En la figura 3.5 se puede observar los valores promedios de la irradiación solar por meses que incide dentro del lugar de estudio con respecto a los valores obtenidos por la tabla 3.7, son datos que se tomaran en cuenta para la mejor captación de la radiación solar en los paneles fotovoltaicos para el proyecto.

Figura 3.5 Radiación Solar incidente sobre distintas superficies inclinadas.



Fuente: irradiación horizontal global estimada desde el año 2010 al 2022.

3.1.2.3. Horas sol Pico (HSP).

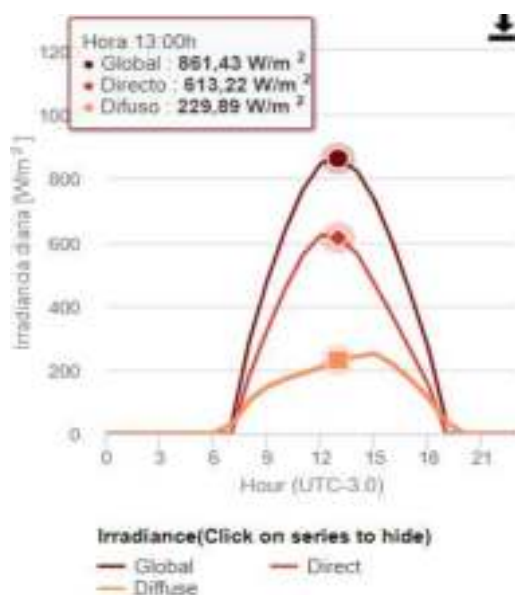
Las horas sol que inciden en el lugar de estudio esté relacionado por la propagación de la radiación solar y para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos y la

28

https://energypedia.info/index.php?title=File:Atlas_e%C3%B3lico_y_solar_de_Bolivia.pdf&page=6

evapotranspiración por los cultivos es un dato muy importante a la hora de tomar decisiones para obtener un resultado óptimo y beneficioso para la comunidad.

Figura 3.6 Representación de las Horas sol pico promedio de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración Propia, PVGIS (2020)

3.1.3. Determinación de la demanda de agua sistema de riego.

El diseño del sistema de riego parte de las necesidades que son dadas por el tipo de cultivo que se pretende implementar, entre ellas las características que presenta el suelo y las condiciones ambientales del lugar de acuerdo a las definiciones mencionadas en el capítulo anterior “Sistemas de riego “esas condiciones convierten en un proceso de muchos factores que influye en el diseño y ante ellos podemos mencionar:

- Condiciones climatológicas y meteorológicas del lugar de estudio.
- las necesidades híbridas de los cultivos.
- Fuentes hídricas.

3.1.3.1. Balance hídrico del sistema de riego por ABRO.

Para determinar el cálculo del caudal preliminar de diseño del sistema de riego se hará uso del programa de ABRO v3 la cual nos permitirá determinar información necesaria para el cálculo del área bajo un sistema de riego óptimo dentro del lugar de estudio.

Al abrir el software ABRO en la pestaña de identificación se especifica la localización del área de estudio como se puede apreciar en la figura se debe especificar el departamento, provincia, municipio y la zona agro ecológica posteriormente ingresar los datos climatológicos del lugar de estudio.

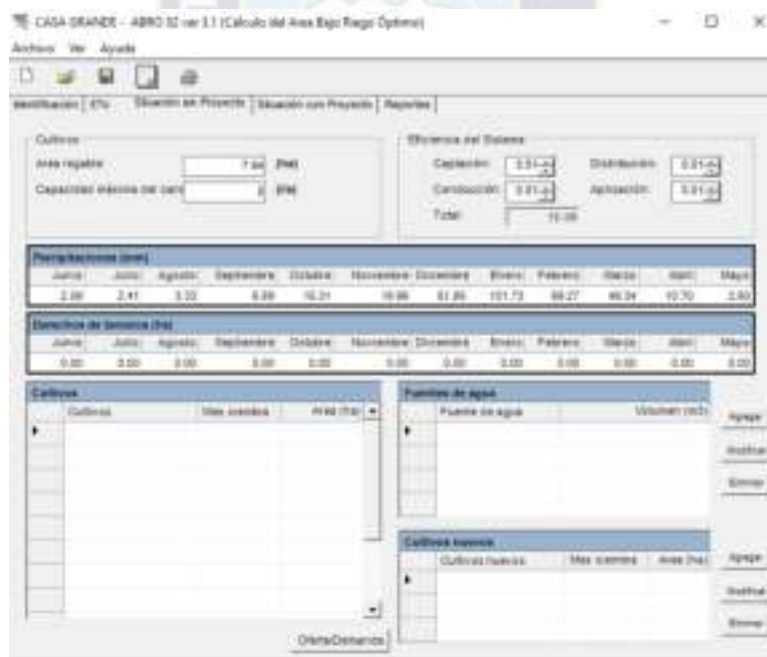
Figura 3.7 Ventana de Datos Climáticos para ET



Fuente: Elaboración Propia

En la ventana de ET se introducen datos para el cálculo de la Evapotranspiración según el método de Penman Monteith.

Figura 3.8 Ventana de situación sin Proyecto



Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la ventana de situación con proyecto se introducen datos de los cultivos, valores de las fuentes de agua que dispone para el riego y la precipitación mensual dentro del área de estudio. Y como datos importantes deben introducir los siguientes valores:

- **Área regable.** Se debe colocar el área total de superficie cultivable dentro del lugar de estudio.

- **Capacidad máxima de canal.** De debe ingresar datos de la capacidad del canal o tubería principal de la fuente de recurso híbrido (pozo) con la capacidad de caudal de bombeo de agua.
- **Precipitaciones (mm).** De debe colocar los datos de las precipitaciones del lugar de estudio que puede ser extraído de Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) Sistema de Información Ambiental y de Recursos Hídricos (SIARH).
- **Derechos de terceros (L/s).** tiene por defecto valores en cero y no es obligatorio introducir datos en ellos debido a que el recurso hídrico no existe por terceros que sea comercializada, por lo tanto, el agua ofertada será igual al agua demandada solo por el sistema.
- **Cultivos.** Permite seleccionar el tipo de cultivo que corresponda a la zona de estudio e identificar el mes de siembra y asignar el área de riego en (ha). Tomando en cuenta que la suma de las áreas asignadas a los cultivos no debe ser mayor que el área regable. Según la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Distribución de los cultivos en el área de Estudio.

No	Cultivo	Superficie de cultivo %	Superficie en (Ha)
1	Maíz	45	2.10
2	Trigo	36	2.00
3	Haba	9.5	1.57
4	Papa	5.5	1.40
5	Hortalizas	4	0.69
Total, de superficie cultivable.			7.76

Fuente: Elaboración Propia.

- **Fuentes de Agua.** se debe colocar la estimación del caudal de agua que se puede alimentar para el sistema de riego de ser óptimo y suficiente para la superficie de cultivo el programa nos indicara si para esa área de cultivo debe existir una demanda de agua y la oferta de agua no es suficiente para el riego del cultivo para ellos se tomada alternativa de una fuente de agua como referencia para el cálculo.

3.1.3.2. Diseño agronómico.

Para determinar las necesidades de riego de los cultivos es necesario determinar cuándo de agua requiere cada cultivo por parcela y como será distribuido de forma equitativa para todas las parcelas de cultivo para ello es necesario realizar un análisis como se llevará a cabo el riego de los cultivos por parcelas. Para ello contaremos con los siguientes puntos según el (Programa mi Agua y mi Riego, 2014) que contempla el procedimiento por el cual

se calcula las necesidades de agua de riego de los cultivos quienes expresan el volumen de agua por aplicar con la finalidad de compensar el déficit de humedad del suelo durante el periodo vegetativo del cultivo y verificar que el caudal requerido por los cultivos pueda cumplir con la demanda de agua de lugar de estudio.

a) textura del suelo de estudio.

El lugar de estudio se encuentra dentro de una región Altiplánica de la zona baja del municipio que predomina de planicies con una textura franco-arcillosos donde el suelo es ligeramente ácido de color pardo oscuro rojizo presentado las siguientes texturas. Arcilla 40 %, limo 30 % y arena 20 %. se puede determinar de la capacidad de campo “CC” y el punto de marchitez permanente “PMP” en base a las ecuaciones (2.1) y (2.2).

Cálculo de la capacidad de campo.

$$CC = 0,48 * \%Arc + 0.162 * \%Li + 0.023 * \%Are + 2.62$$

$$CC = 0,48 * 40 + 0.162 * 30 + 0.023 * 20 + 2.62$$

$$CC = 27,11 [\%].$$

Cálculo del punto de marchitez permanente.

$$PMP = 0,302 * \%Arc + 0.102 * \%Li + 0.047 * \%Are$$

$$PMP = 0,302 * 40 + 0.102 * 30 + 0.047 * 20$$

$$PMP = 16,04 [\%].$$

b) Parámetros básicos para el riego de los cultivos.

En base a los cálculos de la CC y PMP podemos determinar la dosis de agua necesario para las necesidades de agua a las parcelas para un cálculo de la profundidad de las raíces se tomará un valor promedio para diferentes cultivos que se encuentran en el lugar de estudio para ellos podemos utilizar las ecuaciones. (2.4), (2.5) y (2.6).

- **Cálculo de la lámina de agua.**

$$Lam = HA = \frac{(CC - PMP)}{100} * \frac{Dap}{Dw} * Pr$$

$$Lam = HA = \frac{(27.11 [\%] - 16.04[\%])}{100} * \frac{1.39 [gr/cm^3]}{1 [gr/cm^3]} * 400 [mm]$$

$$Lam = HA = 61,55 [mm].$$

- **Cálculo de la lámina neta.**

$$Ln = HA * NR * PAR$$

$$Ln = 61,55[mm] * 0.5 * 1 = 30,77 [mm].$$

- **Cálculo de la lámina bruta.**

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

$$Lb = \frac{30,77 [mm]}{0.75} = 41,03 [mm].$$

Se adoptó una eficiencia de 75 %, con el objetivo de implementar en este proyecto un sistema de riego por aspersión.

- **Cálculo de la frecuencia de riego.**

Para determinar la frecuencia es necesario contar con la evapotranspiración máxima del lugar de estudio introduciremos los parámetros del lugar de estudio y como resultado obtenemos la evapotranspiración del lugar de estudio. (ET=5,38 mm/día)²⁹

En base al mes que mayor presenta la evapotranspiración podemos determinar la frecuencia de riego. Con la ecuación (2.7).

$$Fr = \frac{Ln}{ET}$$

$$Fr = \frac{30,77 [mm]}{5,38 [mm/dia]} = 4,97 [dias] \approx 5[dias].$$

La frecuencia de riego significa que es el número de días que el cultivo demora de consumir la lámina de agua aplicado al terreno tomando en cuenta la evapotranspiración por los cultivos sin embargo se adoptara 7 días por la extensión de área a regar.

- **Cálculo de la lámina de riego ajustada.**

Para un porcentaje de riego del 100%. (2.8).

$$Lr = \frac{Fr * ET}{Prr}$$

$$Lr = \frac{7 [dias] * 5.38 [mm/dia]}{1} = 37,66 [mm].$$

- **Cálculo del ciclo de riego (2.9)**

$$C_r = F_r - DP$$

$$C_r = 7 [dia] - 1[dia] = 6 [dias].$$

Para nuestro sistema de riego se adoptará un día de mantenimiento durante el ciclo de riego de los cultivos.

- c) **Velocidad de infiltración básica.**

En base al volumen de agua que será distribuido por usuario a sus bloques de cultivo a veces no suficiente con solo suministrar agua a los cultivos, si no hay toma en cuenta la velocidad de infiltración del agua al terreno y puede estimarse a partir de la siguiente tabla 3.7.

²⁹ Dato de la evapotranspiración determinado del programa bajo riego optimo ABRO v3.

Tabla 3.7 Velocidad de infiltración básica de suelos de diferentes texturas.

Textura	Velocidad de infiltración básica (mm/h)
Arcilla	1 - 5
Franco-Arcillosa	6 - 8
Franco	7 - 10
Franco-Arenosa	8 - 12
Arenosa	10 - 25

Fuente: Elaboración Propia.


según el suelo que presenta el lugar de estudio es de tipo Franco Arcillosos por lo tanto la velocidad de infiltración según la tabla 3.7 será:

$$lb = 8 \left(\frac{mm}{h} \right).$$

d) Selección de los emisores,

En base a los datos determinados para la selección del aspersor es necesario que sea capaz de aplicar la lámina de riego calculada en un tiempo determinado, para ello contaremos con un aspersor capaz de cumplir la lámina de riego para ello contaremos con el siguiente aspersor para nuestro proyecto. Ver tabla 3.8.

Tabla 3.8 Características del emisor seleccionado.

Aspersor de cobertura total S022 SD	Aspersor plástico de impacto de baja presión																																																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Caudal de emisión (l/h)</th> <th rowspan="2">P (bar)</th> <th rowspan="2">Q (m³/h)</th> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th colspan="5">Espaciamiento (m)</th> </tr> <tr> <th>10x10</th> <th>10x15</th> <th>12x12</th> <th>12x14</th> <th>14x14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">0.570</td> <td>2.5</td> <td>0.570</td> <td>10.5</td> <td>2.7</td> <td>4.8</td> <td>4.2</td> <td>3.4</td> <td>2.9</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>0.610</td> <td>11.0</td> <td>4.3</td> <td>5.5</td> <td>4.4</td> <td>3.8</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>0.660</td> <td>11.5</td> <td>4.8</td> <td>5.7</td> <td>4.7</td> <td>4.1</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">0.700</td> <td>4.0</td> <td>0.720</td> <td>12.0</td> <td>7.2</td> <td>6.0</td> <td>5.0</td> <td>4.3</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>0.860</td> <td>13.2</td> <td>6.6</td> <td>5.5</td> <td>4.4</td> <td>3.8</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>0.700</td> <td>12.2</td> <td>7.0</td> <td>5.8</td> <td>4.9</td> <td>4.2</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">0.570</td> <td>3.0</td> <td>0.760</td> <td>13.0</td> <td>7.6</td> <td>6.5</td> <td>5.3</td> <td>4.5</td> <td>3.9</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>0.810</td> <td>13.0</td> <td>8.1</td> <td>6.8</td> <td>5.6</td> <td>4.8</td> <td>4.1</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de emisión (l/h)	P (bar)	Q (m ³ /h)	D (mm)	Espaciamiento (m)					10x10	10x15	12x12	12x14	14x14	0.570	2.5	0.570	10.5	2.7	4.8	4.2	3.4	2.9	3.0	0.610	11.0	4.3	5.5	4.4	3.8	3.2	3.5	0.660	11.5	4.8	5.7	4.7	4.1	3.5	0.700	4.0	0.720	12.0	7.2	6.0	5.0	4.3	3.7	5.0	0.860	13.2	6.6	5.5	4.4	3.8	3.3	6.0	0.700	12.2	7.0	5.8	4.9	4.2	3.6	0.570	3.0	0.760	13.0	7.6	6.5	5.3	4.5	3.9	4.0	0.810	13.0	8.1	6.8	5.6	4.8	4.1
Caudal de emisión (l/h)	P (bar)					Q (m ³ /h)	D (mm)	Espaciamiento (m)																																																																										
		10x10	10x15	12x12	12x14			14x14																																																																										
0.570	2.5	0.570	10.5	2.7	4.8	4.2	3.4	2.9																																																																										
	3.0	0.610	11.0	4.3	5.5	4.4	3.8	3.2																																																																										
	3.5	0.660	11.5	4.8	5.7	4.7	4.1	3.5																																																																										
0.700	4.0	0.720	12.0	7.2	6.0	5.0	4.3	3.7																																																																										
	5.0	0.860	13.2	6.6	5.5	4.4	3.8	3.3																																																																										
	6.0	0.700	12.2	7.0	5.8	4.9	4.2	3.6																																																																										
0.570	3.0	0.760	13.0	7.6	6.5	5.3	4.5	3.9																																																																										
	4.0	0.810	13.0	8.1	6.8	5.6	4.8	4.1																																																																										

Fuente: www.rainbird.com

En la siguiente tabla 3.9 se presenta los datos técnicos del aspersor para los cálculos previos.

Tabla 3.9 Datos técnicos del emisor seleccionado.

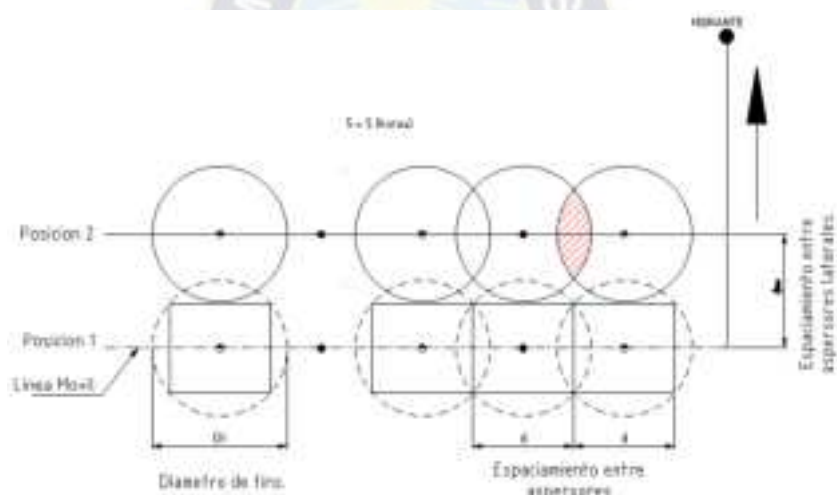
Parámetros	Valor	Observaciones
Diámetro de conexión del aspersor	3/4"	Características hidráulicas del aspersor.
Presión nominal de trabajo del aspersor (bar)	2,5	Características hidráulicas del aspersor.
Caudal de emisión del aspersor (m^3/h)	0,570	Características hidráulicas del aspersor.
Radio de tiro del aspersor (m)	10,5	Características hidráulicas del aspersor.
Altura máxima de chorro (m)	2.7	Características hidráulicas del aspersor.
Espaciamiento entre aspersores 60% D (Sa, m)	10	Características hidráulicas del aspersor.
Espaciamiento entre laterales 60%D (Si, m)	10	Características hidráulicas del aspersor.
Área de cobertura del aspersor (m^2)	100	
Precipitación horaria del aspersor (mm/h)	6	< lb, por lo tanto, no genera escurrimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta la velocidad del viento de la zona de estudio que comienza a partir de los meses de junio, se ha calculado que los aspersores en la línea móvil deben estar separados aproximadamente a 60 % de diámetro de tiro. Para la propuesta de riego del cultivo los aspersores estarán separados de 10 m con una distancia lateral de 10 m cubriendo una superficie de 100 m^2 . Con una precipitación 7 mm/h lo que implica que es un valor mínimo a la infiltración básica a la textura del suelo del lugar de estudio evitando que la precipitación del aspersor no genere escurrimiento superficial.

Dentro del diseño de sistema de riego por aspersores podemos encontrar uno de los métodos más convencionales y utilizados conocido como laterales de riego móvil que son operados a partir de un hidrante y son operados manualmente por un operador quien se encarga de cambiar la posición de los aspersores como se puede apreciar en la figura. 3.10

Figura 3.10 Configuración de un sistema de riego Móvil.



Fuente: Elaboración Propia.

Como podemos apreciar en la configuración de un sistema de riego móvil generalmente la ubicación de los hidrantes se encuentra en la cabecera de las parcelas con el objetivo que las pérdidas de la carga lateral de riego móvil sean compensadas debido a los desniveles topográficos que presentan los cultivos.

e) Tiempo de riego.

Para determinar el volumen de los aspersores contaremos con el tiempo de riego que está relacionado en función de la lámina bruta y la precipitación horaria del aspersor. Utilizaremos la ecuación (2.13)

• Cálculo del tiempo de riego.

$$T_r = \frac{Lb}{PH_r}$$

$$T_r = \frac{41,03}{6} = 6,83[\text{hrs}] \approx 7 [\text{h/turno}].$$

El tiempo de riego nos indica que los aspersores deben trabajar durante 7 horas, posteriormente el aspersor debe cambiarse de lugar manteniendo la distancia entre aspersores para que el riego sea uniforme en todo el terreno del cultivo. pero por las horas de trabajo de

f) Parámetros de operación.

Para realizar el diseño de bombeo de agua es necesario tomar en cuenta las actividades de operación de riego de los cultivos y determinar el caudal de agua requerido por las parcelas para ello se realizará cálculo por cada cultivo. Determinando los siguientes puntos.

- **Máxima número de turnos de riego diarios.** Ec. (2.15)

$$T_d = \frac{H_m}{T_r} = \frac{24 [\text{h/dia}]}{7 [\text{h/turno}]} = 3,4 [\text{turno/dia}] \approx 4$$

$$T_d = 4 [\text{turnos/dia}]$$

- **Numero de turnos por ciclo**

es el número de veces necesario para poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego. Ec. (2.18).

$$T_c = F_r * T_d$$

$$T_c = 7 [\text{dias/ciclo}] * 4 [\text{turnos/dia}] = 28 [\text{turnos/ciclo}]$$

- **Superficie bajo riego por turno.** Ec. (2.19). ver tabla 3.10.

Tabla 3.10 Cálculo de la superficie bajo riego por turno.

Cultivo	S_r [ha/ciclo]	T_c [turnos /ciclo]	$S_t = \frac{S_r}{T_c}$ [ha/turno]
Maíz	2,10	28	0,075
Trigo	2,00	28	0,060
Haba	1,57	28	0,056
Papa	1,40	28	0,050
hortalizas	0,69	28	0,025
Total, superficie de riego por turno			0,053

Fuente: Elaboración Propia.

- **Dosis de riego bruta.** Ec. (2.20).

$$DB = \frac{L_b * Ar}{10}$$

$$DB = \frac{37.66 [\text{mm}] * 75 [\%]}{10} = 282,45[\text{m}^3/\text{ha}]$$

Asumimos un 75 % por ciento debido a los factores que se presentan por conducción y distribución y la aplicación de sistema de riego empleado para el riego de los cultivos.

- **Dosis de riego bruta por turno de cada cultivo.** Ec. (2.21).

$$DB_t = S_t \cdot DB$$

Tabla 3.11 Cálculo de la dosis de riego por turno.

Cultivo	S_t [ha/turno]	DB [m ³ /ha]	DB_t [m ³ /turno]
Maíz	0,070	282,5	21,18
Trigo	0,060	282,5	16,95
Haba	0,052	282,5	15,84
Papa	0,047	282,5	14,12
hortalizas	0,023	282,5	6,96

Fuente: Elaboración Propia.

- **Caudal demanda requerido por bloque de cultivo.** Ec. (2.22).

Tabla 3.12 Cálculo del caudal requerido por los cultivos.

Cultivo	DB_t [m ³ /turno]	Tr [h/turno]	Q_r [m ³ /h]	Q_r [l/s]
Maíz	21,18	7	3,03	0,84
Trigo	16,95	7	2,42	0,67
Haba	15,84	7	2,26	0,63
Papa	14,12	7	2,02	0,56
hortalizas	6,96	7	0,99	0,28
Caudal requerido en total (l/s)				2,98

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados mostrados en la tabla 3.12 muestran los caudales requeridos por cultivos durante el ciclo de crecimiento de los cultivos que se realizan durante 28 turnos de riego que dura el ciclo haciendo una suma en total del caudal requerido haciendo de 2,98 (l/s) tomando este valor en el caso que se tenga de regar en su totalidad todos los cultivos.

El valor caudal requerido total se tomará como valor de referencia como caudal ofertado del pozo de agua para cumplir con la demanda de agua de los cultivos. Validaremos bajo el programa (MMAyA) bajo el cálculo del área bajo riego óptimo Software ABRO v3 que fue desarrollada en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y FAO. Bajo la aplicación de los parámetros climáticos de entrada que anteriormente se describió.

Para la oferta:

- Precipitación pluvial del lugar de estudio.
- Temperatura máxima y mínima.

- Humedad relativa
- Horas sol.
- Velocidad del viento.
- Precipitación efectiva al 75 %. (sistema de riego)

Para la demanda:

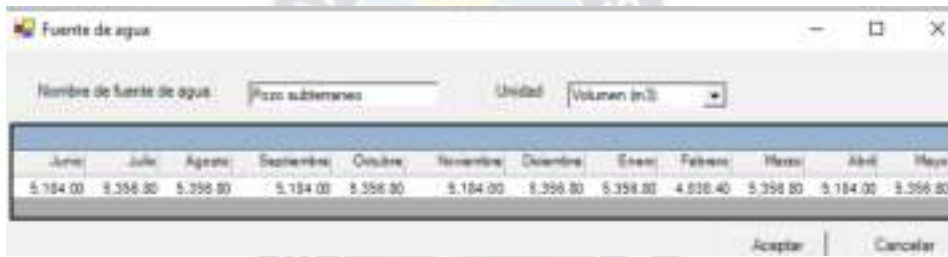
- Evapotranspiración de referencia, calculada por el método Penman Monteith.
- Coeficiente de cultivo.

Caudal ofertado por el pozo será:

$$Q_{\text{pozo}} = 3 \text{ [L/s]}$$

Posteriormente introduciremos la fuente de agua nuestro tanque de almacenamiento Abro en unidad de caudal como se puede apreciar en la figura 3.11

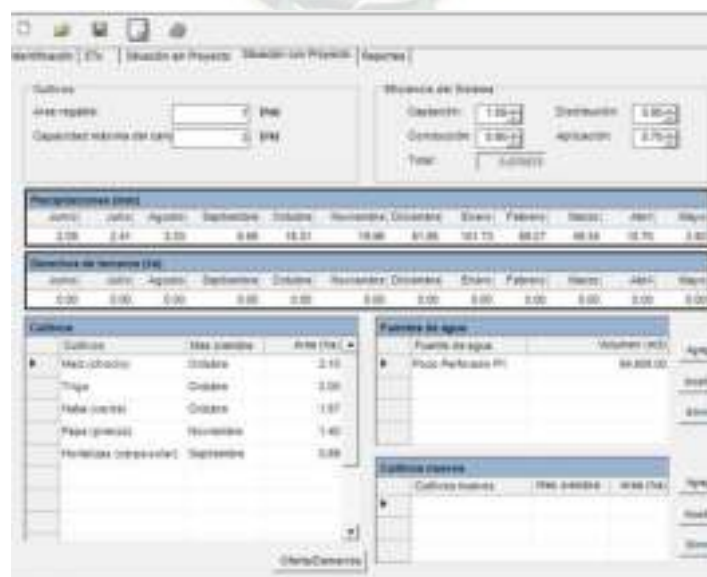
Figura 3.11 Ventana de Fuente de Agua- tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente introducimos el tipo de cultivo la fecha de siembra y el área total como se puede apreciar en la figura 3.12.

Figura 3.12 Ventana Situación con proyecto.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la demanda de agua en base a la oferta se calculó bajo una eficiencia del sistema de riego bajo la aplicación de riego por aspersores.

- **Eficiencia de captación, conducción, distribución y aplicación.**

- ✓ **Eficiencia de captación**, con la implementación de una fuente de agua o presa se tendrá una eficiencia del 100 % debido a que la obra incrementará con la captación de mayor volumen de agua almacenada.
- ✓ **Eficiencia de conducción**, en base al sistema de conducción mediante tuberías aplicado en el sistema de riego se aplicará una eficiencia de conducción de 95 %.
- ✓ **Eficiencia de distribución**, Tomando en cuenta que el área de riego se encuentra cercana a la fuente de agua la eficiencia de distribución será de 95%.
- ✓ **Eficiencia de aplicación**, en la mayoría de los sistemas de riego la aplicación de riego puede ser por aspersores, goteo o micro aspersores. A este nivel se estima una eficiencia de aplicación de 75 % aplicado por aspersores.

Con las condiciones del cálculo de área bajo Riego Optimo podemos determinar que el caudal ofertado se puede cumplir la demanda para el riego de los cultivos a través de la fuente ofertada.

Tabla 3.13 Verificación de la oferta /demanda de agua.

Cultivo	Caudal Ofertado [l/s]	Mes de mayor demanda.		
		Caudal de demanda [l/s]	Volumen de demanda [m ³]	Caudal unitario [l/s]
Maíz	3	1,74	4660,97	0,83
Trigo	3	1,66	4439,02	0,83
Haba	3	0,99	2658,30	0,63
Papa	3	1,0	2415,83	0,71
Hortalizas	3	0,48	1294,62	0,70

Fuente: Elaboración Propia.

Según la tabla 3.13 podemos observar que el caudal ofertado está por encima del caudal de demanda de los cultivos esto indica no se requiere de otra fuente de agua para cumplir con la demanda de agua.

a) Número de aspersores.

para determinar el número de aspersores contaremos con el caudal de oferta por los cultivos es necesario contar con el valor preliminar del caudal del sistema y el volumen de demanda por los cultivos. Ver tabla 3.14.

Tabla 3.14 Datos del sistema de riego.

Descripción.	Unidad	valor
Caudal de diseño por el sistema.	(l/s)	3
Área de los cultivos en total	ha	7,76
Parcela de riego	ha	0,053

Fuente: Elaboración Propia.

Para determinar la demanda de agua por los cultivos parcelas por riego es necesario contar con la frecuencia de riego $Fr = 7$ (días) adoptada por la extensión áreas de riego y es necesario contar cuanta cantidad de área será regada durante la frecuencia de riego para ello se contará con la siguiente ecuación (2.23).

$$C_{\text{cantidad area,riego}} = S_{t,\text{promedio}} * Fr$$

$$C_{\text{cantidad area,riego}} = 0,053 [ha] * 7 = 0,371 [ha]$$

Podemos observar que la cantidad de área que se regara en una semana es de 0,371 (ha) haciendo un total de 3710 [m²]

Para determinar el número de aspersores utilizaremos la ecuación (2.14)

$$NA = \frac{S_{t,\text{promedio}}}{A_{\text{cobertura,asp.}}} + 1 [asp]$$

El volumen demandado por ciclo de riego

$$V_{\text{demanda,semana}} = Q_{\text{demanda}} \cdot Fr$$

$$V_{\text{demanda,semana}} = 3 [l/s] * 7[d] * \frac{24 [h]}{1 [d]} * \frac{3600 [s]}{1 [h]} * \frac{1 [m^3]}{1000 [l]}$$

$$V_{\text{demanda semana}} = 1814,4 [m^3]$$

En tanto el volumen de demanda por día será:

$$V_{\text{demanda,dia}} = 60,48 [m^3]$$

El volumen del aspersor será por el tiempo de riego.

$$V_{\text{asp.}} = Q_{\text{asp.}} * T_r$$

$$V_{\text{asp.}} = 0,570 \left(\frac{m^3}{h} \right) * 7 (h) = 3,99 [m^3]$$

En tanto es necesario determinar cuántos aspersores se utilizará por la demanda por el sistema para cada parcela para ello utilizaremos la ecuación (2.14)

$$NA = 530 [m^2] * \left(\frac{1 [asp]}{100 [m^2]} \right) + 1 [asp] = 6,3 \approx 6 [asp]$$

$$NA = 6 [\text{aspersores/parcela}]$$

Según los resultados podemos observar que con 6 aspersores en un área de 530 (m²)

b) Demanda por parcela de riego.

Para determinar la demanda por parcelas es necesario determinar cuántos hidrantes funcionarían durante un turno. Para ello contaremos con la siguiente ecuación (2.24).

$$NH_{func.} = \frac{NA * Tr}{D}$$

$$NH_{func.} = \frac{6 * 7}{24} = 1,75 \approx 2 [\text{hidrante, funcionado}]$$

Este cálculo indica que durante un turno funcionarían 2 hidrantes acompañados de 6 aspersores por parcela. Durante 7 horas y los restantes se regarán en las otras 7 horas durante el día y así sucesivamente hasta completar este método con la finalidad de abastecer el riego en su totalidad.

En tanto, el caudal por parcela de riego será:

$$Q_{parcela} = NH_{func.} * Q_{asp}$$

$$Q_{parcela} = 2 * 0,16 [l/s] = 0,32 [l/s]$$

Por las pérdidas existentes por la distribución y conducción y por la aplicación por el sistema de riego se aplicará una eficiencia de riego del 75 %, así se podría garantizar la dotación de agua a los cultivos. Ecuación (2.24).

$$Q_{diseño,parcela} = Q_{parcela} * Er$$

$$Q_{diseño,parcela} = 0,32 [l/s] * 0,75 = 0,24 [l/s]$$

$$Q_{diseño,parcela} = 0,24 [l/s]$$

Entonces la demanda total del sistema de riego por el sistema será:

$$Q_{sistema} = Q_{diseño,parcela} * NA * NH_{func.}$$

$$Q_{sistema} = 0,24 [l/s] * 6 * 2 = 2,88 [l/s]$$

$$Q_{sistema} = 2,88 [l/s]$$

Podemos observar que el caudal de diseño por turno es de 2,88 [l/s] resultado que se encuentra dentro del caudal ofertado por la fuente, cumpliendo la demanda de riego de los cultivos que puede ser aplicado durante las épocas de sequía. Según estos datos calculados podemos dimensionar una bomba de agua que cumpla el mismo caudal del sistema por turno de riego.

3.1.3.3. Diseño hidráulico asistido por Bentley WaterCAD.

El diseño hidráulico del sistema riego estará compuesto por un reservorio de agua elevado y una red de tuberías y válvulas cumpliendo un objetivo se conseguir un reparto uniforme de agua hacia los cultivos, dentro de la red de tuberías estará compuesto por la

tuberías de impulsión que partirán desde la extracción de agua del pozo hasta el reservorio, y la tuberías de distribución serán quienes de llegar hasta los hidrantes quienes se encargaran de distribuir el agua a las parcelas por las familias agricultoras.

a) Aspectos previos al diseño hidráulico.

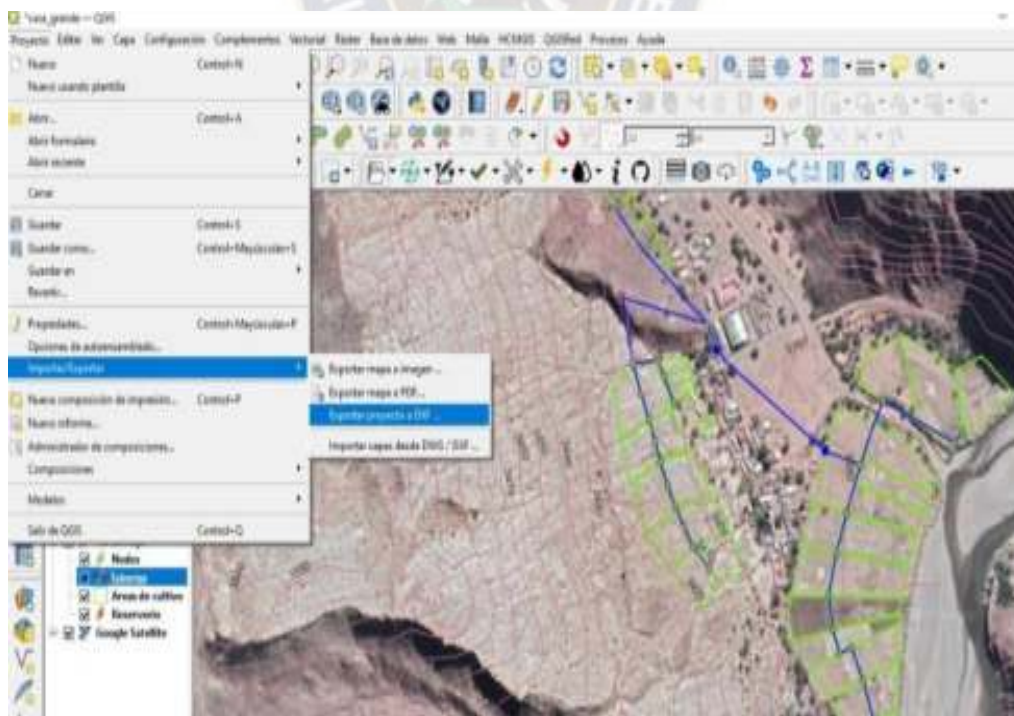
para realizar los cálculos de diseño hidráulico contaremos con un paquete computacional para ello se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros necesarios para el dimensionamiento de la red de agua como ser:

- topografía del terreno.
- Caudales de diseño.
- Velocidades permisibles.
- Presiones de trabajo.
- Perdidas por fricción en las tuberías y accesorios.

• **Topografía del terreno.**

Para la topografía del terreno es necesario contar las curvas de nivel del lugar de estudio para ello contaremos con los programas de QGIS que permite exportar las curvas de nivel en un formato DXF que serán utilizados para el diseño hidráulico del sistema de riego. Como se puede apreciar en la figura 3.13.

Figura 3.13 Exportación de las curvas de nivel de QGIS a DXF.



Fuente: Elaboración Propia.

• **Caudales de diseño.**

Los caudales requeridos por los cultivos se determinaron en tabla 3.18 lo cual se deberá diseñar un sistema capaz de abastecer esos caudales para cada parcela de riego de los cultivos.

- **Velocidades permisibles.**

Como paso previo al diseño del sistema de tuberías es necesario seleccionar las tuberías con diámetros capaces de llevar el caudal que debe fluir por cada tramo. Para determinar los diámetros correctos es necesario establecer una velocidad máxima y mínimas en la tubería de agua. Ver tabla 3.15.

Tabla 3.15 Velocidades permisibles aplicado en sistemas de riego.

Tipo de flujo	Velocidades	
	Mín. (m/s)	Máx. (m/s)
Flujo por Gravedad.	0,30	1,5
Línea de impulsión	0,3	2
Línea de Conducción.	Mín. (m/s)	Máx. (m/s)
Polietileno no normalizado	0,5	0,70
PVC, HG o PE normalizado	0,5	2,0

Fuente: reglamento técnico de diseño de bombeo para sistemas de agua potable (NB-689)

Las velocidades máximas pretenden contribuir a evitar los fenómenos de golpe de ariete mientras la velocidad mínima se establece para impedir la deposición en la tubería por cualquier impureza o partícula que pudiera ser acarreada por el agua.

- **Presiones de trabajo.**

Según el diseño agronómico se determinó la selección un emisor para el riego de los cultivos que presenta una presión de trabajo de 2.5 (bar) que equivale a 25 (mca). Por lo tanto, para que el aspersor opere de una manera adecuada debe encontrarse dentro de estos parámetros, dentro de los sistemas de riego se recomienda que la presión en los hidrantes debe ser de 10 m.c.a < Presión < 50 m.c.a en análisis dinámico. En caso que la presión sea alta es necesario contar con cámaras o válvulas reductoras de presión para la disminución del diámetro de las tuberías y en caso que se presente menores presiones se deberá incrementar la potencia del equipo de bombeo.

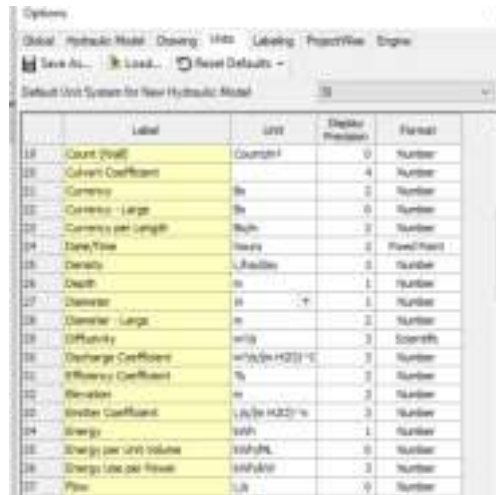
- **Pérdidas por fricción en las tuberías y accesorios.**

Dentro de las pérdidas por fricción el programa de WaterCAD determina las pérdidas en base a la ecuación de Hazen Williams mostrada en la ecuación (2.33) tomando la cuenta el factor de fricción de Hazen Williams según el material empleado para la red de tuberías.

b) Configuración de la plantilla de WaterCAD.

Antes de realizar a dibujar nuestra red hidráulica debemos configurar nuestra plantilla de trabajo en el programa de Bentley WaterCAD que incluye configurar las unidades con las que se va trabajar como se puede apreciar en la figura 3.14.

Figura 3.14 Configuración de las unidades en Bentley WaterCAD.



Label	Unit	Display Precision	Format
Count Point	Count	0	Number
Convent Coefficient		4	Number
Convent	m	2	Number
Convent - Large	m	0	Number
Convent per Length	inch	3	Number
Convent/Time	inch	2	FixedPoint
Density	L/ft ³	2	Number
Diam	m	1	Number
Diameter	m	1	Number
Diameter - Large	m	2	Number
Efficiency	inch	3	Scientific
Discharge Coefficient	inch ³ /ft ³ /C	3	Number
Efficiency Coefficient	%	2	Number
Flowrate	m	3	Number
Friction Coefficient	L/ft ³ /ft ³ /s	3	Number
Energy	inch	1	Number
Energy per Unit Volume	inch ³ /ft ³	0	Number
Energy Use per Flow	inch ³ /ft ³	3	Number
Flow	L/s	0	Number

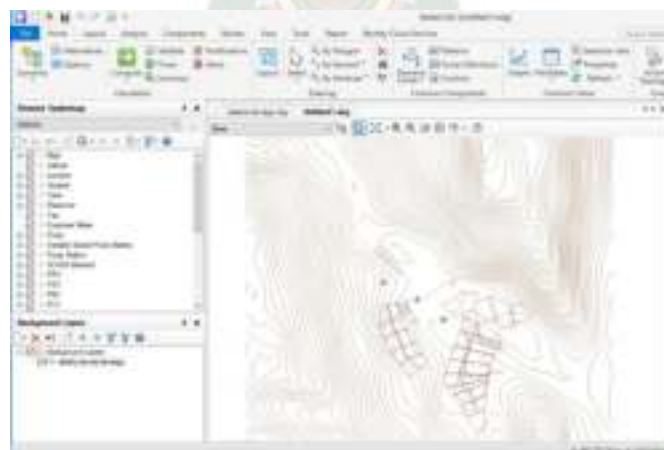
Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la configuración de unidades con que se trabaja será en el S.I (Sistema Internacional) y se configurará en unidades del sistema inglés para el diámetro de las tuberías.

- **Importación del plano de diseño.**

Bentley WaterCAD v8 nos proporciona una herramienta para importar nuestro diseño de red hidráulica en formato *DXF* y situarlo en el fondo de la pantalla la herramienta *Background Layers* seleccionado *New File >* y seleccionamos el archivo en *DXF* “diseño de red de riego” y automáticamente lo sube como imagen con la escala de nuestro diseño exportado por *QGIS*. Como se puede apreciar en la figura 3.15.

Figura 3.15 Plano a escala importado en WaterCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Trazado de la red hidráulica.**

Una vez realizado este proceso se procederá a realizar la red hidráulica con trazos de tubería para ello contamos con las herramientas principales proporcionado por Bentley.

Dentro de las herramientas principales nos encontramos con los puntos básicos para comenzar a dibujar nuestra red hidráulica entre ellos tenemos tuberías, tanques, reservorios, hidrantes, bombas y una familia de válvulas para las redes de distribución.

Posteriormente se procederá a configurar el tipo de material de la tubería, para ello nos dirigimos a la barra menú *View* y seleccionamos *Prototypes > Pipe*. Finalmente, con las configuraciones básicas procedemos a dibujar la red hidráulica de nuestro proyecto. Figura 3.16.

Figura 3.16 Trazado de la red hidráulica en WaterCAD.

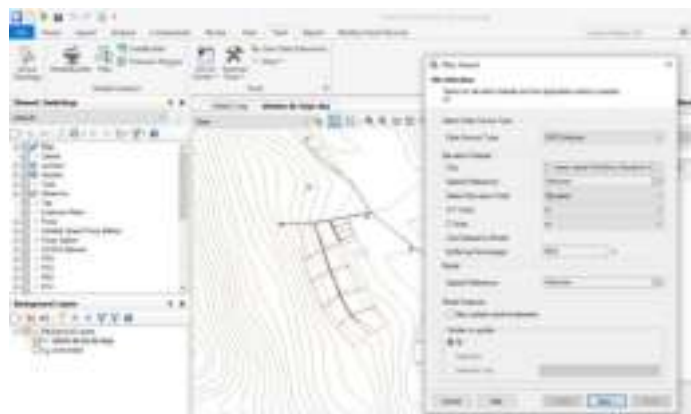


Fuente: Elaboración Propia.

- **Ajuste de las curvas de nivel.**

Una vez realizado las el tendido de la red hidráulica se procederá a subir las curvas de nivel elevación del lugar de estudio en nodos e hidrantes. Para configurar nos dirigimos a la herramienta *Tools > TRex* seleccionamos podemos colocar las elevaciones manualmente o podemos exportar por el archivo DXF Figura 3.17.

Figura 3.17 Importación de las elevaciones del lugar de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

En caso que un elemento no se encuentre en el límite de la curva de nivel el programa realizar una interpolación y le coloca el valor con la curva de nivel más cercano. Los valores de la elevación por nuestro proyecto se pueden apreciar en la siguiente figura 3.18.

Figura 3.18 Ventana con las elevaciones importadas en los nodos de la red hidráulica.

ID	Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m-H2O)
046: CUL-1	CUL-1	3.405,31	3.404,70	30
113: CUL-2	CUL-2	3.397,34	3.404,04	36
86: CUL-3	CUL-3	3.309,96	3.413,75	24
92: CUL-4	CUL-4	3.390,33	3.404,86	23
102: CUL-5	CUL-5	3.390,78	3.403,48	23
107: Nudo-1	Nudo-1	3.292,37	3.413,62	21
125: Nudo-2	Nudo-2	3.399,37	3.413,41	24
123: Nudo-3	Nudo-3	3.390,75	3.413,62	23
343: Nudo-4	Nudo-4	3.390,00	3.402,53	22
346: Nudo-5	Nudo-5	3.390,00	3.402,21	22
349: Nudo-6	Nudo-6	3.379,00	3.403,17	26
376: Nudo-7	Nudo-7	3.395,32	3.401,38	36
387: Nudo-8	Nudo-8	3.391,24	3.401,62	26
396: Nudo-9	Nudo-9	3.390,00	3.402,80	23
411: Nudo-10	Nudo-10	3.390,00	3.403,37	23
430: Nudo-11	Nudo-11	3.390,30	3.403,74	23
368: Nudo-12	Nudo-12	3.390,00	(NA)	(NA)
421: Nudo-13	Nudo-13	3.381,21	3.404,24	22

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez incorporado las elevaciones en los nodos de la red hidráulicas podemos verificar en cada punto como se puede apreciar en la figura 3.19.

Figura 3.19 Configuración Manual de las elevaciones de nivel.



Fuente: Elaboración Propia.

c) Configuración de la demanda de agua en los hidrantes.

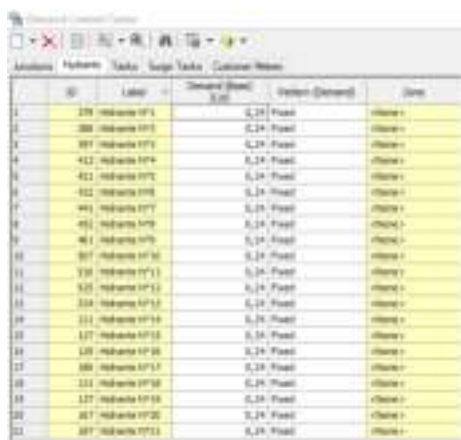
Según el apartado 3.1.3.2 inciso h) calculado tenemos que el caudal de diseño por bloques de riego es:

$$Q_{diseño,parcela} = 0,24 \text{ [l/s]}$$

Dentro del diseño del sistema de riego se considerará hidrante para áreas de cultivos y otros que ocupará un solo hidrante por motivo de disminuir costos por lo tanto el caudal de diseño se considerará como si fuera solo para un área de cultivo. A continuación, se introducirá este valor a los hidrantes propuesto para el riego de los cultivos. El

procedimiento de la asignación de la demanda de agua en el software nos dirigiremos a la barra de menús > *Home* > *Demanda Control Center*. Ver figura 3.20.

Figura 3.20 Configuración de la demanda en WaterCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

d) Configuración del tanque reservorio

Para la configuración del tanque de agua es necesario tomar en cuenta cuanto será su capacidad para el almacenamiento de agua, que será distribuido hacia los cultivos durante los días de riego, como se puede apreciar en la siguiente tabla.3.16

Tabla 3.16 Descripción del área de cultivos existentes en el lugar de estudio.

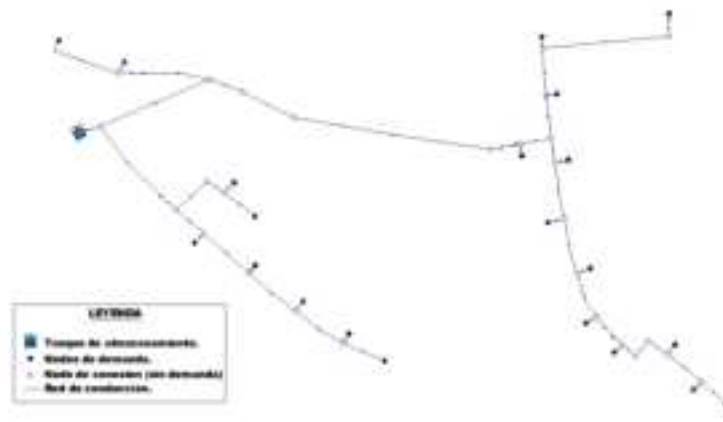
No	Área de cultivo (m ²)	No	Área de Cultivo (m ²)
1	2835,16	21	3654,18
2	1892,58	22	274,72
3	1770,75	23	328,35
4	1999,09	24	362,37
5	2133,24	25	410,23
6	1404,52	26	459,52
7	1461,84	27	164,35
8	2256,94	28	638,7
9	2286,94	29	673,31
10	2284,21	30	674,43
11	3779,72	31	2065,41
12	2015,52	32	1656,19
13	3699,47	33	1910,3
14	2421,07	34	1634,94
15	2561,09	35	2421,9
16	2171,85	36	2342,3
17	2244,59	37	1934,24
18	3222,32	38	2227,91
19	3489,58	39	1972,63
20	3854,58	40	2014,8

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la tabla 3.16 contamos con un total de 77634,43 (m²) de cultivo, demanda que no podríamos cumplir si deseamos regar todo en un día para ello es necesario contar con un sistema de turnos de riego.

Contaremos con los datos calculados en el apartado 3.1.3.2 inciso f) que definen el tiempo de riego y la frecuencia por turno, que significa el tiempo que transcurre mientras cada sector recibe agua durante su turno y la frecuencia es el momento en que comienza a recibir agua por turno y el siguiente turno que comenzara a recibir agua en el turno. Que contaremos con una red de distribución como se puede apreciar en la siguiente figura 3.21.

Figura 3.21 Sistema de distribución de agua a los cultivos.



Fuente: Elaboración Propia.

La operación del sistema del tanque elevado está dada por el funcionamiento de 21 hidrantes que estarán conectados por tuberías PVC enterradas a 0.6 [m], para la distribución de agua a los sectores de cultivo. El diseño del sistema de conducción y distribución estará dado por el apartado 3.1.3.2 inciso h) que obedece a la demanda de cada parcela. La distribución de volúmenes de riego se propone el sistema de riego funcione bajo un sistema rotacional que sea controlada por un cronograma el tiempo de riego y el caudal que entregara de una manera proporcional. Adoptando un sistema de riego continuo-multiflujo.

Figura 3.22 Cronograma de sistema de riego continuo multiflujo.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
1ra Semana	HD-1	HD-1 HD-7	HD-2	HD-3	HD-3 HD-4	HD-4	HD-5
2da Semana	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
	HD-6	HD-6 HD-8	HD-6 HD-7 HD-10	HD-7	HD-7	HD-8	HD-8
3ra Semana	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
	HD-9	HD-9	HD-10	HD-11	HD-11 HD-11 HD-11	HD-12	HD-11
4ta Semana	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
	HD-13 HD-14	HD-16 HD-10	HD-15	HD-17 HD-18	HD-18	HD-19	HD-19
5ta Semana	LUNES	MARTES					
	HD-15	HD-11					

Fuente: Elaboración Propia.

En base al cronograma de riego podemos determinar las dimensiones del tanque de almacenamiento, según los cálculos anteriores en la tabla 3.13 se puede apreciar la superficie de riego por turno que nos da un total de 0,053 [ha/turno] en promedio haciendo un total de 530 [m^2]. Para cumplir con la demanda de riego en su totalidad según nuestro calculo tenemos 28 turnos en un ciclo que representa el tiempo de regado durante la siembra y cosecha de los cultivos teniendo un porcentaje de área para cumplir la demanda de agua de [ha/turno] por cultivo que para la dimensión de nuestro tanque de almacenamiento tomaremos el volumen total por turno del cultivo de mayor demanda.

Tabla 3.17 Determinación del Volumen requerido por la demanda de riego.

Descripción	Valor.
Lamina de riego [m]	0,0376
Área de riego por día [m^2]	530
Volumen de riego [m^3]	20
Volumen de reserva m^3	20
Volumen total [m^3]	40

Fuente: Elaboración Propia.

El tanque de almacenamiento constará de dos funciones almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de riego de los cultivos y regular la presión adecuada en el sistema de distribución para ello contaremos con una estructura de dimensiones rectangular.

$$V_t = H_t * B * L \quad [3.1]$$

Donde: V_t , Volumen por un cuerpo rectangular. [m^3]

H_t , Altura (m).

B , Ancho (m)

L , Largo (m)

Si el volumen de riego es 40 (m^3) con una altura de $H_t = 2$ (m). y el largo será dos veces la base. ($L = 2 \cdot B$)

$$V_t = 2 * B * 2B$$

$$B = \sqrt{\frac{V_t}{4}} = \sqrt{\frac{40}{4}} = 3,16 \approx 3,2 \text{ (m)}$$

$$B = 3,2 \text{ [m]}$$

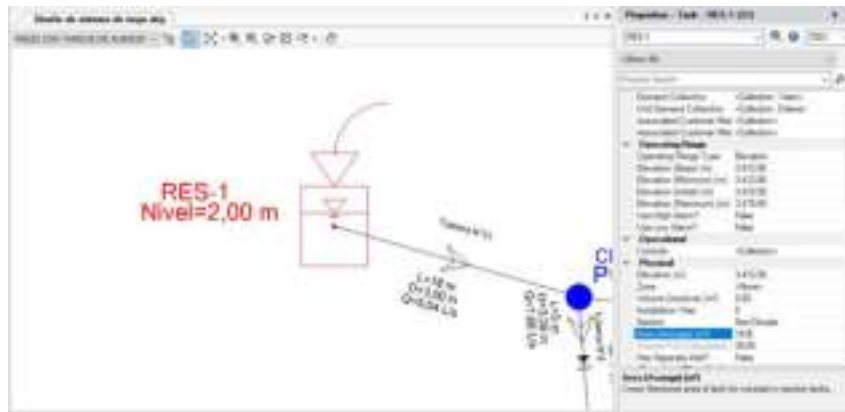
Entonces la longitud será:

$$L = 2 * B$$

$$L = 2 * 3,2 = 6,4 \text{ [m].}$$

En base a los datos calculados podemos comenzar la configuración del tanque usando WaterCAD, nos dirigiremos las características del tanque haciendo *click* en el símbolo en el dibujo del tanque y nos dirigimos a la ventana de propiedades. Ver figura 3.23.

Figura 3.23 Configuración del tanque de almacenamiento en WaterCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

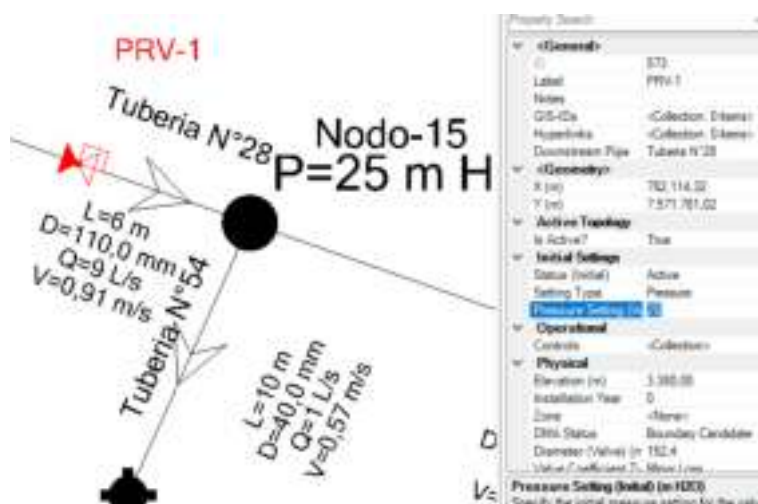
Cuyos parámetros definimos en rangos operativos (*Operating Range*) que ingresamos los valores de elevación de su lámina de agua como se puede apreciar en la figura 3.23.

e) Configuración de accesorios.

- **Válvulas reductoras de presión (PRV).**

Son válvulas que se encargan de regular las presiones en una red hidráulica, para el funcionamiento del sistema de riego por aspersores si la presión está por encima de la presión por los aspersores estos accesorios permiten regular la presión deseada según su finalidad.

Figura 3.24 Configuración de las válvulas reductoras de presión PRV.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Válvulas de expulsión de aire (AV).**

son válvulas capaces de eliminar las burbujas de un líquido, son diseñadas para que el sistema de bombeo trabaje a la máxima capacidad del flujo calculado. El problema de aire en las tuberías ocasiona a veces ocasiona colapso de tuberías por depresión o presiones negativas o por presiones transitorias o golpe de ariete. Para evitar estos inconvenientes es necesario instalar estas válvulas para proteger la estación de efectos nocivos permitiendo purgar el aire durante la operación del sistema permitiendo evacuar pequeños caudales de aire durante el funcionamiento en régimen de conducción.

Figura 3.25 Configuración de las válvulas expulsoras de aire AV.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Válvulas de retención o Check.**

Estas válvulas de retención generalmente son instaladas en las tuberías de impulsión ya que son válvulas unidireccionales en la que el flujo que fluye libremente en una dirección, pero si invierte la dirección del flujo la válvula se cierra para proteger las tuberías, válvulas,

bombas, etc. Si el flujo retorna y no hay una válvula de retención podría producirse un golpe de ariete y dañara la tubería u otros componentes. Ver figura 3.26.

Figura 3.26 Configuración de la válvula de retención o Check en WaterCAD.



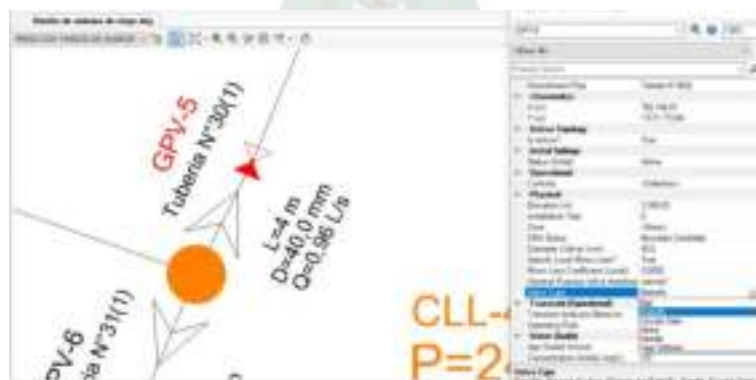
Fuente: Elaboración Propia.

Para la configuración de las válvulas de retención para ello nos dirigimos seleccionamos la tubería donde se incorporar la válvula Check para ello nos vamos a las *Properties* y debemos indicar que en esta tubería existe una válvula de retención. Que solo va en una sola dirección.

- **Válvulas mariposa o globo**

Las válvulas mariposa o globo son dispositivos mecánicos que se encargan de cierre y apertura del paso del fluido en un conductor. Son válvulas que se encargan de disminuir el área de paso y generalmente aumentan la pérdida de carga local en la válvula reduciendo el flujo. Para la configuración de las válvulas de cierre manual en WaterCAD nos dirigimos a la barra menú *Layout > Valve >* seleccionamos la válvula GPV. Ver figura 3.27.

Figura 3.27 Configuración de las válvulas GPV.

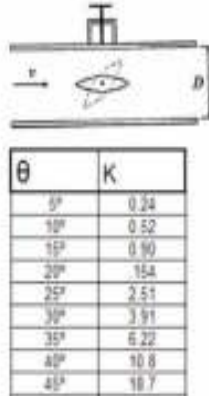


Fuente: Elaboración Propia.

Seleccionamos la válvula posteriormente nos aparecerá una ventana de propiedades (Properties) nos dirigimos a *Physical > Valve Type* seleccionamos el tipo válvula que utilizaremos para nuestro proyecto. posteriormente el programa nos pedirá ingresar una

curva de pérdidas de la válvula según el caudal de diseño de nuestro proyecto para ello es necesario conocer las pérdidas que presenta la válvula durante la apertura del fluido. Figura 3.28.

Figura 3.28 Pérdidas de válvula mariposa por el ángulo de apertura.



Fuente. <https://www.cuevadelcivil.com/2011/05/perdidas-por-valvulas.html>.

Para determinar las pérdidas de la válvula se utilizará la ecuación (2.46) en función a los caudales de diseño de nuestro sistema para una velocidad máxima de 2 [m/s]

$$h_f = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

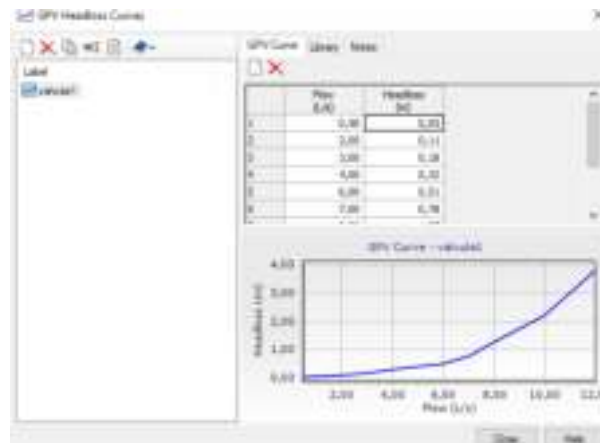
Tabla 3.18 Pérdidas de la válvula mariposa en función al caudal de diseño.

Q[l/s]	v[m/s]	K	hi [m]
0,5	2	0,24	0,049
2	2	0,52	0,106
3	2	0,9	0,184
4	2	1,54	0,315
6	2	2,51	0,514
7	2	3,81	0,780
8	2	6,22	1,273
10	2	10,8	2,211
12	2	18,7	3,828

Fuente. Elaboración Propia.

Ingresamos valores de la tabla 3.18 en WaterCAD > Headloss Curves. Como se puede apreciar en la figura 3.29.

Figura 3.29 Configuración de la curva de pérdidas de las válvulas.



Fuente. configuración de la curva de pérdidas de las válvulas en función al caudal de sistema de riego.

3.1.3.4. Simulación de los escenarios en WaterCAD.

a) Validación de la red hidráulica.

En base a las configuraciones de la red hidráulica de riego se procede la validación de la red en el programa de *Bentley WaterCAD*. El mismo se encarga de verificar los elementos si esta correctamente en caso contrario el programa depurara un error en la red para ello nos dirigimos a la barra de menú en *Home > Validate* y tenemos el siguiente resultado como se puede apreciar en la figura 3.30.

Figura 3.30 Validación de la red Hidráulica en WaterCAD.

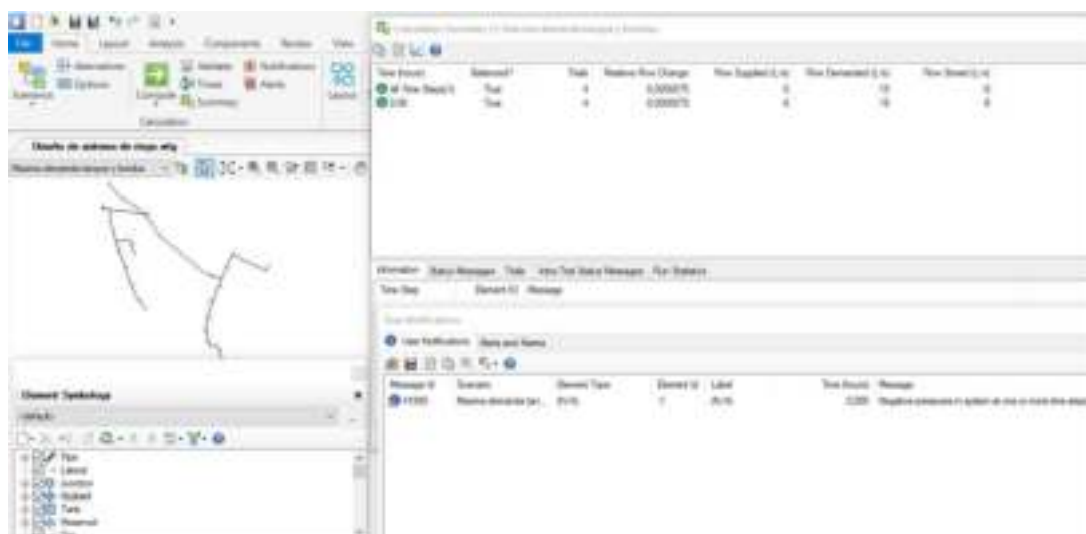


Fuente: Elaboración Propia.

b) Cómputos de los escenarios de la red.

Una vez verificado que la red hidráulica no presenta errores se procede con el cálculo del cómputo de la red para ello nos dirigimos a la barra de menú *Home > Compute*. Seleccionamos el escenario que deseamos hacer los cálculos como se puede apreciar en a la figura 3.31.

Figura 3.31 Validación de los cálculos en análisis dinámico.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la figura 3.31 de red de análisis dinámico de la red hidráulica se encuentra balanceada en función a la demanda por los hidrantes y en la parte de abajo en *Use Notifications* podemos apreciar un mensaje indicando un mensaje que indica que existe presiones negativas que se debe a la presión de succión de la bomba.

c) Resultados de los cálculos de la red hidráulica.

El este apartado se puede apreciar los resultados del análisis hidráulico en periodo dinámico y en periodo Extendido o Cuasi-Estático en base al caudal de demanda por los cultivos. Dentro de los resultados podemos predecir la respuesta del sistema como ser los caudales internos que circula a través de los elementos, así como las presiones en los nudos e hidrantes. Los resultados de las presiones de trabajo se darán por dos escenarios para ello el primer escenario será la distribución solo por el reservorio eso quiere decir que el sistema de riego trabaja por gravedad. El punto importante dentro del diseño será las presiones de trabajo ver tabla 3.19.

Tabla 3.19 Tabla de resultados de las presiones de trabajo en WaterCAD.

Label	Elevation (m)	Demand [l/s]	Pressure [m H2O]	Label	Elevation (m)	Demand [l/s]	Pressure [m H2O]
Hidrante N°1	3.384,96	0,24	18,35	CLL-5	3.380,78	0	23,17
Hidrante N°2	3.381,83	0,24	21,68	Nodo-1	3.392,57	0	31,40
Hidrante N°3	3.380,00	0,24	23,67	Nodo-2	3.389,37	0	25,18
Hidrante N°4	3.380,01	0,24	23,74	Nodo-3	3.390,75	0	23,90
Hidrante N°5	3.380,86	0,24	23,00	Nodo-4	3.380,00	0	23,78
Hidrante N°6	3.380,25	0,24	23,75	Nodo-5	3.380,00	0	23,73
Hidrante N°7	3.381,25	0,24	23,02	Nodo-6	3.375,00	0	28,47
Hidrante N°8	3.380,00	0,24	24,82	Nodo-7	3.385,32	0	18,14
Hidrante N°9	3.379,33	0,24	24,70	Nodo-8	3.381,24	0	22,43
Hidrante N°10	3.398,34	0,24	13,45	Nodo-9	3.380,00	0	23,82
Hidrante N°11	3.399,21	0,24	12,85	Nodo-10	3.380,00	0	23,92
Hidrante N°12	3.397,40	0,24	15,31	Nodo-11	3.380,20	0	23,83
Hidrante N°13	3.398,84	0,24	14,90	Nodo-12	3.380,00	0	(N/A)
Hidrante N°14	3.399,93	0,24	11,86	Nodo-13	3.381,21	0	23,00
Hidrante N°15	3.390,25	0,24	23,88	Nodo-14	3.380,55	0	23,89
Hidrante N°16	3.387,61	0,24	25,54	Nodo-15	3.380,00	0	24,98
Hidrante N°17	3.390,25	0,24	24,74	Nodo-16	3.380,00	0	24,18
Hidrante N°18	3.389,92	0,24	25,04	Nodo-17	3.399,57	0	12,36
Hidrante N°19	3.386,52	0,24	16,58	Nodo-18	3.400,80	0	11,42
Hidrante N°20	3.381,22	0,24	22,57	Nodo-19	3.399,08	0	13,76
Hidrante N°21	3.375,00	0,24	24,94	Nodo-20	3.396,32	0	17,59
CLL-1	3.405,01	0	10,25	Nodo-21	3.388,47	0	25,64
CLL-2	3.397,54	0	17,41	Nodo-22	3.380,00	0	32,91
CLL-3	3.389,96	0	24,53	Nodo-23	3.384,69	0	29,15
CLL-4	3.380,03	0	24,65	Nodo-24	3.381,22	0	32,15

Fuente: Elaboración Propia.

En el segundo escenario se hará una simulación tanque -bomba, este escenario entrará en funcionamiento cuando demande volumen de agua a los cultivos tomando en cuenta que la presión de trabajo subirá en los puntos de demanda ocasionado problemas en la red hidráulica para ellos para regular el nivel de presión se debe tomar en cuenta los siguientes criterios.

- ✓ Utilizar válvulas reductoras de presión.
- ✓ Cambiar de valor el diámetro de la tubería.
- ✓ Se cambiará de ubicación el hidrante a una posición con mayor elevación en el terreno.

Figura 3.32 Resultados de los cálculos del modelo hidráulico en Bentley WaterCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

Para evitar presiones elevadas dentro de la red hidráulica y evitar que dañe a los aspersores se colocara válvulas reductoras en lugares con menor elevación del terreno de los cultivos mientras que en los lugares de mayor elevación no será necesario implementar una válvula reductora de presión en ese caso se tomara en cuenta cambiar el hidrante a lugares de mayor elevación. Los resultados de los reportes de la red hidráulica del sistema de riego se muestran a detalle en el Anexo -B.

3.1.4. Sistema de consumo de agua potable.

La distribución de agua por el tanque de almacenamiento será suministrada durante los meses de riego, pero nos encontraremos con meses en que el agua almacenada no tendrá salida a los cultivos. Para ello se propone que parte del agua empleada para el riego de los cultivos se divida para la distribución de agua para la comunidad.

3.1.4.1. Parámetros básicos de diseño.

Para el diseño del sistema de agua potable se hará referencia el reglamento Nacional NB 689³⁰. A base de la norma se obtendrá los parámetros de diseño de suministro de agua potable.

a) Tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento intercensal calculada por datos de la población según el censo 2012 del Instituto Nacional de Estadística (INE) para la provincia de Sur Lipez-Municipio de Mojinete que cuenta con sus comunidades la tasa de crecimiento es de 1,257 % estimada para el año 2022.

³⁰ NB 689 (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad- Instalaciones de agua -Diseño para sistema de agua potable, 2da revisión. Diciembre 2004.

b) Periodo de Diseño.

Para el diseño planteado por el proyecto se estima para un periodo de diseño de 20 años, años que se estima la vida de los paneles fotovoltaicos, Por lo tanto.

c) Población de diseño.

El método para estimación de la población futura de la comunidad, se tomará en cuenta la NB 689 según la población. Para el cálculo de la población se utilizará los siguientes métodos de crecimiento utilizaremos la ecuación (2.26), (2.27) y (2.28).

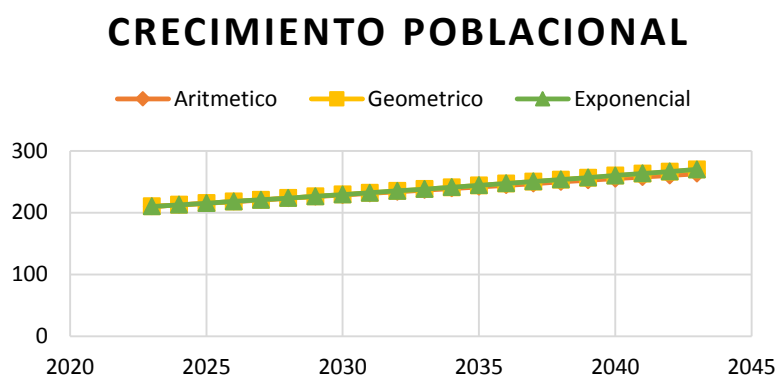
Tabla 3.20 Proyección de la Población.

Año	Periodo	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio
2023	0	210	210	210	210
2024	1	213	213	213	213
2025	2	215	215	215	215
2026	3	218	218	218	218
2027	4	221	221	221	221
2028	5	223	224	224	223
2029	6	226	226	226	226
2030	7	228	229	229	229
2031	8	231	232	232	232
2032	9	234	235	235	235
2033	10	236	238	238	237
2034	11	239	241	241	240
2035	12	242	244	244	243
2036	13	244	247	247	246
2037	14	247	250	250	249
2038	15	250	253	254	252
2039	16	252	256	257	255
2040	17	255	260	260	258
2041	18	258	263	263	261
2042	19	260	266	267	264
2043	20	263	270	270	267
Población futura					267

Fuente: Elaboración Propia.

por lo tanto, la población de diseño para el sistema será de $P_f = 267$ [habitantes]

Figura 3.33 Proyección de la Población.



Fuente: Elaboración Propia.

d) Dotación media diaria

La dotación media diaria está establecida por el consumo anual previsto por la población dividida por la población abastecida y el número de días del año. En base a los datos de la tabla 2.15 según norma. La dotación media diaria para la población en estudio será según la tabla 3.21:

Tabla 3.21 Datos del lugar de Estudio.

Población inicial [Po]	210 [habitantes]
Dotación Inicial (Do)	50 [l/hab/día]
Dotación inicial comunidad (Do)	18 [l/hab/día]

Fuente: Elaboración Propia.

e) Dotación Futura.

La dotación futura para el periodo de diseño se debe a que la dotación media diaria actual puede incrementarse debido a los factores de consumo, para ello es necesario estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria. Aplicando la siguiente ecuación (2.29).

Tabla 3.22 Dotación de agua Comunidad de Casa Grande.

Periodo [años]	Dotación Inicial según Norma [l/hab/día]	Dotación Inicial según la demanda de la comunidad [l/hab/día]	Dotación Futura según Norma. [l/hab/día]	Dotación futura según la demanda de la comunidad [l/hab/día]
20	50	18	61,01	21,96

Fuente: Fuente: Elaboración Propia.

f) Caudales de diseño.

Para determinar los caudales de diseño en el lugar de estudio se debe seguir los siguientes parámetros.

- **Caudal medio diario.**

Reemplazando valores en la ecuación (2.30):

Tabla 3.23 Caudal medio Diario.

Caudal promedio	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
Q_{md} [l/s]	0,19	0,07

Fuente. Fuente: Elaboración Propia.

- **Caudal máximo diario.**

Reemplazando valores en la ecuación (2.31)

Tabla 3.24 Caudal máximo diario.

Caudal máximo promedio	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
$Q_{max,d}$ [l/s]	0,28	0,10

Fuente. Fuente: Elaboración Propia.

- **Caudal máximo horario.**

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año, y se obtiene multiplicando el caudal máximo por el coeficiente (k_2) que varía según la tabla 2.14.

Tabla 3.25 Valores del Coeficiente k_2 .

Población (habitantes)	Coeficiente k_2
Hasta 2000	2,20-2,00
De 2001 a 10000	2,00-1,80
De 10001 a 100000	1,80-1,50
Mas de 100000	1,50

Fuente: Norma Boliviana NB-689. (Pag.22).

Reemplazando valores en la ecuación (2.32):

Tabla 3.26 Caudal máximo horario.

Caudal máximo Horario	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
$Q_{max,h}$ [l/s]	0,59	0,21

Fuente: Elaboración Propia.

Resumen de los cálculos del caudal de diseño se puede apreciar en la siguiente tabla 3.27.

Tabla 3.27 Caudales de demanda en (l/s).

AÑO	POBLACION [hab]	DOTACION [l/hab-d]	CAUDALES		
			Media Diaria [l/s]	Máxima Diaria [l/s]	Máxima Horaria [l/s]
2023	210	61,01	0,19	0,28	0,59
2023	210	21,96	0,07	0,10	0,21

Fuente: Elaboración Propia.

El caudal de diseño será el caudal máximo horario, correspondiente a la demanda máxima horaria. Ver Anexo C.

3.1.4.2. Modelado de la red mediante el uso de WaterCAD.

a) Configuración de Modelo.

Para comenzar la modelación del proyecto se debe ingresar el Programa mediante el icono de acceso directo y se procede dar click sobre la opción *Create New Project*.

Los pasos a seguir con las configuraciones del modelo son los siguientes puntos: Configuración de las unidades. Por defecto el programa cuando comenzamos con un nuevo proyecto el programa trabaja con unidades del sistema inglés. Nos dirigimos a la barra de menús *Tools > Options*, posteriormente se desplegará una ventana que aparece las opciones de las unidades que nos permite establecer las nuevas unidades para el proyecto.

Definir la ecuación de pérdida de carga y fricción a modelar. La configuración de estos parámetros definirá el cálculo de la red hidráulica para ello nos dirigimos a la barra de menús *Análisis > Options* que se desplegará una ventana que nos dirigimos a *Base Calculation Options* y nos aparecerá una nueva ventana donde configuramos el método de fricción como también el fluido a simular.

Importación de las curvas de nivel en formato DWF. WaterCAD nos permite ingresar un plano con extensión *dwf*, a escala en el fondo de la ventana de WaterCAD como imagen. El procedimiento se realiza mediante la ventana *background Layers > New File* que posteriormente aparecerá una ventana para para proyección del plano en el fondo de WaterCAD.

red de tuberías. Después de ingresar el plano topográfico procedemos a realizar el modelo de la red de agua potable como se puede apreciar en la figura 3.34.

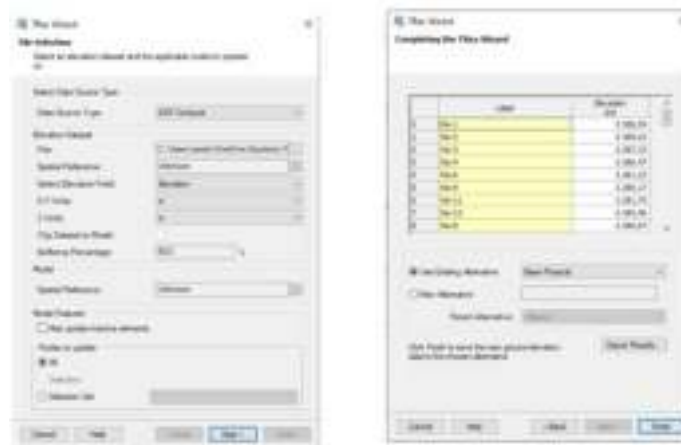
Figura 3.34 Plano Topográfico del área de estudio en DWF.



Fuente: Elaboración Propia.

Importación de las curvas de nivel. Una vez incorporado el modelo de la red de agua potable se encuentra listo se comenzará a colocar en los nodos las elevaciones del terreno para ello el programa posee un procedimiento de forma automática para la incorporación de los puntos de elevación en la red de agua potable. El procedimiento se realiza en la barra de menús *Tools > TRex* seleccionamos posteriormente saldrá una ventana como se puede apreciar en la figura 3.35.

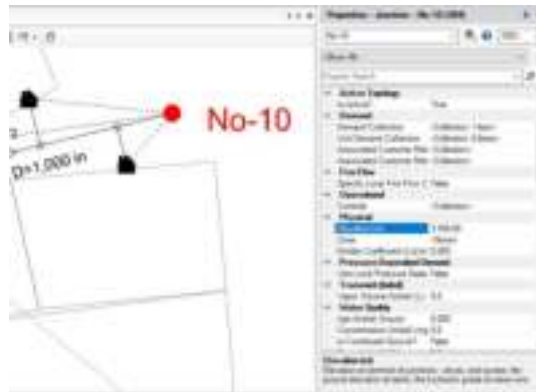
Figura 3.35 Configuración del nivel de elevaciones del terreno.



Fuente: Configuración de las elevaciones de forma automática a los nodos de la red hidráulica.

El software coloca de forma automática las elevaciones a cada elemento de la red como el icono del tanque, *Customer Meter*, *Junction* o *Nodo* como se puede apreciar en la siguiente figura 3.36.

Figura 3.36 Configuración de las elevaciones en Customer Meter.



Fuente: Elaboración Propia.

b) Configuración del tanque de almacenamiento.

La comunidad de Casa Grande cuenta con agua subterráneas ubicadas a una profundidad de 3360 m.s.n.m. para captar el agua. Para ello se requiere contar con obras de toma que permitan almacenar el agua en un tanque y posteriormente para su distribución. Para el dimensionamiento de la capacidad del tanque de almacenamiento es necesario tomar la cuenta las recomendaciones de la Norma Boliviana NB- 689 que para el cálculo del volumen de agua se puede realizar de dos formas.

- **Mediante curvas de consumo.**

Este método define a los datos de estudio de la comunidad presentes como ser las características como ser: el desenvolvimiento socio-económico, hábitos de la población, clima y aspectos técnicos del sistema.

- **Mediante coeficientes empíricos.**

Este método define cuando no se tiene datos de estudio de la comunidad entonces el volumen mínimo de almacenamiento necesario para compensar la variación diaria de consumo se tomará en cuenta el siguiente punto. Que para sistemas de distribución por gravedad el volumen de regulación debe estar entre el 15% a 30% del consumo máximo diario.

- **Capacidad del reservorio.**

Según el reglamento técnico de diseño de almacenamiento para sistema de agua potable de la norma boliviana NB-689 para cualquiera de los dos métodos los puntos a calcular son los siguientes:

- **Volumen de regulación.**

$$V_r = C * Q_{max.d} * t \quad [3.2]^{31}$$

³¹ NB-Reglamento técnico de diseño de redes de distribución para sistemas de agua potable, Pág. 257.

Donde: V_r , Volumen de regulación. [m^3]

C , Coeficiente de regulación sistema de gravedad 0,15 a 0,30.

$Q_{max.d}$, Caudal máximo diario [m^3/d]

t , Tiempo [días]

Para el dimensionamiento del volumen de regulación se tomará en cuenta el caudal según la norma que será la suma del consumo doméstico y no doméstico.

$$Q_{max.d} = 0,3703 \left[\frac{l}{s} \right] * \frac{1[m^3]}{1000[l]} * \frac{3600[s]}{1[h]} * \frac{24 [h]}{1[dia]} = 32 [m^3/dia]$$

$$Q_{max.d} = 32 [m^3/dia]$$

Reemplazando valores en la ecuación.

$$V_r = 0,25 * 32 * 1 = 8 [m^3]$$

- **Volumen de reserva.**

Según la norma se recomienda proveer el abastecimiento de agua que se puede producir durante interrupciones accidentales para ello se recomienda considerar un volumen equivalente a 4 horas de consumo correspondiente al caudal máximo diario.

$$V_{re} = 3,6 * Q_{max.d} * t \quad [3.3]^{32}$$

Donde: V_r , Volumen de reserva. [m^3]

$Q_{max.d}$, Caudal máximo diario [l/s]

t , Tiempo [h]

Reemplazando valores en la ecuación.

$$V_{re} = 3,6 * 0,3703 * 4 = 5,33 [m^3]$$

- **Volumen total.**

En volumen total será la suma de los dos volúmenes calculados anteriormente.

$$V_T = V_r + V_{re}$$

$$V_T = 8 + 5,33$$

$$V_T = 13,33 [m^3]$$

Podemos observar que el tanque de almacenamiento para la distribución de agua potable tiene un volumen de $13,33[m^3]$.

- **Dimensiones del tanque.**

³² NB-Reglamento técnico de diseño de redes de distribución para sistemas de agua potable, Pág. 257.

Para el almacenamiento del tanque contaremos con una estructura de dimensiones rectangular.

$$V_T = H_t * B * L$$

Donde: V_t , Volumen por un cuerpo rectangular. [m^3]

H_t , Altura (m).

B , Ancho (m)

L , Largo (m)

Si el volumen de agua es 13,33 [m^3] con una altura de $H_t = 2$ [m]. y el largo será dos veces la base. $L = 2 \cdot B$

$$V_t = 2 * B * 2B$$

$$B = \sqrt{\frac{V_t}{4}} = \sqrt{\frac{13,33}{4}} = 1,82 \approx 2 \text{ [m]}$$

$$B = 2 \text{ [m]}$$

Entonces la longitud será:

$$L = 2 * B$$

$$L = 2 \cdot 2 = 4 \text{ [m].}$$

Finalmente incorporamos los datos calculados en WaterCAD para la configuración del tanque de la red de distribución.

c) Configuración de la demanda de la red de agua potable.

Para configuración de la demanda de agua para el dimensionamiento de la red de agua potable se tomará en cuenta el consumo doméstico y no domestico del lugar de estudio.

- **Consumo doméstico.**

Para calcular la demanda de agua para el consumo doméstico que será distribuido por las familias que habitan en el lugar de estudio se debe determinar el caudal unitario que será distribuido por cada domicilio.

Según la ecuación (2.34)

$$Q_u = \frac{Q_t}{N_t}$$

Tabla 3.28 Caudal unitario para el consumo doméstico.

Caudal Unitario	Según Norma NB-689	Según la demanda por la comunidad.
Q_u [l/s]	0,01608	0,00579

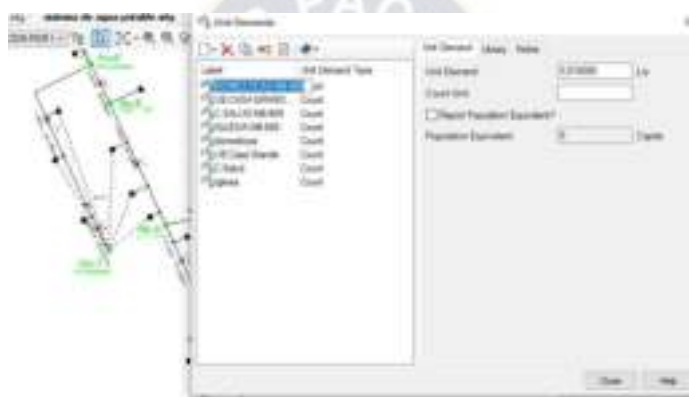
Fuente: Elaboración Propia.

Los datos mostrados en la tabla 3.28 del caudal unitario se puede apreciar una comparación según las recomendaciones del reglamento de la norma NB-689 y una comparación con la demanda de agua por los usos de agua por la comunidad. Que para el dimensionamiento de la red de agua se tomara en cuenta la justificación según norma ya que la demanda de agua por la comunidad es consumo es mínimo por habitante. Por lo tanto, la caudal demanda que será dotado por las familias será:

$$Q_u = 0,01608 \text{ [l/s]}$$

Podemos configurar la demanda de agua a la red de distribución en WaterCAD. Como se aprecia en la siguiente figura 3.37.

Figura 3.37 Configuración de la demanda Doméstica.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Consumo No Domestico.**

El consumo no domestico se da en escuelas, postas de salud, iglesias y entre otras instituciones. Donde la población se mantiene durante periodos cortos y donde su población futura no va cambiar para ello se tomará en cuenta solo el caudal de consumo máximo horario que será considerado como un nudo dentro de la red de distribución que será considerado como el caudal de demanda por las instituciones que habitan en el lugar de estudio. (ver anexo-C)

Tabla 3.29 Consumo no domestico (instituciones dentro del lugar de estudio).

Institución	$Q_u = Q_{max.h} \text{ [l/s]}$
U. Educativa Casa Grande.	0,05469
Centro de Salud.	0,02188
Iglesia.	0,11302

Fuente: Elaboración Propia.

En base a la demanda de agua por las instituciones que habitan en el lugar de estudio podemos configurar en WaterCAD como se puede apreciar en la figura 3.38.

Figura 3.38 Configuración No doméstica.



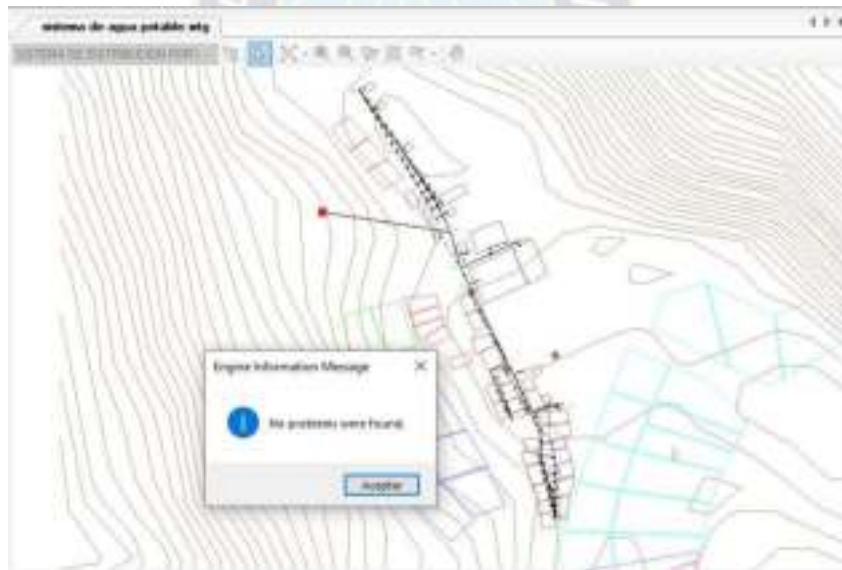
Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4.3. Simulación de la red de Agua por Bentley WaterCAD.

a) Validación y depuración de errores en la red.

En base a las configuraciones realizadas en el punto anterior se procede la validación de los elementos en caso que la red presente un problema en la configuración el programa depurara la validación con un error en la red. Ver figura 3.39.

Figura 3.39 Validación de la red de conducción de agua.

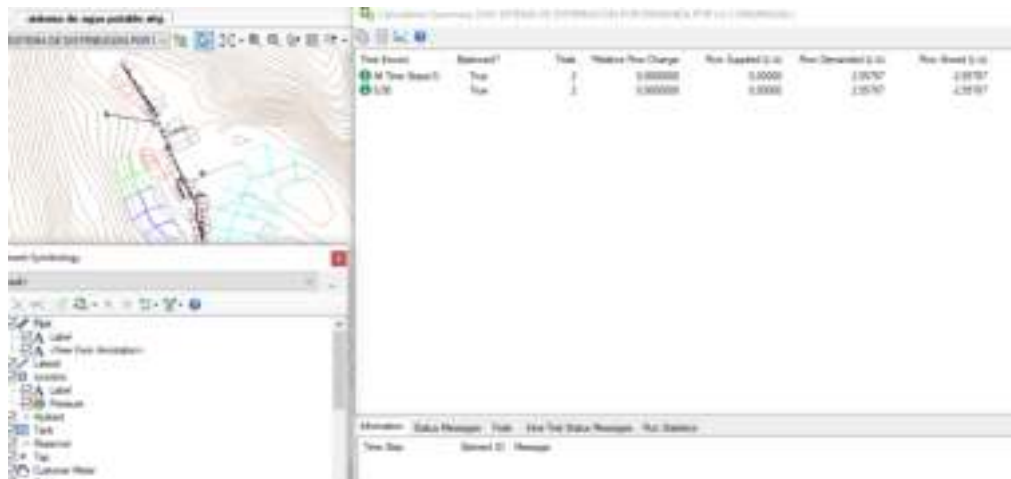


Fuente: Elaboración Propia.

b) Cómputo y cálculo de la red.

Habiendo realizado la validación del modelo de la red posteriormente se procede con el cómputo y cálculo de la red. Figura 3.40.

Figura 3.40 Compu de la red de conducción de agua.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la red se encuentra balanceada, según el análisis dinámico por la de agua potable.

c) Resultados.

Parte del modelo resultante se muestra en la siguiente figura 3.41.

Figura 3.41 Resultados de la red de Conducción de agua.



Fuente: Elaboración Propia.

En base a la configuración y los ajuste a la red hidráulica de agua potable un punto importante en el diseño son las velocidades de trabajo así también las presiones de trabajo.

- Para evitar estos inconvenientes se debe utilizar los siguientes criterios.
- En caso que las velocidades recomendadas según la norma sean mayores se debe cambiar el valor del diámetro de la tubería.
- En caso que las presiones de trabajo recomendadas sean bajas se debe cambiar el valor del diámetro de la tubería con la indicada.

Tomando en cuenta esos puntos en la siguiente figura 3.42 se muestra los resultados de las velocidades y presiones de trabajo.

Figura 3.42 Resultados de las presiones de trabajo en análisis dinámico en los nodos.

ID	Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
32: No-1	No-1	3.388,59	3.407,43	18,80
357: No-2	No-2	3.389,02	3.406,76	17,70
363: No-3	No-3	3.387,33	3.406,52	19,15
365: No-4	No-4	3.386,47	3.403,44	26,94
442: No-5	No-5	3.386,28	3.406,23	19,91
371: No-6	No-6	3.381,32	3.404,93	23,67
388: No-7	No-7	3.383,07	3.403,88	20,76
381: No-8	No-8	3.380,67	3.404,84	24,12
373: No-9	No-9	3.380,17	3.404,57	24,35
384: No-10	No-10	3.380,00	3.404,08	24,04
375: No-11	No-11	3.382,03	3.403,21	21,14
439: No-12	No-12	3.382,61	3.403,05	20,40
379: No-13	No-13	3.385,73	3.402,76	17,00

Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados de nuestra red de distribución como la red de aducción de agua potable que la presión en análisis dinámico se encuentra dentro de los rangos recomendados según la norma boliviana NB-689 de 5 m.c.a. a 70 m.c.a.

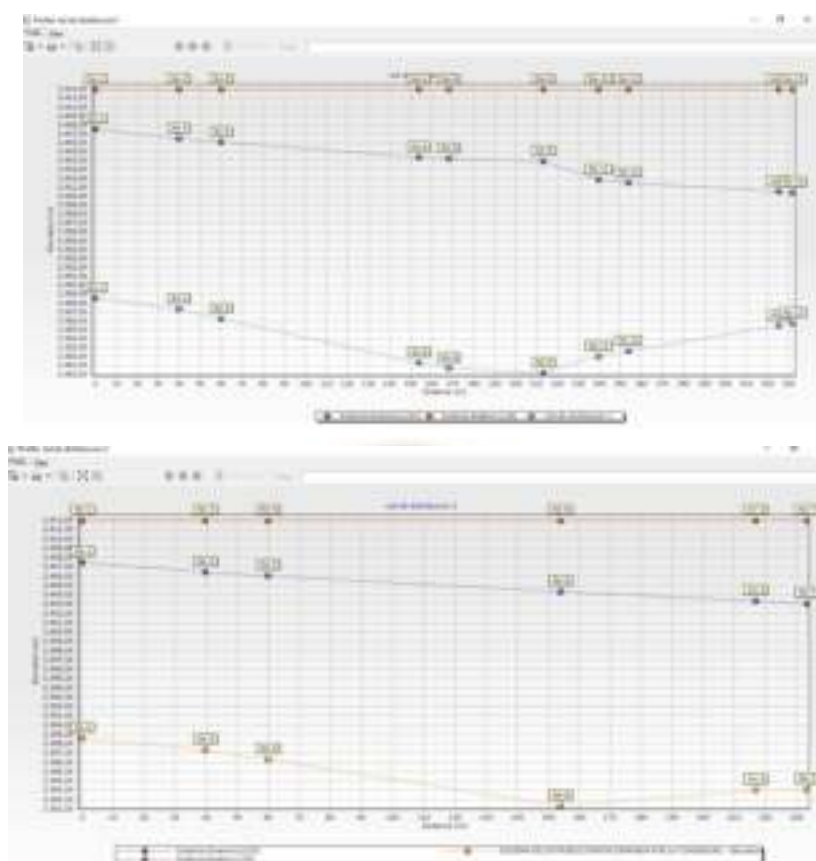
Figura 3.43 Resultados de las presiones de trabajo en análisis estático en los nodos.

ID	Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
32: No-1	No-1	3.388,59	3.414,56	25,92
357: No-2	No-2	3.389,02	3.414,56	25,49
363: No-3	No-3	3.387,33	3.414,56	27,17
365: No-4	No-4	3.386,47	3.414,56	28,03
442: No-5	No-5	3.386,28	3.414,56	28,23
371: No-6	No-6	3.381,32	3.414,56	33,17
388: No-7	No-7	3.383,07	3.414,56	31,42
381: No-8	No-8	3.380,67	3.414,56	33,82
373: No-9	No-9	3.380,17	3.414,56	34,32
384: No-10	No-10	3.380,00	3.414,56	34,49
375: No-11	No-11	3.382,03	3.414,56	32,46
439: No-12	No-12	3.382,61	3.414,56	31,89
379: No-13	No-13	3.385,73	3.414,56	28,77

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la figura 3.43 en resultado de la red de distribución y la red aducción la presión de trabajo en análisis estático se encuentra dentro de los rangos recomendadas según la norma boliviana NB- 689 que no debe ser mayor a 50 m.c.a.

Figura 3.44 Diagrama de presiones de trabajo Dinámico y estático.



Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la figura 3.44 podemos observar las presiones dinámicas y estáticas de nuestra red de distribución ver resultados (Anexo-C)

d) Configuración de accesorios y válvulas.

- **Válvulas de aire.**

En las líneas de distribución por gravedad se colocan válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos por pendientes positivas se debe instalar a cada 2 km como máximo.

- **Válvulas de purga.**

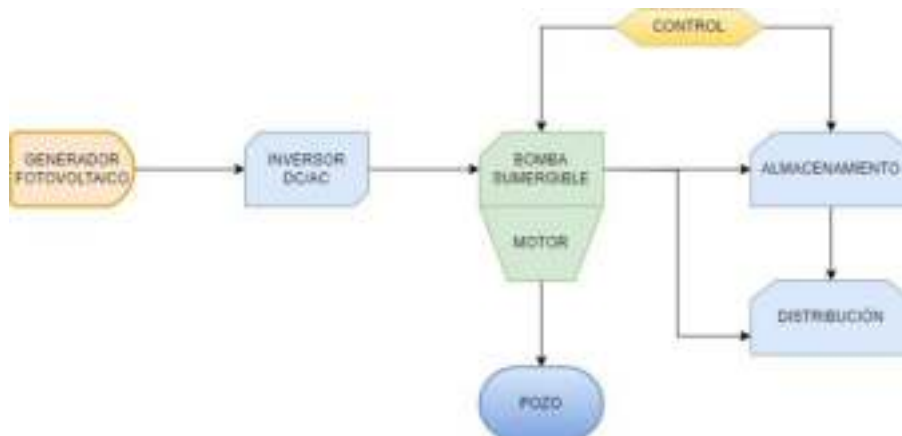
Las válvulas de purga deben ser situada en los puntos bajos de la red con la finalidad de descargar el aire acumulado en la red de hidráulica. Tomando en cuenta que el aire en los sistemas de conducción puede reducir el área efectiva del corte transversal del flujo y provocar así un aumento de la pérdida de carga y la disminución del caudal.

3.2. CONFIGURACION DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICA.

3.2.1. Identificación de Subsistemas

Para el presente proyecto de diseño de una instalación de un sistema de bombeo agua impulsada por energía solar este compuesto por un conjunto de subsistemas que básicamente tendrá mínimo un generador de energía (un conjunto de paneles fotovoltaicos), un motor y una bomba. ver figura 3.45.

Figura 3.45 Configuración del sistema de bombeo fotovoltaico



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1.1. Subsistema de Generación fotovoltaica.

En este subsistema está compuesto por un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible transformándola en energía eléctrica aprovechable para la alimentación de la bomba de agua.

3.2.1.2. Subsistema motor/bomba.

Este subsistema motor/bomba este compuesto por un motor que hace funcionar la bomba de agua. Cuyo motor puede ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC) y en sistema de bombeo accionados por energía solar puede aceptar bombas de distintas variedades entre ellas bombas centrifugas, volumétricas o de desplazamiento positivo para el diseño del proyecto.

3.2.1.3. Subsistema de acumulación de energía.

En este subsistema es encargado de almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico. Que permite fijar un voltaje trabajo del generador permitiendo que el sistema pueda trabajar cerca del punto máxima de potencia e independiente del nivel de radiación

solar y suministrar la corriente necesaria al motor, así como la corriente de arranque. Este subsistema este compuesto por un banco de baterías que permiten almacenar dicha energía.

3.2.1.4. Subsistema de distribución.

Según planteado con la comunidad es necesario contar con un sistema de distribución la cual deriva del sistema de almacenamiento de agua la cual este recurso será distribuido a las familias de la comunidad para ello se cuenta con una estrategia para su respectiva distribución tanto para el riego de sus cultivos, consumo humano y consumo por el ganado de las familias de la comunidad.

3.2.1.5. Control del sistema de bombeo.

Al implementar un sistema de bombeo alimentado por un generador fotovoltaico es necesario contar con un sistema de control capaz de proteger y controlar el sistema de bombeo para asegurar el suministro de agua de forma manual o forma automática sin la intervención de un operador.

3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SUBSISTEMA DE BOMBEO DE AGUA.

Para la configuración del sistema de bombeo es necesario realizar un estudio previo sobre la capacidad del agua subterránea como ser la profundidad y el nivel de agua en que se encuentra el pozo para evitar que la bomba no trabaje en vacío. Y otro punto que se debe tener en cuenta es para que capacidad de volumen de agua que se desea obtener en las horas de trabajo de la bomba durante el día. Para ello el volumen del reservorio será la demanda de agua para el riego de sus cultivos y consumo humano como también para el consumo del ganado, cuyo tanque de almacenamiento será dividido por sectores para la distribución del recurso hídrico para la comunidad.

3.2.1. Determinación de las necesidades Hidráulicas.

a) Tanque de almacenamiento.

Para el dimensionamiento de las necesidades hídricas es necesario conocer el volumen de agua diario medio mensual necesario para satisfacer la demanda de agua requerida para el riego de los cultivos así también como el consumo promedio por el número de familias y la cantidad de animales que habitan dentro del lugar de estudio.

Para el dimensionamiento del reservorio es necesario tomar en cuenta la cantidad de agua consumida por las familias agricultoras a sus cultivos como también parte del consumo de agua por aguas subterráneas puede ser usado para el consumo doméstico humano y parte de ella para el consumo pecuario por la comunidad.

Tabla 3.30 Necesidades de agua por la comunidad.

COMUNIDAD DE CASA GRANDE			
Descripción	Cantidad	Cantidad de agua [m^3]	Cantidad total [m^3]
Llamas	156	0,01	1,56
Cabras	1010	0,003	3,03
Ovejas	250	0,002	0,5
Vacunos	11	0,01	0,11
Requerimiento para el consumo pecuario [m^3]			5,2
Requerimiento de Agua para consumo humano [m^3]			13,33
Requerimiento de Agua para riego [m^3]			40
Cantidad de agua requerida por la comunidad en (m3)			58,53

Fuente: Elaboración Propia.

b) Caudal de bombeo.

Para el dimensionamiento del sistema de bombeo es necesario contar con la demanda de agua necesaria que satisfaga a la comunidad. Con un volumen de demanda de agua de 58,53 (m^3) valores estimados para el consumo humano, ganado y riego de los cultivos.

Para la selección de la bomba que satisfaga la demanda de agua por la comunidad es necesario contar con el caudal máximo diario en función de las horas de trabajo.

Tabla 3.31 Estimación del caudal de bombeo.

$Q_{max,d}$ [l/s]	Tiempo de bombeo [h]	V_a [m^3]
2,5	6	54
3	6	64,8
3,5	6	75,6

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la tabla 3.31 se puede apreciar que el caudal máximo diario por la bomba de agua debe cumplir las necesidades de la demanda de agua que requiere la comunidad. Que con una bomba con un caudal de trabajo de 3,0 [l/s] que trabaje durante 6 [horas] se acumulara 64,8 [m^3]. según la curva de radiación solar que presenta durante el día podríamos satisfacer la demanda de agua para la comunidad.

Para el determinar las dimensiones del tanque contaremos con una estructura de dimensiones rectangular. Ecuación (3.1).

$$V_T = H_t * B * L$$

Donde: V_t , Volumen por un cuerpo rectangular. [m^3]

H_t , Altura (m).

B , Ancho (m)

L , Largo (m)

Si el volumen de agua es $64,8 [m^3]$ con una altura de $H_t = 2,5 [m]$. y el largo será dos veces la base. $L = 2 \cdot B$

$$V_t = 2,5 * B * 2B$$
$$B = \sqrt{\frac{V_t}{5}} = \sqrt{\frac{64,8}{5}} = 3,6[m]$$
$$B = 3,6 [m]$$

Entonces la longitud será:

$$L = 2 * B$$
$$L = 2 * 3,6 = 7,2 [m].$$

En tanque de almacenamiento se está considerando 1 días de autonomía con un volumen de reserva para la distribución de riego de los cultivos para cubrir la demanda de cultivos de menor área de riego mientras que para la distribución de agua potable se está considerando con un volumen de reserva diario. Debido a las dimensiones del tanque se dividirá por dos partes como tanque de reserva

Entonces la capacidad del tanque será:

$$V_{tanque} = 2,5 * 3,6 * 7,2 = 64,8 [m^3]$$

Cálculo del peso que debe soportar la estructura del tanque de almacenamiento será.

$$m = \rho * V \quad [3.4]$$

Donde: m , Peso del agua. [m^3]

ρ , densidad del fluido [$\rho = 1000 \text{ kg}/m^3$]

V , volumen calculado del tanque de almacenamiento [h]

Reemplazando valores en la ecuación (3.4)

$$m = 1000 * 64,80 = 64800 [kg] = 64,80 [Toneladas]$$

- **Cálculo de la presión y fuerza en las paredes del tanque de almacenamiento.**

Cálculo de la presión y fuerza de la base del tanque de almacenamiento.

$$P = \rho * g * h \quad [3.5]$$

Donde: P , Presión hidrostática. [Pa]

ρ , densidad del fluido [$\rho = 1000 \text{ kg}/m^3$]

g , aceleración de gravedad del lugar de estudio [$g = 9.77 (m/s^2)$]

h , Profundidad a la que está el objeto [m]

Reemplazando valores en la ecuación (3.5)

$$P = 1000 * 9,77 * 2,5 = 24425 \text{ [Pa]}$$

Cálculo de la fuerza que va ejercer la base del tanque de almacenamiento.

$$F = P * A \quad [3.6]$$

Donde: **F**, fuerza que ejerce en un área determinada [N]

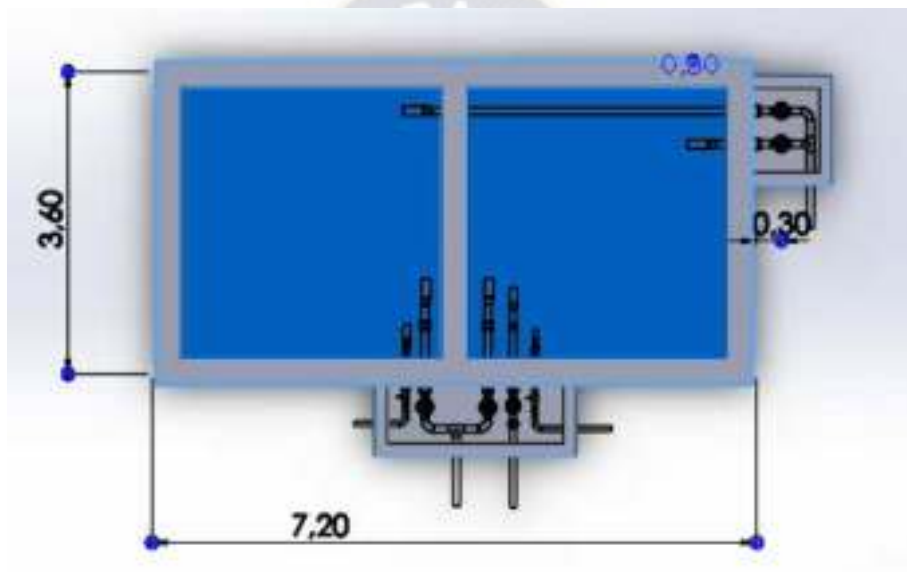
P, Presión hidrostática. [Pa]

A, Área [m^2]

Reemplazando valores en la ecuación (3.6).

$$F = 24425 * (3,6 * 7,20) = 633,096[kN]$$

Figura 3.46 Dimensiones del tanque de Almacenamiento.



Fuente. Elaboración Propia.

La presión que ejerce en las paredes laterales del tanque de almacenamiento

$$P = \frac{P_f + P_i}{2} \quad [3.7]$$

Donde: **P**, Presión hidrostática. [Pa]

P_f, Presión Hidrostática final [Pa]

P_i, Presión Hidrostática inicial [Pa]

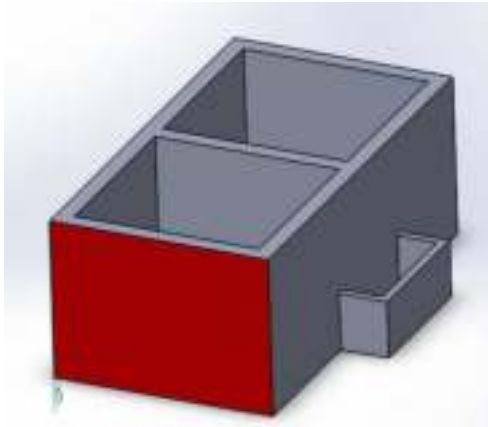
Reemplazando valores en la ecuación (3.7)

$$P = \frac{24425 + 0}{2} = 12212,5[Pa]$$

Que ejerce una fuerza de.

$$F = 12212,5 * (3,6 * 2,5) = 109,91[kN]$$

Figura 3.47 Representación del tanque de almacenamiento de las paredes laterales.



Fuente. Elaboración Propia.

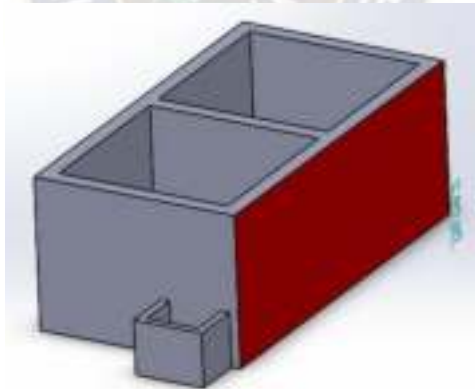
La presión que ejerce en las paredes frontales del tanque de almacenamiento reemplazando valores en la ecuación (3.7).

$$P = \frac{24425 + 0}{2} = 12212,5 [Pa]$$

Que ejerce una fuerza de.

$$F = 12212,5 * (7,20 * 2,5) = 219,82 [kN]$$

Figura 3.48 Representación del tanque de almacenamiento de las paredes Frontales



Fuente. Elaboración Propia.

En base a los datos calculados podemos determinar cuándo de material se requiere para la construcción del tanque de almacenamiento de concreto como se puede apreciar en anexos I planos de proyecto.

b) Diámetro de la tubería de impulsión.

Para el dimensionamiento de la tubería de impulsión podemos utilizar la ecuación de Bresse y aproximarnos con la obtención de un diámetro económico para las líneas de

impulsión de agua. Debido a que nuestra bomba trabaja de una forma discontinua utilizaremos la siguiente ecuación. (2.37)

$$Q_b = \frac{24}{N} * Q_{max,d}$$

$$Q_b = \frac{24}{4} * (3,0 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})$$

$$Q_b = 0.018 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Calculamos el diámetro de la tubería ecuación (2.40)

$$D = K_o * \left(\frac{N}{24} \right)^{0.25} * \sqrt{Q_b}$$

$$D = 1.3 * \left(\frac{4}{24} \right)^{0.25} * \sqrt{0.018}$$

$$D = 0,111 [m] = 111[mm]$$

Para el diseño de la tubería de impulsión es necesario verificar que las tuberías de impulsión la velocidad no debe ser mayor a 1,8 [m/s]. con el objetivo de mitigar los efectos del golpe de ariete se recomienda que la velocidad máxima no debe superar a 2 [m/s] y la velocidad mínima recomendada es de 0,30 [m/s]. de la ecuación (2.26) despejamos el diámetro. De la ecuación (2.38)

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * \frac{3}{1000}}{\pi * 0,3}} = 0,113 [m] = 113[mm] = 4,44 [pulg] \approx 4,0[pulg]$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * \frac{3}{1000}}{\pi * 2}} = 0,044 [m] = 44[mm] = 1,73[pulg] \approx 1,75[pulg]$$

Tabla 3.32 Determinación del diámetro de impulsión.

Etapa	Q[l/s]	V _{max} [m/s]	V _{min} [m/s]	D _{max} [pulg]	D _{min} [pulg]	D _{adop} [pulg]	V _{adop} [m/s]
Salida de la bomba	3,0	2	0,3	4"	1 3/4"	2 1/2"	0,977

Fuente: Elaboración Propia.

Podemos observar que en la tabla 3.32 se determinó los diámetros en función a las velocidades de diseño según la ecuación de la continuidad como también se pudo determinar el diámetro de la línea de impulsión según la ecuación de Bresse. Cálculos realizados como parámetros para el diseño de nuestra línea de impulsión, parámetros que no toman en cuenta la longitud así también la pendiente de la línea de impulsión para ello es necesario realizar un análisis hidráulico según los parámetros para ello se utilizó WaterCAD para determinar

el diámetro comercial para la línea de impulsión según los parámetros de diseño de la velocidad.

3.2.2. Altura manométrica total o altura dinámica de bombeo.

Para que el sistema de bombeo cumpla su objetivo de suministrar agua de un punto a otro se debe calcular la altura hidráulica total que este compuesto por la suma de la altura estática y la altura dinámica y el abatimiento del pozo. Ecuación (2.41).

$$CDT = H_e + H_f + S_w$$

La altura estática total se determina a partir de la diferencia de cotas entre la elevación del tanque elevado y la bomba. La altura de la bomba

$$H_e = h_{tanque} - h_{bomba}$$

$$H_e = (3413,56 - 3368)[m] = 45,56 [m]$$

Para determinar las pérdidas primarias en las tuberías utilizaremos la ecuación por Hazen Williams. Ecuación (2.45)

Tabla 3.33 Perdidas primarias por la tubería de impulsión.

Etapa	k	L [m]	De [m]	e [mm]	Di [m]	V [m/s]	C	hf [m]
PMP-1– Nod-1	6,79	12	0,07284	5,16	0,06252	0,977	150	0,1417
Nod-1 – Nod-2		11	0,07284	5,16	0,06252	0,977	150	0,1299
Nod-2 – Tanque		108	0,07284	5,16	0,06252	0,977	150	1,2753
$\sum hf1$								1,5469

Fuente: Elaboración Propia.

Las pérdidas secundarias están compuestas por los accesorios en la tubería de impulsión para determinar las pérdidas secundarias utilizaremos la siguiente ecuación (2.46).

Tabla 3.34 Perdidas secundarias por la tubería de impulsión.

Accesorios	Cantidad	Factor de resistencia “k”
Codos de 45°	1	0,40
Codo de 90	1	0,75
Válvula Check	1	2,50

Fuente: Elaboración Propia.

$$h_f = K_{codo\ 45^\circ} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} + K_{codo\ 90^\circ} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} + K_{valv.check} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$h_f = 0,40 * \frac{(0,977)^2}{2 * \left(9,77 \frac{m}{s^2}\right)} + 0,75 * \frac{(0,977)^2}{2 * \left(9,77 \frac{m}{s^2}\right)} + 2,5 * \frac{(0,977)^2}{2 * \left(9,77 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h_{f2} = 0,020 + 0,037 + 0,122 = 0,179 [m]$$

Entonces las pérdidas por fricción y accesorios son.

$$H_f = \text{Perdidas primarias} + \text{perdidas secundarias}$$

$$H_f = (1,5469 + 0,179) [m] = 1,726[m]$$

Para determinar el nivel de abatimiento del pozo. Aplicando la ecuación (2.47).

Tabla 3.35 Descenso de agua respecto al bombeo de agua dentro del pozo.

T (min)	Sw(m)	Q (m3/d) =	172,8	T(m2/d) =	113,07
1	0,05	r(m)=	0,6	S =	0,2308
1,3	0,10	Δs (m)=	0,27968	k (m/d) =	0,1884
2	0,15	to (min)=	0,4704	to (días)=	0,0003266
2,4	0,2				
3	0,25				
3,3	0,26				
4	0,31				
5	0,31				
6	0,32				
7	0,35				
8	0,35				
10	0,38				
20	0,38				
60	0,38				
75	0,4				
120	0,41				
165	0,42				
180	0,43				
300	0,44				

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla 3.39 de la altura de bombeo de abatimiento para la ubicación de la bomba de agua colocaremos a una altura de 1 [m] sumergido del nivel freático del pozo.

Finalmente podemos determinar la altura total del sistema de bombeo. Ecuación (2.41)

$$CDT = H_e + H_f + S_w$$

$$CDT = 45,56 [m] + 1,726[m] + 0,44 [m] = 47,72[m] \approx 48[m]$$

$$CDT = 48 [m]$$

Introduciendo los resultados en WaterCAD " Q_b " y la altura " CDT " como se muestra en la figura 3.49.

Figura 3.49 Configuración de parámetros para la bomba.

	Flow (L/s)	Head (m)
Shutoff:	0,00	64,00
Design:	3,00	48,00
Max. Operating:	6,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro del análisis en WaterCAD es posible de definir otros parámetros como la eficiencia del motor, la velocidad o la potencia del motor por el momento solo se introdujeron valores iniciales para dar continuidad al diseño asistido por un programa asistido por una computadora.

Figura 3.50 Esquema de la línea de impulsión del sistema de bombeo.



Fuente: Elaboración Propia.

El análisis mostrado durante los cálculos se puede apreciar que el diámetro adoptado es grande, pero se puede notar que las pérdidas de carga en las tuberías son pequeñas y por lo tanto se espera que la potencia de la bomba sea reducida consecuentemente en el costo de la bomba, pero respecto al costo de la tubería de impulsión será elevado. El análisis se aplica inversamente si adoptamos un diámetro menor al calculado al final el costo de la tubería de impulsión será reducido y el de la bomba será elevado.

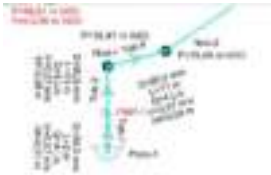
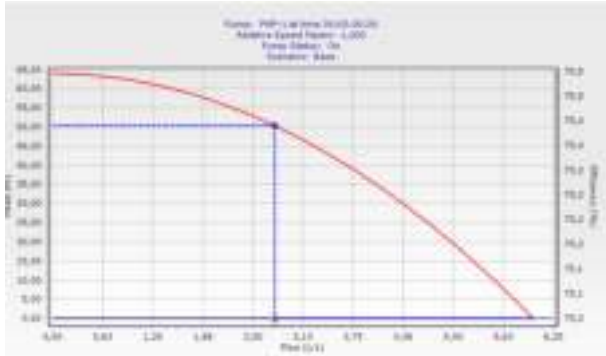
3.2.3. Dimensionamiento de la potencia del motor/bomba.

Para el dimensionamiento de la potencia del motor de la bomba que sea empleado para el suministro de agua hacia el tanque de almacenamiento la potencia a suministrar será según la ecuación. (2.48)

$$P_b = \frac{Qb * Hb}{76 * \eta}$$

Para la selección del equipo haremos una comparación respecto a los datos por la tubería de impulsión calculados con ayuda de WaterCAD podemos simular el sistema de red de impulsión, el cual podemos determinar la curva de trabajo de la bomba en función al caudal de bombeo que se requiere para la elevación al tanque de almacenamiento para ello se muestra las siguientes tablas 3.36 de análisis para la bomba de agua.

Tabla 3.36 Resultado del equipo de bombeo.

Caudal de Bombeo (l/s)	Diámetro interior de la tubería (m)	Altura manométrica total (m)	Eficiencia del sistema de Bombeo
3	0,06252	48	0.75
			<p>La potencia de la bomba será:</p> $P_b = \frac{3 * 48}{76 * (0.75)} = 2,52[hp]$ $P_b = 2,52 [hp] = 1,87 [kW]$
<p>Curva de funcionamiento del equipo de bombeo será:</p> 			

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 3.36 Como se puede apreciar los resultados de la potencia de la bomba como la curva de funcionamiento del equipo de bombeo en base al diámetro calculado por la demanda de caudal de diseño del lugar de estudio.

$$P_b = 1,87(kW)$$

Con esta potencia procedemos a seleccionar el equipo en función a la potencia del equipo el caudal de bombeo y la altura manométrica total del sistema de bombeo. Para ello introducimos los datos en la página web de la línea de bombas GRUNDFOS³³, la cual mediante su aplicación nos permite seleccionar el tipo de bomba según los parámetros mencionados anteriormente. Obtenidos resultados como la curva de funcionamiento del

³³ <https://www.grundfos.com/es>

equipo de bombeo. por lo tanto, la bomba sumergible para el sistema de bombeo es el modelo SP 11-11 cuya hoja de datos se muestra en el (ANEXO D).

3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SUBSISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA

El proyecto como alcance es diseñar una planta de generación eléctrica con paneles fotovoltaicos mismas que serán instaladas cerca del pozo donde se ubicarán los equipos de bombeo. El sistema de generación será quien se encargue de alimentar el sistema de potencia de la bomba sumergible, como parte de ella se dimensionará iluminación para los ambientes y tomacorrientes para tareas de mantenimiento como también para las instituciones no domesticas de la comunidad.

3.3.1. Demanda energética de la instalación.

Para determinar la demanda energética del centro de estudios es necesario realizar una estimación de los equipos a utilizar para ello es necesario conocer las cargas y el tiempo de funcionamiento de cada una. Para ellos se deber tomar las siguientes consideraciones para determinar la demanda energética.

- La etapa de la potencia de accionamiento del motor de la bomba sumergible que este compuesto por un sistema eléctrico quien se encargara de garantizar su funcionamiento durante el día. Con la finalidad de transporta el recurso hídrico a un tanque de acuerdo al diseño en el apartado 3.2.
- Una etapa de contar con un sistema de acumulación quien se encargará de garantizar como mínimo un día de funcionamiento de forma autónoma.
- Una Etapa de un sistema de control del sistema de bombeo. Quien utilizara una fuente de alimentación de corriente continua.

Tabla 3.37 Demanda de energía en el lugar de estudio.

Sistema de generación.	Código	Equipo	Potencia [W]	Tiempo de utilización [h/d]	Consumo diario. [Wh/d]
TDS-1	BS-1	Bomba sumergible 1x220 [V]	2200	8	17600
	ILUM-1	Panel Led 20 [W]	20	6	20
	CONV-1	Tablero de control	200	8	1600
	TC-1	Toma corrientes 220 [V]	200	2	400
CONSUMO TOTAL DIARIO [Wh/d]					19720
CONSUMO TOTAL DIARIO [kWh/d]					19,720

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2. Radiación solar en el lugar de estudio.

Es necesario contar con la radiación solar que incide dentro del lugar de estudio. Para ello el aporte global de radiación se obtiene mediante datos promedios según condiciones climatológicas del lugar de estudio. Podemos determinar en ángulo de inclinación óptimo para los paneles durante todo el año utilizando la siguiente ecuación. (2,52)

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi|$$

Reemplazando valores con la latitud del lugar de estudio de $|\phi| = 21.935057$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * 21.935057 = 18,83 \approx 19^\circ$$

Tabla 3.38 Radiación global y promedio en el lugar del proyecto.

MES	MENSUAL		PROMEDIO	
	Rn	Rb [19°]	Rn	Rb [19°]
	[kWh/m ² mes]	[kWh/m ² /mes]	[kWh/m ² /d]	[kWh/m ² d]
ENERO	234,39	219,23	7,81	7,31
FEBRERO	205,53	202,09	6,85	6,74
MARZO	207,89	220,37	6,93	7,35
ABRIL	191,54	223,31	6,38	7,44
MAYO	176,55	224,83	5,89	7,49
JUNIO	152,39	201,84	5,08	6,73
JULIO	168,29	218,31	5,61	7,28
AGOSTO	194,26	234,87	6,48	7,83
SEPTIEMBRE	217,51	239,47	7,25	7,98
OCTUBRE	241,33	243,29	8,04	8,11
NOVIEMBRE	257,8	242,16	8,59	8,07
DICIEMBRE	254,03	231,62	8,47	7,72

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la tabla 3.38 fueron extraídos de la página Web PVGIS que es un software de cálculo fotovoltaico gratuito que nos permite saber la energía solar que se proyecta dentro de una región. para determinar las horas sol pico se debe elegir el mes con el nivel de irradiación más bajo para el proyecto. Ecuación (2,56)

$$HPS_{\phi} = \frac{6,73[kWh/m^2 / d]}{1 [kW/m^2]} = 6,73 [h/d]$$

3.3.3. Cálculo de la potencia del sistema de fotovoltaico.

Para determinar la potencia a generar del sistema fotovoltaico es necesario contar con la energía consumida por el lugar de estudio así también el rendimiento de los equipos del sistema en general. Ecuación (2,55).

$$E_D = \frac{E_d}{n_{inst}}$$

En cuanto al rendimiento de la instalación se calcula usando la ecuación.

$$n_{inst} = n_{reg} + n_{inv}$$

Componente	Rendimiento [%]
Inversor hibrido	0,984

Aplicando estos valores a la ecuación obtenemos un rendimiento de instalación de 98,6 [%]. Finalmente podemos determinar la energía requerida para alimentar la instalación

Energía requerida por la bomba de agua. (2.55)

$$E_{D,B,T} = \frac{19,720 [kWh/d]}{0,984} = 20,04[kW/h]$$

En total la potencia a generar será:

$$E_D = 20,04[kW/d]$$

3.3.4. Cálculo de los elementos.

a) Paneles solares (Módulos fotovoltaicos).

Para determinar el número de paneles se debe contar con un panel que podría satisfacer la potencia necesaria para el proyecto.

Tabla 3.39 Características técnicas. de los paneles seleccionados para el proyecto.

Características	Unidades	valores
Potencia pico del panel (Pmax)	[W]	345
Operación de voltaje (Vmp)	[V]	38,5
Operación Corriente (Imp)	[A]	8,97
Voltaje de circuito Abierto (Voc)	[V]	46,9
Corriente corto circuito (Isc)	[A]	9,45
Eficiencia	[%]	17,7
Coef. Temperatura (Pmax)	%/°C	-0,39
Coef. Temperatura (Voc)	%/°C	-0,30
Coef. Temperatura (Isc)	%/°C	0,050

Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando valores en la ecuación (2,58). Determinamos en número de paneles

Numero de paneles para la alimentación de la bomba. (TDS-1)

$$N_p = \frac{20,04}{0,345 * 6,73 * (1 - 0,25)} = 11,5 \text{ [paneles]}$$

$$N_{p,B} = 12 \text{ [paneles]}$$

En total el número de paneles para nuestro proyecto será compuesto por 12 paneles. Este valor nos representa que para cumplir con la demanda de energía por las cargas se necesita 12 paneles totales si tuviéramos que alimentar en la parte DC, pero como nuestras cargas trabajaran con AC entonces dependen del inversor para cumplir con la demanda y nos indica cuantos paneles son necesarios para cumplir con la demanda de las cargas

b) Dimensionamiento del inversor con regulador de carga.

Para el diseño del inversor y regulador para el proyecto utilizaremos un inversor híbrido que generalmente son encargados de regular la carga hacia la batería y cuya corriente que pasa por el equipo en corriente continua lo convierte a corriente alterna gracias a los inversores híbridos. Las características de potencia requeridas por las cargas utilizaremos un inversor con las siguientes especificaciones. Ver sus características en (Anexo-E).

Tabla 3.40 Características técnicas del inversor.

Descripción	Unidades	Valor
Eficiencia	[%]	98,3
Potencia de entrada [PV]	[W]	4500
Máxima tensión de entrada DC	[V]	600
Tensión de arranque	[V]	100
Rango de tensión de operación de MPPT	[V]	90 -560
Tensión nominal de entrada	[V]	360
Max. Intensidad por MPPT	[A]	12,5
Max. Intensidad de cortocircuito por MPPT	[A]	18
Cantidad de MPPTs	-	2
Max. Número de entradas por MPPT	-	1
Potencia de salida	[W]	3000
Potencia aparente de salida	[VA]	3300
Voltaje de salida AC	[V]	220 Vac /230 Vac / 240 Vac
Corriente de Salida	[A]	15 [A]
Frecuencia de salida	[Hz]	50

Fuente: Elaboración Propia en base al catálogo (SUN 2000 3.KTL-L1).

Como la cantidad de paneles es la misma para los dos sistemas de alimentación por lo tanto podemos decir que es necesario solo realizar un cálculo de la cantidad de inversores según la ecuación (2,59).

$$N_{inv.} = \frac{N_p * W_p}{P_{out}}$$

$$N_{inv.} = \frac{12 * 0,345}{4,50} = 0,92 \approx 1$$

$$N_{inv.} = 1$$

Tenemos que para los 12 paneles es necesario el uso de solo un inversor.

c) Criterios de comprobación de los parámetros eléctricos del inversor.

Posteriormente se procede a determinar los parámetros eléctricos por el inversor a utilizar en función a las características del panel fotovoltaico seleccionado para la implementación del proyecto. Tomando en cuenta las condiciones climatológicas del lugar de estudio debido que el inversor podría alcanzar tensiones por encima de las especificaciones por el fabricante, para ello es necesario contar con las condiciones estándar por los paneles y la variación de temperatura más baja del lugar de estudio según la norma NB 60364-7.

Según la tabla 3.6 las condiciones meteorológicas de temperatura, tenemos que durante el mes de junio presenta una $T_{min} = -5,28 [^{\circ}C]$. Y temperaturas máximas durante el mes de noviembre $T_{max} = 24,35 [^{\circ}C]$.

- **Potencia Máxima.**

Para determinar el número máximo de paneles totales para el inversor (2,60) y (2,61)

$$P_{PMP(max)} = P_{PMP} * \left[1 + \frac{\gamma_{Pmp}}{100} * (T_{min} - 25) \right]$$

$$P_{PMP(max)} = 345 * \left[1 + \frac{(-0,39)\%}{100} * (-5,28 - 25) \right] = 385,74 [W]$$

Entonces el número máximo de paneles para un inversor seleccionado será.

$$NP_{T.inv} = \frac{P_{max,inv}}{P_{PMP(max)}} = \frac{4500[W]}{385,74 [W]} = 11,6 \approx 12 [paneles]$$

- **Intensidad de entrada al inversor.**

Para determinar el número máximo de string utilizaremos la ecuación (2,62)

$$I_{mp(max)} = I_{mp} * \left[1 + \frac{\beta_{mp}}{100} * (T_{max} - 25) \right]$$

$$I_{mp(max)} = 8,97 * \left[1 + \frac{0,05 \frac{\%}{^{\circ}C}}{100} * (24,35 - 25) \right] = 8,97$$

Entonces el número de string para la entrada al inversor será. Ecuación (2.53).

$$NPP = \frac{I_{max\ inv}}{I_{mp(max)}} = \frac{12,5}{8,97} = 1,39 \approx 1 [string]$$

El resultado nos indicará el número máximo de cadena conectados en serie para una entrada MPPT.

- **Cálculo del número máximo de módulos**

El cálculo del número máximo de modulo se determina en función de la tensión máxima soportada se da cuando la instalación trabaja sin baterías, según la norma NB 60364-7 (anexo B-Norma NB-60364-7) indica determinar la tensión máxima de trabajo de los paneles que para determinar el número de paneles conectados en serie se dará con la temperatura más baja. (2,68) y (2,69)

$$V_{oc(max)} = V_{oc} * \left[1 + \frac{\alpha_{oc}}{100} * (T_{min} - 25) \right]$$

$$V_{oc(max)} = 46,90 * \left[1 + \frac{(-0,3) \frac{\%}{^{\circ}C}}{100} * (-5,28 - 25) \right] = 51,16[V]$$

Numero de paneles en serie.

$$NPS = \frac{V_{max\ inv}}{V_{oc(max)}} = \frac{600}{51,16} = 11,7 \approx 12 [N^{\circ} \max \text{ paneles serie}]$$

- **Cálculo del número mínimo de módulos.**

Para determinar el número mínimo de módulos se basa en la tensión mínima por el inversor así determinamos el número mínimo de paneles conectados en serie de cada string. Para el cálculo se dará con la temperatura más alta del lugar de estudio. (2,66) y (2,67)

$$V_{mp(min)} = V_{oc} * \left[1 + \frac{\alpha_{mp}}{100} * (T_{max} - 25) \right]$$

$$V_{mp(min)} = 46,90 * \left[1 + \frac{(-0,30) \frac{\%}{^{\circ}C}}{100} * (24,35 - 25) \right] = 46,99 [V]$$

Numero de paneles en serie entrada al inversor.

$$NPS = \frac{V_{\min inv}}{V_{mp(\min)}} = \frac{100}{46,99} = 2,12 \approx 2 [N^{\circ} \max \text{ paneles serie}].$$

Finalmente tenemos

$$2 \leq NPS \leq 12$$

Dentro del rango mostrado podemos seleccionar el número de paneles para la configuración en nuestro inversor.

- **Configuración de strings.**

El inversor tiene 2 MPPTs y recibe 1 strings por MPPT en total indicando que el inversor puede recibir 2 string.

$$N^{\circ} \text{ String total} = \frac{N^{\circ} \text{ modulos totales}}{NPS}$$
$$N^{\circ} \text{ String total} = \frac{12}{2} = 6 [\text{paneles/String}]$$

- **Compatibilidad de la corriente del módulo respecto al inversor.**

Por lo tanto, para 1 string.

$$I_{mpp(mod)} \leq I_{mpp(inversor)}$$

$$8,97 \leq 12,5 \text{ Cumple.}$$

$$I_{sc(mod)} \leq I_{sc(inversor)}$$

$$9,45 \leq 18 \text{ Cumple.}$$

Según los parámetros calculados para la alimentación a la entrada para el inversor la configuración será en un 1 string.

$$NPS_{Voc,max} = 12 [N^{\circ} \max \text{ paneles serie}].$$

En tanto, la potencia pico por el inversor será en la entrada será tomando en cuenta que existen dos string que se conectaran en el ingreso del inversor. (2,61):

$$P_{pico,inv} = \frac{NPS_{Voc,max} * NPP_{Imp} * Wp}{\eta}$$

$$P_{pico,inv} = \frac{12 * 1 * 0,345}{0,98} = 4,224 [kW]$$

Potencia que cumple el inversor en base a la configuración de los dos string en la entrada del inversor.

- **Tensión y corriente del inversor.**

Es necesario determinar la tensión y corriente de ingreso a los inversores en su punto de máxima eficiencia por el número de paneles calculados según los parámetros para el inversor a utilizar por cada string que se conectara en el inversor. (2,71) y (2,72)

$$V_{mp,T} = NPS_{Voc,max} * V_{mp}$$

$$I_{mp,T} = NPP_{Imp(max)} * I_{mp}$$

Reemplazando valores en las ecuaciones.

$$V_{mp,T} = 12 * 38,5 = 462 [V]$$

$$I_{mp,T} = 1 * 8,97 = 8,97 [A]$$

En tanto la potencia estará dado por la siguiente ecuación.

$$P_{mpp,T} = V_{mp,T} * I_{mp,T} = 462 * 8,97 = 4,14 [kW]$$

La conexión de los inversores estará compuesta por la conexión de los paneles Entonces la potencia total de nuestro sistema de generación eléctrica y entrega a los bancos de baterías será:

$$P_{MPPT,Total} = P_{mpp,T} * NPP$$

$$P_{MPPT,Total} = 4,14 * 1 = 4,14 [kW]$$

Y la tensión de trabajo de salida está definido por el inversor monofásico.

3.3.5. Cálculo de los acumuladores de energía.

Debido a que nuestro sistema es puramente una instalación fotovoltaica y no está compuesta por un sistema híbrido, es necesario dimensionar un banco de baterías para dar por lo menos un día de autonomía en aquellos días nublados. Para ello utilizaremos la siguiente ecuación que nos permite determinar la capacidad de potencia del banco de baterías (2,63).

$$C_{bate} = \frac{E_d * D_{aut}}{V_n * \eta_{pd} * \eta_{cond} * \eta_{inv}}$$

La batería a utilizar tiene las siguientes especificaciones técnicas según la tabla 3.41.

Tabla 3.41 Características técnicas de la batería Tensite.

Capacidad	300 [Ah]
Voltaje Nominal	12 [V]
Tiempo de descarga	20 [horas]
Profundidad de descarga.	86[%]

Fuente: Elaboración Propia

Determinamos la eficiencia total.

$$\eta = \eta_{pd} * \eta_{cond} * \eta_{inv}$$

$$\eta = 0,86 * 0,9 * 0,986 = 0,763$$

$$C_{bate} = \frac{19720 * 1}{48 * 0,86 * 0,9 * 0,986} = 538,32 [Ah]$$

Para determinar el número de baterías necesarios cálculos realizados en la tabla 3.42. utilizando las siguientes ecuaciones. (2,73), (2,74), (2,75) y (2,76)

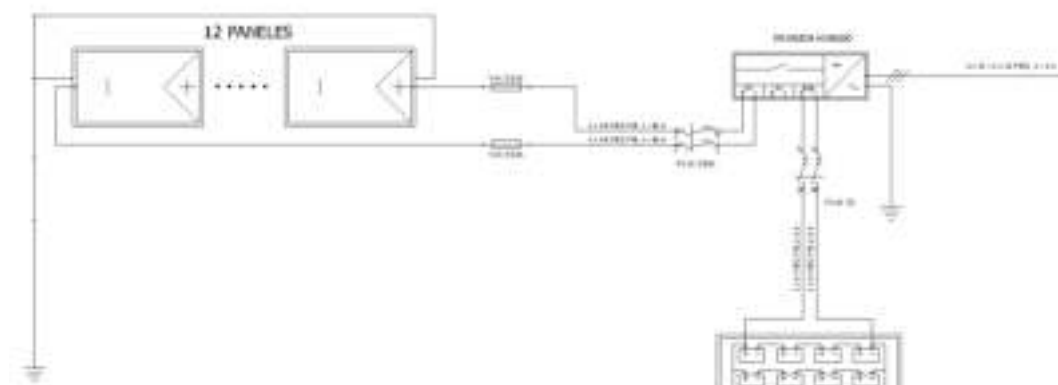
Tabla 3.42 Número de acumuladores por sistema de alimentación.

Sistema	Energía total [Wh/d]	Días de austeridad [d]	Voltaje del banco [V]	eficiencia total "n"	C_{bate} [Ah]	N_{bt}	N_{bs}	N_{bp}
TDG-0	19720	1	48	0,763	538,32	8	4	2

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, nuestro diagrama unifilar se nuestro sistema de alimentación fotovoltaica será como se aprecia en la figura 3.51.

Figura 3.51 Diagrama Unifilar preliminar.



Fuente: Elaboración Propia

En resumen, podemos observar que la entrada del inversor ingresa de 12 paneles en serie haciendo una tensión de 462 (V) a una corriente de 8,97 (A) obtenemos una potencia de 4,14 [kW] a la entrada del inversor.

3.3.6. Cálculo de los conductores y protecciones.

Para el dimensionamiento de los conductores del sistema fotovoltaica se calculará por tramos debido a que el cableado de una instalación fotovoltaica es la parte más crítica de las instalaciones eléctricas, así como cualquier situación donde se utiliza energía eléctrica. La finalidad del dimensionamiento del conductor es evitar seleccionar una sección equivocada que podría ocasionar accidentes o incendios.

Para evitar esos casos es necesario recurrir a la norma, debido a que estos sistemas trabajan con tensiones de DC de 12,24,48 [V] ocasionando que la corriente aumente y las

pérdidas se incrementan. Para evitar esos inconvenientes el conductor debe ser adecuada para reducir las caídas de tensión y evitar calentamientos en los conductores.

La recomendación según la norma NB/IEC 60364-7-72. Indica que para el dimensionamiento de la sección de los conductores debe ser en base a la norma NB 777 garantizando que las caídas de tensión en el sistema fotovoltaicos sean inferiores o iguales al:

- 3 % entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga.
- 2 % entre la batería y el regulador de carga.
- 5 % entre el regulador y las cargas.

a) Dimensionamiento del conductor para el sistema de bombeo (TDS-1).

Tramo 1 paneles fotovoltaicos – inversor híbrido.

El primer punto es necesario determinar a corriente máxima de diseño que puede soportar el conductor.

$$I_d = 1,25 * I_{sc,MOD} * N_P$$
$$I_d = 1,25 * 9,45 * 1 = 11,81 [A]$$
$$I_d = 11,81 [A]$$

El conductor se encuentra a la intemperie por lo tanto se recomiendan que los cables a utilizar sean resistentes a la degradación de la luz solar. Procedemos a determinar las secciones del conductor por el método de caída de tensión como indica la NB 777. Tomando en cuenta que durante en este tramo la temperatura será mayor la caída de tensión debe ser del 2 %.

$$s = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V}$$
$$s = \frac{2 * 42 * 11,81}{56 * (0,02 * 12 * 46,9)} = 1,57 [mm^2]$$
$$s = 1,18 [mm^2]$$

Para la selección del conductor que sea resistente a la degradación de la luz solar contaremos según la norma NEC (Tabla 310-15)³⁴.

³⁴ Manual del electricista -CENTELSA Ampacidades permisibles en conductores aislados al aire libre para tensiones hasta 2000 [V] (

Figura 3.52 Capacidades de amperaje permisibles en conductores canalizados

Tamaño y designación	AWG o mm ²	Temperatura ambiente de conductores en cable protegido					
		30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
AWG	mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
		THW 75 °C	THW 90 °C	THW 75 °C	THW 90 °C	THW 75 °C	THW 90 °C
14	2,08	15	15	15	15	15	15
12	3,31	20	20	20	20	20	20
10	5,26	25	25	25	25	25	25
8	8,03	30	30	30	30	30	30
6	11,7	35	35	35	35	35	35
4	17,7	40	40	40	40	40	40
2	26,7	45	45	45	45	45	45
0	37,7	50	50	50	50	50	50

Fuente. NEC Tabla 310-15, *Capacidades de amperaje permisibles en conductores canalizados, enterrados o basados en una temperatura ambiente de 30 °C.*

Según la figura 3.52 con la sección del cable podemos estimar en conductor del cable en función a la temperatura máxima que para una sección de 1,57[mm²] se determina que el conductor adecuado para dicho tramo el cable será THW 75°C AWG 14.

- **Protecciones.**

Según el apartado 2.7.5 (a) podemos determinar las protecciones en el lado de corriente continua.

$$I_{cc,mod} \leq I_{fus} \leq 1.45 * I_{max\ admisible}$$

$$9,45 [A] \leq I_{fus} \leq 1.45 * 30 [A]$$

$$9,45 [A] \leq I_{fus} \leq 43,5 [A]$$

Para nuestra instalación utilizaremos fusibles de la clase gPV 10[A] ,1000 VDC.

$$I_{termomagnético} = 1,25 * 9,45 = 11,81 [A]$$

para nuestra instalación utilizaremos un interruptor termomagnético. 1x15 [A]. DC

Tramo 2 inversor híbrido – batería

Es el tramo de suma importancia es la que transporta mayor densidad de corriente por ello es que tendrá mayor sección de cable. Y se recomienda que el inversor y el banco estes en lo posible cerca para determinar la sección se recomienda aplicar la siguiente ecuación.

$$I_d = \frac{S_{inv}}{V_{nom.bat} * \eta_{inv}} * 1,25 = \frac{3680 [VA]}{48 * 0,982} * 1,25 = 104,04 [A]$$

$$s = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V}$$

$$s = \frac{2 * 2 * 104,09}{56 * (0,02 * 48)} = 7,745 [mm^2]$$

$$s = 7,74 [mm^2]$$

Según la sección del conductor $7,74 [mm^2]$ empleando las tablas de la norma NB 777³⁵ seleccionamos el conductor calibre AWG 8.

- **Protecciones.**

para nuestra instalación utilizaremos un interruptor termomagnético. $1 \times 60 [A]$.

Tramo 3 Inversor -Tablero de distribución TDG-0

Él es tramo que comprende desde el inversor hasta el tablero de distribución que se encuentra en el mismo ambiente destinado para su distribución, para el dimensionamiento de la corriente de diseño se tomara en cuenta la salida del inversor.

$$I_d = 1,25 * I_{s,inv}$$

$$I_d = 1,25 * 16 = 20 [A]$$

$$S = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V} * \cos \varphi$$

$$S = \frac{2 * 2 * 20}{56 * (0,05 * 220)} = 0,130 [mm^2]$$

$$S = 0,130 [mm^2]$$

Podemos observar que la sección es demasiado baja para la selección del conductor de salida del inversor para ello es necesario revisar el catálogo por el fabricante o podemos buscar un conductor según la corriente de diseño aplicando la norma NB 777. Según los datos del fabricante recomienda los siguientes conductores a utilizar ver tabla 3.43.

Tabla 3.43 Sun 2000(3KTL) L1- Manual de instalación

Cable de potencia de salida CA	Sección transversal del conductor 4-6 [mm^2]
Cable PE	Sección 4-10 [mm^2]

Fuente: Manual de usuario SUN 2000 - (4KTL)-L1.

Tramo 4 Tablero de distribución TDG-0 tablero de bomba de agua TDS-1

$$I_d = 1,25 * I_{bomba}$$

$$I_d = 1,25 * 14,6 = 18,25[A]$$

La sección del cable será:

$$s = \frac{2 * L * I}{\sigma * \Delta V}$$

$$s = \frac{2 * 30 * 18,25}{56 * (0,05 * 220)} = 1,78 [mm^2]$$

$$s = 1,78[mm^2]$$

³⁵ Norma Boliviana (NB 777) Diseño y construcción de instalaciones interiores en baja tensión. (Conductores de cobre asilados con PVC para temperaturas de operación de 70 °C a temperatura ambiente de 30°C) (Cap. 5, pág. 35).

Como la sección del cable es $1,78[mm^2]$ el calibre del conductor será AWG 14. Conociendo las secciones de los tramos de instalación en resumen con los datos calculados comparamos con las secciones de cables recomendadas por los fabricantes y el tipo de cable a utilizar en resumen se muestra en la tabla 3.44.

Tabla 3.44 Resumen del cálculo de los conductores del sistema fotovoltaico.

Tramos	Longitud de cable [m]	Sección [mm^2]	Calibre del conductor AWG	Protecciones [A]
Paneles -inversor	42	1,18	14 AWG, THW	1 x 15
Inversor -Baterías	2	7,74	6 AWG, TW	1 x 60
Inversor – tablero de distribución. TDG-0	2	6	10 AWG, TW	1 x 30
Tablero de distribución -TDS-1	30	1,78	14 AWG, TW	1x 20

Fuente. Elaboración Propia.

b) Sistema de puesta tierra.

De acuerdo a la norma NB 60364-7-712 indica que la implementación de un sistema fotovoltaico requiere de una parte activa conectada a tierra. Por ello contaremos en nuestro sistema de bombeo un sistema de puesta a tierra, datos que obtendremos de la textura del suelo la resistividad de la tierra del sector del lugar de estudio.

Para el dimensionamiento de la instalación de una puesta a tierra (PAT) contaremos con la textura del suelo del lugar de estudio dentro la comunidad se cuenta con una textura “Franco Arcilloso” dato que nos indicara un valor aproximado como se puede apreciar en la tabla 3.45.

Tabla 3.45 Resistividad del lugar de estudio según la textura del suelo.

Tipo de Suelo	Resistividad [$\Omega.m$]
Franco Arcilloso	80

Fuente. NB-148007 resistividad del terreno (Tabla-1)

Los valores máximo sugeridos de resistencia de puesta a tierra según la norma NB-148009 se recomienda $10 [\Omega]$ por lo tanto debe cumplir.

$$R_{terreno} < R_{max}$$

En base a estos parámetros y la naturaleza del terreno del lugar de estudio podemos hacer un cálculo. Previo al sistema de puesta a tierra empleando las siguientes ecuaciones.

- **Cálculo de la resistencia de la jabalina.**

$$R = \frac{\rho}{L} \quad [3.8]$$

Donde: R , Resistencia del electrodo de tierra. [Ω].

ρ , Resistividad del terreno natural [$\Omega \cdot m$]. ($\rho = 80 [m]$).

L , Longitud del electrodo de tierra [m] ($L=1 [m]$).

Reemplazando valores en la ecuación (3.8).

$$R = \frac{80 [\Omega \cdot m]}{1 [m]} = 80 [\Omega]$$

- **Cálculo de la resistencia de la malla.**

$$R_m = 2 * \frac{\rho}{L} \quad [3.9]$$

Donde: R_m , Resistencia de la malla enterrada. [Ω].

ρ , Resistividad del terreno natural [$\Omega \cdot m$]. ($\rho = 80 [m]$).

L , Longitud total de la malla [m] ($L=20 [m]$).

Reemplazando valores en la ecuación (3.9).

$$R_m = 2 * \frac{80 [\Omega \cdot m]}{20 [m]} = 8 [\Omega]$$

Cálculo de la resistencia de la tierra utilizando la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R} \quad [3.10]$$

Donde: R_t , Resistencia de tierra. [Ω].

R_m , Resistencia de la malla enterrada. [Ω].

R , Resistencia del electrodo de tierra. [Ω].

Reemplazando valores en la ecuación (3.10)

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{1}{80}} = 7,27 [\Omega]$$

Podemos observar que se cumple respecto a la resistencia máxima recomendada según norma (menor a 10 [Ω]). Sin realizar ningún tratamiento del terreno.

- **Cálculo de la sección del conductor.**

$$A_c = \frac{\sqrt{T_c} * I_{cc}}{2000 * \beta} * k \quad [3.11]$$

Donde: A_c , Sección del conductor [mm^2]

I_{cc} , Corriente máxima de falla [A] ($I_{cc} = 2000$ [A])

T_C , tiempo de duración de la falla [s] ($T_C = 30$ [s])

k , Coeficiente de seguridad. ($k=1,30$)

β , Coeficiente que expresa el tipo de conductor 0.91 para conductividad de 40 %

Reemplazando valores en la ecuación (3.11)

$$A_c = \frac{\sqrt{30} * 2000}{2000 * 0,91} * 1,30 = 6,48 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Calibre del conductor para una sección de 6.48 48 [mm^2] es para un calibre de 8 AWG.

- **Cálculo del número total de jabalinas.**

$$n = 0,6 * \sqrt{A} \quad [3.12]$$

Donde: n , Número de electrodos.

A , Área de la malla de puesta a tierra [m^2]

Reemplazando valores en la ecuación (3.12).

$$n = 0,6 * \sqrt{3 * 3} = 1,8 \cong 2 \text{ [Electrodos]}$$

En resumen, nuestra configuración de nuestro sistema a tierra estará configurada en base a la longitud total de la malla por lo tanto se colocará 2 electrodos por columna.

- c) **Sistema de pararrayos.**

De acuerdo a la norma boliviana NB 60364-7-12 que la instalación de sistemas fotovoltaicos la protección necesaria para proteger los equipos ante situación de descargar atmosféricas, por lo tanto, nuestro proyecto estará compuesto por un sistema de puesta rayo, según la norma NB 148010 (Instalaciones eléctricas sistema de puesta a tierra- Instalación de pararrayos). como principal objetivo determinar la zona de proyección del sistema de generación fotovoltaica.

Para el cálculo del sistema de bajante utilizaremos en método de ángulo de protección utilizando la ecuación (2,85)

$$R = \tan \alpha * h$$

Para nuestro caso emplearemos los siguientes parámetros con la finalidad que proteja todo el sistema de generación fotovoltaica. La ubicación del pararrayo estará ubicada

con la estructura del tanque de almacenamiento ya que se encuentra en una montaña dentro del lugar de estudio por lo tanto la altura por parámetros será.

Tabla 3.46 Parámetros del ángulo de Protección.

Nivel de Protección	Angulo de protección α [°]	Altura [m]
III	45	10

Fuente. Elaboración Propia.

Reemplazando valores podemos obtener el radio base del cono de protección.

$$R = \tan(45) * 10 = 10 [m]$$

Por lo tanto, el área de protección será.

$$A_p = \pi * R^2 = \pi * (10)^2 = 314,16 [m^2]$$

Para determinar la sección de los conductores de descarga utilizaremos la tabla 3.47 de sección de descarga por la norma NB 148010.

Tabla 3.47 Sección de conductores de Descarga.

Material de conductor	Sección del conductor [mm^2]	
Altura del edificio	$\leq 20 [m]$	$\geq 20 [m]$
Cable de cobre	16	35
Cable de aluminio	35	50
Cable de acero galvanizado	50	80

Fuente. Norma NB-148010.

El conductor elegido será 16 [mm^2] para un calibre de 4 AWG.

Caculo de la malla del conductore de descarga con una longitud total de 15 [m].

Utilizando la ecuación (3.9)

$$R_m = 2 * \frac{\rho}{L}$$

$$R_m = 2 * \frac{80}{15} = 10,67[\Omega]$$

Cálculo de la resistencia de tierra en base a la malla de descarga del pararrayos.

Utilizando la ecuación (3.10)

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{\frac{1}{10,67} + \frac{1}{40}} = 8,42 [\Omega]$$

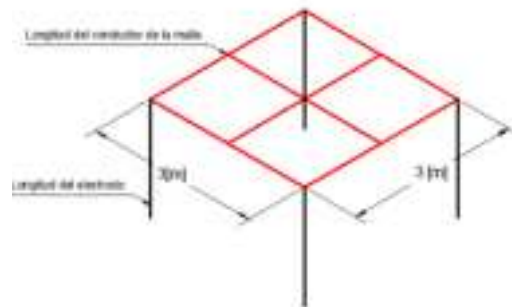
Se recomienda realizar un tratamiento de la tierra para mejorar la resistencia de la tierra. Cálculo del número de jabalinas. Ecuación (3.12)

$$n = 0,6 * \sqrt{A}$$

$$n = 0,6 * \sqrt{6x5} = 3,28 \cong 4[Electrodos]$$

La configuración del enmallado para el sistema pararrayos se muestra en la siguiente figura 3.53.

Figura 3.53 Configuración del enmallado del sistema de pararrayos.

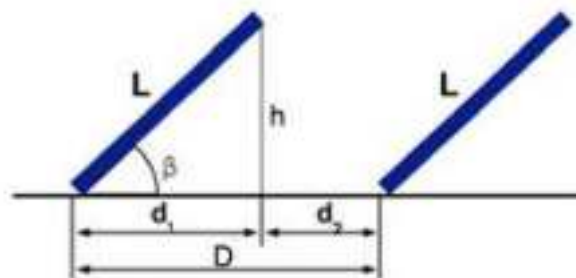


Fuente. Elaboración Propia.

d) Determinación de la distancia mínima entre paneles fotovoltaicos.

La determinación de la distancia mínima entre paneles es recomendada por el fabricante para las instalaciones de la misma. Cuando no disponemos de estos datos podemos hacer una estimación respecto a las dimensiones del panel fotovoltaico con respecto al ángulo óptimo entre paneles.

Figura 3.54 Distancia mínima para determinar sombras.



Fuente: Calculo y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica (José Luis Gutiérrez Madrid).

$$d_1 = L * \cos(\beta)$$

$$d_2 = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

$$h = L * \sin(\beta)$$

Tabla 3.48 Distancia permisible entre paneles.

Características generales	Valores	d_1 [m]	h [m]	d_2 [m]	$D=d_1 + d_2$
Ancho del panel fotovoltaico [m]	0,992	1,85	0,64	0,79	2,64
Largo del panel fotovoltaico [m]	1,96				
β [°]	19				
Latitud [°]	21,93				

Fuente. Elaboración Propia.

3.3.7. Simulación de los sistemas fotovoltaicos.

Para la simulación de los sistemas fotovoltaicos primeramente se necesita la ubicación del lugar de desplazamiento del proyecto como se puede apreciar en la figura 3.55.

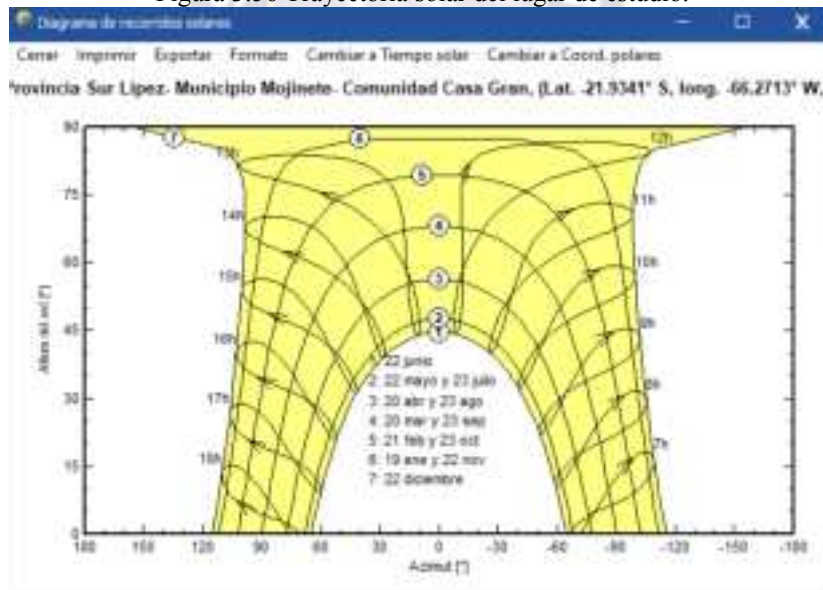
Figura 3.55 Configuración de la ubicación de la comunidad de Casa Grande.



Fuente. Elaboración Propia.

Según los datos proporcionados por la ubicación del lugar de estudio PVSyst nos proporciona los datos meteorológicos de la localidad seleccionada, en la siguiente figura 3.56 se puede apreciar la trayectoria solar durante el año en el lugar de estudio.

Figura 3.56 Trayectoria solar del lugar de estudio.



Fuente. Elaboración Propia.

Posteriormente se procede a ingresar los datos meteorológicos del lugar de estudio fuente de datos obtenidos de Meteonorm. Datos cercanos a los datos utilizados para la estimación de la radiación solar como se puede apreciar en la figura 3.66.

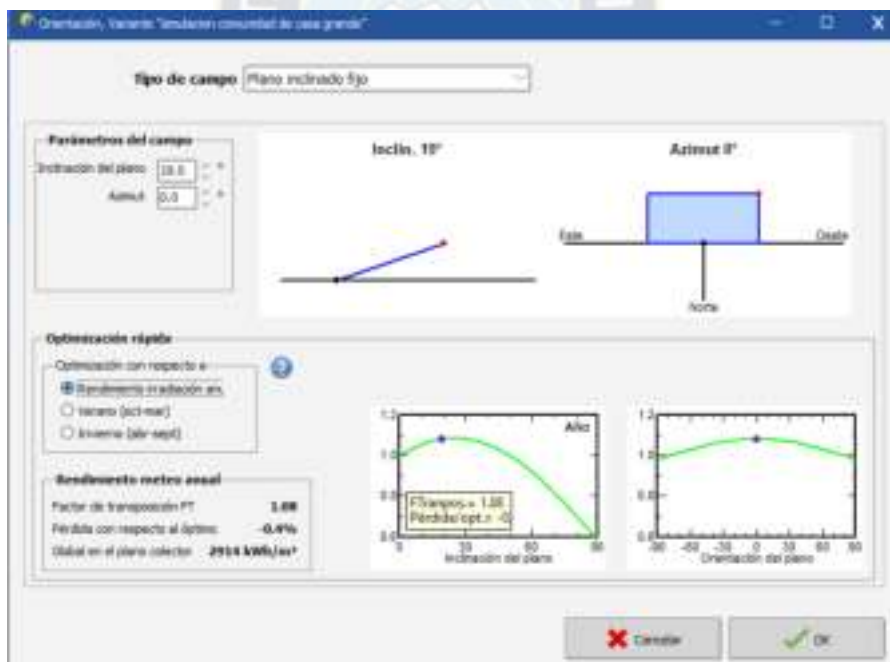
Figura 3.57 Configuración Meteorológica del lugar de estudio.

	Irradiación global kWh/m ² /dia	Irradiación difusa kWh/m ² /dia	Temperatura °C	Humedad del aire %	Velocidad viento m/s	Humedad relativa %
Enero	4.54	1.76	17.5	65.0	3.00	57.0
Febrero	5.13	2.20	17.9	65.0	3.00	56.0
Marzo	7.79	3.00	18.9	63.0	3.00	54.0
Abril	10.05	3.75	20.0	61.0	3.00	52.0
Mayo	12.22	4.50	21.0	60.0	3.00	51.0
Junio	14.70	5.25	22.0	59.0	3.00	50.0
Julio	16.64	6.00	23.0	58.0	3.00	49.0
Agosto	16.78	6.75	23.0	58.0	3.00	49.0
Septiembre	12.22	5.25	21.0	60.0	3.00	51.0
Octubre	8.52	3.75	18.0	63.0	3.00	54.0
Noviembre	6.67	3.00	17.0	65.0	3.00	56.0
Diciembre	6.18	2.25	16.0	67.0	3.00	58.0
Ano	1.08	0.61	19.8	61	3.00	53.8

Fuente. Elaboración Propia.

Posteriormente ya ingresado los datos meteorológicos del lugar de estudio posteriormente se elige la inclinación de los paneles fotovoltaicos calculado anteriormente como se puede apreciar en la figura 3.58.

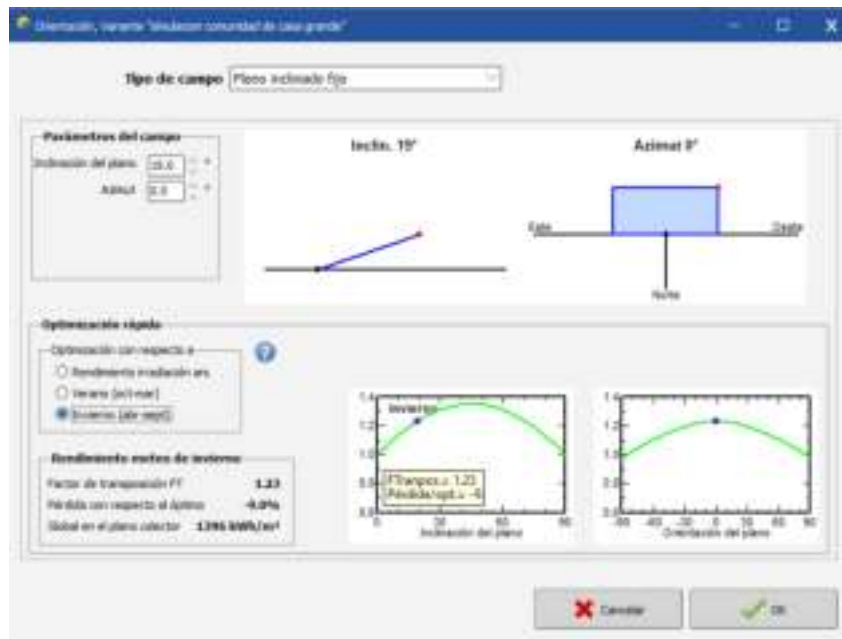
Figura 3.58 Resultados con el ángulo Optimo calculado.



Fuente. Elaboración Propia.

Durante las épocas de invierno del lugar de estudio tendremos unas pérdidas.

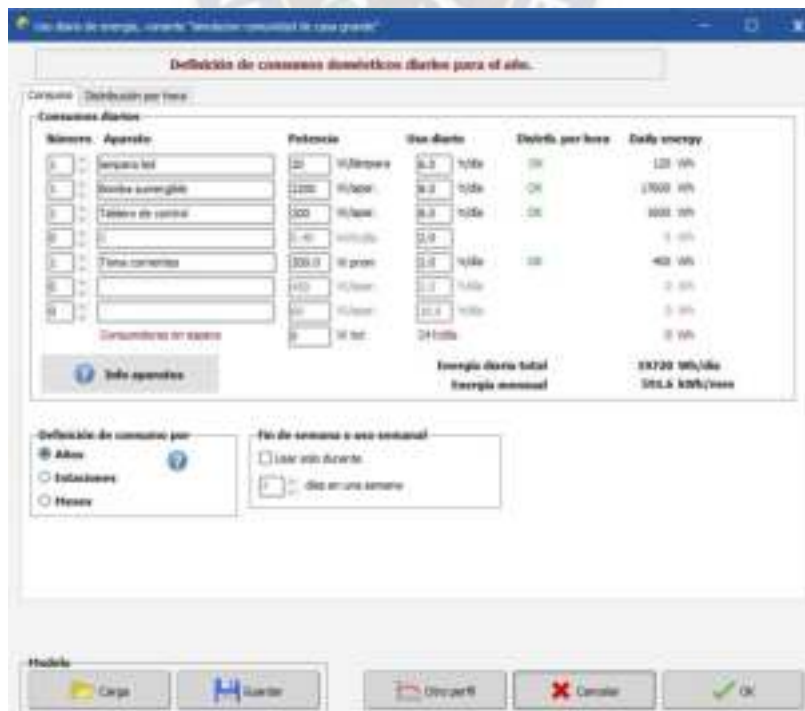
Figura 3.59 Perdidas del ángulo óptimo durante el mes de invierno.



Fuente. Elaboración Propia.

Para comenzar con la simulación del sistema es necesario antes introducir los datos de consumo de la energía de los sistemas fotovoltaicos correspondientes al apartado 3.3.1 como se puede apreciar en la figura 3.60.

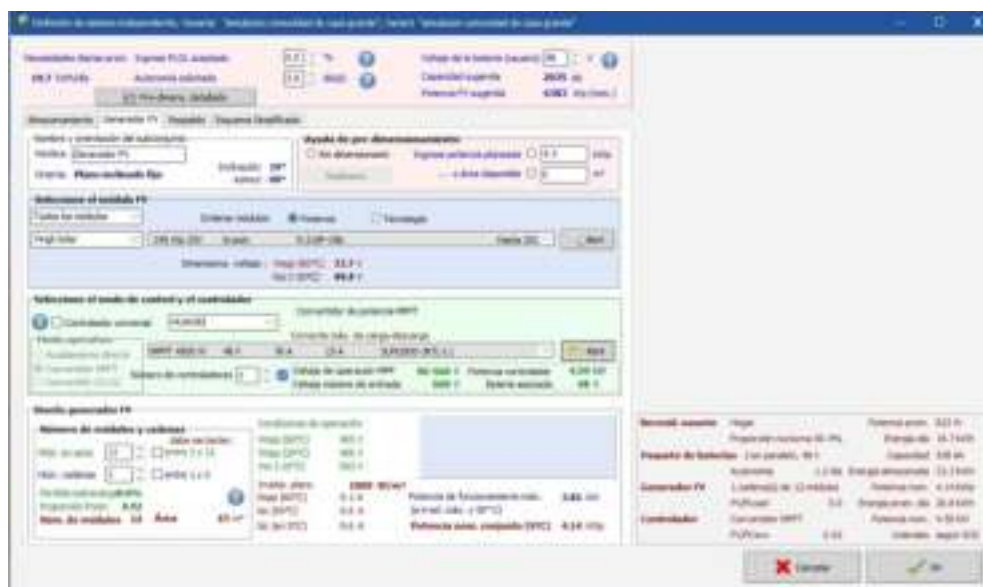
Figura 3.60 Configuración de las cargas del sistema.



Fuente. Elaboración Propia.

Posteriormente procedemos a colocar las especificaciones técnicas de los componentes que se emplearán en el proyecto, paneles fotovoltaicos de 345 W y las baterías de 48 [v].

Figura 3.61 Configuración de los elementos del sistema de generación Fotovoltaica.



Fuente. Elaboración Propia.

Finalmente, con los datos ingresados el resultado se presenta de los sistemas fotovoltaicos para la implementación de la electrificación en el lugar de estudio del proyecto.

Los detalles de los resultados de la simulación se presentan en el (Anexo F).

3.3.8. Diseño de la estructura de soporte.

Antes de realizar una instalación solar fotovoltaica se debe tomar en cuenta que la instalación de estos paneles debe estar sobre una superficie fija o ubicada sobre una estructura metálica fija o móvil ya sea según su configuración horizontal, vertical o respecto a un ángulo. Para el diseño y la correcta posición de los paneles se debe tomar en cuenta que está en función del ángulo de inclinación para alcanzar un mayor rendimiento energético de la radiación solar sobre los paneles para ello es necesario diseñar una estructura, segura y económica que permita la mejor captación de radiación solar durante su tiempo de vida de los paneles.

3.3.8.1. Criterios previos al diseño de la estructura.

Para garantizar la seguridad de los paneles en el lugar de estudio es necesario antes estudiar las cargas externas que se presentan, para ello es necesario considerar las siguientes acciones que intervienen en el diseño y cálculo de la estructura modular del soporte de los paneles solares.

a) Cargas Muertas

Son aquellas acciones que actúan de forma continua en el tiempo como una acción constante en magnitud y este punto de aplicación se da como el peso de los módulos que actúan sobre la estructura de soporte de los paneles.

b) Cargas Variables.

Son aquellas acciones cargar que se identifican que actúan de forma directa o indirecta sobre la estructura en magnitud las acciones sobre estructura se debe considerar las siguientes acciones.

- Viento. El viento constante puede producir problemas en los paneles como ser la deformación de los módulos fotovoltaicos, y en ocasiones vibraciones que pueden dañar los sistemas de soporte de los módulos.
- Granizo o Nieve. El peso de la nieve o granizo sobre las estructuras de los paneles solares pueden ocasionar una deformación o derrumbe de la estructura misma. La carga de la nieve depende del clima del lugar de estudio ya que la acumulación de la nieve sobre los paneles fotovoltaicos produce cargas verticales.

c) Soporte y estructuras para paneles fotovoltaicos.

Dentro del mercado existen una cantidad inmensa de estructuras prefabricadas para los paneles fotovoltaicos recomendados por los mismos fabricantes de los paneles por ser estructuras de materiales que son capaces de disipar la temperatura y otras características, para la adquisición de estas estructuras dentro del territorio boliviano deben ser importadas y esto ocasionaría un elevado costo en el proyecto. Con la finalidad de ahorro en material se agrupará en un solo soporte 8 paneles para ellos se determinará en una sola estructura las cargas que deberá soportar ante los criterios previos mencionados.

d) Especificaciones de cargas

la estructura estará compuesta de un material de acero capaz de soportar el peso de los paneles y las acciones variables dentro del lugar de estudio. Para ello es necesario determinar las cargas que van actuar dentro de la estructura para seleccionar el perfil adecuado que soporte las cargas externas por las acciones permanentes y las acciones variables.

- **Cargas muertas.**

Paneles solares. De acuerdo con las fichas técnicas de los paneles solares fotovoltaicos YGE 72 CELL de 72 celdas monocristalino de 345 Wp tienen un peso 22 [kg]. Soporte principal. El peso del soporte principal se calculó teniendo en cuenta la densidad del acero ASTM 36 de 7850 [kg/m^3] respecto a su longitud de las piezas.

Tabla 3.49 Peso propio de los elementos de la estructura de los paneles solares.

Elemento	Peso [kg]	Cantidad	Total [kg]
Soporte de la estructura	98,06	1	98,06
Accesorios	10	-	10
Paneles solares	22	8	176
Total [kg]			284,06

Fuente. Elaboración Propia.

Para determinar el peso multiplicaremos por la aceleración de gravedad

$$W = m * g$$

$$W = 284,06 [kg] * 9,81[m/s^2] = 2,78[kN]$$

- **Acciones variables.**

- ❖ **Viento.**

La carga producida por el viento que impacta sobre un área expuesta genera momentos flectores, cuya magnitud está en función de la velocidad del viento. y la acción del viento que actúan sobre las estructuras de sujeción de los paneles fotovoltaicos está en función directa del ángulo de inclinación de los paneles cuanto mayor sea la inclinación de los paneles mayor se la explosión de la magnitud del viento. La magnitud del viento en general es una fuerza que actúa perpendicular sobre una superficie de cada punto por lo tanto la presión estática se puede expresar con la siguiente ecuación.

$$q_e = q_b * C_e * C_p \quad [3.13]^{36}$$

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v^2 \quad [3.14]$$

Donde: q_e , Presión dinámica del viento. $[N/m^2]$

C_e , Coeficiente de exposición

C_p , Coeficiente Eólico.

q_b , Presión dinámica del viento. $[N/m^2]$

ρ , densidad del aire. ($\rho = 0,7356 [kg/m^3]$)

v , velocidad del viento $[m/s]$. ($v = 4,10 [m/s]$)

Determinación de la presión dinámica. (q_b)

La presión dinámica del viento en el lugar de estudio será. Reemplazando valores en la ecuación (3.14).

³⁶ Cálculo de estructuras paneles solares- Sigma Energy Consulting Corporation S.L.U. (www.sigmaenergcorp.com)

$$q_b = \frac{1}{2} * 0,7356 * (4,10)^2 = 6,18 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Determinación del coeficiente de exposición. (C_e)

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de la turbulencia de viento por la topografía del terreno para alturas sobre terreno $z < 200$ [m] para su análisis utilizaremos las ecuaciones.

$$C_e = b * (b + 7 * k) \quad [3.15]$$

$$b = k * \ln(\max(z, Z)/L) \quad [3.16]$$

Siendo k, L, Z parámetros característicos del tipo de entorno según la tabla 3.50.

Tabla 3.50 Coeficiente para tipo de entorno.

Grado de aspereza del entorno		Parámetro		
		k	L [m]	Z [m]
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento al menos 5 km de longitud.	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia.	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con alguno obstáculo aislados, como árboles o construcciones pequeñas.	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal.	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.	0,24	1,0	10,0

Fuente. Sigma Energy Consulting Corporation. S. L.U. (Estructura triangular TI-V 30°)

Según las características del lugar de estudio el grado de aspereza III, reemplazando parámetros de la tabla en la ecuación (3.16).

$$b = 0,19 * \ln(2/0,05)$$

$$b = 0,70 \text{ [adimensional]}$$

Entonces el coeficiente de exposición será:

$$C_e = 0,70 * (0,70 + 7 * 0,19)$$

$$C_e = 1,42 \text{ [adimensional]}$$

Determinación del coeficiente eólico. (C_p)

el coeficiente eólico o presión exterior del viento depende de la dirección del viento sobre un elemento según las configuraciones como se puede apreciar en la figura.

Figura 3.62 Coeficiente eólico sobre el área de influencia.

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento frente	Factor de abstracción ψ	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	0.5 a 2.1	0.3	1.8	1.1
	Arriba	0	-0.8	-1.3	-1.4
	Arriba	1	-1.5	-1.8	-2.2
5°	Abajo	0.5 a 2.1	0.6	2.1	1.3
	Arriba	0	-1.1	-1.7	-1.8
	Arriba	1	-1.8	-2.2	-2.5
10°	Abajo	0.5 a 2.1	1.2	2.4	1.6
	Arriba	0	-1.5	-2.2	-2.1
	Arriba	1	-2.1	-2.6	-3.2
15°	Abajo	0.5 a 2.1	1.4	2.7	1.8
	Arriba	0	-1.8	-2.4	-2.5
	Arriba	1	-2.5	-2.9	-3.5
20°	Abajo	0.5 a 2.1	1.7	2.9	2.1
	Arriba	0	-2.2	-2.8	-2.9
	Arriba	1	-2.8	-3.3	-3.8
25°	Abajo	0.5 a 2.1	2.0	3.1	2.3
	Arriba	0	-2.6	-3.2	-3.2
	Arriba	1	-3.2	-3.7	-4.3
30°	Abajo	0.5 a 2.1	2.2	3.2	2.4
	Arriba	0	-3.0	-3.3	-3.5
	Arriba	1	-3.6	-4.2	-4.7

Fuente. Sigma Energy Consulting Corporation. S. L.U. (Estructura triangular TI-V 30°)

La pendiente de cubierta de la estructura de los paneles solares se cuenta con un ángulo de 19°, Según la tabla la pendiente de una cubierta a 20 ° para un efecto de viento frontal sobre la superficie nos da un valor de

$$C_p = 1,70 \text{ [adimensional]}$$

En base a los parámetros calculados podemos estimar la acción del viento sobre la superficie de los paneles solares reemplazando valores en la ecuación (3.13)

$$q_e = 7.42 * 1,42 * 1,70 = 17,91 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

El área expuesta del soporte principal y los paneles fotovoltaicos es de 20,18 [m²] por lo que se tendrá una fuerza de.

$$F_e = q_e * A$$

$$F_e = 17,91 \text{ [N/m}^2\text{]} * 20,18 \text{ [m}^2\text{]} = 361,42 \text{ [N]}$$

❖ Sobrecargas de nieve o granizo.

Para determinar las sobrecargas de granizo es necesario determinar la carga base que está dada por la siguiente ecuación.

$$q_g = \gamma_g * e * C_s \quad [3.15]^{37}$$

Donde: q_g , carga de granizo. [kg/m²]

γ_g , Peso específico de granizo. [700 kg/m³]

e Espesor de granizo en proyección horizontal, según la región [m].

C_s , Factor de corrección por pendiente de cubierta.

Las ecuaciones que gobiernan el factor de corrección son:

³⁷ Propuesta de carga Granizo Bolivia-2018

$$C_s \begin{cases} 1; 0 \leq \alpha \leq 15 \\ \frac{60-\alpha}{45}; 15 < \alpha \leq 60 \\ 0; \alpha > 60 \end{cases}$$

Donde: C_s , Factor de corrección por pendiente de cubierta.

α , Angulo de la cubierta [°]

En el lugar de estudio las granizadas presentan una acumulación de granizo a una altura de 15 [cm]. Con un factor de corrección de 19 grados según la configuración de la radiación optima de los paneles con un valor de 0,91. Para determinar la carga de granizo en el lugar de estudio utilizaremos la ecuación (3.15).

$$q_g = 700 * 0,15 * \left(\frac{60 - 19}{45}\right) = 95,67 \left[\frac{kgf}{m^2}\right] = 938,49 [N/m^2]$$

Multiplicando sobre la superficie expuesta del generador fotovoltaico se obtiene el peso de la carga de nieve.

$$W_g = q_g * A$$

$$W_g = 938,49 [N/m^2] * 20,18 [m^2] = 18,94 [kN]$$

3.3.8.2. Análisis estructura con el software SolidWorks.

Definidas las cargas que actuarán sobre la estructura de los paneles solares, es necesario realizar un análisis de los componentes de la estructura principal, así como el ensamblaje y fijación para verificar su correcto funcionamiento y objetivo de la estructura para ello el análisis estructura se llevara a cabo utilizando el software Solidworks

Las cargas actuantes sobre la estructura principal estarán compuestas por las acciones permanentes y las acciones variables que se pueden presentar dentro del lugar de estudio. Los elementos que soportaran directamente las cargas serán las barras horizontales para las cuales las fuerzas que actuarán será acciones permanentes por la estructura y los paneles solares y las acciones variables que puede ejercer el peso de la nieve.

$$W + W_g = \frac{2,78[kN]}{2} + \frac{18,94 [kN]}{2} = 10,86 [kN]$$

El valor calculado representa una carga puntual que soportara cada barra horizontal para el análisis convertiremos la carga puntual en una carga uniformemente distribuida en toda su área de la barra horizontal.

$$Carga\ distribuida = \frac{carga\ puntual}{longitud\ de\ la\ barra} = \frac{10,86 [kN]}{6,352 [m]} = 2,969 [kN/m]$$

Con el fin de analizar la estructura en condiciones más críticas, se tomará en cuenta la fuerza del viento que actuara normal al plano del generador y con la misma dirección que la compone del peso en el eje vertical.

$$F = \frac{F_e}{2} = \frac{361,42 \text{ [N]}}{2} = 180,71 \text{ [N]}$$

Convirtiendo la carga puntual en una carga continua en toda el área de la barra horizontal

$$\text{Carga distribuida} = \frac{\text{carga puntual}}{\text{longitud de la barra}} = \frac{180,71 \text{ [N]}}{6,352 \text{ [m]}} = 28,449 \text{ [N/m]}$$

Figura 3.63 Estructura para 8 paneles.



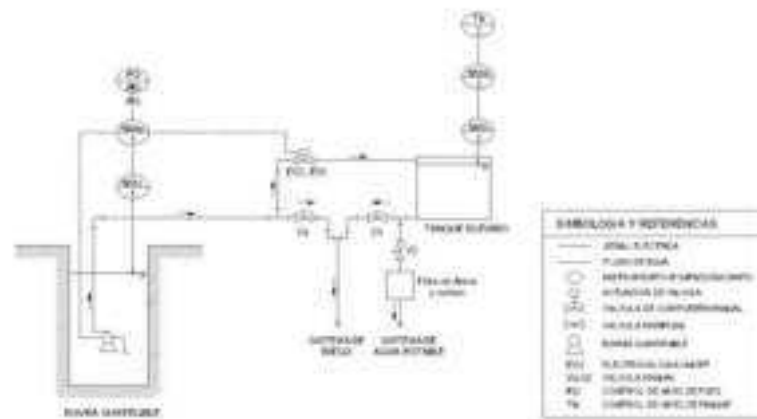
Fuente. Elaboración Propia.

Para el análisis estático de la estructura fija se realizará sin paneles dentro de la simulación las cargas calculadas estarán expuestas en la estructura fija los resultados de la estructura se pueden apreciar en el Anexo G

3.3.9. Sistema de control

Como se muestra en la figura los elementos que involucran en el sistema de control de bombeo para el sistema de riego y suministro de agua para la comunidad. Mismo que el tanque de almacenamiento cera dividido en dos partes en base a la demanda de agua calculada en los puntos anteriores, el sistema de control de bombeo se encargara de transportar el agua a un tanque de almacenamiento a través de sensores de nivel quienes, sensores que serán instalados tanto en el pozo como en el tanque de almacenamiento. La finalidad de colocar sensores de nivel será para la protección que la bomba no trabaje en vacío y evitar que la bomba se dañe, como también en el tanque de almacenamiento para evitar que el agua se rebalse.

Figura 3.64 Diagrama de control subsistema Bomba sumergible-Tanque.



Fuente. Elaboración Propia con AutoCAD Autodesk 2018

3.3.9.1. Elementos del sistema de control.

a) Relés de control y reguladores de nivel de líquidos.

Son dispositivos que se encargan de controlar la conexión automática del nivel mínimo y máximo en depósitos a través de sensores de nivel. En el montaje del relé de control de nivel se utilizan 2 sensores montados (normalmente abiertos), de esta manera cuando el depósito está vacío los sensores de nivel mínimo o máximo estarán abiertos poniendo en marcha la bomba y en el caso que el nivel de agua sea bajo y el sensor mínimo detecte la bomba se desactiva para que el depósito se llene hasta el nivel máximo. Generalmente la alimentación de estos reguladores viene de 24 VAC a 400 VAC.

Figura 3.65 Dispositivo de control de nivel de depósitos.



Fuente. Control de instrumentación industrial S.A de C.V.

b) Sensores de nivel.

Son dispositivos que sirven para medir la altura que se encuentra la superficie libre del líquido a partir de una línea de referencia, existen diversos tipos de sensores de nivel entre ellos tenemos por observación visual directa medidor de vara de tubo de vidrio, por la posición de un flotador y electrodos que hacen contactos con la superficie del líquido.

Figura 3.66 Sensores de nivel flotador.



Fuente. Sensores de Nivel Promart.

Tabla 3.51 Característica técnica sensor de nivel Promart.

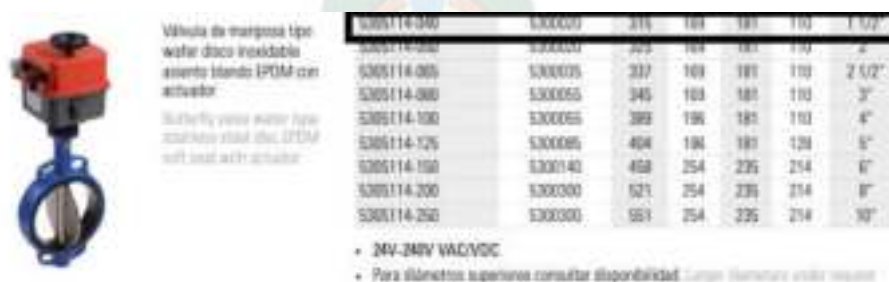
Modelo:	Promart
Tipo de Producto:	Electro nivel
Material:	Polipropileno
Tipo de conexión:	Alámbrico
Amperaje:	4-15 [A]
Voltaje:	110-220 [V]

Fuente. Elaboración Propia de las características técnicas.

c) Electroválvulas.

son dispositivos diseñados para controlar el paso de un fluido por una tubería, están compuestos por una bobina solenoide que se encarga de convertir la energía eléctrica mediante magnetismo en energía mecánica para accionar la válvula. Generalmente estas válvulas tienen dos posiciones: abiertos y cerrado con activación por la bobina con alimentación 220 [V]/50 [Hz].

Figura 3.67 Electroválvulas de solenoide para aplicaciones de distribución de agua.



Fuente. Automatización de Válvulas VALVES AND RITTINGS (MT)

d) Contactos y relés térmicos

Son dispositivos que se encargan del paso de corriente son aparatos eléctricos de mando a distancia que pueden abrir o cerrar circuitos ya sea en vacío o en carga.

Figura 3.68 Contactor y relé térmico.



Fuente. Areatecnologia.com (Contactores trifásicos y monofásicos).

Para el dimensionamiento de los contactores y relé térmico como también de los relés de contactos es necesario contar con las características de la bomba sumergible. La protección del motor viene acompañada de un dispositivo conocido como relé térmico que son encargados de la protección del motor contra sobrecargas o pérdidas de alguna de las fases y evitar la destrucción de los bobinados del motor.

Por lo cual se deberá seleccionar los elementos para el circuito de potencia.

Descripción	Voltaje [V]	Corriente [A]	Observaciones
Termomagnético 1ϕ	220	20	Monofásico
Contactor motor (Arranque)	220	25	Monofásico
Relé térmico	220	12-18	Monofásico
Cable THW N° 12	220	20	

e) Contacto de relé.

Son dispositivos auxiliares para el control automático de las electroválvulas o cualquier sistema de control que se desee controlar, existen relés de contactos para corriente continua o corriente alterna su alimentación de la bobina de 24 VAC -220 VAC. Para la selección de los contactos de relé se debe verificar la potencia máxima de las electroválvulas así también la corriente.

Por lo que se seleccionara un relé de contactores de 6 [A]/220 [V]. 2 NA + 2 NC como se puede apreciar en la figura 3.69

Figura 3.69 Relé de contactos Eaton.



Fuente. EATON XT IEC CONTROL RELAY XTRM10A22A

f) Lámparas Piloto.

La finalidad de colocar lámparas de piloto es indicar el funcionamiento del sistema de control como por ejemplo colocar lámparas de color rojo simboliza apagado o falla en el sistema y colocar lámparas de color verde indica puesta en marcha o estado activo del sistema de control. Los pilotos se deben seleccionar de acuerdo a la tensión de trabajo del sistema de control.

Figura 3.70 Pilotos de señalización tablero de control.



Fuente. Luces piloto de un tablero (ABB-mando de señalización)

CAPÍTULO IV

MANUFACTURA.

4.1.PROCESO DE FABRICACION.

4.1.1. Proceso de fabricación de la estructura de los generadores.

Todo sistema de generación fotovoltaica cuenta con una estructura de apoyo, Para ello es necesario contar con una estructura que se encargue de alojar a los generadores fotovoltaicos, para ello se realizó una hoja de procesos para cada elemento para obtener de esta forma el tiempo de fabricación así el costo de fabricación del elemento que se empleara en la estructura de los generadores fotovoltaicos. Estas hojas de proceso de encuentran en anexos.

4.1.2. Proceso de fabricación de la estructura sistema de pararrayos.

La fabricación de una estructura para un sistema de pararrayos tiene como objetivo atraer el rayo ante descargar atmosféricas de manera de controlar e impedir que impacte en una zona no deseada o cause daño a las personas o al sistema fotovoltaico instalado. La implementación de un sistema de pararrayos en el lugar de estudio, tiene como finalidad proteger el sistema de generación ante descargar atmosféricas ya que la zona de estudio cuenta con una probabilidad ante estas descargar para ello se realizó una hoja de procesos que indica el tiempo de fabricación como también el costo de la fabricación. (ver anexo)

4.2.PROCESO Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS.

4.2.1. Montaje de los paneles.

El montaje de los paneles fotovoltaicos está sujetado sobre la estructura que son fijadas atraves de sujetadores quienes se encargaran de fijar los generadores fotovoltaicos con la estructura metálica atraves de pernos. En cuanto a la conexión eléctrica los generadores fotovoltaicos de 38,5 [V] estarán formado por dos estructuras que albergarán un ramal conectado en serie para aumentar la tensión.

Figura 4.1 Montaje de los paneles fotovoltaicos.



Fuente. Elaboración Propia.

La conexión eléctrica de los ramales conectado en serie de los generadores fotovoltaicos estar conectados a una caja de conexiones a través de un interruptor termomagnético así también las protecciones para cada ramal. De esta caja de conexiones saldrán dos cables por cada ramal hacia el inversor. Cabe resaltar que la conexión a tierra se realizara como indica la Norma Boliviana NB/IEC 60364-7-712

4.2.2. Montaje de las baterías.

Las baterías serán montadas sobre una estructura de metal soldada de tres niveles dejando espacio para las conexiones así también la circulación de aire entre las baterías según las recomendaciones de los fabricantes como se puede apreciar en la figura 4.2.

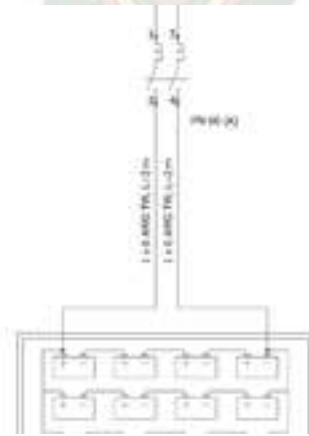
Figura 4.2 Montaje de las baterías en estructura.



Fuente. Elaboración Propia.

En tanto la conexión eléctrica de las baterías este compuesto como los paneles solares que formaran ramales en serie formado una tensión de 48 V. asimismo se conectaran en paralelo por 3 columnas de baterías con la finalidad de almacenar la energía necesaria para alimentar el inversor. La conexión de las baterías externas a otra batería se debe conectar según las recomendaciones que indica la Norma Boliviana NB/ NB/IEC 60364-7-712.

Figura 4.3 Configuración del banco de Baterías.

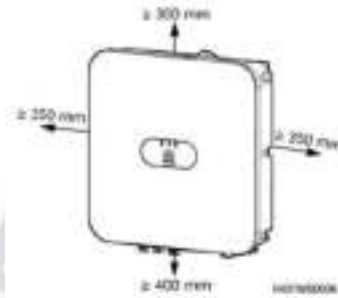


Fuente. Elaboración Propia.

4.2.3. Montaje del inversor.

La instalación del inversor se debe ubicar en un lugar ventilado para garantizar una buena disipación del calor. Como también se debe montar en una estructura o superficie suficientemente sólida para que pueda soportar el peso del inversor. El inversor debe ser montado y conectado según las recomendaciones por el fabricante para evitar daños a los equipos y obtener una larga vida para el inversor.

Figura 4.4 Montaje del inversor SUN.

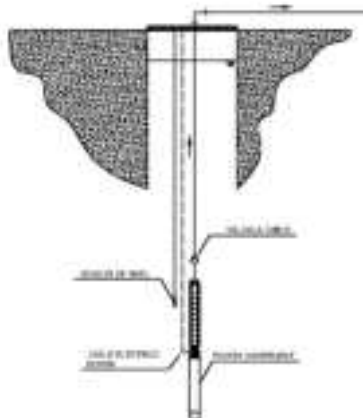


Fuente. Elaboración Propia.

4.2.4. Montaje de la bomba de agua sumergible.

Antes de montar una bomba de agua en un pozo es necesario tomar en cuenta algunas características a considerar entre ellas: la potencia, profundidad de pozo al lugar de evacuación, la durabilidad y el uso de la bomba. como también es necesario tomar en cuenta el aforamiento del pozo ya que de este modo encontramos un punto óptimo para la ubicación de la bomba de agua. Generalmente la instalación de las bombas sumergibles viene acompañada de un sensor de nivel que debe ser montado e instalado en el pozo con la finalidad de controlar el descenso de agua del pozo mandando una señal a la bomba para evitar que la bomba trabaje en vacío.

Figura 4.5 Configuración del sistema de bombeo.



Fuente. Elaboración Propia.

4.3.PROCESO MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO.

Para garantizar la eficiencia de todo el sistema de proyecto aplicado en la comunidad de Casa Grande, es importante establecer una recomendación de operación al momento de arranque y puesta en marcha el sistema de bombeo, sin embargo para que su funcionamiento sea eficiente debemos aplicar un cuidado preventivo o correctivo si fuese necesario, realizar un mantenimiento extenderá la vida útil de los equipos para ello se debe contar con un plan de operación y mantenimiento que será presentado ante la comunidad ya que los habitantes no cuentan con conocimientos técnicos, es por ellos que se brindara un texto de apoyo a los encargados de la comunidad con la finalidad que pueden entender el funcionamiento básico de todo el sistema de generación y bombeo de agua, además de brindar un texto de mantenimiento preventivo para los elementos de sistema de generación eléctrica por paneles solares y bombeo.

4.3.1. Mantenimiento de los paneles solares.

Una de las ventajas de los paneles es que presentan un mantenimiento mínimo, porque no necesitan ningún tipo de manipulación para su funcionamiento. Por eso es que resultan ideales en lugares que se necesitan autonomía de funcionamiento. Generalmente los paneles presentan una capa de protección un vidrio templado de 3 a 3,5 [mm] de espesor que cubre ante cualquier impacto ante cualquier variación climática del lugar de estudio, por las recomendación de los fabricantes se recomienda una inclinación en los paneles según las latitudes que se manejan en diferentes lugares de país tiene como finalidad que la suciedad escurra por sí mismo y en muchos caso con ayuda de la lluvia, siempre se debe comprobar que el vidrio del módulo este limpio.

Tabla 4.1 Mantenimiento preventivo y correctivo de los paneles fotovoltaicos.

Efecto de Falla	Periodo	Tipología del mantenimiento	Solución ante incidencia
Suciedad en los paneles	Semana por medio	revisión	Limpieza de los paneles ante polvo de tierra.
Sombras	semana	revisión	Examinar que no haya proyección de sombras u objetos cercanos en ningún sector de los módulos.
Ajuste de conexiones	semana	revisión	Examinar que todas las conexiones estén ajustadas convenientemente y sin indicios de oxidación, o acumulación de suciedad.
Panel roto	semana	revisión	El vidrio de cubierta de los paneles es resistente para resistir el impacto de la lluvia y granizo, pero no es irrompible y en caso de exista un panel roto.

Fuente. Elaboración Propia.

4.3.2. Mantenimiento del grupo de Baterías.

El tipo de baterías empleados para el proyecto son de tipo VRLA generalmente estas baterías son selladas y no necesitan un mantenimiento en general. Son baterías que están compuesto por dispositivos electroquímicos que permiten almacenar energía en forma de química. Las recomendaciones por los fabricantes el único mantenimiento que se puede realizar a las baterías para un alargamiento de su vida es aumentar o cambiar el agua y el ácido de las baterías. Ver tabla 4.2.

Tabla 4.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de las baterías

Efecto de Falla	Periodo	Tipología del mantenimiento	Solución ante incidencia
Conexión defectuosa	semana	revisión	Ajuste de los cables de conexión en cada uno de las cargas de las baterías.
Corrosión en los terminales	semana	revisión	Limpieza periódica en los terminales evitando la oxidación
Disyuntor se encuentra en OFF	semana	revisión	Revisar la conexión en busca de que se haya producido cortocircuito en algún punto de las cargas.
No existe voltaje en las baterías	semana	revisión	Revisión de los cables de conexión

Fuente. Elaboración Propia.

4.3.3. Mantenimiento de bomba sumergible de agua.

Generalmente la instalación de las bombas sumergibles se encuentra a profundidades muy altas para la extracción de agua sin embargo para que su funcionamiento sea eficiente se debe aplicar un cuidado preventivo que extenderá la vida útil del equipo para ello debemos tomar en cuenta los siguientes puntos. Ver tabla 4.3.

Tabla 4.3 Mantenimiento preventivo y correctivo de la bomba sumergible

Efecto de Falla	Periodo	Causa posible	Solución ante incidencia
La bomba no enciende	Una vez al mes	No hay corriente o hay una fase ausente	Revisar la conexión para encontrar la causa
No hay flujo de agua La bomba hace mucha o poca fuerza	Una vez al mes	La entrada está bloqueada	Cambiará la energía o invertir los cables. Remover las obstrucciones. Remover las obstrucciones arreglar la tubería. Cambie la válvula de retorno.
		La tubería está bloqueada o rota	
		La válvula de retención esta obstruida	

La bomba está trabajando en vacío	semana	No hay suficiente agua	Sumergir la bomba lo necesario. Limitar o reajustar la profundidad de la bomba.
		La bomba no está con la profundidad necesaria	

Fuente. Elaboración Propia.

4.3.4. Mantenimiento tablero principal.

El tablero principal estará compuesto de un gabinete que se encargará de alojar los dispositivos de protección, control, señalización y distribución del sistema de bombeo fotovoltaico. Al contar con un tablero principal es importante revisar el ajuste de las conexiones para evitar cortes de servicio de energía o accidentes. Se recomienda que los tableros eléctricos cuenten con un sistema de protección. Ver tabla 4.4.

Tabla 4.4 Mantenimiento preventivo y correctivo tablero eléctrico.

Efecto de Falla	Periodo	Causa posible	Solución ante incidencia
Inspección visual	Una vez al mes	Cable desconectado	Desconectar los disyuntores, revisar el lugar de donde se desconectó el cable y ajustar a su punto correspondiente.
		Disyuntores se encuentran en la posición OFF	Si un disyuntor se encuentra OFF sin que ninguno operario lo apague es necesario revisar la conexión. Se puede a una falla por cortocircuito o sobrecarga en las cargas para ello es necesario revisar las cargas y una vez solucionarlo se podrá poner en marcha el disyuntor.
		Disyuntor no funciona	Se debe a que el disyuntor sufrió una sobrecarga ante una falla y es necesario cambiar por otro disyuntor con las mismas dimensiones

Fuente. Elaboración Propia.

4.3.5. Mantenimiento de sistema de distribución de agua.

El proyecto está enmarcado la extracción de agua por medio de una bomba sumergible y almacenada en un tanque que será distribuido para el sistema de riego y a la vez consumo humano y ganado por la comunidad. Pero todo sistema cuenta con un plan de mantenimiento con la finalidad de garantizar el suministro de agua a la población de manera segura y confiable. El mantenimiento adecuado en las redes de distribución implica inspección, limpieza y reparación de los elementos que componen el sistema como ser

tuberías, válvulas, bombas y otros componentes para garantizar el funcionamiento correcto del sistema.

Tabla 4.5 Lista de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de agua.

No	ELEMENTO Y EQUIPO	ACCION	PERIODO
1	Bomba sumergible	Limpieza e inspección visual	Semanal
2	Tanque de almacenamiento de hormigón armado	Limpieza	Añual
3	Red de Aducción entrada pozo - tanque	Limpieza	Semanal
4	Red de distribución	Limpieza	Semanal
5	Cámara de purga	Limpieza	Trimestral
6	Cámara de aire	Limpieza	Trimestral
7	Cámara de válvulas de distribución manual	Limpieza e inspección visual	Trimestral
8	Válvulas reductoras de presión	Limpieza e inspección v	Trimestral
9	Válvulas manuales	Limpieza e inspección visual	Trimestral
10	Electroválvulas para riego y almacenamiento de agua	Limpieza e inspección visual	Trimestral

Fuente. Elaboración Propia

CAPÍTULO V

COSTOS.

5.1. Análisis Económico.

Los costos realizados en el presente proyectos son la suma de todos los ítems necesarios para llevarse a cabo el proyecto que incluye la compra de los materias e insumos necesarios. El análisis de los precios calculados para cada ítem de cada obra del proyecto se determinará en base a los planos y procesos que se llevará a cabo. Los elementos que compondrán los costos serán: costo de equipos e insumos y costo mano de obra por cada actividad dentro del proyecto.

5.2. Costo de equipos e insumos.

Los costos para adquirir los materiales y equipos para llevar a cabo el proyecto se pueden apreciar en la siguiente tabla 5.1.

Tabla 5.1 Presupuesto de materiales del proyecto.

ÍTE M	DESCRIPCION POR ÍTEM	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO TOTAL (Bs)
1	Estructura metálica paneles fotovoltaicos.	Glb.	1	6.704,62	6.704,62
2	Subsistema de generación fotovoltaica	Glb.	1	48.199,25	48.199,25
3	Subsistema motor /bomba	Glb.	1	32.666,70	32.666,70
4	Subsistema de acumulación	Glb.	1	42.010,47	42.010,47
5	Tablero general de distribución	Glb.	1	6.963,79	6.963,79
6	Control de sistema de bombeo	Glb.	1	7.042,53	7.042,53
7	Sistema de aterramiento y pararrayos	Glb.	1	8.789,56	8.789,56
8	Sistema de bombeo línea de Impulsión.	Glb.	1	7.379,03	7.379,03
9	Hormigón para tanque de almacenamiento.	Glb.	1	4.855,44	4.855,44
10	Levantamiento Muros de hormigón tanque Alm.	Glb.	1	2.749,95	2.749,95
11	Losa de hormigón (contra piso interior)	Glb.	1	2.382,97	2.382,97
12	Contra tapa de tanque de almacenamiento.	Glb.	1	2.556,82	2.556,82
13	Accesorios y equipos de aspersión 3/4"	Glb.	1	14.600,88	14.600,88
14	Sistema de distribución de riego.	Glb.	1	42.496,58	42.496,58
15	Sistema de distribución de agua potable.	Glb.	1	17.684,10	17.684,10

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 5.1 se puede apreciar los precios cotizados para llevar a cabo cada subsistema planteados en el proyecto. (Ver Anexo J).

5.3. Costo de procesos y mano de obra.

En este punto se llevará a cabo los costos de mano de obra en base a procesos y actividades para la ejecución del proyecto. Para ello en la siguiente tabla 5.2 se dará a conocer los costos de los procesos y actividades.

Tabla 5.2 Presupuesto de Mano de obra por actividad dentro del proyecto.

No	Ítem/actividad	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
1	Construcción de soporte de los paneles fotovoltaicos.	Glb.	1	3.360,52	3.360,52
2	Construcción hormigón armado e instalación de soporte de los paneles	Glb.	1	6.793,80	6.793,80
3	Montaje de los paneles fotovoltaicos	Glb.	1	1.283,00	1.283,00
4	Cerco de la malla perimetral planta de generación fotovoltaica	Glb.	1	11.117,34	11.117,34
5	Ductaje y cableado de los equipos solares	Glb.	1	4.974,00	4.974,00
6	Instalación de tablero de distribución	Glb.	1	545,62	545,62
7	Instalación de tablero de potencia bomba sumergible TDS-1	Glb.	1	691,53	691,53
8	Construcción del tanque de almacenamiento	Glb.	1	3.590,44	3.590,44
9	Tendido de la red de tubería de impulsión bomba sumergible – tanque de almacenamiento.	Glb.	1	13.017,54	13.017,54
10	Tendido de la red de tubería de distribución para el sistema de riego.	Glb.	1	55.805,38	55.805,38
11	Tendido de la red de tubería de distribución para de agua potable	Glb.	1	33.428,89	33.428,89
12	Construcción de pileta publicas	Glb.	1	4.692,62	4.692,62
13	Construcción de cámara de purga de aire	Glb.	1	1.337,57	1.337,57
14	Construcción de cámara de purga lodos	Glb.	1	1.003,18	1.003,18
15	Construcción de cámara de riego parcelarios.	Glb.	1	4.670,30	4.670,30
16	Instalación de electroválvulas y accesorios del sistema de riego de la red de impulsión.	Glb.	1	105,00	105,00
17	Instalación y montaje de sistema de pararrayos y puesta a tierra.	Glb.	1	3.506,80	3.506,80

Fuente. Elaboración Propia.

Dentro de la tabla 5.2 se puede apreciar los costos de mano de obra y materiales por actividades como también la fabricación de la estructura metálica de los paneles fotovoltaicos para ello se realizó una plantilla de cómputos de cada ítem planteado para su ejecución del proyecto. (Ver anexo J).

5.4.Costo total

Dentro de este punto se dará un resumen del precio del proyecto de acuerdo a las actividades planteadas, para ello se realizará una sumatoria en general que incluirá costo de mano de obra como también costo de materias y equipos como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 5.3 Presupuesto total por etapas del proyecto. (Parte -1)

No	ETAPAS	SUBTOTAL (Bs.)	TOTAL (Bs.)
1	Red de la línea de Impulsión		20.396,57
	Ítem 8 (Tabla 5.1)	7.379,03	
	N° 12 (Tabla 5.2)	13.017,54	
2	Tanque de almacenamiento.		16.135,62
	Ítem 9 (Tabla 5.1)	4.855,44	
	Ítem 10 (Tabla 5.1)	2.749,95	
	Ítem 11 (Tabla 5.1)	2.382,97	
	Ítem 12 (Tabla 5.1)	2.556,82	
	N° 8 (Tabla 5.2)	3.590,44	
3	Red de distribución de riego.		98.406,96
	Ítem 14 (Tabla 5.1)	42.496,58	
	N° 10 (Tabla 5.2)	55.805,38	
	N° 16 (Tabla 5.2)	105,00	
5	Red de distribución de agua para consumo		51.112,99
	Ítem 15 (Tabla 5.1)	17.684,10	
	N° 11 (Tabla 5.2)	33.428,89	
6	Accesorios y equipos de aspersion 3/4"		14.600,88
	Ítem 13 (Tabla 5.1)	14.600,88	
7	Construcción de piletas públicas.		4.692,62
	No 12 (Tabla 5.2)	4.692,62	
8	Construcción de cámara de purga de aire		1.337,57
	No 13 (Tabla 5.2)	1.337,57	
9	Construcción de cámara de purga lodos		1.003,18
	No 14 (Tabla 5.2)	1.003,18	
10	Construcción de cámara de riego parcelarios.		4.670,30

Tabla 5.3 Presupuesto total por etapas del proyecto (Parte-2)

	N° 15 (Tabla 5.2)	4.670,30	
11	Estructura de los grupos de paneles		27.976,28
	Ítem 1 (Tabla 5.1)	6.704,62	
	N° 1 (Tabla 5.2)	3.360,52	
	N° 2 (Tabla 5.2)	6.793,80	
	N° 4 (Tabla 5.2)	11.117,34	
12	Sistema de generación Fotovoltaica.		54.456,25
	Ítem 2 (Tabla 5.1)	48.199,25	
	N° 3 (Tabla 5.2)	1.283,00	
	N° 5 (Tabla 5.2)	4.974,00	
13	Instalación de la bomba de agua.		32.666,70
	Ítem 3 (Tabla 5.1)	32.666,70	
14	Instalación de Banco de baterías.		42.010,47
	Ítem 4 (Tabla 5.1)	42.010,47	
15	Sistema de distribución eléctrica.		15.243,47
	Ítem 5 (Tabla 5.1)	6.963,79	
	Ítem 6 (Tabla 5.1)	7.042,53	
	N° 6 (Tabla 5.2)	545,62	
	N° 7 (Tabla 5.2)	691,53	
16	Sistema de aterramiento y pararrayos		8.789,56
	Ítem 7 (Tabla 5.1)	8.789,56	
	N° 17 (Tabla 5.2)	3.506,80	
TOTAL (Bs.)			393.499,42

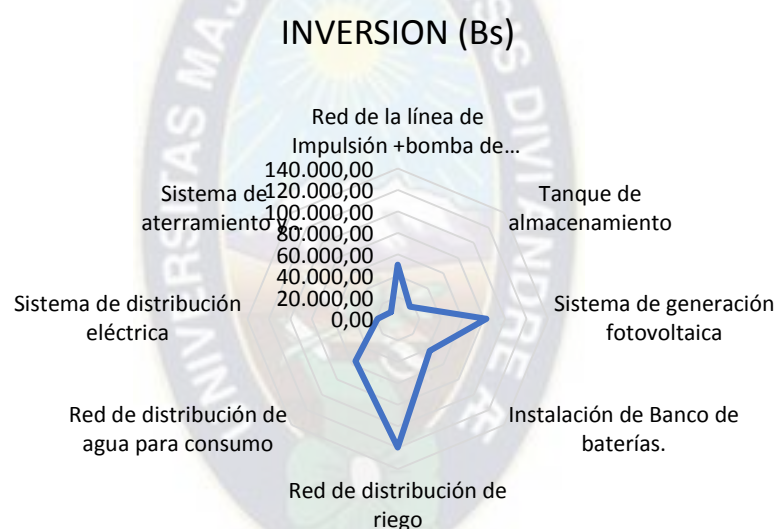
Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla 5.3 se puede apreciar en monto total por etapas en resumen por sistema se representaría como se puede apreciar en la siguiente tabla 5.4.

Tabla 5.4 Resumen del presupuesto total.

No	ETAPAS	INVERSION (Bs)
1	Red de la línea de Impulsión +bomba de agua	53.063,27
2	Tanque de almacenamiento	16.135,62
3	Sistema de generación fotovoltaica	82.432,53
4	Instalación de Banco de baterías.	42.010,47
5	Red de distribución de riego	120,018,89
6	Red de distribución de agua para consumo	55.805,61
7	Sistema de distribución eléctrica	15.243,47
8	Sistema de aterramiento y pararrayos	8.789,56
	TOTAL (Bs.)	393.499,42

Fuente. Elaboración propia.



Se puede ver en la tabla 5.4 que el costo de inversión del proyecto es de 393.499,42 Bs. (treientos noventa y tres mil cuatrocientos noventa y nueve 42/100 bolivianos).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- En el presente proyecto de grado se diseñó un sistema de bombeo autónomo con una bomba sumergible alimentado por un grupo de paneles fotovoltaicos quienes se encargarán de proporcionar energía eléctrica prestando un servicio continuo durante el día de manera que se pueda almacenar el agua con la finalidad de proveer agua, para el riego de cultivos, consumo humano y ganado dentro de la comunidad.
- Se determinó las condiciones climatológicas geográficas del lugar estudio a través de herramientas computacionales como QGIS, PVGIS, Power.larc.nasa.gov y las estaciones meteorológicas cercanas al lugar de estudio obteniendo así un promedio de las acciones preventivas como ser la temperatura, la precipitación pluvial, la velocidad del viento y la radiación solar que proyecta dentro de la comunidad. Así mismo se pudo identificar la cantidad de demanda de agua para el riego de los cultivos, consumo y para la población pecuaria que habita dentro de la comunidad.
- Se determinó el sistema hidráulico de la línea de impulsión como ser la altura hidráulica según el lugar de estudio así mismo se determinó la potencia de la bomba sumergible con un valor de 2,2 [kW] de la marca de GRUNDFOS óptima, cumpliendo con todos los requerimientos de caudal y carga dinámica total necesarios para el proyecto.
- Se dimensionó una planta fotovoltaica de 4,14 KW que está compuesto por 12 módulos de 345 Wp por string de manera que pueda aportar la energía necesaria para el sistema de bombeo, con una corriente prácticamente constante durante el día, cuyo valor dependerá de la intensidad luminosa incidente durante el día de manera que esta corriente será utilizada para el accionamiento de la bomba sumergible asegurando el servicio continuo durante su funcionamiento
- Se realizó una estimación del presupuesto general del proyecto por etapas para el conocimiento de los comunarios y autoridades del Municipio de Mojinete, como se puede observar se detalló para cada inversión por etapas para su ejecución de cada sistema dato que servirá para planificaciones y asignaciones de recursos de

las comunidades u otras comunidades que deseen la implementación de dicho proyecto.

6.2. Recomendaciones.

- Al ser un proyecto propuesto para la comunidad, se recomienda un estudio general de la generación fotovoltaica por los paneles solares así también tener en cuenta la temperatura real de operación de los paneles fotovoltaicos, la potencia real y las horas sol que se dispone dentro de la comunidad.
- Al ser un proyecto propuesto para la comunidad los precios son establecido hasta la actualidad se recomienda tomar en cuenta la puesta en marcha el proyecto y realizar un nuevo análisis de costos.
- La implementación de un sistema de banco de baterías para el servicio de consumo eléctrico nocturno, tiene un problema dentro del proyecto debido a su alto costo de inversión se recomienda un análisis riguroso para su implementación de un banco de baterías.

Inversión total de proyecto	Monto (Bs.)
Sistema de bombeo OFF GRID	393.499,42
Sistema de bombeo ON GRID	351.488,95

- Se recomienda que en caso que se desee implementar un sistema de almacenamiento de baterías, investigar el comportamiento de descargar dinámica de las celdas de las baterías, tomando la cuenta que la descarga individual de cada batera percute en el voltaje de las baterías. Generando un descaste desigual en el arreglo reduciendo el tiempo de vida útil del grupo de batería lo cual genera un incremento en los costos de operación.
- Se recomienda realizar una puesta a tierra y protecciones contra pararrayos con datos exactos del lugar de estudio.
- Evaluar en lo posible electrificar a toda la comunidad y en futuro no lejano evaluar la conexión a la red (ON GRID) con una retribución monetaria en beneficio para la comunidad.
- Se recomienda realizar cámaras de filtrado de agua para su distribución de agua con la finalidad de mejorar la calidad del agua para los comunarios por la presencia de bacterias el consumo de agua debe ser filtrada y hervida.

BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA.

- Alonso M, y Chenlo F. (1994). “Sistema de Bombeo Fotovoltaico”. Andalucía-España. Costo de generación de electricidad fotovoltaica Bolivia y barreras para su expansión (septiembre de 2012). Obtenido de: http://energias-renovables.weebly.com/uploads/1/3/2/2/13223830/simposio_-_documento_v_2.0.pdf
- Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de hidrocarburos y energía, Balance energético Nacional (2006-2020). Obtenido de: <https://www.mhe.gob.bo/balance-energetico-nacional-2006-2020/>.
- German Monsalve Sáenz “Hidrología en la Ingeniería, 2ª. Edición” Escuela Colombiana De Ingeniería.
- Instituto Nacional de Estadística. (2012). Obtenido de <http://www.ine.gob.bo/>
- León Villalobos, Carlos Darwin. (2019). “Diseño del sistema de Agua Potable y Alcantarillado Mediante WaterCAD y Civil 3D en la Urb, el Eden II-Pimentel.”
- Mantas Biosca, Oscar. (2022). “Diseño y estudio técnico de un sistema estructural modular para anclaje de placas solares.”
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua Viceministerio de Recursos Híbridos y Riego. (agosto de 2020). “Guías para la Elaboración de estudios de diseño técnico de preinversión para proyectos de riego menores, medianos y mayores.”
- Norma Boliviana NB 777. (2007). “Diseño y construcción de instalaciones eléctrica interiores en baja tensión.”
- Norma Boliviana NB 689. (2004). “Reglamento Técnicos de Diseño para sistema de Agua Potable”. Volumen 1 de 2. (Ministerio de servicios y obras públicas viceministerio de servicios básicos.)
- Organización Panamericana de la salud (2005). GUIAS PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE. Guía Lima Organización Mundial de Salud, Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental
- Plan de Desarrollo Municipal Mojinete (2007-2011). Obtenido de: http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM_S/05_POTOSI/051002%20Mojinete%20
- Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). (31 de diciembre de 2000) obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Robert L. Mott (2006) “Mecánica de Fluidos 6ta edición.”
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (25 de agosto de 2022). SENAMHI. Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Víctor Yusta Laguna. (diciembre de 1998). “Programa para el Cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos.”-Ingeniería Técnica Agrícola fruticultura y jardinería.
- WaterCAD/GEMS V8i. (2010). “Curso de Modelación y Diseño de Sistemas de Distribución, Intermedio (sistema métrico).”

ANEXOS.

Anexo A Cartografía del lugar de estudio

Anexo B Diseño agronómico.

Anexo C Diseño hidráulico de red de agua potable.

Anexo D Características de la bomba de agua.

Anexo E Componentes de los elementos fotovoltaicos.

Anexo F Resultado de la simulación de sistema fotovoltaico PVSyst.

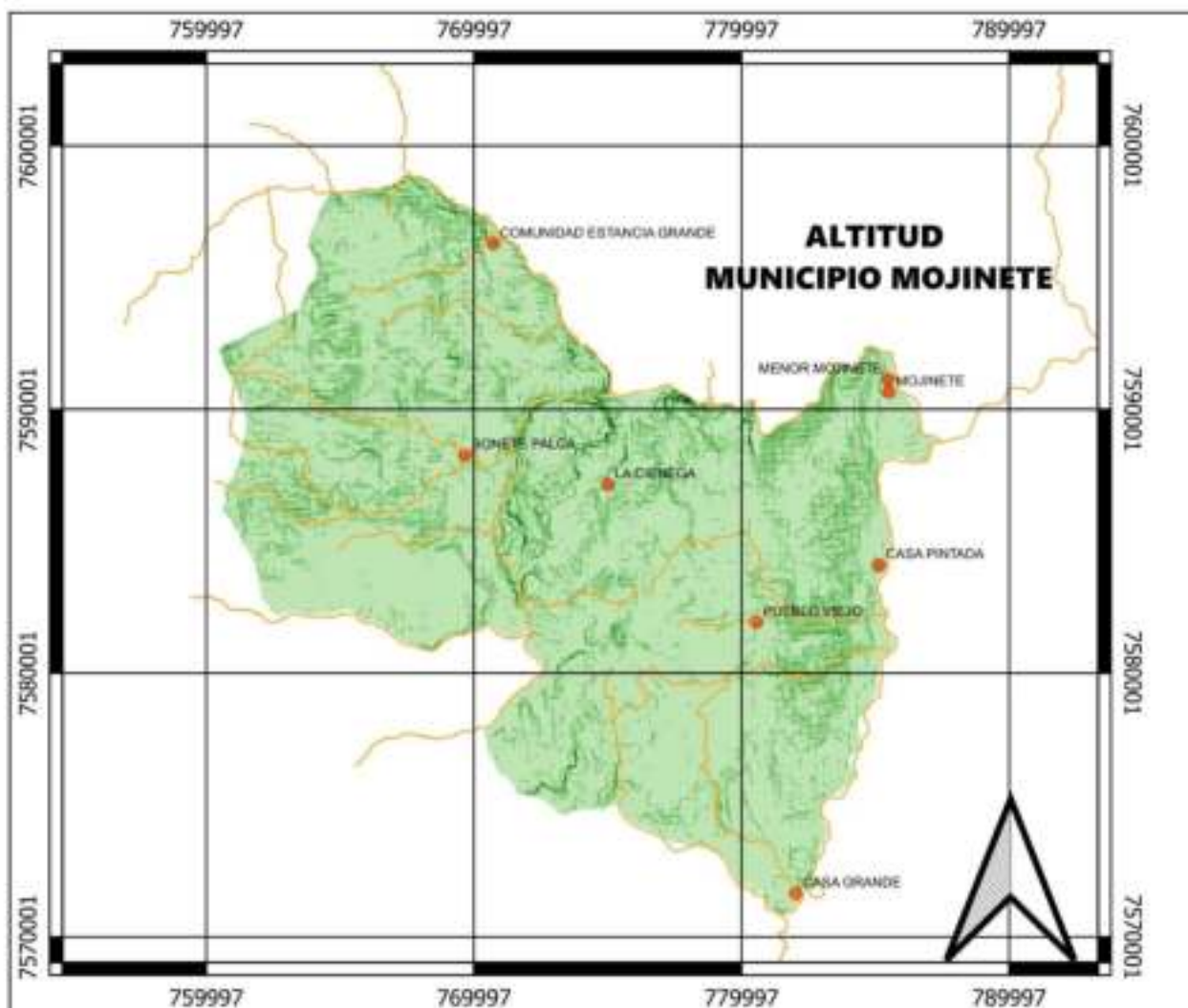
Anexo G Resultado de la estructura sometido a las cargas calculadas.

Anexo H Planos del proyecto.

Anexo I Procesos y Costos.

ANEXO A.

**Cartografía del
lugar de estudio.**



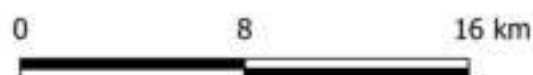
LEYENDA

- Rios secundarios Mojinete
- Poblaciones

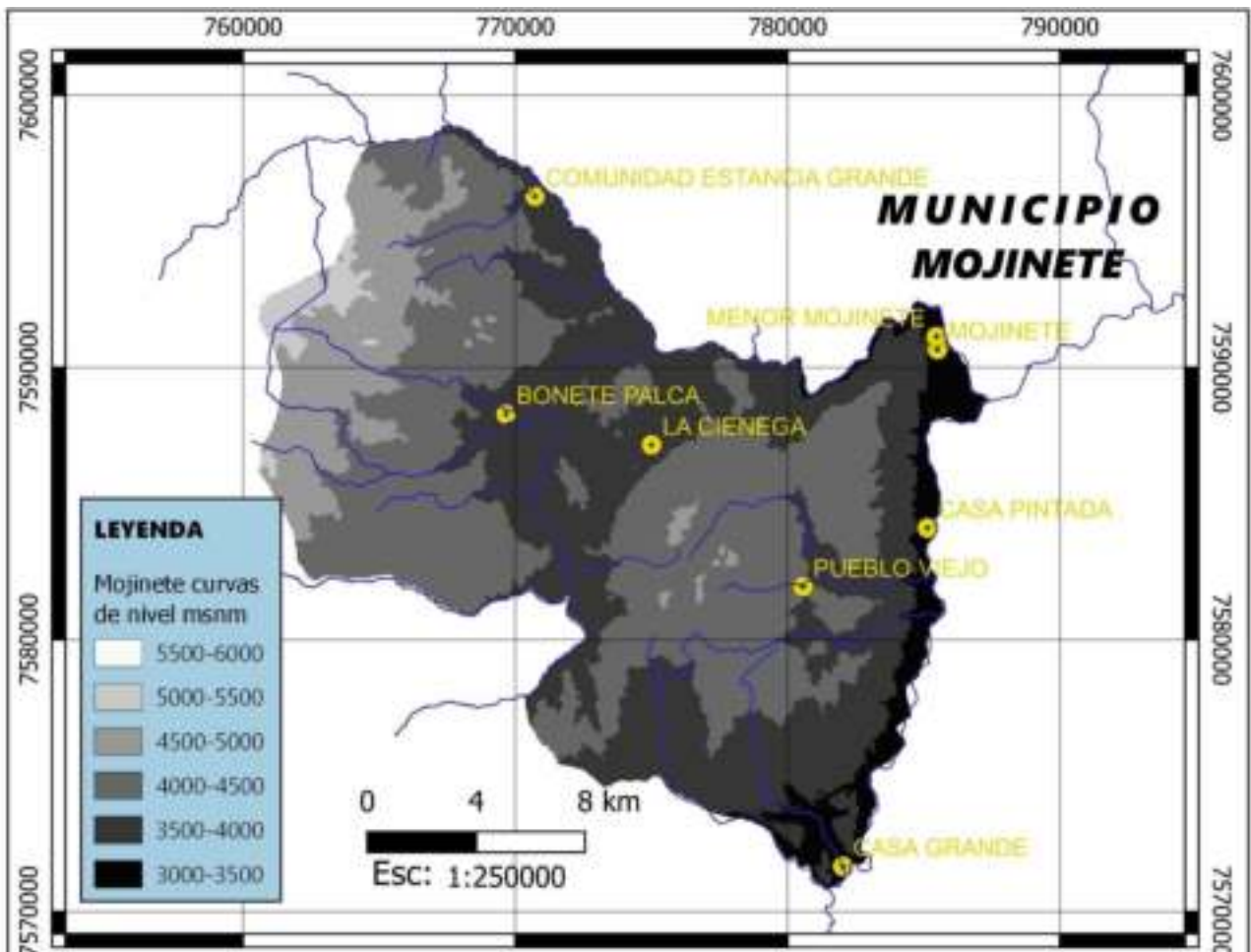
Pendientes reclasificado

- 0-50
- 50-100
- 100-150
- 150-200
- 200-250
- 250-300

Rango Altitud	Area (Km2)
0-50	296,12
50-100	86,8
100-150	5,48
150-200	0,52
200-250	0,09
250-300	0,02
Total	389,03



Esc: 1:240000



ANEXO B

Diseño Agronómico



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO IDENTIFICACION DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	Sistema de Riego Comunidad de Casa Grande
NOMBRE DEL PROYECTISTA:	Univ. Erick Daniel Zambrana Tejerina
LOCALIZACION:	
DEPARTAMENTO:	Pulco
PROVINCIA:	Sur Lpez
MUNICIPIO:	Mojineta
COMUNIDAD:	Casa Grande
LATITUD:	21°56'S
LONGITUD:	66°16'13"
ZONA AGRO CLIMATICA:	Altiplano



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET_o) Método Penman Monteith

Latitud: 20 °	Altitud: 3700 msnm
---------------	--------------------

Temperatura Mínima (°C)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
-5.28	-5.24	-3.27	-0.64	2.37	4.80	6.14	7.14	6.51	5.54	1.87	-2.72

Temperatura Máxima (°C)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
17.82	17.57	19.39	21.11	23.05	24.35	24.04	22.51	22.20	22.83	22.35	19.98

Humedad Relativa (HR)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
0.49	0.44	0.41	0.42	0.47	0.50	0.57	0.62	0.62	0.61	0.55	0.51

Horas sol (Horas)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
5.18	5.39	6.37	7.37	8.18	8.52	7.93	7.25	6.99	6.86	5.67	5.39

Velocidad del Viento(m/s)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
4.06	3.99	3.92	4.10	3.74	3.78	3.27	3.18	2.95	3.06	3.40	3.78

ET _o CALCULADO (mm/día):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
3.02	3.29	3.81	4.54	4.99	5.38	5.00	4.58	4.31	4.15	3.76	3.35



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO
AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION CON PROYECTO (PARTE 1)

PROYECTO: Sistema de Riego Comunidad de Casa Grande		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 2.18 (ha)	
CULTIVO:		Módulo (módulos)	TOTAL
AREA REAL (ha)		2.18	2.18
AREA BAJO RIEGO OPTIMO		2.18	2.18

AREA NETA (ha)	2.18
FACTOR DE AREA	1.0000
CAPACIDAD MAXIMA (ha)	3.00

DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.8750%	Eficiencia de Captación = 1.00				Eficiencia de Conducción = 0.95				Eficiencia de Distribución = 0.95		Eficiencia de Aplicación = 0.75		
Req. Bruto Total (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	76.75	176.75	221.95	137.84	127.98	0.00	0.00	0.00	737.25
DEMANDA TOTAL (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	1.38	1.74	1.08	1.01	0.00	0.00	0.00	5.83
DEMANDA TOTAL (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	1,854.26	3,964.89	4,983.97	2,994.70	2,897.68	0.00	0.00	0.00	16,462.34
Caudal Uniforme Bruto (ha/h)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.66	0.83	0.51	0.53	0.00	0.00	0.00	2.83

OFERTA													
Piso subterráneo (m³)	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,776.00	8,035.20	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,267.60	8,035.20	7,776.00	8,035.20	94,908.00
Fuente 2 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 3 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 4 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA TOTAL (m³)	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,776.00	8,035.20	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,267.60	8,035.20	7,776.00	8,035.20	94,908.00
OFERTA REAL (ha)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	36.00

BALANCE													
BALANCE (ha)	3.00	3.00	3.00	3.00	2.38	1.62	1.26	1.92	1.99	3.00	3.00	3.00	0.00
Superficie de Riego Máx. (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	16.26	4.56	3.62	5.83	5.67	0.00	0.00	0.00	0.00
Superficie Adicional (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	8.10	2.40	1.52	3.23	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA DEFECTUOSA (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PROYECTO: Sistema de Riego Comunidad de Casa Grande		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 2.08 (ha)	
CULTIVO:		Módulo (módulos)	TOTAL
AREA REAL (ha)		2.08	2.08
AREA BAJO RIEGO OPTIMO		2.08	2.08

AREA NETA (ha)	2.08
FACTOR DE AREA	1.0000
CAPACIDAD MAXIMA (ha)	3.00

DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.8750%	Eficiencia de Captación = 1.00				Eficiencia de Conducción = 0.95				Eficiencia de Distribución = 0.95		Eficiencia de Aplicación = 0.75		
Req. Bruto Total (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	76.49	176.75	221.95	127.36	84.11	84.74	33.35	0.00	812.75
DEMANDA TOTAL (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	1.33	1.68	0.95	0.79	0.88	0.26	0.00	6.14
DEMANDA TOTAL (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	1,529.84	3,413.96	4,439.00	2,947.59	1,862.17	1,714.71	667.00	0.00	16,203.96
Caudal Uniforme Bruto (ha/h)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.66	0.83	0.48	0.28	0.33	0.12	0.00	3.10

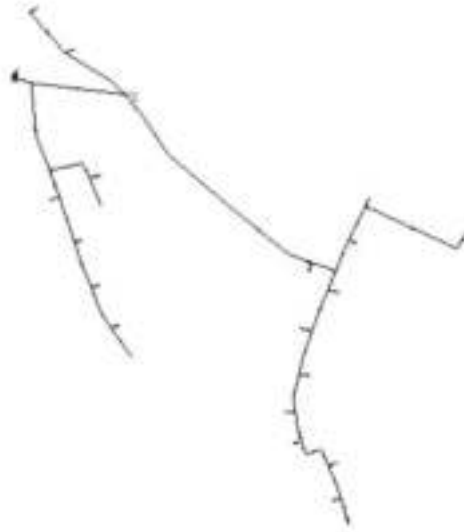
OFERTA													
Piso Perforado (m³)	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,776.00	8,035.20	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,267.60	8,035.20	7,776.00	8,035.20	94,908.00
Fuente 2 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 3 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 4 (m³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA TOTAL (m³)	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,776.00	8,035.20	7,776.00	8,035.20	8,035.20	7,267.60	8,035.20	7,776.00	8,035.20	94,908.00
OFERTA REAL (ha)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	36.00

BALANCE													
BALANCE (ha)	3.00	3.00	3.00	3.00	2.33	1.68	1.34	2.05	2.22	3.04	3.04	3.00	0.00
Superficie de Riego Máx. (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	4.56	3.62	6.31	7.71	9.06	23.31	0.00	0.00
Superficie Adicional (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	8.08	2.56	1.62	4.31	5.71	7.99	21.31	0.00	0.00
AREA DEFECTUOSA (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PROYECTO: Sistema de Riego Comunidad de Casa Grande		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 1.57 (ha)	
CULTIVO:		Módulo (módulos)	TOTAL
AREA REAL (ha)		1.57	1.57
AREA BAJO RIEGO OPTIMO		1.57	1.57

AREA NETA (ha)	1.57
FACTOR DE AREA	1.0000
CAPACIDAD MAXIMA (ha)	3.00

RIEGO CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LAS TRES RAMAS - Time: 0,00 hours



DATOS DE NODOS - Time: 0,00 hours

Label	Hydraulic Grade (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)
CLI-1 TANQUE	3.415,28	3.405,01	10,25	781.820,14	7.571.971,19	0,00
CLI-3	3.414,54	3.389,96	24,53	781.920,93	7.571.958,83	0,00
Nodo-22	3.412,98	3.380,00	32,91	782.095,90	7.571.787,60	0,00
CLI-4	3.404,73	3.380,03	24,65	782.145,01	7.571.770,23	0,00
CLI-5	3.403,99	3.380,78	23,17	782.177,03	7.571.839,51	0,00
CLI-2	3.414,99	3.397,54	17,41	781.839,96	7.571.877,89	0,00
Nodo-3	3.414,70	3.390,75	23,90	781.874,94	7.571.885,45	0,00
Nodo-2	3.414,60	3.389,37	25,18	781.882,60	7.571.869,53	0,00
Nodo-21	3.414,17	3.388,47	25,64	781.939,10	7.571.935,59	0,00
Nodo-23	3.413,90	3.384,69	29,15	781.965,80	7.571.895,11	0,00
Nodo-24	3.413,43	3.381,22	32,15	782.031,10	7.571.839,74	0,00
Nodo-4	3.403,83	3.380,00	23,78	782.113,52	7.571.574,27	0,00
Nodo-5	3.403,78	3.380,00	23,73	782.129,52	7.571.579,90	0,00
Nodo-6	3.403,53	3.375,00	28,47	782.274,69	7.571.794,15	0,00
Nodo-12	(N/A)	3.380,00	(N/A)	781.931,45	7.571.961,54	(N/A)
Nodo-7	3.403,50	3.385,32	18,14	782.150,91	7.571.527,30	0,00
Nodo-8	3.403,72	3.381,24	22,43	782.137,35	7.571.562,03	0,00
Nodo-9	3.403,87	3.380,00	23,82	782.109,10	7.571.588,02	0,00
Nodo-10	3.403,97	3.380,00	23,92	782.102,18	7.571.619,82	0,00
Nodo-11	3.404,08	3.380,20	23,83	782.106,07	7.571.659,62	0,00
Nodo-13	3.404,26	3.381,21	23,00	782.120,15	7.571.705,83	0,00
Nodo-14	3.404,49	3.380,55	23,89	782.137,23	7.571.750,45	0,00
Nodo-15	3.405,03	3.380,00	24,98	782.120,13	7.571.779,00	0,00
Nodo-16	3.404,23	3.380,00	24,18	782.159,06	7.571.803,34	0,00
Nodo-17	3.411,96	3.399,57	12,36	781.905,34	7.571.708,94	0,00

DATOS DE NODOS - Time: 0,00 hours

Label	Hydraulic Grade (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)
Nodo-18	3.412,24	3.400,80	11,42	781.884,45	7.571.752,69	0,00
Nodo-19	3.412,87	3.399,08	13,76	781.866,57	7.571.800,65	0,00
Nodo-20	3.413,94	3.396,32	17,59	781.850,23	7.571.848,98	0,00

Hydrant Table - Time: 0,00 hours

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Hydrant Status
379	Hidrante N°1	3.384,96	0,24	3.403,43	18,42	Closed
388	Hidrante N°2	3.381,83	0,24	3.403,64	21,76	Closed
397	Hidrante N°3	3.380,00	0,24	3.403,80	23,75	Closed
412	Hidrante N°4	3.380,01	0,24	3.403,89	23,83	Closed
421	Hidrante N°5	3.380,86	0,24	3.403,99	23,09	Closed
432	Hidrante N°6	3.380,25	0,24	3.404,16	23,86	Closed
441	Hidrante N°7	3.381,25	0,24	3.404,41	23,11	Closed
452	Hidrante N°8	3.380,00	0,24	3.404,97	24,92	Closed
461	Hidrante N°9	3.379,33	0,24	3.404,15	24,77	Closed
507	Hidrante N°10	3.398,34	0,24	3.411,88	13,52	Closed
516	Hidrante N°11	3.399,21	0,24	3.412,16	12,93	Closed
525	Hidrante N°12	3.397,40	0,24	3.412,80	15,37	Closed
534	Hidrante N°13	3.398,84	0,24	3.413,86	14,98	Closed
121	Hidrante N°14	3.399,60	0,24	3.411,77	12,15	Closed
127	Hidrante N°15	3.390,25	0,24	3.414,50	24,19	Closed
129	Hidrante N°16	3.387,61	0,24	3.413,24	25,57	Closed
186	Hidrante N°17	3.380,25	0,24	3.405,06	24,76	Closed
131	Hidrante N°18	3.381,92	0,24	3.407,02	25,04	Closed
137	Hidrante N°19	3.386,52	0,24	3.403,35	16,80	Closed
167	Hidrante N°20	3.381,22	0,24	3.403,91	22,65	Closed
187	Hidrante N°21	3.375,00	0,24	3.400,04	24,99	Closed

Pipe Table - Time: 0,00 hours

Label	Diameter (in)	Length (m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)	Material	Hazen-Williams C
Tuberia N°1	2,00	11	0,96	0,47	0,06	PVC	150,0
Tuberia N°11	2,50	24	0,96	0,30	0,04	PVC	150,0
Tuberia N°12	1,50	18	0,48	0,42	0,10	PVC	150,0
Tuberia N°17	1,50	51	0,72	0,63	0,63	PVC	150,0
Tuberia N°18	1,50	51	0,96	0,84	1,07	PVC	150,0
Tuberia N°23	1,50	37	0,48	0,42	0,22	PVC	150,0
Tuberia N°24	2,00	20	0,72	0,36	0,06	PVC	150,0
Tuberia N°25	2,00	17	0,72	0,36	0,05	PVC	150,0
Tuberia N°26	2,00	14	0,72	0,36	0,04	PVC	150,0
Tuberia N°27	2,50	41	1,20	0,38	0,11	PVC	150,0
Tuberia N°28	2,50	48	1,44	0,45	0,18	PVC	150,0
Tuberia N°29	2,50	48	1,68	0,53	0,23	PVC	150,0
Tuberia N°30	2,50	26	2,64	0,83	0,30	PVC	150,0
Tuberia N°31	3,00	18	5,04	1,10	0,28	PVC	150,0
Tuberia N°32	3,00	83	2,88	0,63	0,46	PVC	150,0
Tuberia N°33	3,00	86	2,88	0,63	0,47	PVC	150,0
Tuberia N°34	3,00	48	2,88	0,63	0,27	PVC	150,0

Pipe Table - Time: 0,00 hours

Label	Diameter (in)	Length (m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)	Material	Hazen-Williams C
Tuberia N°35	3,00	102	3,36	0,74	0,74	PVC	150,0
Tuberia N°36	3,00	6	2,88	0,63	0,03	PVC	150,0
Tuberia N°37	3,00	20	2,88	0,63	0,11	PVC	150,0
Tuberia N°42	1,50	40	0,48	0,42	0,23	PVC	150,0
Tuberia N°43	3,00	11	(N/A)	(N/A)	(N/A)	PVC	150,0
Tuberia N°44	3,00	23	(N/A)	(N/A)	(N/A)	PVC	150,0
Tuberia N°45	2,00	2	(N/A)	(N/A)	(N/A)	PVC	150,0
Tuberia N°89	1,25	6	0,24	0,30	0,02	PVC	150,0

ANEXO C

Diseño hidráulico de red de agua potable

DISEÑO SISTEMA DE AGUA POTABLE- COMUNIDAD DE CASA GRANDE.

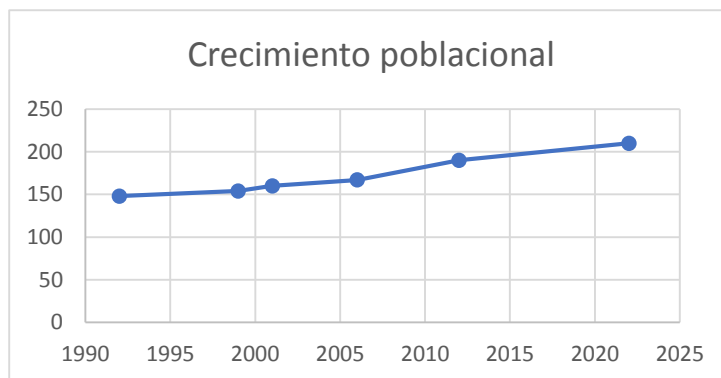
Proyecto: INSTALACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE -DEPARTAMENTO DE POTOSI-PROVINCIA SUR LIPEZ-MUNICIPIO MOJINETE- COMUNIDAD CASA GRANDE.

1. CALCULO DE LA POBLACION FUTURA.

Censo [año]	Población [hab]
1992	148
1999	154
2001	160
2006	167
2012	190
2022	210

Fuente: INE- Instituto Nacional de estadística del departamento de Potosí
Censo Nacional de Población y vivienda 2012

a) Determinación de la tasa de crecimiento Poblacional.



La población tiene un notorio crecimiento poblacional, lo que se recomienda aplicar un crecimiento geométrico o exponencial para centros poblados rurales

la ecuación es:

$$P_f = P_o * (1 + i)^t \quad \rightarrow \quad i = \left(\frac{P_f}{P_o}\right)^{1/t} - 1$$

donde:

i: Tasa de crecimiento [%]

t: Número de años de estudio [años]

P_f : Población Futura [hab]

P_o : Población de último censo [hab]

Método de Mínimos cuadrados:

$$P_f = P_o * (1 + i)^t \dots\dots\dots(1)$$

$$y = a * (b)^x \dots\dots\dots(2)$$

$$\ln(y) = \ln(a) + x * \ln(b) \dots\dots\dots(3)$$

$$V = A + xB \dots\dots\dots(4)$$

No	x	y	V=ln(y)	x*V	x^2	V^2
1	1992	148	4,997	9954,45	3968064	24,97
2	1999	154	5,037	10068,87	3996001	25,37
3	2001	160	5,075	10155,42	4004001	25,76
4	2006	167	5,118	10266,70	4024036	26,19
5	2012	190	5,247	10557,01	4048144	27,53
6	2022	210	5,347	10811,85	4088484	28,59
$\Sigma=$	12032	1029	30,82	61814,30	24128730	158,42

coeficiente de correlación

$$r = \frac{n \sum x * V - \sum x * \sum V}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2) * (n \sum V^2 - (\sum V)^2)}}$$

$$r = 0,985$$

$$0 < r < 1 \quad \text{cumple.}$$

cálculo de "B" y "A"

$$B = \frac{n \sum x * V - \sum x * \sum V}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

B= 0,012493

$$A = \frac{\sum V - B * \sum x}{n}$$

A= -19,91660

A	B	a	b
-19,916605	0,012493	2,24041E-09	1,01257181

Ecuación general.

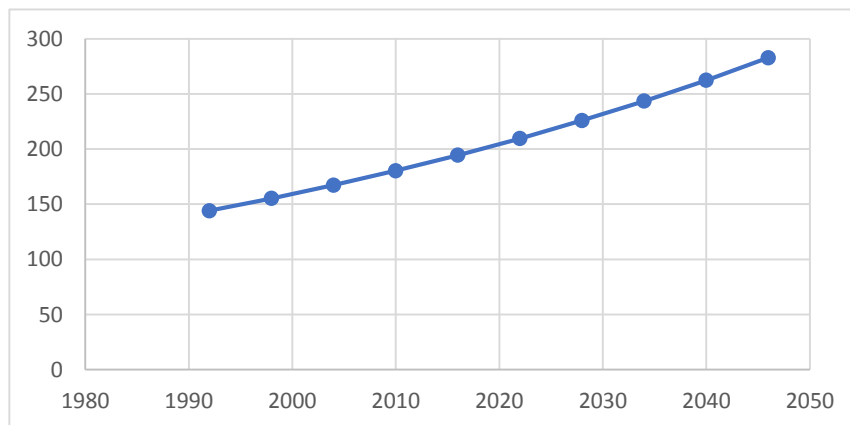
$$y = 1,59044x10^{-6} * (1,00927795)^x$$

Para hallar el índice de crecimiento poblacional se debe aplicar la ecuación por la regresión para años iguales.

Censo [año]	Población [hab]	Δt
1992	148	
1999	154	7
2001	160	2
2006	167	5
2012	190	6
2022	210	10
Promedio=		6

En base a la ecuación general encontrada por la regresión lineal tenemos.

No	x=t	y= P_f	i [%]
1	1992	144	
2	1998	155	1,2572
3	2004	167	1,2572
4	2010	180	1,2572
5	2016	194	1,2572
6	2022	210	1,2572
7	2028	226	1,2572
8	2034	243	1,2572
9	2040	262	1,2572
10	2046	283	1,2572
Promedio i [%]=			1,2572



b) Determinación de la Población Futura de diseño.

Población de diseño

Población futura Aritmética.

$$P_{fA} = P_o + \left(1 + \frac{i \cdot t}{100}\right)$$

Población futura Geométrico.

$$P_{fG} = P_o \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

Población futura Exponencial.

$$P_{fE} = P_o \cdot e^{\left(\frac{it}{100}\right)}$$

índice de crecimiento poblacional anual "i" (%)

1,2572

Periodo de diseño "t" (años)

20

Población actual 2022. (hab)

210

Año	Periodo	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio.
2023	0	210	210	210	210
2024	1	213	213	213	213
2025	2	215	215	215	215
2026	3	218	218	218	218
2027	4	221	221	221	221
2028	5	223	224	224	223
2029	6	226	226	226	226
2030	7	228	229	229	229
2031	8	231	232	232	232
2032	9	234	235	235	235
2033	10	236	238	238	237
2034	11	239	241	241	240
2035	12	242	244	244	243
2036	13	244	247	247	246
2037	14	247	250	250	249
2038	15	250	253	254	252
2039	16	252	256	257	255
2040	17	255	260	260	258
2041	18	258	263	263	261
2042	19	260	266	267	264
2043	20	263	270	270	267
Población futura.					267

Población Futura promedio:

267

[hab]

c) Justificación de la dotación.

Comunidad	Población [hab]	Zona	Dotación [l/hab/día]
Casa Grande	267	Altiplano	50

Análisis de la Dotación de Agua por la comunidad

Habitantes	Consumo de agua				Promedio
	Cocina	Aseo Personal	Alimentos	Limpieza	
Arias Cazón Rosa	25	15	12	17	69
Avalos Martínez Antonia	20	10	18	12	60
Ayllón Castro Carlos	22	15	20	16	73
Camacho Bautista Mavel	12	15	28	16	71
Canaviri Bautista Sofia	14	12	22	18	66
Condori Flores Catalina	16	16	30	20	82
Condori Quispe Elizabeth	18	18	25	18	79
Condori Quispe Justino.	22	12	27	12	73
Condori Quispe Rene	26	17	28	27	98
Coria Laime Carlota	28	18	29	20	95
Flores Farfán Paulino	25	20	25	25	95
Flores Gutiérrez Julia Sara	20	27	24	12	83
Flores Justo Santos	12	17	22	12	63
Flores Laime Brígida	22	20	25	18	85
Huanca Flores Ernesto	18	22	26	20	86
Jancko Coro Zulma	25	26	28	16	95
Janco Flores Claudia	30	24	22	18	94
Laime Anahua Julián E.	12	23	25	15	75
Laime Cazón Enrique	26	28	27	14	95
Mamani Choque Pedro	28	22	25	18	93
Mamani Choquevillca A.	28	26	25	20	99
Mamani Condori Cristina	27	24	23	12	86
Mamani Coro Oscar	22	22	25	10	79
Mamani Farfán Victorina	27	18	22	12	79
Mamani Flores Víctor	26	20	18	11	75
Mamani Ramos Vicente	22	17	25	13	77
Mamani Solar Felipa	20	12	22	12	66
Mamani Vargas Andrés	12	25	12	15	64
Ortega Aguilar Miguel	27	24	26	12	89
Pacheco Rosa Carmen	24	27	26	24	101
Pinto Manrique Francisco	15	23	22	23	83
Quispe Mamani Benita	22	22	20	25	89
Quispe Ortega Victoria	27	26	12	18	83
Quispe Torrez Clemente	24	22	17	16	79
Quispe Zotar Atanacio	24	25	26	15	90
Ramos Rivera Miguel	26	26	25	14	91
Rodríguez Mamani Efraín	22	23	22	15	82
Promedio de consumo por familia. [l/flia/día]					82

COD.	NOMBRES Y APELLIDOS	No [hab/flia]	[l/flia/día]	[l/hab/día]
1	Arias Cazón Rosa	8	69	9
2	Avalos Martínez Antonia	6	60	10
3	Ayllón Castro Carlos	5	73	15
4	Camacho Bautista Mavel	6	71	12
5	Canaviri Bautista Sofia	5	66	13
6	Condori Flores Catalina Genaria	6	82	14
7	Condori Quispe Elizabeth	8	79	10
8	Condori Quispe Justino.	5	73	15
9	Condori Quispe Rene	7	98	14
10	Coria Laime Carlota	5	95	19
11	Flores Farfán Paulino	12	95	8
12	Flores Gutiérrez Julia Sara	8	83	10
13	Flores Justo Santos	6	63	11
14	Flores Laime Brígida	2	85	43
15	Huanca Flores Ernesto	2	86	43
16	Jancko Coro Zulma	8	95	12
17	Janco Flores Claudia	4	94	24
18	Laime Anahua Julián Ernesto	5	75	15
19	Laime Cazón Enrique	4	95	24
20	Mamani Choque Pedro	7	93	13
21	Mamani Choquevilca Angela	6	99	17
22	Mamani Condori Cristina	7	86	12
23	Mamani Coro Oscar	8	79	10
24	Mamani Farfán Victorina	7	79	11
25	Mamani Flores Víctor	6	75	13
26	Mamani Ramos Vicente	12	77	6
27	Mamani Solar Felipa	11	66	6
28	Mamani Vargas Andrés	3	64	21
29	Ortega Aguilar Miguel	3	89	30
30	Pacheco Rosa Carmen	3	101	34
31	Pinto Manrique Francisco	3	83	28
32	Quispe Mamani Benita	3	89	30
33	Quispe Ortega Victoria	7	83	12
34	Quispe Torre Clemente	3	79	26
35	Quispe Zotar Atanacio	3	90	30
36	Ramos Rivera Miguel	3	91	30
37	Rodríguez Mamani Efraín	3	82	27
TOTAL, DE HAB.		210	82	18

En base a la justificación de dotación por la comunidad se decidió realizar una comparación según la Norma Boliviana NB-689

Dotación Futura.

$$D_f = D_o * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

Incremento anual de la dotación "d"

Dotación inicial [l/hab/día] según norma.

Dotación Inicial [l/hab/día] según la demanda por la comunidad.

1	[%]
50	
18	

Periodo "t"	D_f [l/hab/día]	D_f [l/hab/día]
0	50	18
1	50,50	18,18
2	51,01	18,36
3	51,52	18,55
4	52,03	18,73
5	52,55	18,92
6	53,08	19,11
7	53,61	19,30
8	54,14	19,49
9	54,68	19,69
10	55,23	19,88
11	55,78	20,08
12	56,34	20,28
13	56,90	20,49
14	57,47	20,69
15	58,05	20,90
16	58,63	21,11
17	59,22	21,32
18	59,81	21,53
19	60,41	21,75
20	61,01	21,96

periodo de diseño para 20 años.

Dotación de Agua.	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
Dotación Futura [l/hab/día]	61,01	21,96

2. DIMENSIONAMIENTO DEL CAUDAL DE DISEÑO.

a) Consumo Doméstico.

- Variaciones de consumo

Considerando las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales se adopta las siguientes variaciones diarias y horarias.

Coefficiente de caudal máximo diario k1:

1,5

Coefficiente de caudal máximo horario k2:

2,1

- Consumo promedio Anual.**

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400}$$

Población futura [hab]

267

Dotación Futura [l/hab/día] Según Norma

61,01

Dotación Futura [l/hab/día]según la comunidad

21,96

Caudal promedio	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
Q_{md} [l/s]	0,19	0,07

- Consumo máximo Diario.**

$$Q_{max,d} = k_1 * Q_{md}$$

Caudal máximo promedio	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
$Q_{max,d}$ [l/s]	0,28	0,10

- Consumo máximo Horario.**

$$Q_{max,h} = k_2 * Q_{max,d}$$

Caudal máximo Horario	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
$Q_{max,h}$ [l/s]	0,59	0,21

b) Consumo no Domestico

Categoría de Usuarios	Q_{md} [l/s]	$Q_{max,d}$ [l/s]	$Q_{max,h}$ [l/s]
Instituciones educativas	0,01736	0,02604	0,05469
Puesto de Salud	0,00694	0,01042	0,02188

Iglesia	0,03588	0,05382	0,11302
Total	0,06019	0,09028	0,18958

- Instituciones Educativas.**

Cantidad de Alumnos nivel inicial (hab).	10
Cantidad de Alumnos nivel primario (hab).	33
Cantidad de Alumnos nivel secundaria (hab).	0
Cantidad de Docentes (hab).	3
Dotación (l/alumno/día)	30
Dotación (l/docente/día)	100

Nivel de la Institución Educativa	Cantidad De Alumnos	Dotación [l/hab/día]	Q_{md} [l/s]	$Q_{max.d}$ [l/s]	$Q_{max.h}$ [l/s]
Nivel inicial.	10	30	0,00347	0,00521	0,01094
Nivel Primaria	30	30	0,01042	0,01563	0,03281
Nivel Secundaria	0	0	0	0	0
Docentes	3	100	0,00347	0,00521	0,01094
TOTAL			0,0174	0,0260	0,05469

- Puesto de Salud.**

Cantidad de Personal de servicio (hab).	2
Cantidad de camas	4
Dotación (l/personal/día)	100
Dotación (l/camas/día)	100

Centro de Salud	Cantidad de personal	Dotación [l/hab/día]	Q_{md} [l/s]	$Q_{max.d}$ [l/s]	$Q_{max.h}$ [l/s]
Personal de salud Aux.	2	100	0,00231	0,00347	0,00729
Camillas	4	100	0,00463	0,00694	0,01458
TOTAL			0,0069	0,0104	0,021875

- Iglesia.**

Cantidad de Personal de servicio (hab).	1
Cantidad de Asientos	30

Dotación (l/personal/día)

100

Centro de Salud	Cantidad de personal	Dotación [l/hab/día]	Q_{md} [l/s]	$Q_{max.d}$ [l/s]	$Q_{max.h}$ [l/s]
Personal de salud Aux.	1	100	0,0012	0,0017	0,00365
Asientos	30	100	0,0347	0,0521	0,10938
TOTAL			0,0359	0,0538	0,11302

Caudal de diseño será.

Consumos	Caudal diseño [l/s]		
	Q_{md} [l/s]	$Q_{max.d}$ [l/s]	$Q_{max.h}$ [l/s]
Según la norma NB-689			
Domestico	0,19	0,28	0,59
No Domestico	0,0602	0,0903	0,18958
Según la demanda por la Comunidad.			
Domestico	0,07	0,10	0,21
No Domestico	0,0602	0,0903	0,18958

Para el dimensionamiento de la red de distribución del consumo doméstico se tomará en cuenta el número de familias en la actualidad. Para determinar el caudal unitario para la red de Agua.

c) Caudal Unitario por vivienda.

$$Q_u = \frac{Q_t}{N_t}$$

Caudal Máximo horario [l/s]. Según Norma

Caudal Máximo horario [l/s]. Según la demanda por la comunidad

Número total de familias

0,59
0,21
37

Caudal unitario	Según Norma	Según la demanda por la comunidad
Q_u [l/s]	0,01608	0,00579

Caudal en los nodos por la densidad poblacional.

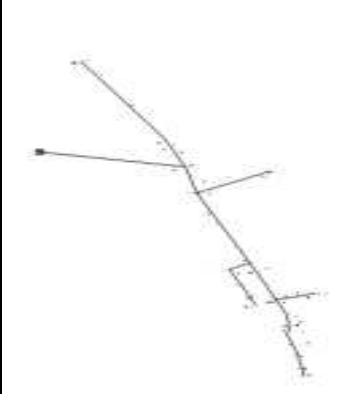
$$Q_n = Q_u * N_{fn}$$

Caudal en el nudo según la norma NB-689

" Q_n "

Caudal en el nudo según la demanda por la comunidad

" Q_{nd} "

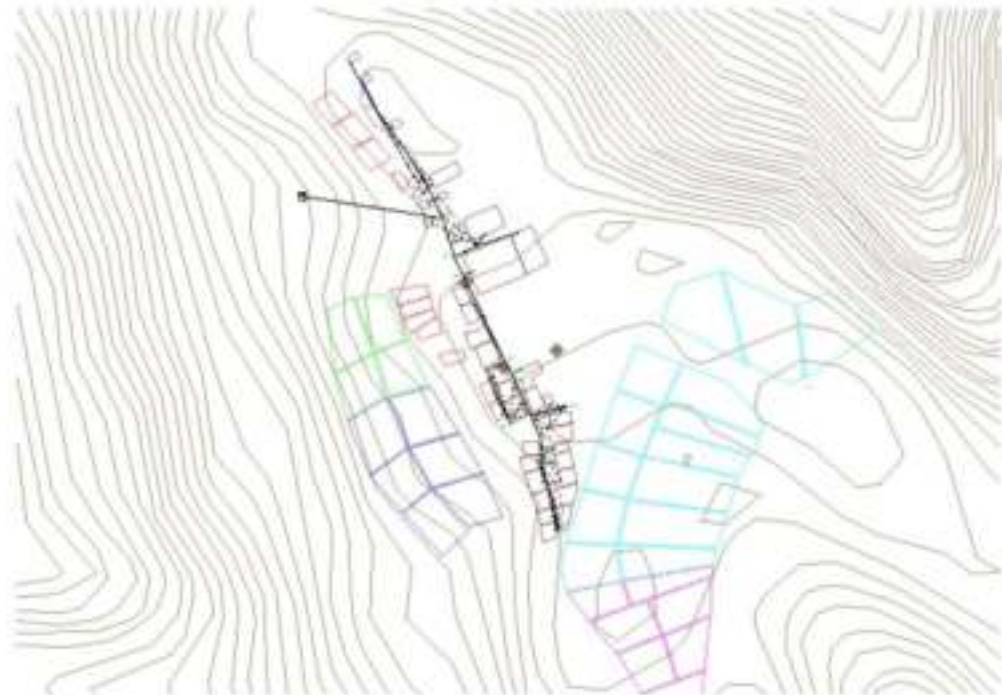
Red de distribución	Nodo	Familias	Q_n [l/s]	Q_{nd} [l/s]
	No-2	6	0,0965	0,0347
	No-3	0	0,0000	0,0000
	No-4	6	0,0965	0,0347
	No-6	4	0,0643	0,0232
	No-7	6	0,0965	0,0347
	No-9	0	0,0000	0,0000
	No-10	5	0,0804	0,0289
	No-11	6	0,0965	0,0347
	N-13	5	0,0804	0,0289

Para el diseño hidráulico en redes Abiertas los caudales $Q_{ramal} < 0,10$ [l/s] se debe considerar un caudal mínimo de 0,10 [l/s] en instalaciones de piletas públicas y domiciliarias.

La demanda de caudal en conexiones no Domiciliarias se debe considerar el caudal máximo horario ya que no demanda mucho consumo por el tiempo de uso y debe considerarse como un nudo en la red hidráulica.

Institución	Nodo	$Q_{max,h}$ [l/s]
U. Educativa Casa Grande.	No- 5	0,05469
Centro de Salud Casa Grande	No- 8	0,02188
Iglesia Casa Grande	No- 12	0,11302

Sistema de distribución según la demanda de la Comunidad. - Time: 0,00 hours



DATOS DE TUBERIAS - Time: 0,00 hours

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Material	Hazen-Williams C	Diameter (in)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)
T-2	20	No-3	No-5	PVC	150,0	2,000	0,85059	0,420	0,08
T-3	94	No-5	No-6	PVC	150,0	2,000	0,79589	0,393	0,34
T-4	14	No-11	No-12	PVC	150,0	1,000	0,37742	0,745	0,38
T-5	71	No-12	AV-1	PVC	150,0	1,000	0,13220	0,261	0,27
T-6	7	AV-1	No-13	PVC	150,0	1,000	0,13220	0,261	0,03
T-7	129	No-1	No-2	PVC	150,0	1,000	0,15864	0,313	0,69
T-8	40	No-1	No-3	PVC	150,0	2,000	1,00922	0,498	0,23
T-9	26	No-3	No-4	PVC	150,0	1,000	0,15864	0,313	0,14
T-10	14	No-6	No-8	PVC	150,0	2,000	0,53149	0,262	0,02
T-11	45	No-8	No-9	PVC	150,0	2,000	0,50962	0,251	0,07
T-12	26	No-9	No-11	PVC	150,0	1,000	0,37742	0,745	0,71
T-13	36	No-9	No-10	PVC	150,0	1,000	0,13220	0,261	0,14
T-14	17	AV-2	No-7	PVC	150,0	1,000	0,15864	0,313	0,09
T-15	140	Reservorio-1	No-1	PVC	150,0	2,500	1,16787	0,369	0,35

DATOS DE NODOS - Time: 0,00 hours

Label	Hydraulic Grade (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)
No-1	3.411,60	3.388,59	22,96	781.927,35	7.571.958,10	0,00000
No-2	3.410,91	3.389,02	21,84	781.859,71	7.572.067,16	0,15864
No-3	3.411,37	3.387,33	23,99	781.938,52	7.571.919,94	0,00000
No-4	3.411,23	3.386,47	24,72	781.961,89	7.571.931,08	0,15864
No-6	3.410,95	3.381,32	29,57	781.988,89	7.571.817,45	0,10576
No-9	3.410,85	3.380,17	30,62	782.013,88	7.571.763,75	0,00000
No-11	3.410,14	3.382,03	28,05	782.024,65	7.571.739,68	0,00000
No-13	3.409,46	3.385,73	23,68	782.041,00	7.571.649,51	0,13220
No-8	3.410,92	3.380,67	30,19	781.995,09	7.571.804,48	0,02188
No-10	3.410,71	3.380,00	30,65	782.049,29	7.571.772,38	0,13220
No-7	3.410,52	3.383,07	27,39	781.994,80	7.571.755,20	0,15864
No-12	3.409,76	3.382,61	27,10	782.025,47	7.571.725,46	0,24522
No-5	3.411,29	3.386,28	24,96	781.947,09	7.571.901,80	0,05469

DATOS DE CONEXIONES - Time: 0,00 hours

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associate of Element	Demand Distribution (Start) (%)	Demand Distribution (Stop) (%)
CU-91	domesticas	1,000	3.386,09	782.038,06	7.571.650,78	No-13	50,0	50,0
CU-92	domesticas	1,000	3.385,66	782.041,49	7.571.663,01	No-13	0,0	100,0
CU-93	domesticas	1,000	3.386,94	782.035,29	7.571.663,68	No-13	0,0	100,0
CU-94	domesticas	1,000	3.386,27	782.037,68	7.571.680,63	No-13	0,0	100,0
CU-95	domesticas	1,000	3.387,34	782.031,72	7.571.683,14	No-13	0,0	100,0
CU-96	domesticas	1,000	3.386,66	782.026,16	7.571.698,24	No-12	100,0	0,0
CU-97	domesticas	1,000	3.383,63	782.044,01	7.571.700,21	No-12	100,0	0,0
CU-98	domesticas	1,000	3.383,00	782.039,95	7.571.716,02	No-12	100,0	0,0
CU-99	domesticas	1,000	3.384,46	782.021,75	7.571.718,45	No-12	100,0	0,0
IGLESIA	Iglesia	1,000	3.382,83	782.022,43	7.571.725,59	No-12	50,0	50,0
CU-101	domesticas	1,000	3.382,03	782.037,60	7.571.731,30	No-12	0,0	100,0
CU-102	domesticas	1,000	3.381,01	782.025,86	7.571.745,46	No-10	0,0	100,0
CU-103	domesticas	1,000	3.380,00	782.021,00	7.571.760,01	No-10	100,0	0,0
CU-104	domesticas	1,000	3.380,00	782.044,33	7.571.766,89	No-10	0,0	100,0
CU-105	domesticas	1,000	3.380,00	782.033,76	7.571.773,98	No-10	0,0	100,0
CU-106	domesticas	1,000	3.380,00	782.022,54	7.571.768,61	No-10	100,0	0,0
CU-107	domesticas	1,000	3.380,69	782.008,69	7.571.766,68	No-7	0,0	100,0
CU-108	domesticas	1,000	3.383,23	781.986,53	7.571.765,58	No-7	0,0	100,0
CU-109	domesticas	1,000	3.382,57	782.002,61	7.571.774,41	No-7	0,0	100,0
CU-110	domesticas	1,000	3.382,68	781.996,04	7.571.789,18	No-7	100,0	0,0
CU-111	domesticas	1,000	3.383,30	781.976,97	7.571.785,67	No-7	100,0	0,0
CU-112	domesticas	1,000	3.382,41	781.978,01	7.571.802,02	No-7	100,0	0,0
C.SALUD	C-Salud	1,000	3.380,45	782.005,57	7.571.809,27	No-8	50,0	50,0
CU-114	domesticas	1,000	3.381,64	781.983,46	7.571.821,22	No-6	0,0	100,0
CU-115	domesticas	1,000	3.382,36	781.974,55	7.571.840,25	No-6	0,0	100,0
CU-116	domesticas	1,000	3.383,97	781.957,84	7.571.873,26	No-6	100,0	0,0
CU-117	domesticas	1,000	3.384,83	781.949,30	7.571.889,45	No-6	100,0	0,0
UE.CASA GRANDE	UE.Casa Grande	1,000	3.384,29	781.958,14	7.571.906,37	No-5	50,0	50,0
CU-119	domesticas	1,000	3.387,97	781.945,35	7.571.936,74	No-4	0,0	100,0
CU-120	domesticas	1,000	3.385,92	781.968,83	7.571.942,60	No-4	0,0	100,0
CU-121	domesticas	1,000	3.386,30	782.001,65	7.571.943,79	No-4	50,0	50,0
CU-122	domesticas	1,000	3.389,58	781.916,51	7.571.952,84	No-4	0,0	100,0
CU-123	domesticas	1,000	3.388,98	781.912,67	7.571.973,20	No-4	100,0	0,0
CU-124	domesticas	1,000	3.387,91	781.923,46	7.571.978,93	No-4	100,0	0,0
CU-125	domesticas	1,000	3.388,04	781.907,81	7.571.983,70	No-2	100,0	0,0
CU-126	domesticas	1,000	3.387,36	781.917,30	7.571.991,59	No-2	100,0	0,0
CU-127	domesticas	1,000	3.387,42	781.902,82	7.571.993,49	No-2	100,0	0,0
CU-128	domesticas	1,000	3.385,00	781.877,41	7.572.048,02	No-2	0,0	100,0
CU-129	domesticas	1,000	3.385,25	781.848,06	7.572.092,96	No-2	0,0	100,0
CU-130	domesticas	1,000	3.388,52	781.834,40	7.572.113,64	No-2	50,0	50,0

ANEXO D

**Características de la
bomba de agua**

Contar	Descripción
1	<p>Las piezas elastoméricas de la bomba poseen una buena resistencia al desgaste y prolongan los intervalos de mantenimiento.</p> <p>Los cojinetes están fabricados en LSR (caucho de silicona líquida), las juntas tóricas están fabricadas en TPU (poliuretano termoplástico) y la válvula de retorno está fabricada en NBR (caucho de nitrilo-butadieno).</p> <p>El material elastomérico especial de los cojinetes proporciona una mayor resistencia a la arena y otras partículas abrasivas (entre 50 y 150 mg/l).</p> <p>Para bombas destinadas al bombeo de aguas con un alto contenido de hidrocarburos o disolventes, Grundfos ofrece piezas de caucho FKM (fluorocarbono) resistentes al aceite y a temperaturas de hasta 90 °C.</p> <p>La bomba cuenta con cojinetes octogonales con canales lijados para minimizar el desgaste.</p> <p>Dado que el desgaste de la bomba es inevitable, su diseño facilita la sustitución de todas las piezas internas sujetas a deterioro (cojinetes, impulsor, anillos de desgaste y juntas tóricas) con objeto de maximizar el rendimiento y la vida útil.</p> <p>El interconector de aspiración está equipado con un filtro para impedir la penetración de partículas de gran tamaño en la bomba. El interconector está diseñado de acuerdo con las normas NEMA en materia de montaje/dimensiones de motores.</p> <p>Motor</p> <p>El estator cuenta con aislamiento hermético de acero inoxidable y los bobinados están revestidos de compuesto polimérico. Esto da lugar a una elevada estabilidad mecánica, una óptima refrigeración y una reducción del riesgo de cortocircuito en los bobinados.</p> <p>El cierre mecánico está fabricado en carburo de tungsteno/cerámica y es sustitible.</p> <p>Esta combinación de materiales aporta óptimas propiedades de sellado, resistencia y vida útil.</p> <p>Junto con la carcasa del cierre mecánico, la protección contra arena forma un sello laberíntico que, en condiciones normales de funcionamiento, impide la penetración de partículas de arena.</p> <p>El motor se puede equipar con un sensor P1100 o P11000 que, junto con una unidad de control, impide que se superen las condiciones de temperatura máxima de funcionamiento.</p> <p>Líquido:</p> <p>Líquido bombeado: Agua</p> <p>Rango de temperatura del líquido: -15 .. 40 °C</p> <p>Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 20 °C</p> <p>Densidad: 998,2 kg/m³</p> <p>Viscosidad cinemática: 1 mm²/s</p> <p>Técnico:</p> <p>Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba: 2900 rpm</p> <p>Caudal real calculado: 3.055 l/s</p> <p>Caudal nominal: 3.056 l/s</p> <p>Altura resultante de la bomba: 49.77 m</p> <p>Altura nominal: 50.8 m</p> <p>Homologaciones: CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROCCO</p> <p>Approvals for motor: CE,EAC</p> <p>Homologaciones para agua potable: ACS,DM174</p> <p>Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B</p> <p>Motor version: T40</p> <p>Válvula de retorno: YES</p> <p>Materiales:</p> <p>Bomba: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Impulsor: Acero inoxidable EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Motor: Stainless steel 1.4301</p> <p>Cierre: HMCER</p>

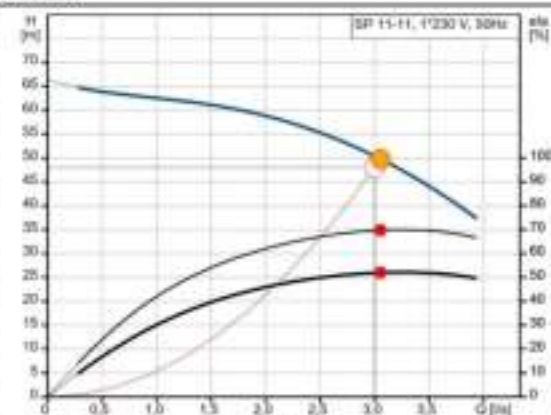
Proyecto: Bombeo de Agua subterránea para la comunidad de Casa Grande

Cliente: Erick Daniel Zambrana Tejerina

Código:

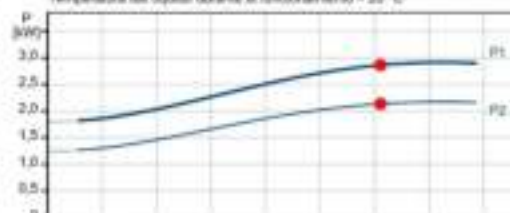
Nº Cliente:
 Contacto:

Descripción	Valor
Información general:	
Producto:	SP 11-11
Código:	08899206
Número EAN:	5712600110755
Precio:	USD 0
Técnico:	
Velocidad bomba en el que se basan los datos de la bomba:	2900 rpm
Caudal real calculado:	3.055 l/s
Caudal nominal:	3.058 l/s
Altura resultante de la bomba:	49.77 m
Altura nominal:	50.8 m
Etapas:	11
Número de impulsores de diámetro reducido:	NONE
Homologaciones:	CE, EAC, UKCA, SEPRO, MOR, OCCO
Approvals for motor:	CE, EAC
Homologaciones para agua potable:	ACS, DM174
Tolerancia de curva:	ISO9908 2012 3B
Modelo:	A
Motor version:	T40
Válvula de retorno:	YES
Materiales:	
Bomba:	Stainless steel
Bomba:	EN 1.4301
Bomba:	AISI 304
Impulsor:	Acero inoxidable
Impulsor:	EN 1.4301
Impulsor:	AISI 304
Motor:	Stainless steel
Motor:	1.4301
Cierre:	HM/CER
Instalación:	
Presión de trabajo máxima:	60 bar
Presión de salida máxima permitida:	6.7 bar
Tipo de conexión:	Rp
Tamaño de la conexión:	2 inch
Motor diameter:	4 inch
Minimum borehole diameter:	105 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-15 - 40 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	1 mm²/s
Datos eléctricos:	
Motor type:	MS4000
Motor flange design:	NEMA
Potencia nominal - P2:	2.2 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 220-230 V
Tensión nominal:	14.6-15.0 A
Intensidad de arranque:	540-600 %
Cos phi - factor potencia:	0.96-0.96

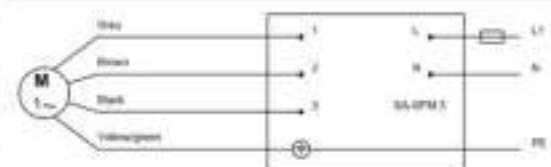


Q = 3.055 l/s
 Es = 0.2023 kWh/m³
 Densidad = 998.2 kg/m³
 Rendimiento Eta = 52 %
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 20 °C

H = 49.77 m
 Líquido bombeado = Agua
 Bomba eta = 89.8 %



P1 = 2.863 kW
 P2 = 2.134 kW



ANEXO E

Componentes de los elementos fotovoltaicos

SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1
Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000-2KTL-L1	SUN2000-3KTL-L1	SUN2000-3.68KTL-L1	SUN2000-4KTL-L1	SUN2000-4.6KTL-L1	SUN2000-5KTL-L1	SUN2000-6KTL-L1 ¹
Eficiencia							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	98.7 %	97.3 %	97.2 %	97.3 %	97.7 %	97.6 %	97.8 %
Entrada (FV)							
Entrada de CC, máxima recomendada ²	3,000 Wp	4,500 Wp	5,320 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,300 Wp	8,000 Wp
Máx. tensión de entrada	600 V ³						
Tensión de arranque	100 V						
Rango de tensión de operación de MPPT	90 V - 500 V ⁴						
Tensión nominal de entrada	300 V						
Máx. intensidad por MPPT	12.5 A						
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18 A						
Cantidad de MPPTs	2						
Máx. número de entradas por MPPT	1						
Entrada (Batería CC)							
Batería compatible	LiG Chem RESU 7H ₂ / 10H ₂						
Rango de tensión de operación	350 - 450 Vdc						
Máx. corriente de operación	10 A @7H ₂ / 15 A @10H ₂						
Potencia de carga máxima	3,000 W @7H ₂ / 5,000 W @10H ₂						
Potencia máxima de descarga @ 7H ₂	2,200 W	3,200 W	3,600 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W	5,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H ₂	2,200 W	3,200 W	3,600 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W	5,500 W
Batería compatible	HUAWEI Smart ESS Battery (40Wh - 300Wh) ⁵						
Rango de tensión de operación	350 - 500 Vdc						
Máx. corriente de operación	15 A						
Potencia de carga máxima	5,000 W ⁶						
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,200 W	3,600 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W	5,500 W
Salida							
Conectado a la red eléctrica	Módulo						
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,600 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁷	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,900 VA	4,400 VA	5,000 VA ⁸	5,500 VA ⁸	6,600 VA
Tensión nominal de salida	230 Vdc / 230 Vdc / 240 Vdc						
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz						
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	18 A	20 A	23 A @	25 A ⁹	27.3 A
Factor de potencia aparente	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Máx. distorsión armónica total	< 3 %						
Salida para MP	S (a través de Salidas Bus DC ¹⁰)						
Protección & Características							
Protección anti-fa	S						
Protección contra polaridad inversa de CC	S						
Monitorización de aislamiento	S						
Protección contra descargas atmosféricas CC	S, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Protección contra descargas atmosféricas CA	S, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Monitorización de la corriente residual	S						
Protección contra sobrentensión de CA	S						
Protección contra cortocircuito de CA	S						
Protección contra sobretensión de CA	S						
Protección contra sobrecalentamiento	S						
Protección de falta de fase	S						
Carga inversa de la fuente desde la red	S						
Datos generales							
Rango de temperatura de operación	-25 - +60 °C						
Humedad relativa de operación	0-98% - 100 %RH						
Altitud de operación	0 - 4,000 m (diminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2,000 m)						
Ventilación	Convección natural						
Panel	Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación HuaweiSolar						
Comunicación	RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)						
Peso (incluido soporte de montaje)	12.0 kg						
Dimensiones (incluido soporte de montaje)	360mm x 360mm x 136 mm						
Grado de protección	IP65						
Consumo de energía durante la noche	~ 0.5 W						
Compatibilidad con optimizadores							
Optimizador compatible con MPPTs CC	SUN2000-40W-F						
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)							
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Estándares de conexión a red eléctrica	GB, GB, EN 50464-1, CEI 0-21, VDE-A6-N-4105, AS 4777.2, C16/11, IEC61851, UTE C15-712, RD 1698, IEC 61851-21, IEC62118						

¹ Opcional en 2024Q1-2025.

² La potencia recomendada de salida máxima del inversor es de 10,000 Wp cuando las condiciones de operación y configuración de potencia coinciden con las de la tabla.

³ El límite máximo de tensión de entrada y de operación de módulos PV depende del inversor, del cableado y de la configuración de la batería.

⁴ El límite de la tensión de entrada es de 600V.

⁵ El límite de la tensión es de 350-500V DC, el límite de corriente es de 10A @7H₂ / 15A @10H₂. * El límite de la potencia es de 3,000W @7H₂ / 5,000W @10H₂.

YGE 72 CELL SERIES 2

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module type	Y100P-72 (cell/Power)							
	Y100P-72 (cell/Power)							
Power output	P_{max}	W	345	340	335	330	325	320
Power output tolerance	P_{max}	W	±1%					
Module efficiency	η	%	22.2	22.1	22.0	21.9	21.7	21.6
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	38.3	38.1	37.7	37.3	36.9	36.5
Current at P_{max}	I_{mp}	A	8.97	8.93	8.89	8.85	8.82	8.78
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	46.1	45.9	45.7	45.6	45.4	45.2
Short-circuit current	I_{sc}	A	9.40	9.40	9.37	9.35	9.29	9.28

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to IEC 60904-2. Average module efficiency reduction of 0.2% at 2000h/m² according to IEC 61215.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Power output	P_{max}	W	254.5	250.8	247.1	243.4	239.7	236.0
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	35.3	35.1	34.7	34.4	34.0	33.6
Current at P_{max}	I_{mp}	A	7.18	7.14	7.11	7.08	7.06	7.02
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	42.9	42.7	42.5	42.4	42.2	42.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	9.60	9.60	9.57	9.56	9.51	9.47

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 25°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	45 ± 2
Temperature coefficient of P_{max}	γ	%/°C	-0.29
Temperature coefficient of V_{oc}	β_{oc}	%/°C	-0.30
Temperature coefficient of I_{sc}	α_{sc}	%/°C	0.05

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{DC} /1000V _{DC}
Max. series fuse rating*	25A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

*500V 1000V DC or 1000V AC with 100V DC surge voltage in parallel connection.

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (geometry / material / number of features)	12 / monocrystalline silicon / 12 x 5
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	IP67
Cable (length / cross-sectional area)	3000mm / 4mm ²

* The construction material, model and product mentioned in the specifications in this section information does not subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.

* The data do not refer to a single module and they are not partial of the effect, they only refer to compatibility different models.

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000



© Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

DL_YGE72CELL_SERIES_2 (0th_2thver)_EN_20200407_V04

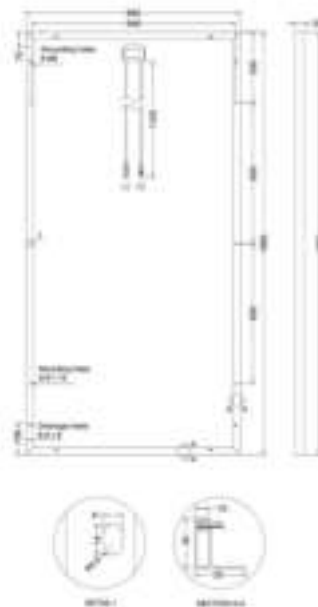
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions L / W / H	960mm / 792mm / 35mm
Weight	22kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	30
Number of pallets per 40' container	34
Packaging box dimensions (L / W / H)	2000mm / 1000mm / 1400mm
Box weight	704kg

Unit: mm



Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing, and operating Yingli Solar modules.



Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.
service@yingli.com
Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM



GEL BATTERY 12V 300 AH

GEL SERIES BATTERY

GEL series batteries are manufactured with special separators and silica gel immobilizing the electrolyte inside the battery. The proven silica gel technology can improve battery cycle life and performance at wider temperature range. The deep discharge cycle life is increased 50% compared normal battery.



APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		300Ah	
DIMENSION	Cells Per battery		Height	Total Height
	APPROX. WEIGHT	Length		
CAPACITY @ 25°C	520 mm	268 mm	220 mm	
MAX. DISCHARGE CURRENT	67.0 kg ± 3%			
INTERNAL RESISTANCE	2000 A (5 sec.)			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	10 hour rate (25.0A)	5 hour rate (43.7A)	3 hour rate (66.2A)	1 hour rate (161.5A)
CHARGE METHOD @25°C	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
	Full charged Vat 25°C; Approx. 2.0mΩ			
	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
	Cycle Use		Standby Use	
	14.4-15.0V		13.50-13.80V	
	(Initial charging current less than 27A)			

BATTERY DISCHARGE TABLE

CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C

F.V / TIME	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h	
1.80	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	25.00	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	46.6	25.7
1.75	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	25.25	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	47.1	25.9
1.70	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	25.50	13.38
	W	1465.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	47.6	26.4
1.65	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	25.75	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	48.0	26.7
1.60	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	26.00	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	48.5	26.8

ANEXO F

Resultado de la simulación del sistema fotovoltaico

PVSyst



PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:16
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulación comunidad de casa grande

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Provincia Sur Lipez- Municipio Mojinete- Comunidad Casa Gran	-21.93 °S	Albedo 0.20
Bolivia	Longitud -66.27 °W	
	Altitud 3393 m	
	Zona horaria UTC-4	
Datos meteo		
Provincia Sur Lipez- Municipio Mojinete- Comunidad		
Meteonorm B.1 (2009-2014), Sat=100% - Síntético		

Resumen del sistema

Sistema independiente	Sistema independiente con baterías	Necesidades del usuario
Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Consumidores domésticos diarios
Plano fijo	Sombreados lineales : Rápido (tabla)	Constante durante el año
Inclinación/Ázmut 10 / -90.2 °		Promedio 19.7 kWh/Día
Información del sistema		
Generador FV	Paquete de baterías	
Núm. de módulos 12 unidades	Tecnología Litium-ion, LFP	
Prom total 4140 Wp	Núm. de unidades 8 unidades	
	Voltaje 48 V	
	Capacidad 538 Ah	

Resumen de resultados

Energía solar utilizable 6064.57 kWh/año	Producción específica 1682 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 63.68 %
Energía faltante 233.23 kWh/año	Energía solar disponible 6683.55 kWh/año	Fración solar (SF) 96.76 %
Exceso (sin usar) 1571.87 kWh/año		

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Necesidades detalladas del usuario	6
Resultados principales	7
Diagrama de pérdida	8
Gráficos predefinidos	9



PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:16
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulación comunidad de casa grande

Parámetros generales

Sistema independiente

Orientación campo FV

Orientación

Plano fijo

Inclinación/Azmut: 19.7 / -90.2 °

Sombreados cercanos

Sombreados lineales: Rápido (tabla)

Sistema independiente con baterías

Configuración de cobertizos

Núm. de cobertizos: 12 unidades

Tamaños

Espaciado entre cobertizos: 4.67 m

Ancho de colector: 1.97 m

Proporc. cob. suelo (IGCR): 42.2 %

Ángulo límite de sombreado

Ángulo límite de perfil: 12.9 °

Necesidades del usuario

Consumidores domésticos diarios

Constante durante el año

Promedio: 19.7 kWh/Día

Modelos usados

Transposición: Perez

Difuso: Perez, Meteonorm

Circunsolar: separado

Características del generador FV

Módulo FV

Fabricante

Generic

Modelo

YL310P-35b

(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Núm. Potencia: 345 Wp

Número de módulos FV: 12 unidades

Nominal (STC): 4140 Wp

Módulos: 1 Cadena x 12 En series

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmp: 3813 Wp

Ump: 420 V

Imp: 9.1 A

Controlador

Fabricante

Generic

Modelo

SUN2000-3KTL-L1

Tecnología

Convertidor MPPT

Coef. temp.

-5.0 mV/°C/Elem.

Convertidor

Eficiencias máx y EURO

97.0 / 95.0 %

Potencia FV total

Nominal (STC): 4.14 kWp

Total: 12 módulos

Área del módulo: 23.4 m²

Batería

Fabricante

Generic

Modelo

TENSITE GEL 12-300

Tecnología

Lithium-ion, LFP

Núm. de unidades: 2 en paralelo x 4 en series

Descarga mín. SOC: 10.0 %

Energía almacenada: 22.7 kWh

Características del paquete de baterías

Voltaje: 48 V

Capacidad nominal: 538 Ah (C10)

Temperatura: Temperatura ambiente exterior

Control de gestión de la batería

Comandos de umbrales como

Cálculo SOC

Cargando

SOC = 0.98 / 0.80

Descarga

SOC = 0.10 / 0.35

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida: 10.0 %

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia

Uc (cons): 27.0 W/m²K

Uv (viento): 0.0 W/m²K/m/s

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global: 322 mΩ

Frac. de pérdida: 0.6 % en STC

Pérdida diodos serie

Caída de tensión: 0.7 V

Frac. de pérdida: 0.2 % en STC

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida: 1.3 %

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida: -3.8 %



PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:16
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulación comunidad de casa grande

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

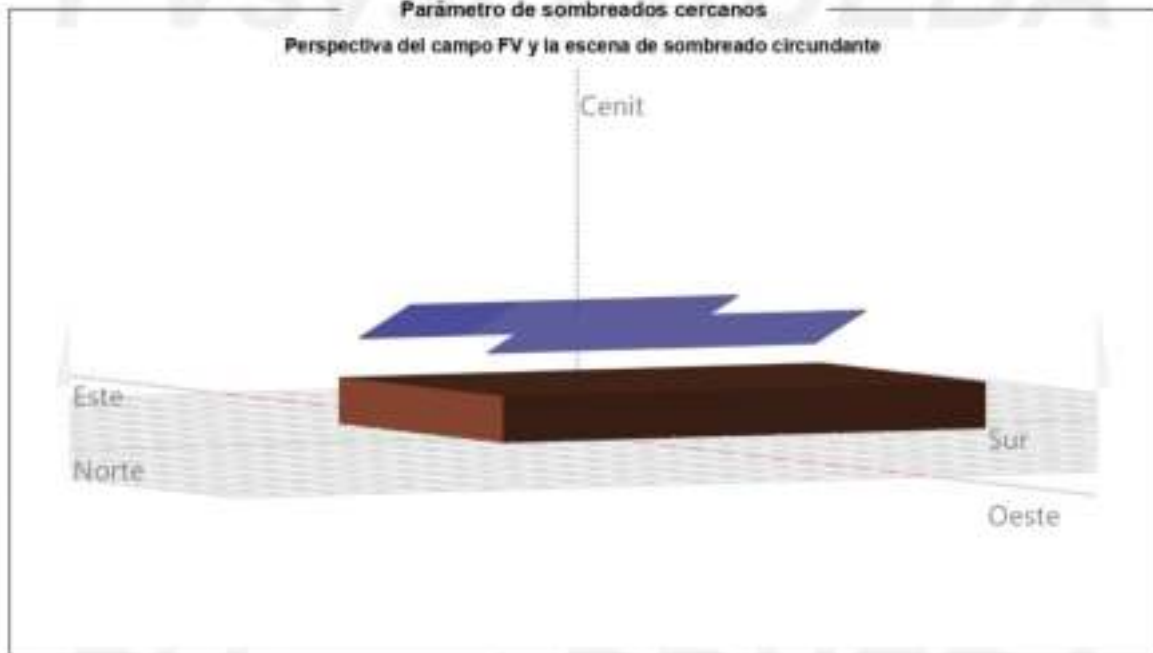
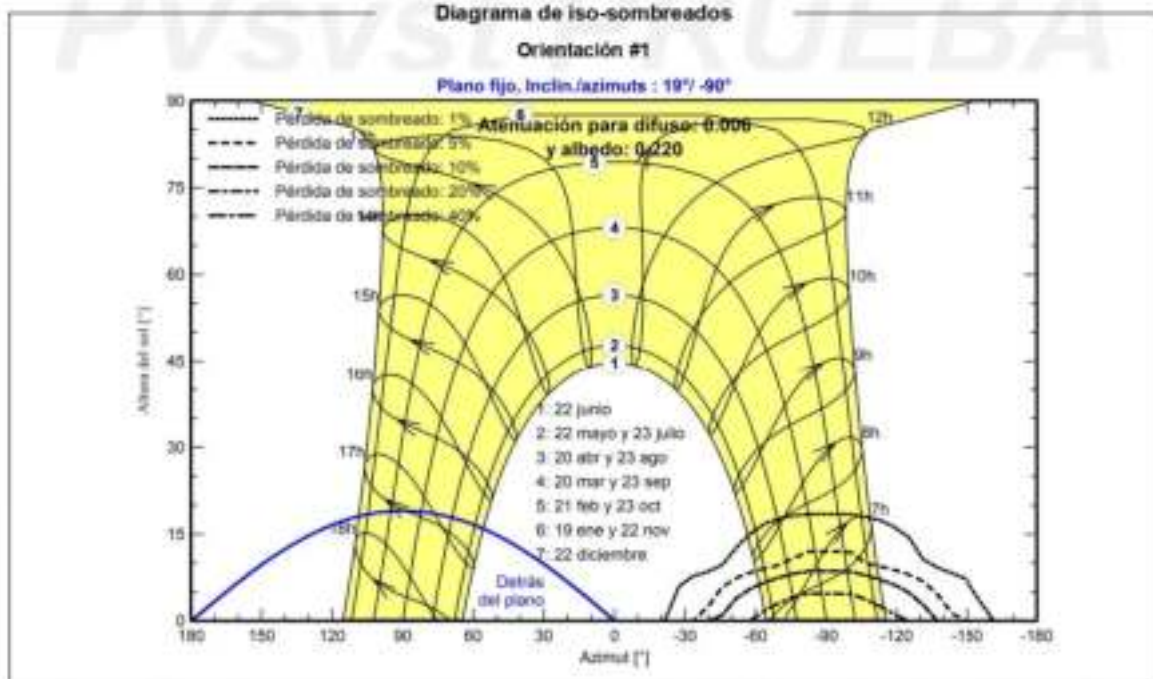


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1

Plano fijo, Inclin./azimuts : 19°/-90°





PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:18
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA
COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulación comunidad de casa grande

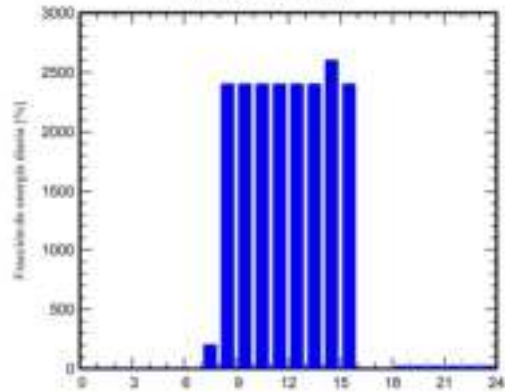
Necesidades detalladas del usuario

Consumidores domésticos diversos, Constante durante el año, promedio = 10.7 kWh/día

Valores anuales

	Núm.	Potencia	Uso	Energía
		W	Horas/día	Wh/día
Lámpara led	1	20W/lámpara	6.0	120
Bomba sumergible	1	2200W/apar.	8.0	17600
Tablero de control	1	200W/apar.	8.0	1600
Toma corrientes	1		2	400
Energía diaria total				19720

Distribución por hora





PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:45
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA
COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulación comunidad de casa grande

Resultados principales

Producción del sistema

Energía solar utilizable 7024.32 kWh/año
Energía solar disponible 8687.53 kWh/año
Exceso (sin usar) 1522.91 kWh/año

Proporción rend. PR 64.23 %
Fracción solar (SF) 97.59 %

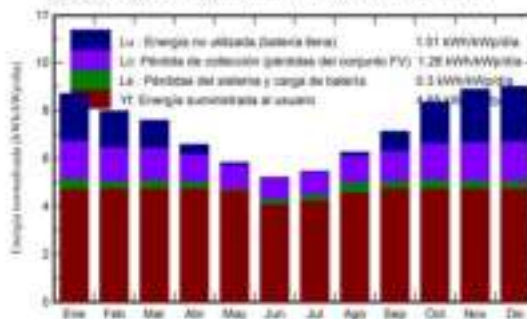
Pérdida de carga

Fracción de tiempo 2.7 %
Energía faltante 173.48 kWh/año

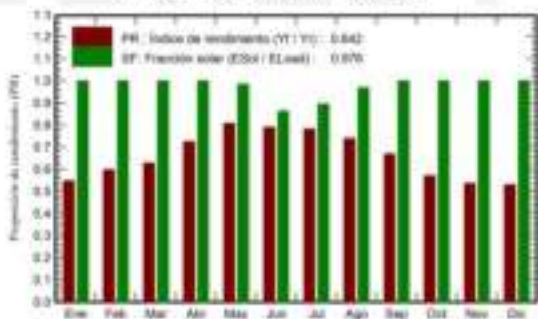
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW 99.0 a 97.9 %
SOW estándar 90.2 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E_Avail kWh	E_Used kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Enero	274.3	235.8	883.0	248.2	0.00	611.3	611.3	1.000
Febrero	228.2	195.7	735.7	175.2	0.00	552.2	552.2	1.000
Marzo	240.5	205.4	772.6	145.4	0.00	611.3	611.3	1.000
Abril	200.8	170.9	648.1	48.2	0.00	591.6	591.6	1.000
Mayo	180.7	155.2	594.4	7.7	9.05	602.3	611.3	0.985
Junio	163.0	134.3	512.8	0.0	81.58	510.0	591.6	0.862
Julio	174.7	145.8	556.1	0.0	63.98	547.3	611.3	0.895
Agosto	197.2	167.1	632.8	14.5	18.88	582.4	611.3	0.969
Septiembre	219.5	186.2	703.1	99.6	0.00	591.6	591.6	1.000
Octubre	265.1	226.5	848.5	219.0	0.00	611.3	611.3	1.000
Noviembre	272.0	233.8	878.0	272.5	0.00	591.6	591.6	1.000
Diciembre	284.1	244.3	917.5	292.7	0.00	611.3	611.3	1.000
Año	2700.1	2301.0	8682.5	1522.9	173.48	7024.3	7197.8	0.976

Leyendas

GlobHor: Irradiación horizontal global
 GlobEff: Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 E_Avail: Energía solar disponible
 E_Used: Energía no utilizada (batería llena)
 E_Miss: Energía faltante
 E_User: Energía suministrada al usuario
 E_Load: Necesidad energética del usuario (Carga)
 SolFrac: Fracción solar (E_Utilizada / E_Carga)



PVsyst V7.4.2

VC1, Fecha de simulación:
10/10/23 17:45
con v7.4.2

Proyecto: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Variante: simulacion comunidad de casa grande

Diagrama de pérdida



ANEXO G

**Resultado de la estructura
sometido a las cargas
calculadas**



Simulación de la estructura paneles 345 W

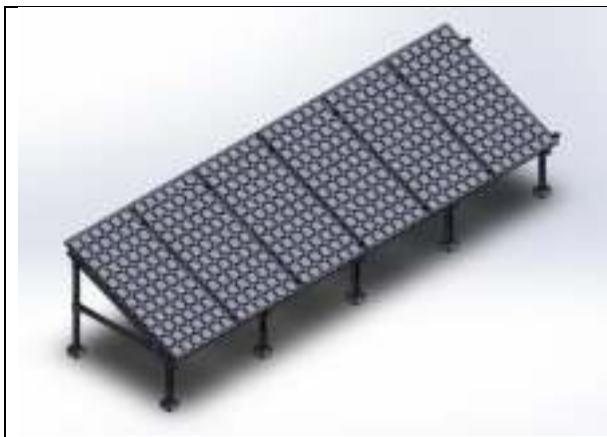
Fecha: lunes, 6 de mayo de 2023

Diseñador: SolidWorks

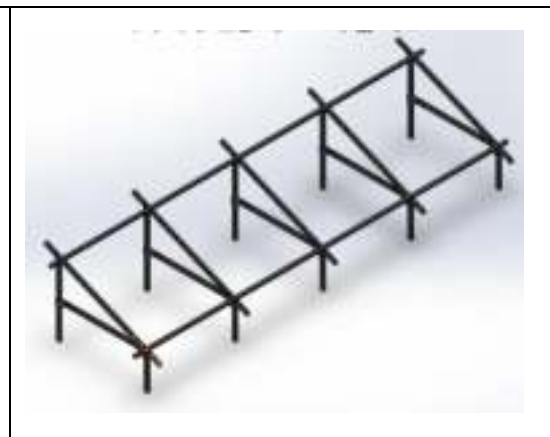
Nombre de estudio: Análisis estático

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción

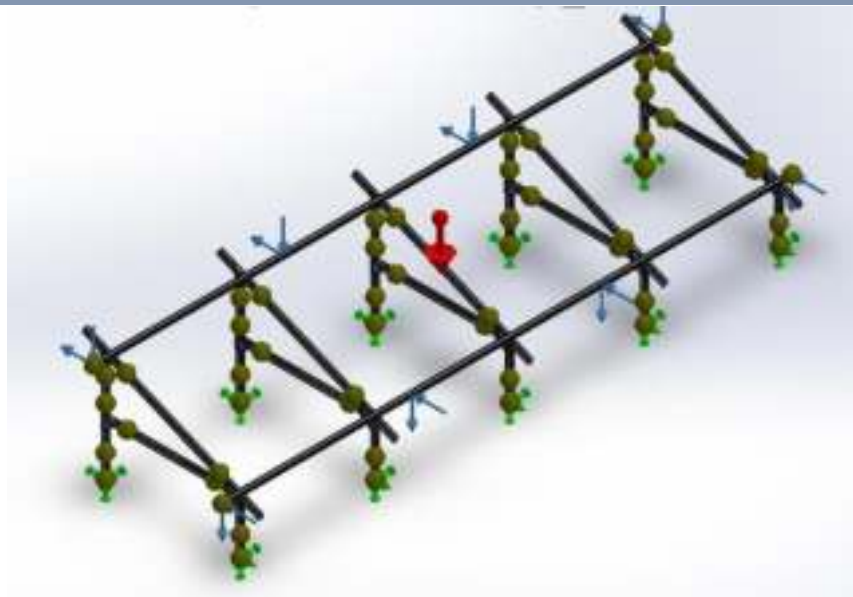


Modelo original



Modelo Analizado

Información de modelo



Nombre del modelo: Simulación de la estructura de los paneles de 345 Wp


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Estructura metálica
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla mixta
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar

Unidades



Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de Von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+008 N/m² Límite de tracción: 4e+008 N/m² Módulo elástico: 2e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m³ Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²</p>

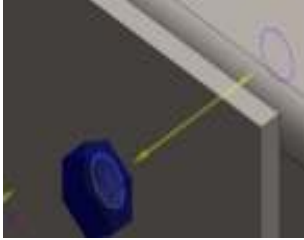

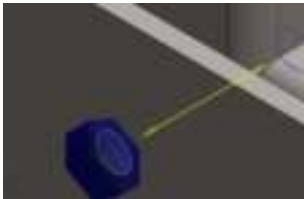

Cargas y sujeciones

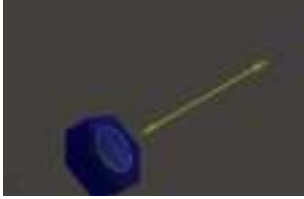

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 plano(s), 2 Viga(s) Referencia: Top Plane Tip: Aplicar fuerza Valores: -28,45 N/m, ---, -2969 N/m</p>
Gravedad-1		<p>Referencia: Top Plane Valores: 0 -9.77 Unidades: m/s²</p>

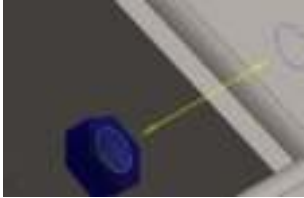

Definiciones de conector

Conector de pasador/perno/rodamiento



Referencia de modelo	Detalles del conector	Detalles de Resistencia						
 Refrentado con tuerca-1	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Comprobación de perno:</td> <td style="width: 50%;">Aceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>2.8103</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Aceptar	FDS calculado:	2.8103	FDS deseado:	2
Comprobación de perno:	Aceptar							
FDS calculado:	2.8103							
FDS deseado:	2							
Fuerzas del conector								
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante				
Fuerza axial (N)	0	0	9789.9	9789.9				
Fuerza cortante (N)	-50.198	156.91	0	164.74				
Momento flector (N.m)	-0.46282	1.2563	0	2.0986				
 Refrentado con tuerca-2	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Comprobación de perno:</td> <td style="width: 50%;">Necesita atención</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>1.92454</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Necesita atención	FDS calculado:	1.92454	FDS deseado:	2
Comprobación de perno:	Necesita atención							
FDS calculado:	1.92454							
FDS deseado:	2							
Fuerzas del conector								
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante				
Fuerza axial (N)	0	0	9785.3	9785.3				
Fuerza cortante (N)	-214.2	-672	0	705.31				
Momento flector (N.m)	-7.6051	3.1315	0	8.2245				

 <p>Refrentado con tuerca-3</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Aceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>2.23244</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Aceptar	FDS calculado:	2.23244	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Aceptar						
FDS calculado:	2.23244							
FDS deseado:	2							



Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9796.1	9796.1
Fuerza cortante (N)	-61.533	478.39	0	482.33
Momento flector (N.m)	5.4931	-0.67731	0	5.5347

 <p>Refrentado con tuerca-4</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Aceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>2.44301</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Aceptar	FDS calculado:	2.44301	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Aceptar						
FDS calculado:	2.44301							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9888.4	9888.4
Fuerza cortante (N)	267.45	-18,558	0	268.09
Momento flector (N.m)	1.1622	-3.8135	0	3.9866

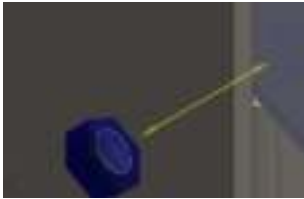

 <p>Refrentado con tuerca-5</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Necesita atención</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>1.8111</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Necesita atención	FDS calculado:	1.8111	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Necesita atención						
FDS calculado:	1.8111							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	10032	10032
Fuerza cortante (N)	-452.22	291.72	0	538.15
Momento flector (N.m)	7.9315	4.5872	0	9.1625



 <p>Refrentado con tuerca-6</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Aceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>1.80342</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Aceptar	FDS calculado:	1.80342	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Aceptar						
FDS calculado:	1.80342							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9820.3	9820.3
Fuerza cortante (N)	324.42	412.96	0	525.15
Momento flector (N.m)	6.9701	-6.4455	0	9.4935

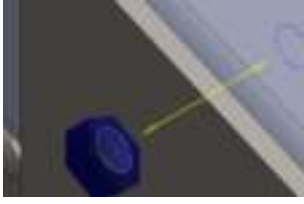

--	--	--	--	--

 <p>Refrentado con tuerca-7</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Acceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>2.32113</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Acceptar	FDS calculado:	2.32113	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Acceptar						
FDS calculado:	2.32113							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9808.9	9808.9
Fuerza cortante (N)	355.17	129.38	0	378
Momento flector (N.m)	2.6073	-4.1262	0	4.8809

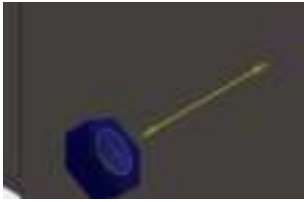

 <p>Refrentado con tuerca-8</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Acceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>2.36489</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Acceptar	FDS calculado:	2.36489	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Acceptar						
FDS calculado:	2.36489							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	10125	10125
Fuerza cortante (N)	-76.56	85.791	0	114.99
Momento flector (N.m)	4.2184	-0.17241	0	4.222

 <p>Refrentado con tuerca-9</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Acceptar</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>3.17882</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Acceptar	FDS calculado:	3.17882	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Acceptar						
FDS calculado:	3.17882							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector


Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9804.7	9804.7
Fuerza cortante (N)	11.019	-72.586	0	73.417
Momento flector (N.m)	-0.48949	-0.22521	0	0.53881

 <p>Refrentado con tuerca-10</p>	Entidades: 2 arista(s) Tipo: Tornillo (Diámetro de la cabeza/tuerca) (Refrentado) Diámetro de la cabeza: 12.75 mm Diámetro de tuerca: 12.75 mm Diámetro del vástago nominal: 8.5 Precarga (Axial): 9788 Módulo de Young: 2.1e+011 Cociente de Poisson: 0.28 Unidades de precarga: N	<table border="1"> <tr> <td>Comprobación de perno:</td> <td>Necesita atención</td> </tr> <tr> <td>FDS calculado:</td> <td>0.94832</td> </tr> <tr> <td>FDS deseado:</td> <td>2</td> </tr> </table> 	Comprobación de perno:	Necesita atención	FDS calculado:	0.94832	FDS deseado:	2
	Comprobación de perno:	Necesita atención						
FDS calculado:	0.94832							
FDS deseado:	2							

Fuerzas del conector

Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9800.8	9800.8
Fuerza cortante (N)	1429.6	2237.6	0	2655.3
Momento flector (N.m)	20.673	-19.104	0	28.148

Información de contacto

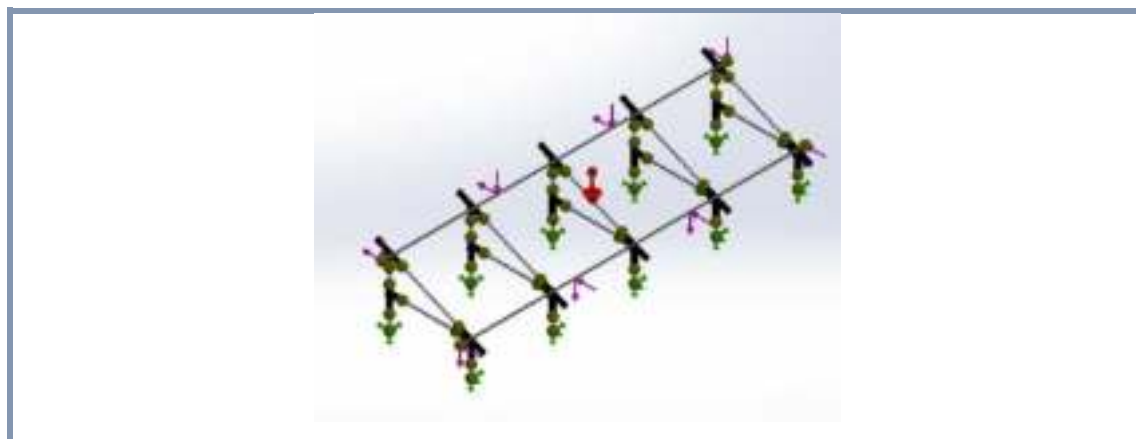
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componente 1 s: componente(s) Opciones: Mallado compatible

Información de malla

Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño máximo de elemento	77.9928 mm
Tamaño mínimo del elemento	15.5986 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	59892
Número total de elementos	28814
Tiempo para completar la malla (hh: mm: ss)	00:01:11



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	366.784	23366.3	-8.39233e-005	23369.2

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	58.899	-86.1857	-164.658	194.96

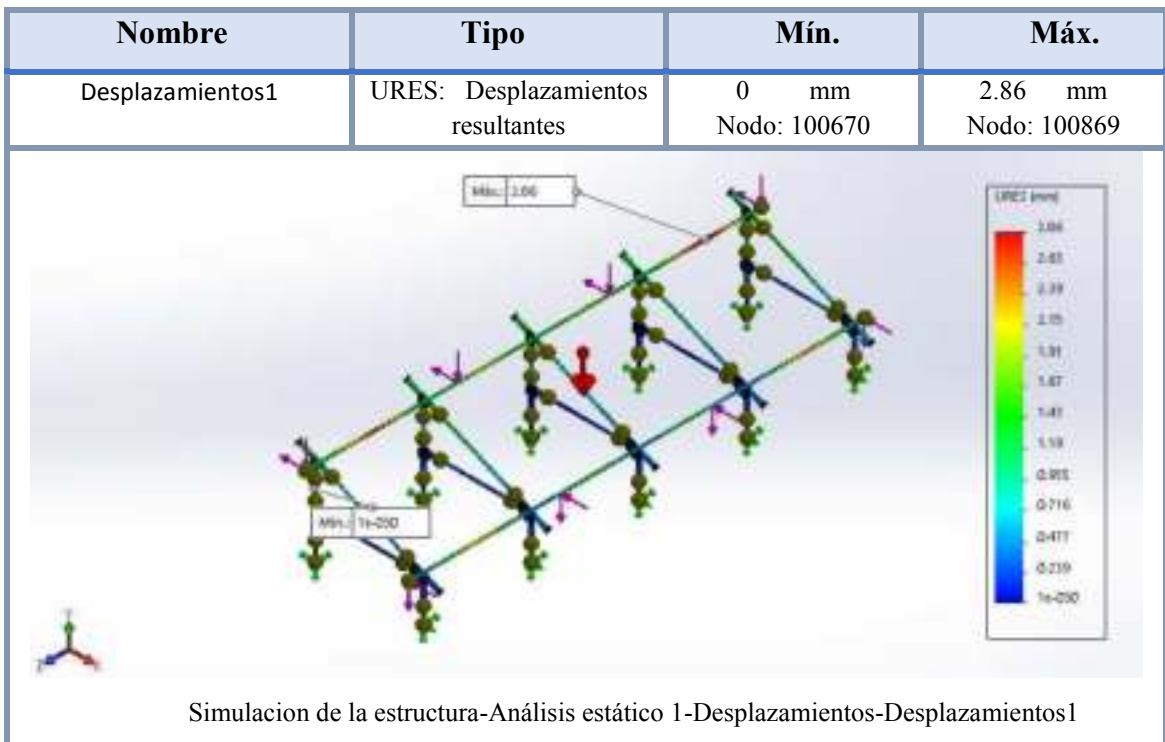
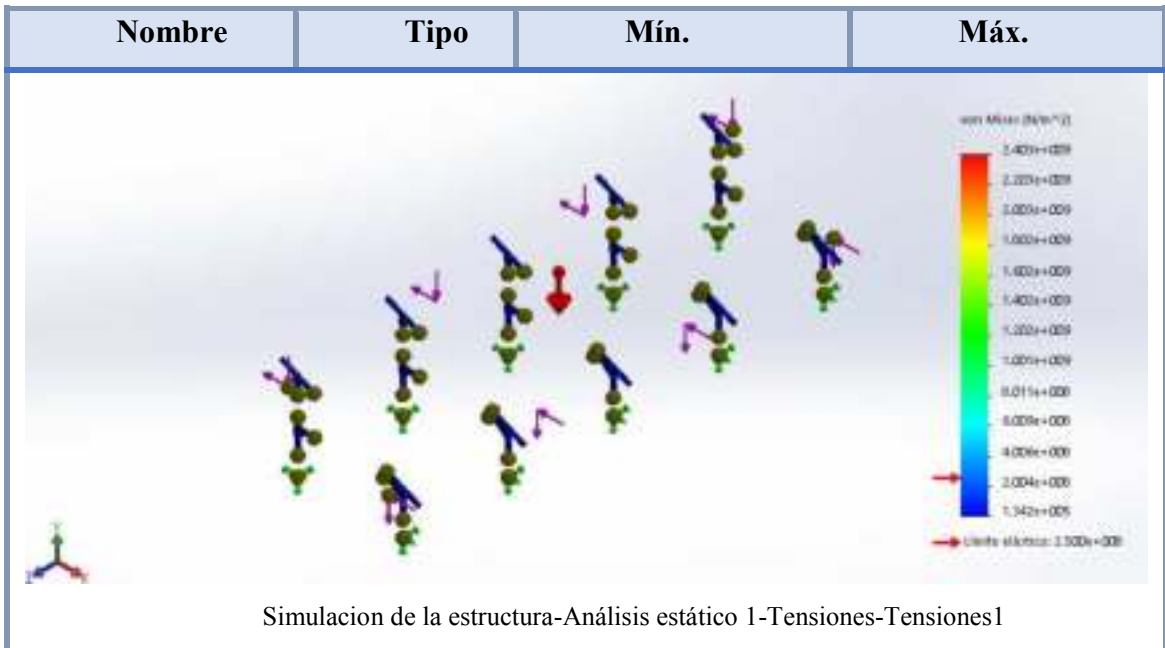
Fuerzas de viga

Nombre de viga	Elemento	Final	Axial (N)	Cortante1 (N)	Cortante2 (N)	Momento 1 (N.m)	Momento 2 (N.m)	Torsión (N.m)
Tubo de soporte izquierdo (60 X 40 X 2)	28046	1	1147.8	75.506	-214.92	98.266	25.163	54.033
		2	-1150.3	-75.506	214.92	-79.206	-24.494	-54.033
Tubo de medio de soporte (60 X 40 X 2)	28049	1	183.79	-24.761	60.907	35.106	-15.546	30.142
		2	-183.79	27.28	-60.907	-89.624	13.217	-30.142
		2	-183.79	42.395	-60.907	-41.673	-54.926	-30.142
	28056	1	183.79	-42.395	60.907	41.673	54.926	30.142
		2	-183.79	44.914	-60.907	-47.125	-94.002	-30.142
	28057	1	183.79	-44.914	60.907	47.125	94.002	30.142
		2	-183.79	47.433	-60.907	-52.577	-13.533	-30.142
	28058	1	183.79	-47.433	60.907	52.577	13.533	30.142
		2	-183.79	49.952	-60.907	-58.029	-17.892	-30.142
	28059	1	183.79	-49.952	60.907	58.029	17.892	30.142
		2	-183.79	52.472	-60.907	-63.481	-22.476	-30.142

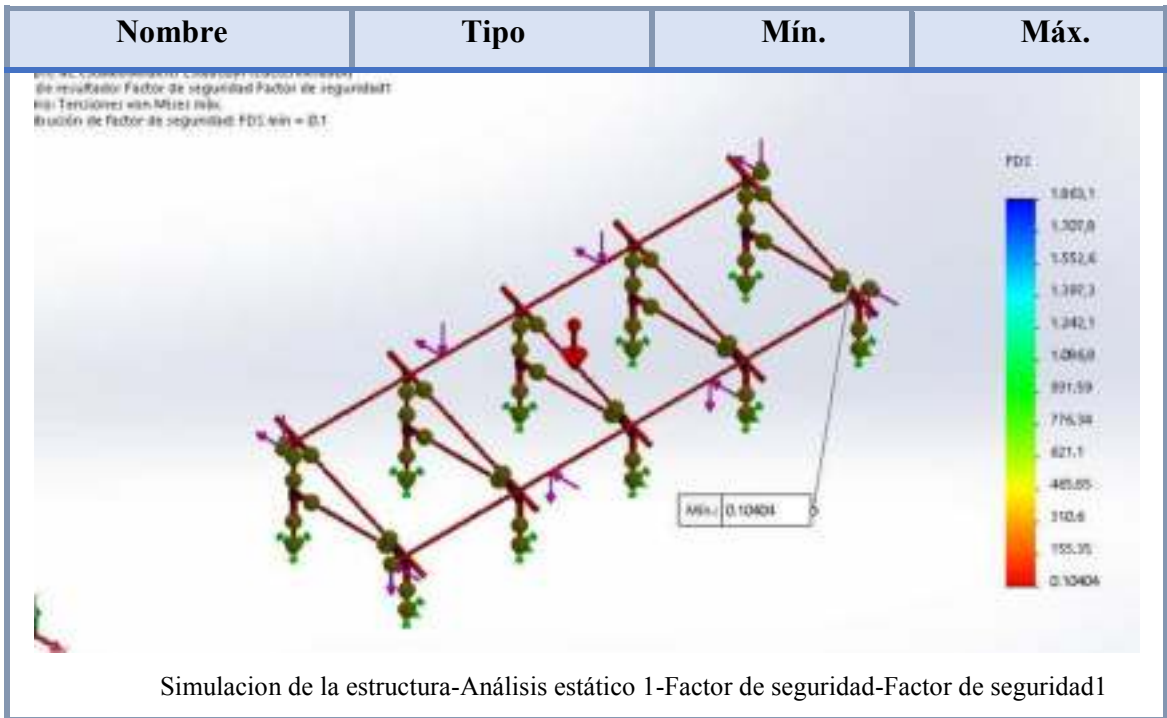
Tubo de soporte derecho (60 X 40 X 2)	28060	1	1323.4	-85.724	-310.04	25.737	-79.558	-22.235
		2	-1325.5	85.724	310.04	-28.284	1.622	22.235
Tubo de soporte superior (60 X 40 X 2)	28066	1	56.922	110.24	-25.537	23.614	56.892	-11.783
		2	-46.548	-107.8	25.537	-21.208	-46.625	11.783
	28067	1	46.548	107.8	-25.537	21.208	46.625	-11.783
		2	-36.174	-105.36	25.537	-18.803	-36.587	11.783
	28068	1	36.174	105.36	-25.537	18.803	36.587	-11.783
		2	-25.799	-102.92	25.537	-16.398	-26.779	11.783
	28069	1	2.58	102.92	-25.537	16.398	26.779	-11.783
		2	-15.425	-100.48	25.537	-13.993	-17.201	11.783
	28070	1	15.425	100.48	-25.537	13.993	17.201	-11.783
		2	-0.5051	-98.042	25.537	-11.588	-78.526	11.783
	28071	1	0.50508	98.042	-25.537	11.588	78.526	-11.783
		2	0.53235	-95.603	25.537	-91.831	12.661	11.783
	28072	1	-0.53231	95.603	-25.537	91.831	-12.661	-11.783
		2	15.697	-93.164	25.537	-6.778	10.155	11.783
	28073	1	-15.698	93.164	-25.537	6.778	-10.155	-11.783
		2	26.072	-90.724	25.537	-43.729	18.814	11.783
	28074	1	-26.072	90.724	-25.537	43.729	-18.814	-11.783
		2	36.446	-88.285	25.537	-19.678	27.244	11.783
Barra superior (60 X 40 X 2)	28270	1	4,03E-08	2,48E-03	-8,85E-03	-2,31E-04	-5,41E-05	4,73E-11
		2	-4,03E-08	-121.3	-49.238	-24.263	59.775	-4,73E-11
	28271	1	2,25E-07	121.3	49.238	24.263	-59.775	2,02E-10
		2	-2,25E-07	-242.61	-98.476	-97.054	23.91	-2,02E-10
	28272	1	4,22E-07	242.61	98.476	97.054	-23.91	2,31E-10
		2	-4,22E-07	-363.91	-147.71	-21.837	53.798	-2,31E-10
	28273	1	101.43	-744.19	-309.98	56.057	-114.82	30.901

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000e+000N/m ² Nodo: 100649	2.403e+009N/m ² Nodo: 83520



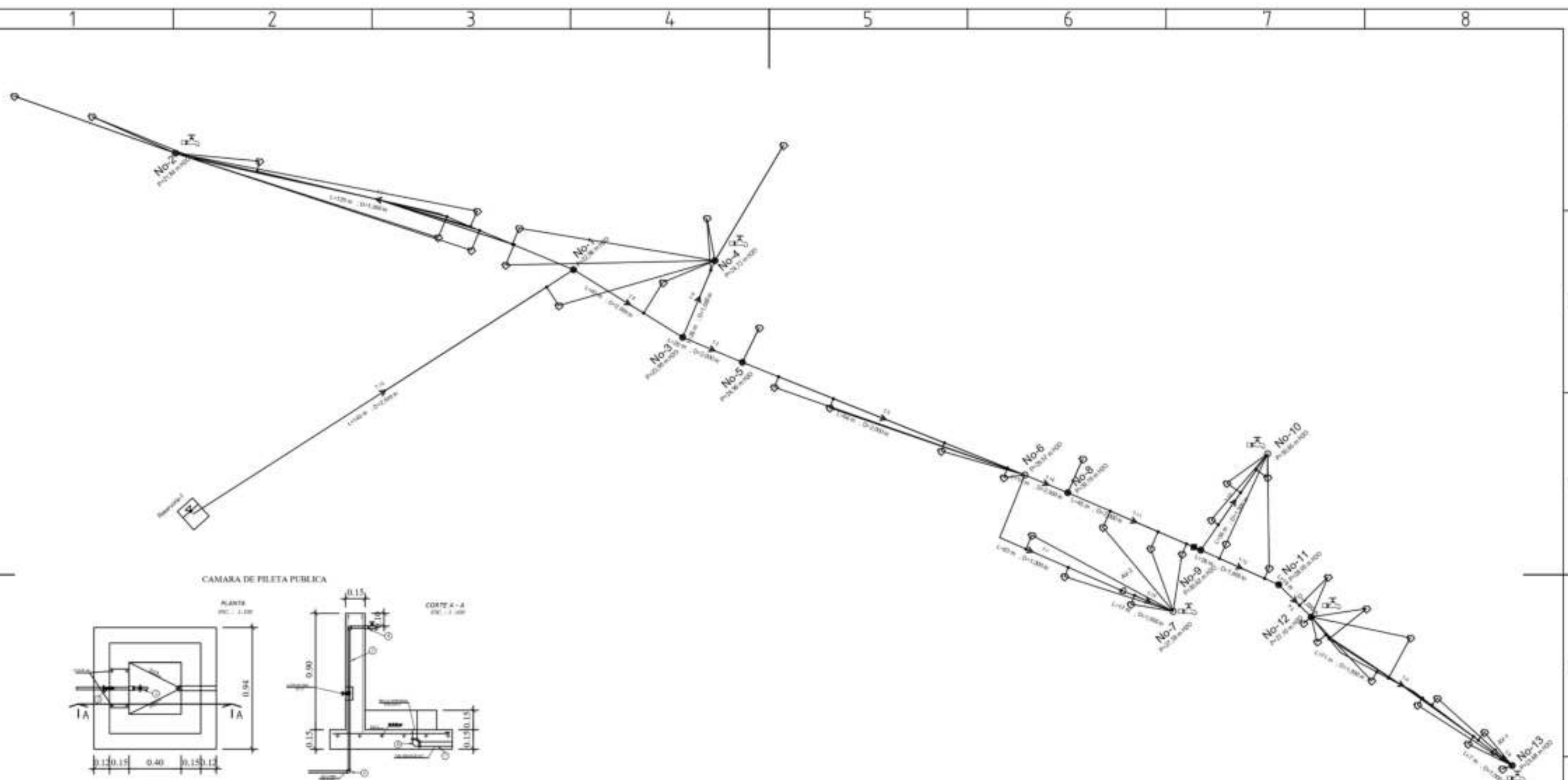
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	0.10404 Nodo: 83520	1.863,1 Nodo: 19351



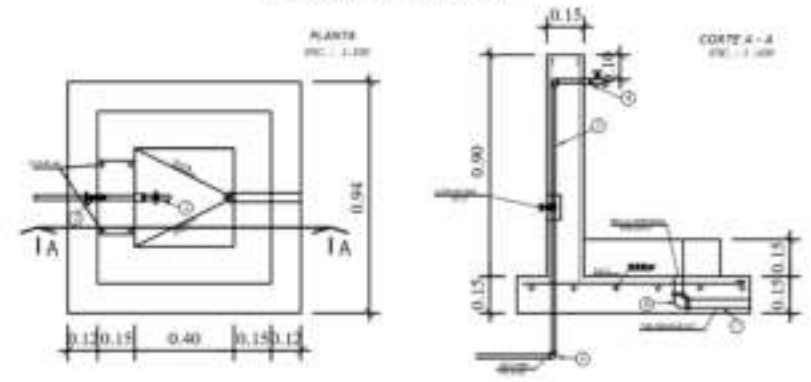
ANEXO H

Planos del proyecto

	No plano
Red de distribución de riego Casa Grande	PYF-01
Red de distribución de agua potable Casa Grande	PYF-02
Diagrama unifilar del sistema de distribución TDG-0	PYF-03
Circuito de potencia y control sistema de bombeo	PYF-04
Tanque de almacenamiento Casa Grande	PYF-05
Estructura soporte para 6 generadores fotovoltaicos	PYF-06
Torre de sistema pararrayos	PYF-07



CAMARA DE PILETA PUBLICA



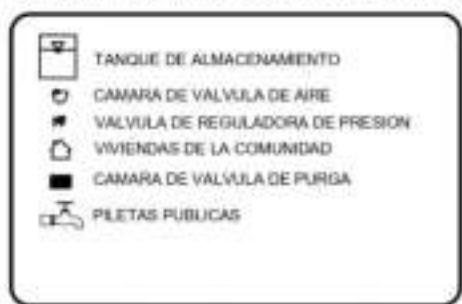
PLANILLA DE ACCESORIOS

REF.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	DIAM.
1	Pileta de bronce	Pza.	1	1/2"
2	Clavo de paso bronce	Pza.	1	1/2"
3	Codo 90°	Pza.	2	1/2"
4	Niple PVC	Pza.	1	1/2"
5	Tuberia PVE	ML.	1.5	1/2"
6	Codo 90°	Pza.	1	1"
7	Tuberia PVC	ML.	0.5	1"

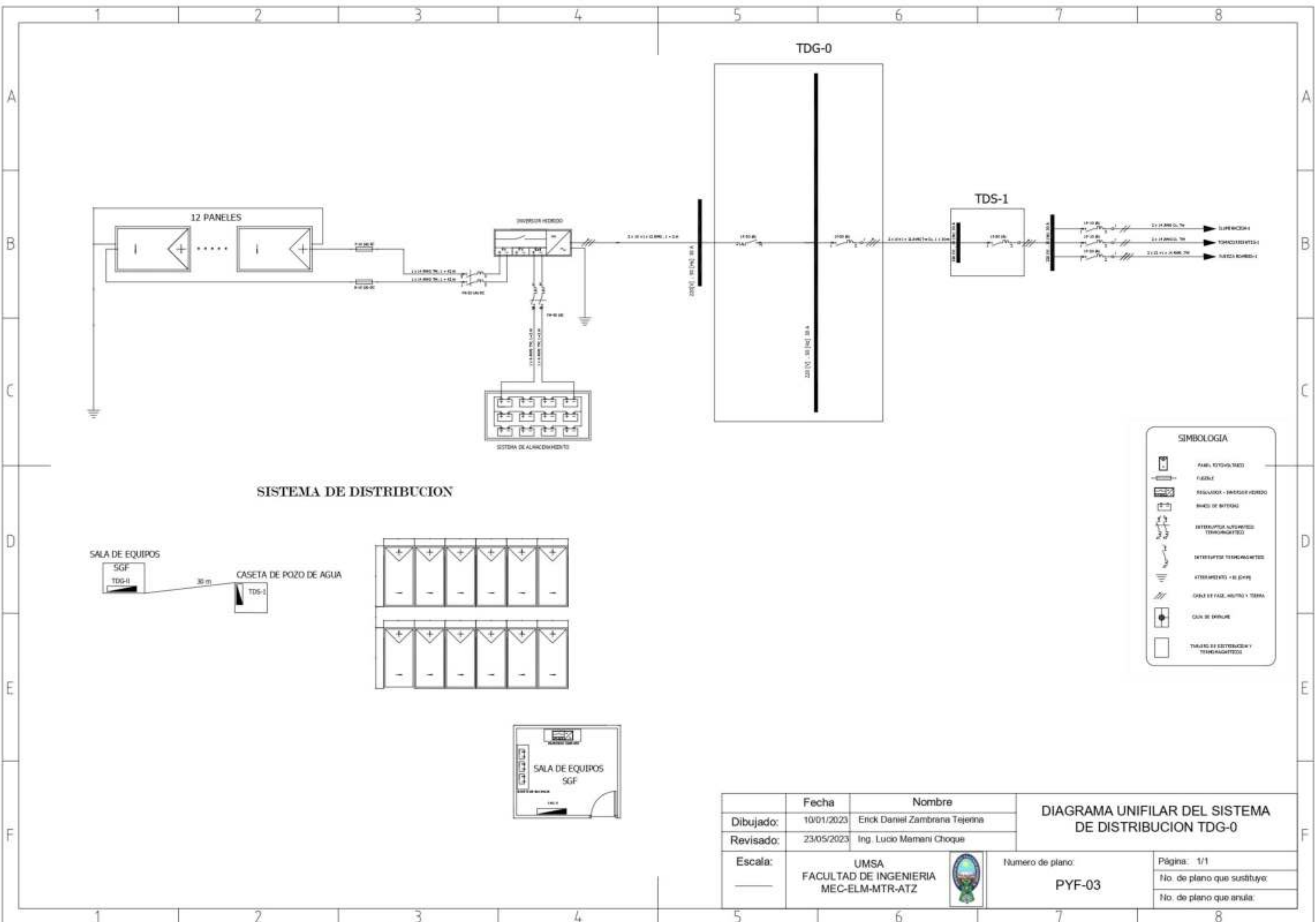
PLANILLA DE COMPUTOS DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	OBSERVACIONES
Mezcla H ² A 0.94 x 0.94 x 0.15	m ³	0.13	
Cemento	KG	30	
Armas	m ³	12	
Grava	m ³	6	
Fierro 10 x 90 cm	KG	11.09	
Ladrillos 18 x 7.5 x 7.5 cm	Ladrillos	6	
Revoque interior	m ²	2.4	
Revoque exterior	m ²	4.3	

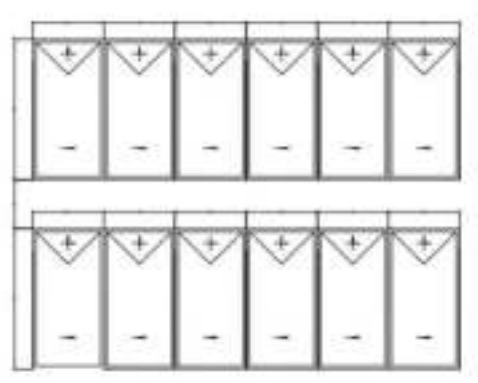
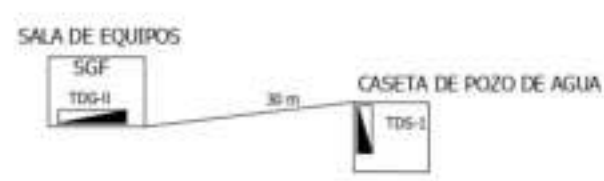
LEYENDA DE SIMBOLOS CONVENCIONALES



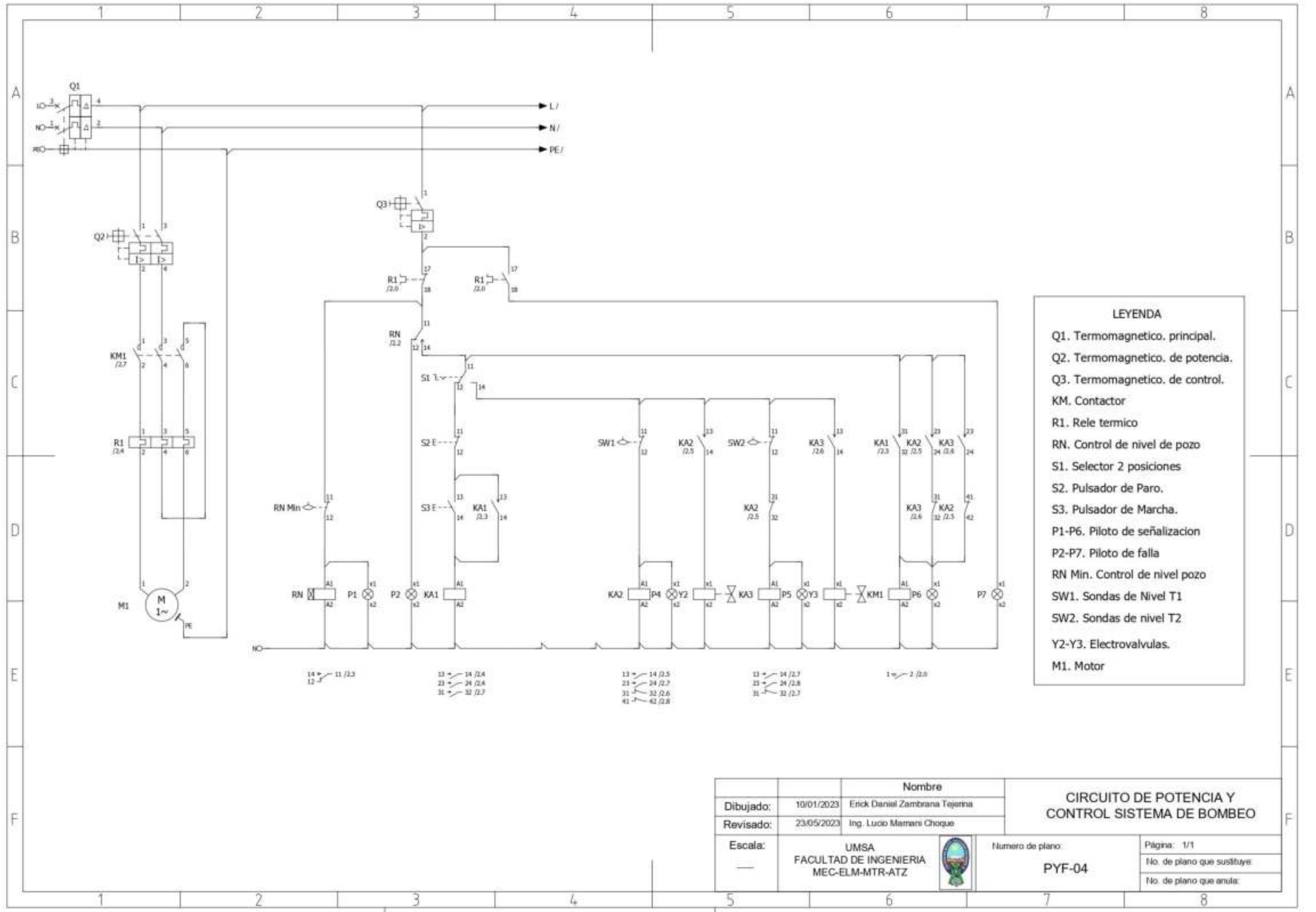
	Fecha	Nombre	RED DE DISTRIBUCCION DE AGUA POTABLE CASA GRANDE			
Dibujado:	10/01/2023	Erick Daniel Zambrana Tejerina				
Revisado:	23/05/2023	Ing. Lucio Mamani Choque	Numero de plano: PYF-02			
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ				Página: 1/1 No. de plano que sustituye: No. de plano que anula:	



SISTEMA DE DISTRIBUCION

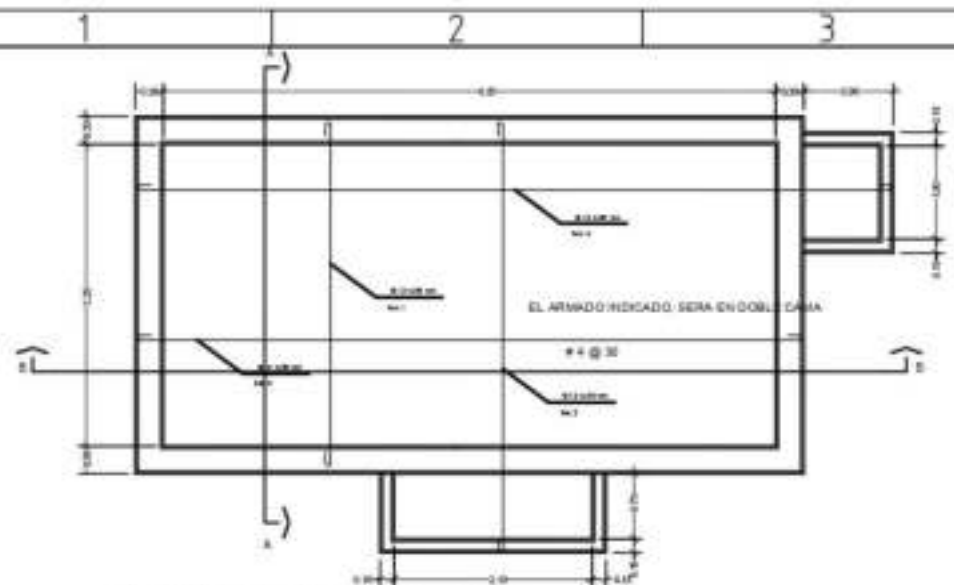


	Fecha	Nombre	DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION TDG-0	
Dibujado:	10/01/2023	Erick Daniel Zambrana Tejerina		
Revisado:	23/05/2023	Ing. Lucio Mamani Choque		
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano: PYF-03	Página: 1/1 No. de plano que sustituye: No. de plano que anula:

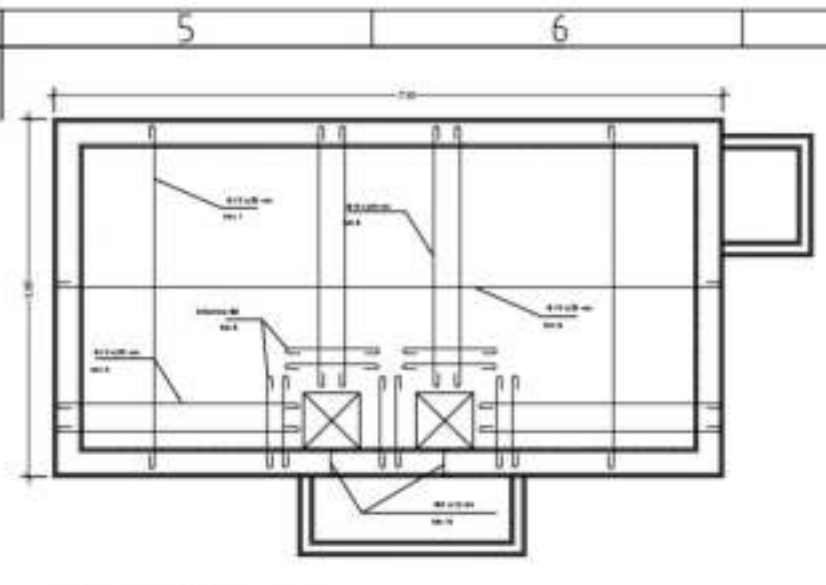


LEYENDA	
Q1.	Termomagnético. principal.
Q2.	Termomagnético. de potencia.
Q3.	Termomagnético. de control.
KM.	Contactador
R1.	Rele termico
RN.	Control de nivel de pozo
S1.	Selector 2 posiciones
S2.	Pulsador de Paro.
S3.	Pulsador de Marcha.
P1-P6.	Piloto de señalizacion
P2-P7.	Piloto de falla
RN Min.	Control de nivel pozo
SW1.	Sondas de Nivel T1
SW2.	Sondas de nivel T2
Y2-Y3.	Electrovalvulas.
M1.	Motor

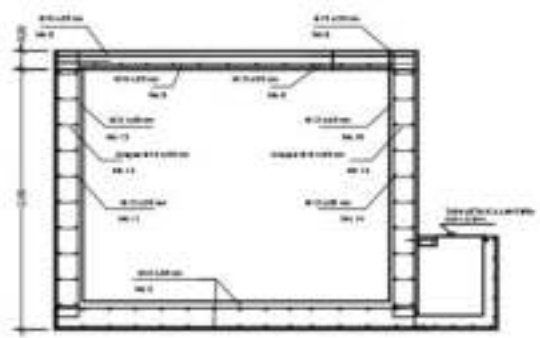
		Nombre		CIRCUITO DE POTENCIA Y CONTROL SISTEMA DE BOMBEO	
Dibujado:	10/01/2023	Erick Daniel Zambrana Tejerina		Página: 1/1	
Revisado:	23/05/2023	Ing. Lucio Mamani Choque			
Escala:	—	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano: PYF-04	No. de plano que sustituye:
				No. de plano que anula:	



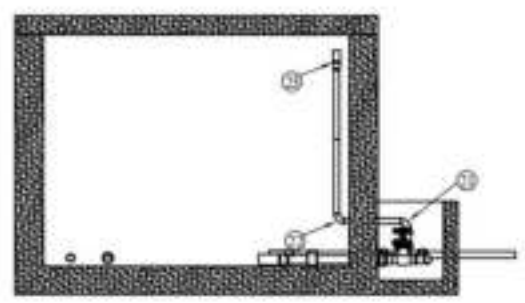
PLANTA DE LOSA DE CIMENTACION



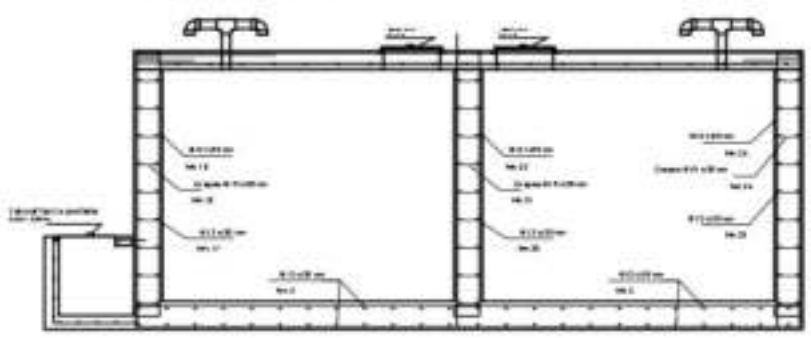
PLANTA DE LOSA TAPA



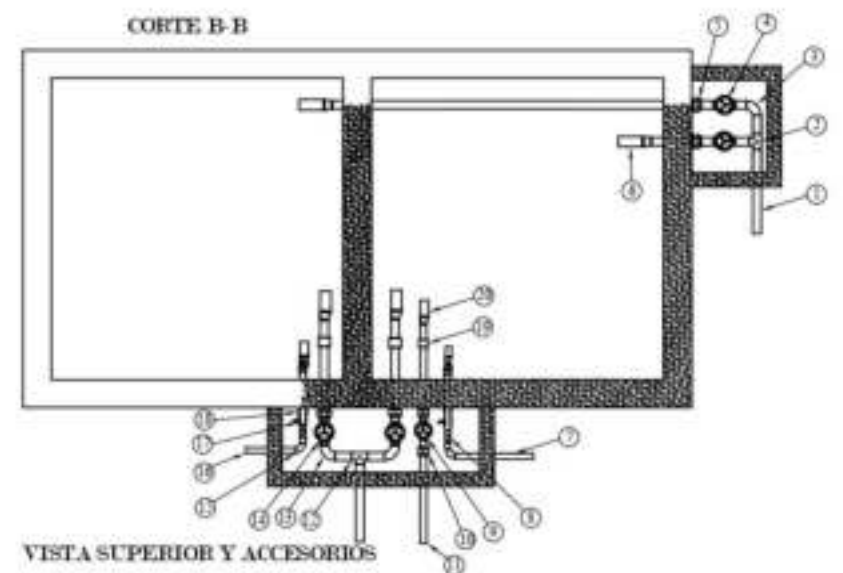
CORTE A-A



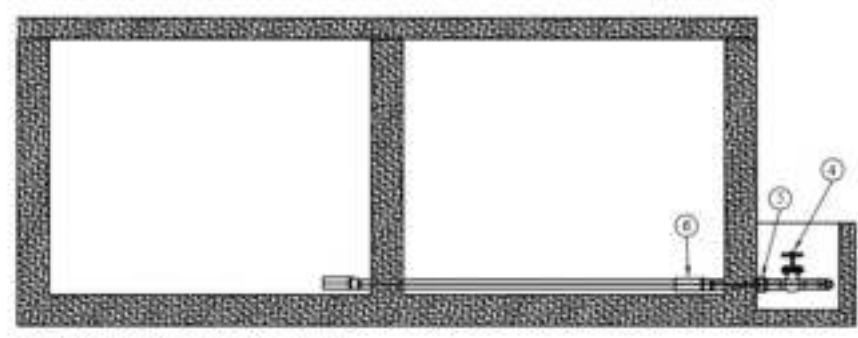
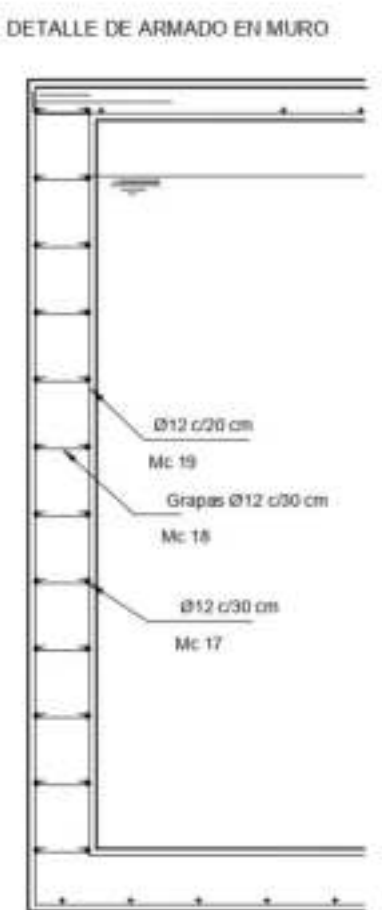
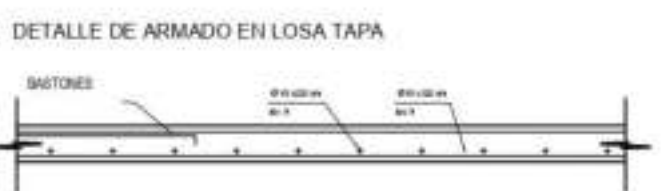
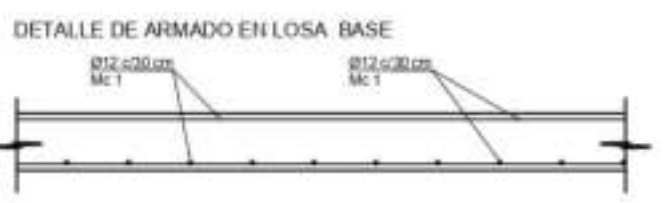
DETALLE DEL CORTE A-A



CORTE B-B



VISTA SUPERIOR Y ACCESORIOS



DETALLE DEL CORTE B-B

PLANILLA DE FIERROS

NO.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	OBSERVACIONES
1	VARILLA #4	M	12.00	
2	VARILLA #6	M	18.00	
3	VARILLA #8	M	24.00	
4	VARILLA #10	M	30.00	
5	VARILLA #12	M	36.00	
6	VARILLA #14	M	42.00	
7	VARILLA #16	M	48.00	
8	VARILLA #18	M	54.00	
9	VARILLA #20	M	60.00	
10	VARILLA #22	M	66.00	
11	VARILLA #24	M	72.00	
12	VARILLA #26	M	78.00	
13	VARILLA #28	M	84.00	
14	VARILLA #30	M	90.00	
15	VARILLA #32	M	96.00	
16	VARILLA #34	M	102.00	
17	VARILLA #36	M	108.00	
18	VARILLA #38	M	114.00	
19	VARILLA #40	M	120.00	
20	VARILLA #42	M	126.00	
21	VARILLA #44	M	132.00	
22	VARILLA #46	M	138.00	
23	VARILLA #48	M	144.00	
24	VARILLA #50	M	150.00	
25	VARILLA #52	M	156.00	
26	VARILLA #54	M	162.00	
27	VARILLA #56	M	168.00	
28	VARILLA #58	M	174.00	
29	VARILLA #60	M	180.00	
30	VARILLA #62	M	186.00	
31	VARILLA #64	M	192.00	
32	VARILLA #66	M	198.00	
33	VARILLA #68	M	204.00	
34	VARILLA #70	M	210.00	
35	VARILLA #72	M	216.00	
36	VARILLA #74	M	222.00	
37	VARILLA #76	M	228.00	
38	VARILLA #78	M	234.00	
39	VARILLA #80	M	240.00	
40	VARILLA #82	M	246.00	
41	VARILLA #84	M	252.00	
42	VARILLA #86	M	258.00	
43	VARILLA #88	M	264.00	
44	VARILLA #90	M	270.00	
45	VARILLA #92	M	276.00	
46	VARILLA #94	M	282.00	
47	VARILLA #96	M	288.00	
48	VARILLA #98	M	294.00	
49	VARILLA #100	M	300.00	

PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	OBSERVACIONES
Forma	M ²	10.00	
Formero	M ²	22.00	

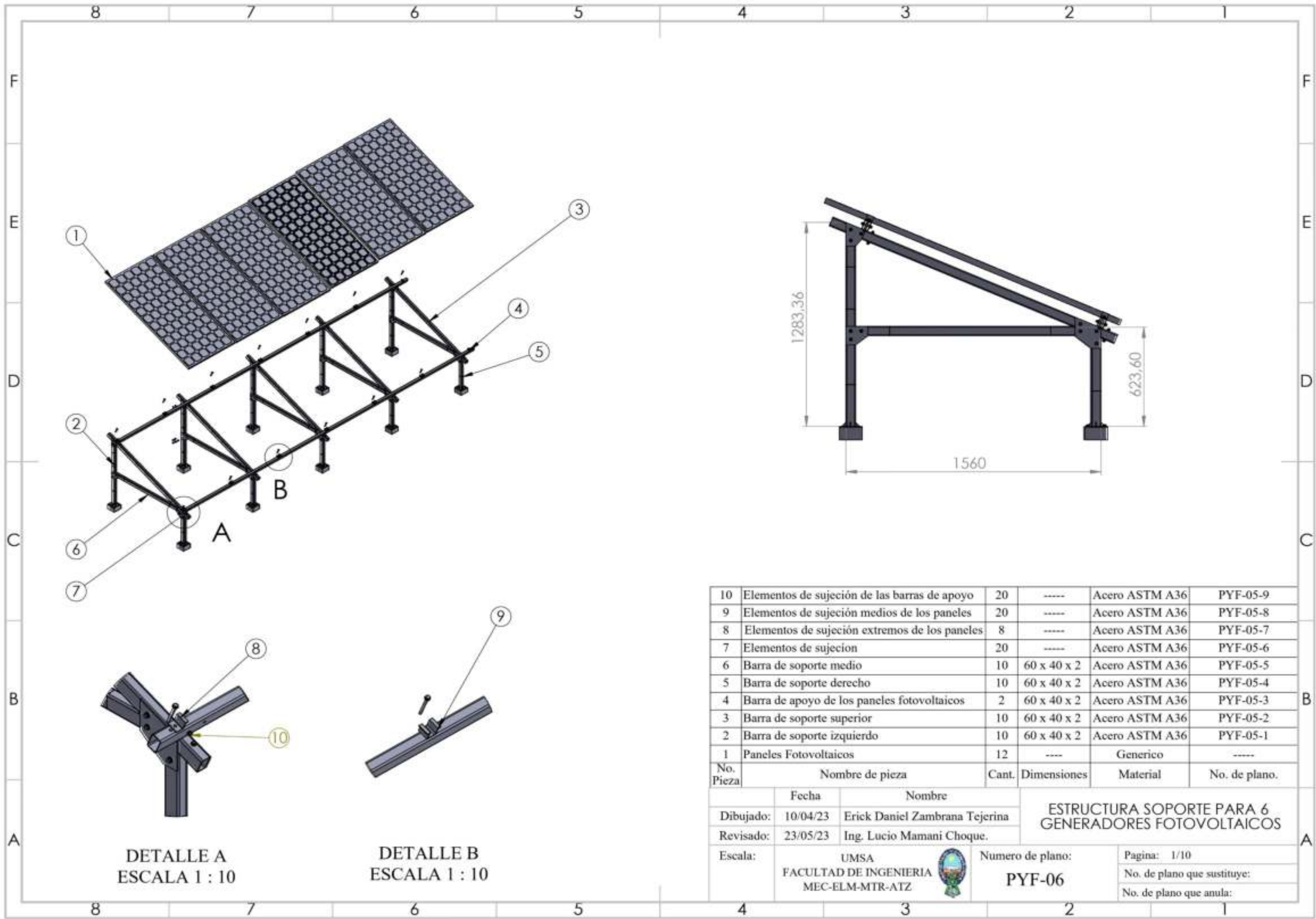
PLANILLA DE COMPUTOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	OBSERVACIONES
Cemento	KG	147.94	
Arena	m ³	16.58	
Grava	m ³	45.72	
Alambres de amarre	KG	80.75	
Bloques de concreto	Bloques	84.00	
Revoque interior	m ²	66.44	2 cm de espesor
Revoque exterior	m ²	66.44	2 cm de espesor

PLANILLA DE COMPUTOS ACCESORIOS

NO.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	OBSERVACIONES
1	VALVULA	UNID.	1	
2	VALVULA	UNID.	1	
3	VALVULA	UNID.	1	
4	VALVULA	UNID.	1	
5	VALVULA	UNID.	1	
6	VALVULA	UNID.	1	
7	VALVULA	UNID.	1	
8	VALVULA	UNID.	1	
9	VALVULA	UNID.	1	
10	VALVULA	UNID.	1	
11	VALVULA	UNID.	1	
12	VALVULA	UNID.	1	
13	VALVULA	UNID.	1	
14	VALVULA	UNID.	1	
15	VALVULA	UNID.	1	
16	VALVULA	UNID.	1	
17	VALVULA	UNID.	1	
18	VALVULA	UNID.	1	
19	VALVULA	UNID.	1	
20	VALVULA	UNID.	1	
21	VALVULA	UNID.	1	
22	VALVULA	UNID.	1	
23	VALVULA	UNID.	1	
24	VALVULA	UNID.	1	
25	VALVULA	UNID.	1	
26	VALVULA	UNID.	1	
27	VALVULA	UNID.	1	
28	VALVULA	UNID.	1	
29	VALVULA	UNID.	1	
30	VALVULA	UNID.	1	
31	VALVULA	UNID.	1	
32	VALVULA	UNID.	1	
33	VALVULA	UNID.	1	
34	VALVULA	UNID.	1	
35	VALVULA	UNID.	1	
36	VALVULA	UNID.	1	
37	VALVULA	UNID.	1	
38	VALVULA	UNID.	1	
39	VALVULA	UNID.	1	
40	VALVULA	UNID.	1	
41	VALVULA	UNID.	1	
42	VALVULA	UNID.	1	
43	VALVULA	UNID.	1	
44	VALVULA	UNID.	1	
45	VALVULA	UNID.	1	
46	VALVULA	UNID.	1	
47	VALVULA	UNID.	1	
48	VALVULA	UNID.	1	
49	VALVULA	UNID.	1	
50	VALVULA	UNID.	1	

Fecha		Nombre		TANQUE DE ALMACENAMIENTO CASA GRANDE	
Dibujado:	10/01/2023	Enck Daniel Zambrana Tejerina			
Revisado:	23/05/2023	Ing. Lucio Mamani Choque			
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano:	Página: 1/1	
			PYF-05	No. de plano que sustituye:	
				No. de plano que anula:	

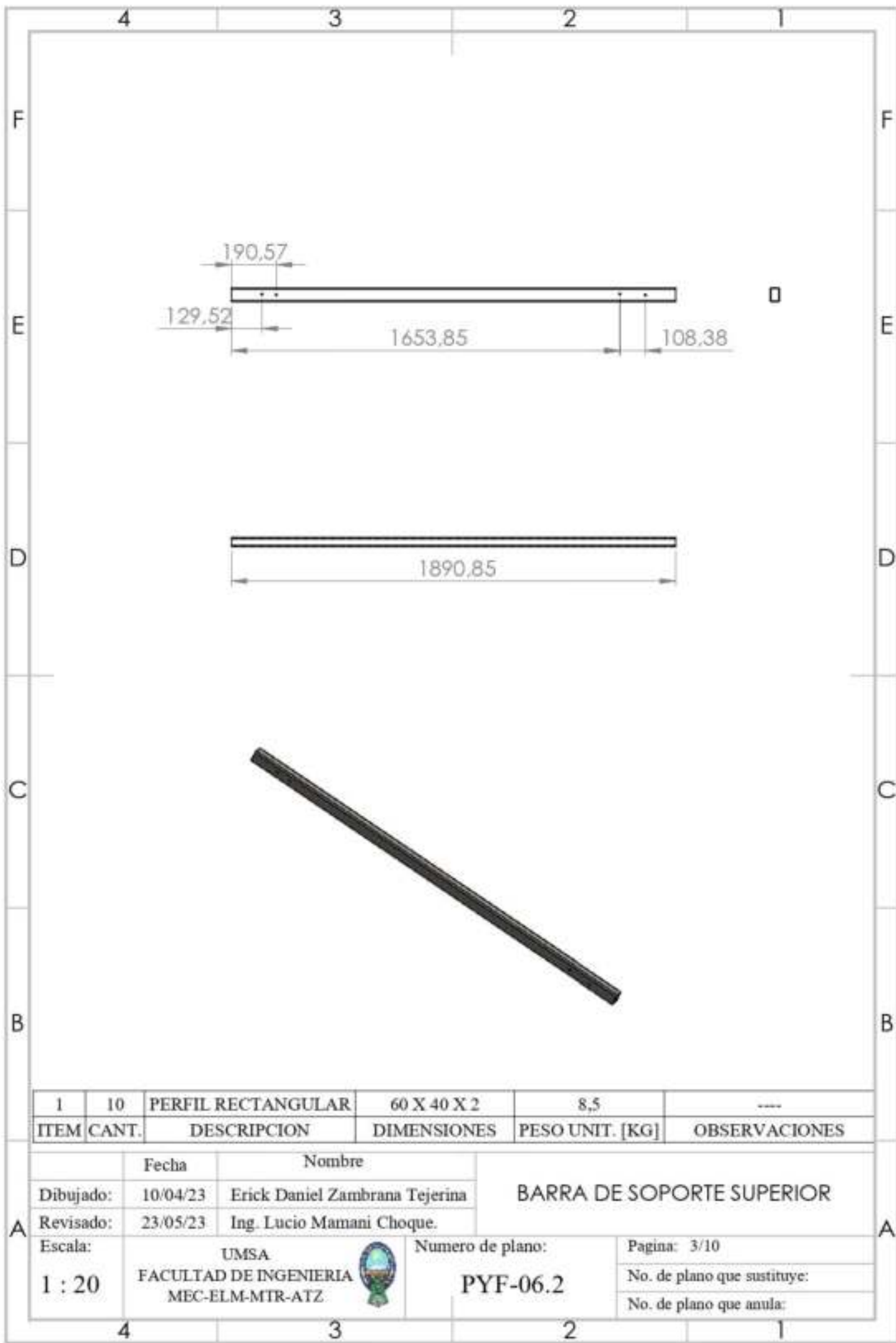


10	Elementos de sujeción de las barras de apoyo	20	----	Acero ASTM A36	PYF-05-9
9	Elementos de sujeción medios de los paneles	20	----	Acero ASTM A36	PYF-05-8
8	Elementos de sujeción extremos de los paneles	8	----	Acero ASTM A36	PYF-05-7
7	Elementos de sujecion	20	----	Acero ASTM A36	PYF-05-6
6	Barra de soporte medio	10	60 x 40 x 2	Acero ASTM A36	PYF-05-5
5	Barra de soporte derecho	10	60 x 40 x 2	Acero ASTM A36	PYF-05-4
4	Barra de apoyo de los paneles fotovoltaicos	2	60 x 40 x 2	Acero ASTM A36	PYF-05-3
3	Barra de soporte superior	10	60 x 40 x 2	Acero ASTM A36	PYF-05-2
2	Barra de soporte izquierdo	10	60 x 40 x 2	Acero ASTM A36	PYF-05-1
1	Paneles Fotovoltaicos	12	----	Generico	----
No. Pieza	Nombre de pieza	Cant.	Dimensiones	Material	No. de plano.

	Fecha	Nombre	ESTRUCTURA SOPORTE PARA 6 GENERADORES FOTOVOLTAICOS		
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina			
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.			
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano: PYF-06	Pagina: 1/10 No. de plano que sustituye: No. de plano que anula:	

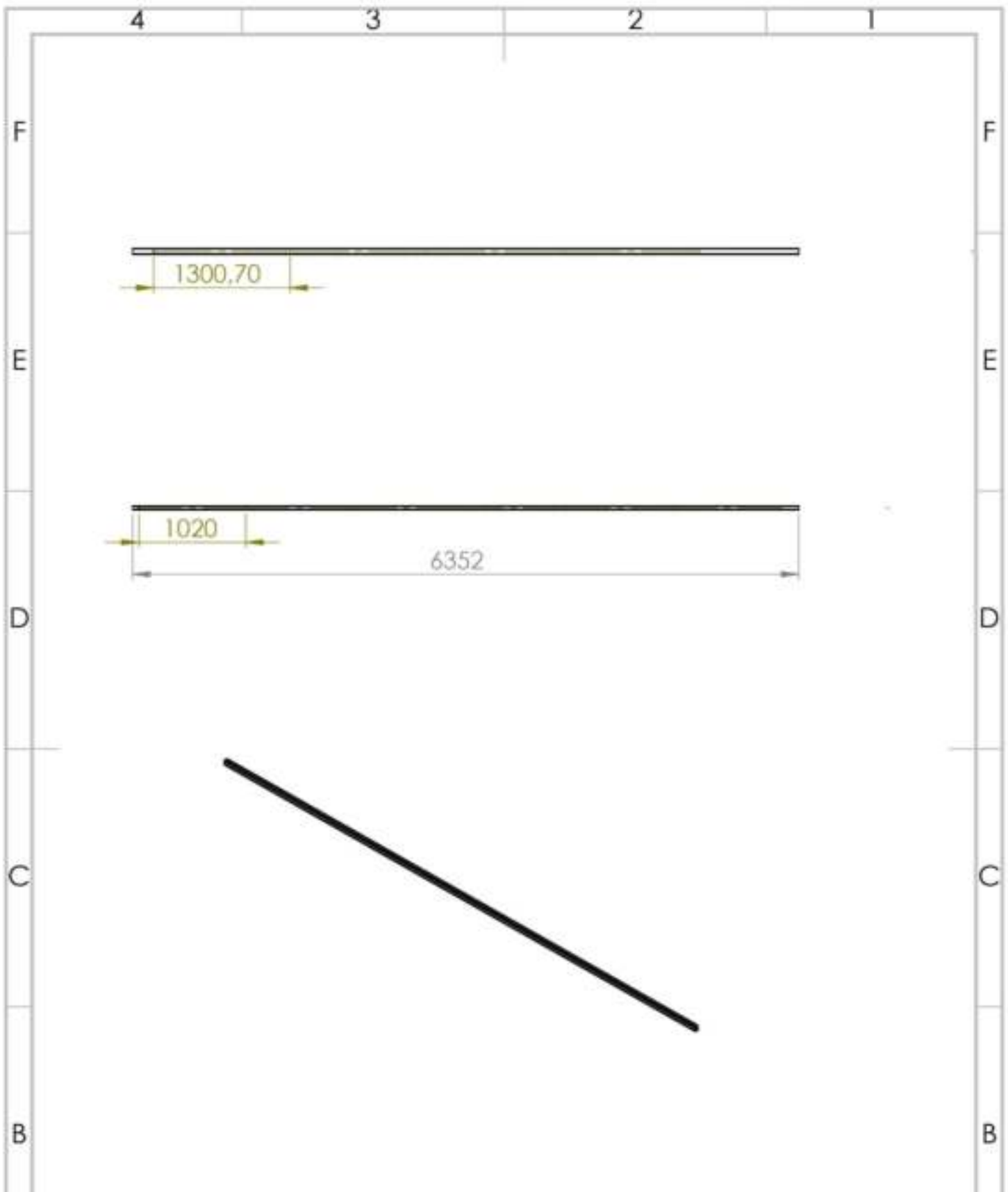
DETALLE A
ESCALA 1 : 10

DETALLE B
ESCALA 1 : 10




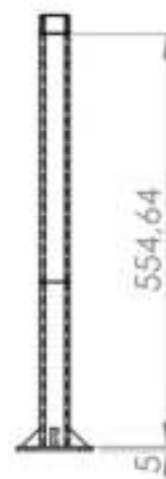
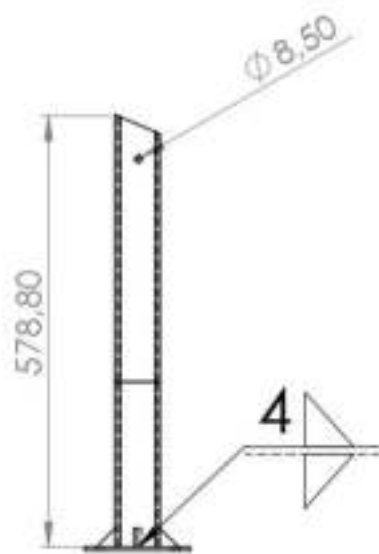
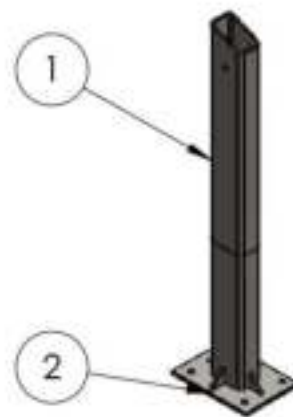
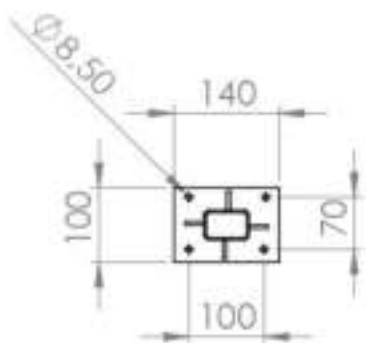
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT. [KG]	OBSERVACIONES
1	10	PERFIL RECTANGULAR	60 X 40 X 2	8,5	----

A	Fecha	Nombre	BARRA DE SOPORTE SUPERIOR			A
	Dibujado:	10/04/23				
	Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.			
	Escala:	UMSA		Numero de plano:	Pagina: 3/10	
	1 : 20	FACULTAD DE INGENIERIA		PYF-06.2	No. de plano que sustituye:	
		MEC-ELM-MTR-ATZ			No. de plano que anula:	




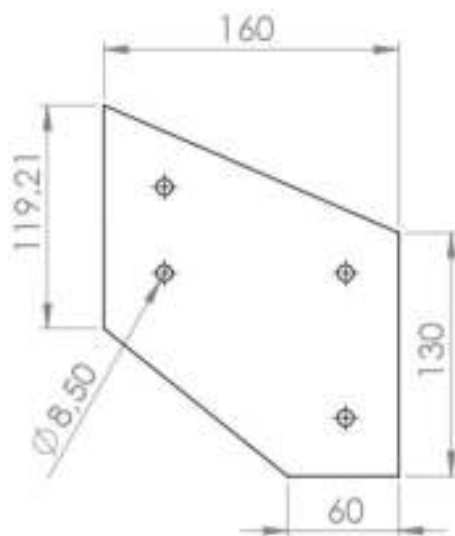
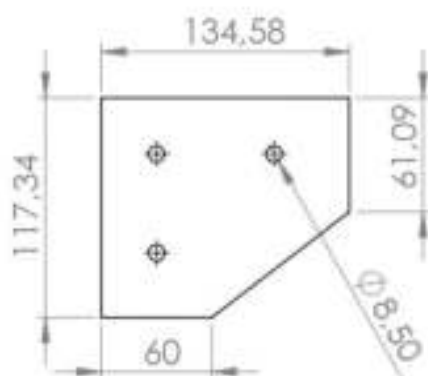
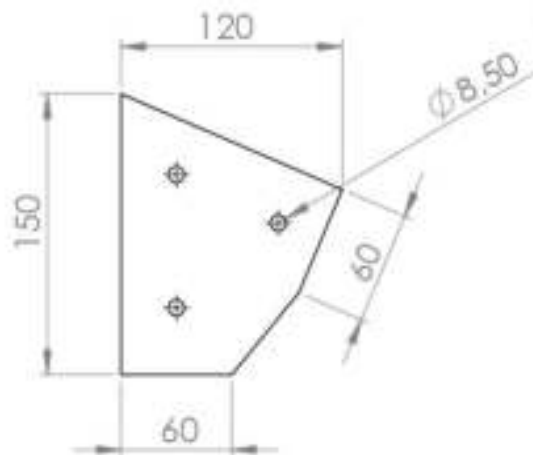
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT. [KG]	OBSERVACIONES
1	2	PERFIL RECTANGULAR	60 X 40 X 2	23,9	----

A	Fecha		Nombre		BARRA DE APOYO DE LOS PANELES SOLARES	A
	Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina			
	Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.			
	Escala:	1 :50	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ 			
					No. de plano que sustituye:	
					No. de plano que anula:	
		4	3	2	1	



ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT. [KG]	OBSERVACIONES
2	10	PLANCHA DE ACERO	140 X 100	0,54	---
1	10	PERFIL RECTANGULAR	60 X 40 X2	2,6	---


Fecha		Nombre		BARRA DE SOPORTE DERECHO	
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina			
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.			
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MIR-ATZ		Numero de plano:		Pagina: 5/10
1 : 10			 PYF-06.4		No. de plano que sustituye: No. de plano que anula:

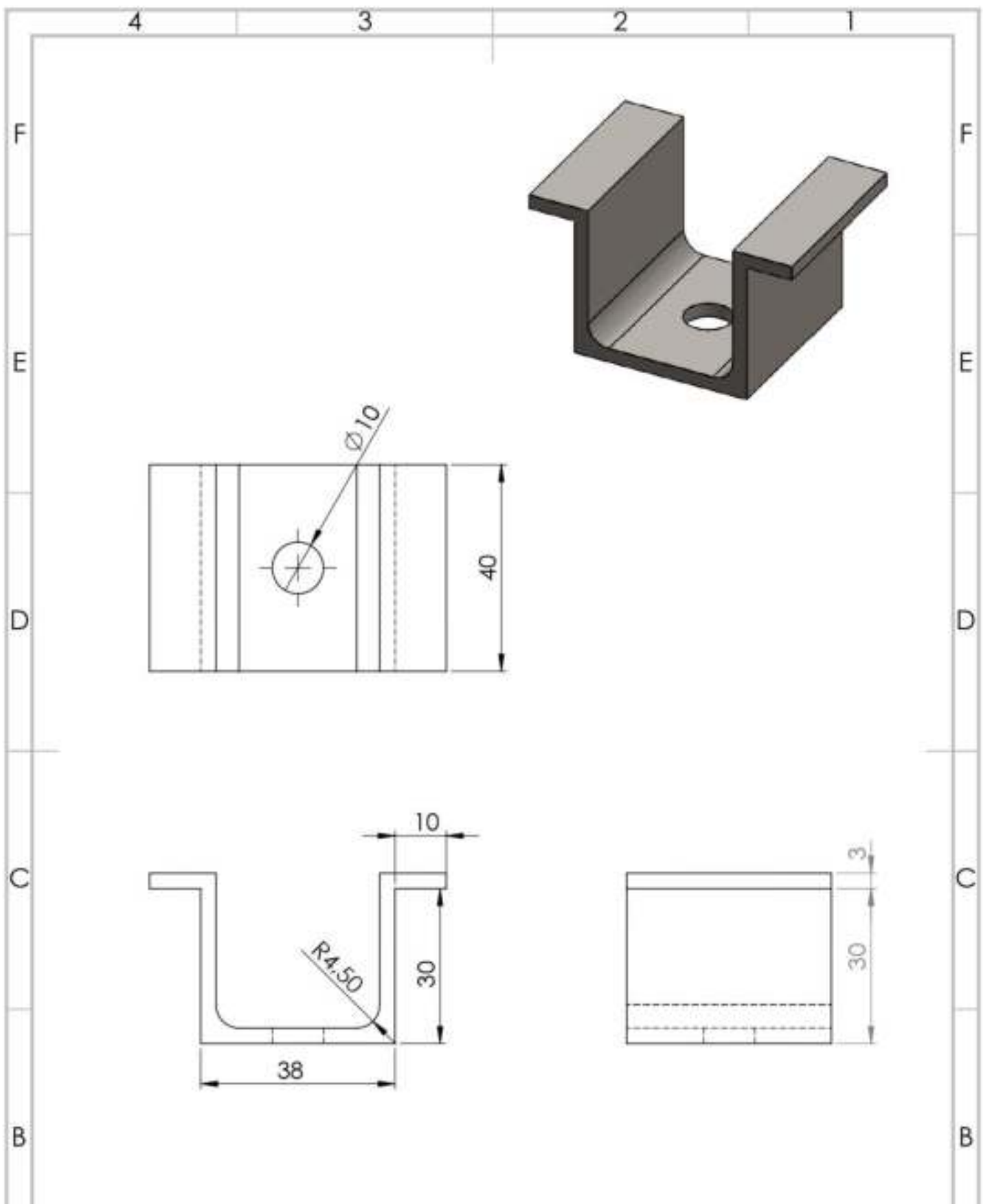


ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT. [KG]	OBSERVACIONES
3	10	PLANCHA DE ACERO	---	0,87	---
2	10	PLANCHA DE ACERO	---	0,53	---
1	10	PLANCHA DE ACERO	---	0,48	---

	Fecha	Nombre
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.

ELEMENTOS DE SUJECIÓN


Escala: 1 : 4	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano:	Pagina: 7/10
			PYF-06.6	No. de plano que sustituye:
				No. de plano que anula:



1	20	PERFIL U	30 X 3	0,11	---
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT. [KG]	OBSERVACIONES

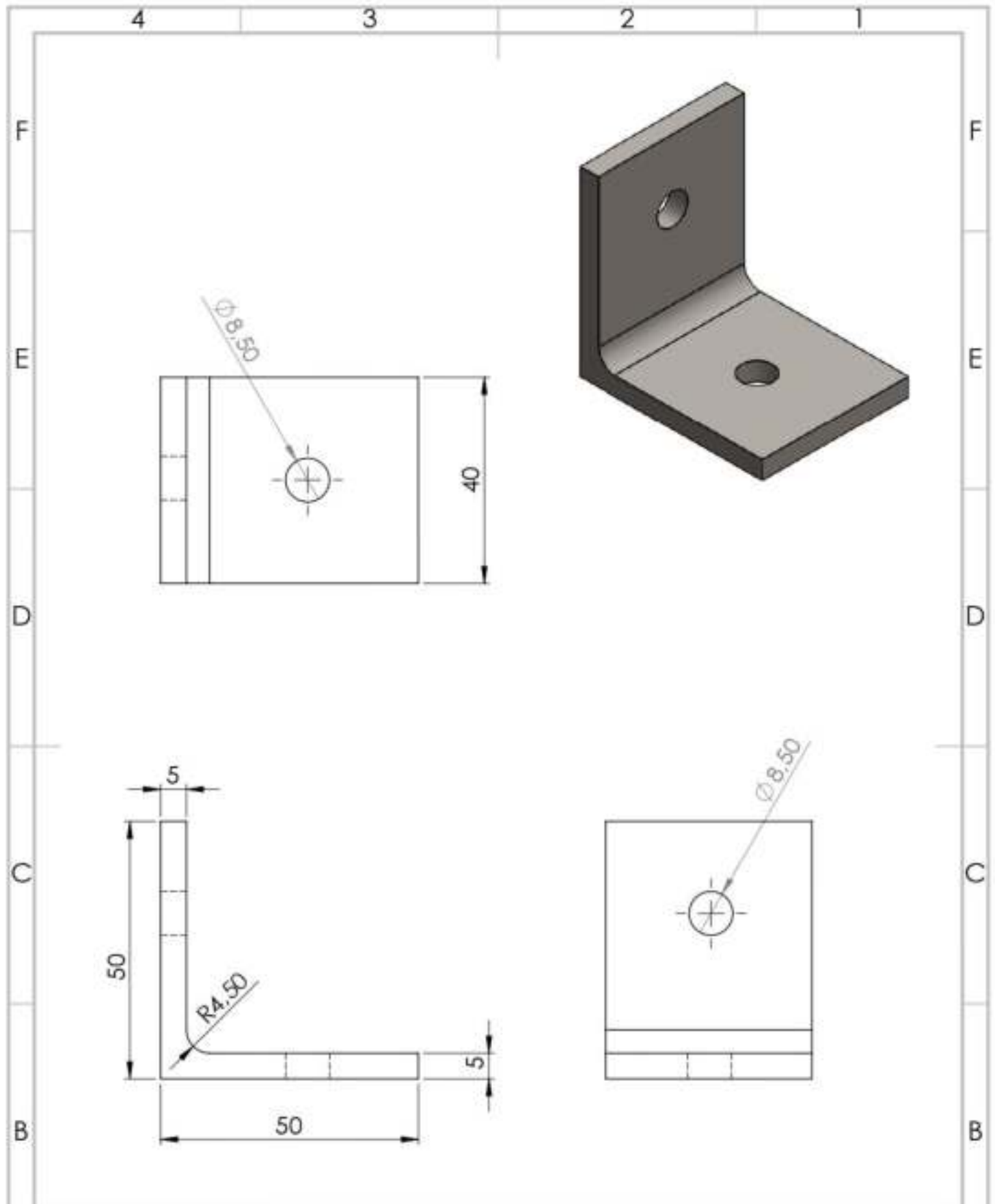
	Fecha	Nombre
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.

ELEMENTOS DE SUJECCION MEDIOS DE LOS PANELES


Escala: 1 : 1	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano: PYF-06.8	Pagina: 9/10 No. de plano que sustituye: No. de plano que anula:
-------------------------	--	---	-------------------------------------	--

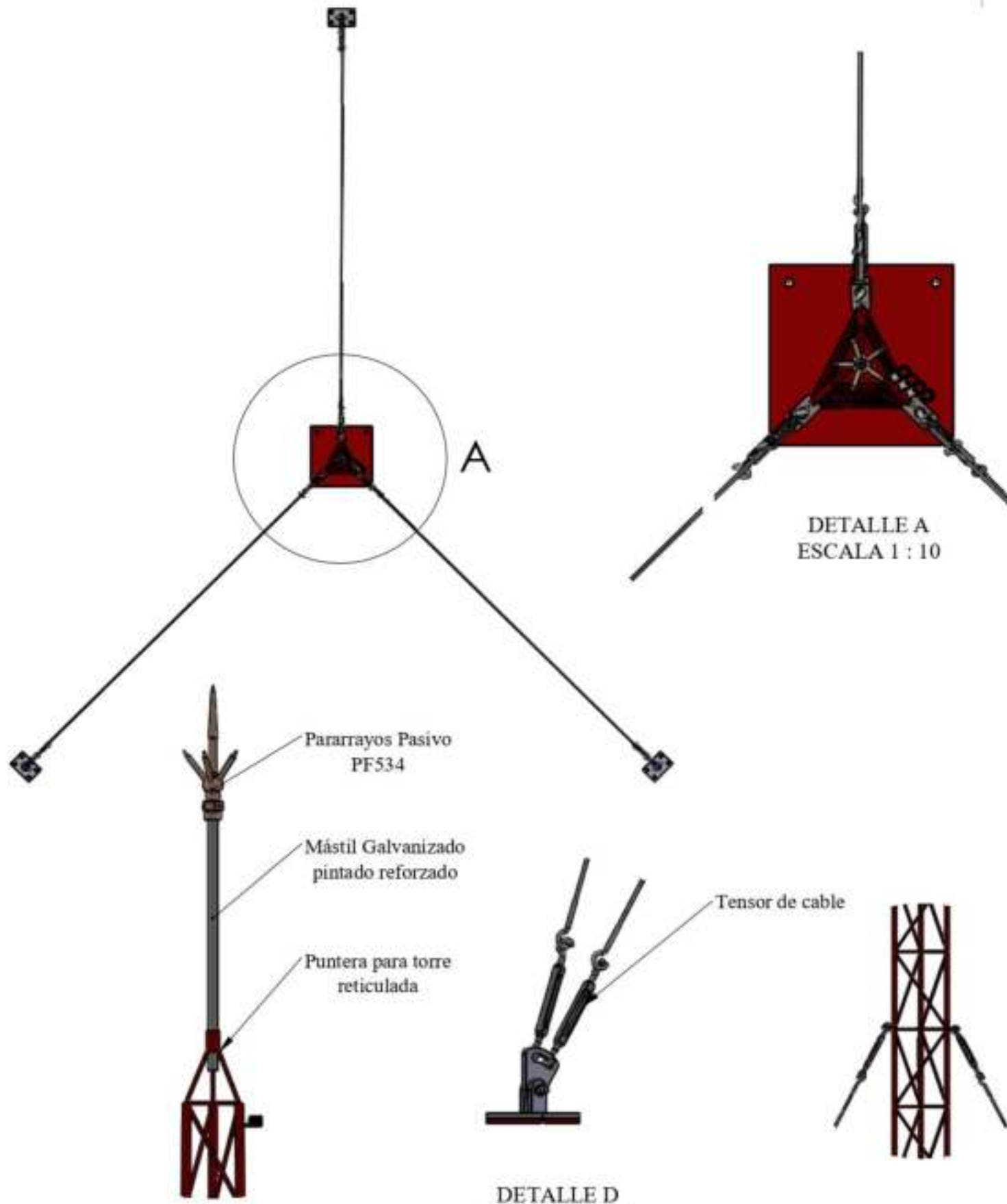
A

A



ITEM	CANT.	DESCRIPCION	DIMENSIONES	PESO UNIT.[KG]	OBSERVACIONES
1	20	PERFIL L	50 X 5 [mm]	0,15	---

Fecha		Nombre		ELEMENTO DE SUJECCION DE LAS BARRAS DE APOYO	
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina			
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.			
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano:		Pagina: 10/10
1 : 1				PYF-06.9	
				No. de plano que sustituye:	
				No. de plano que anula:	

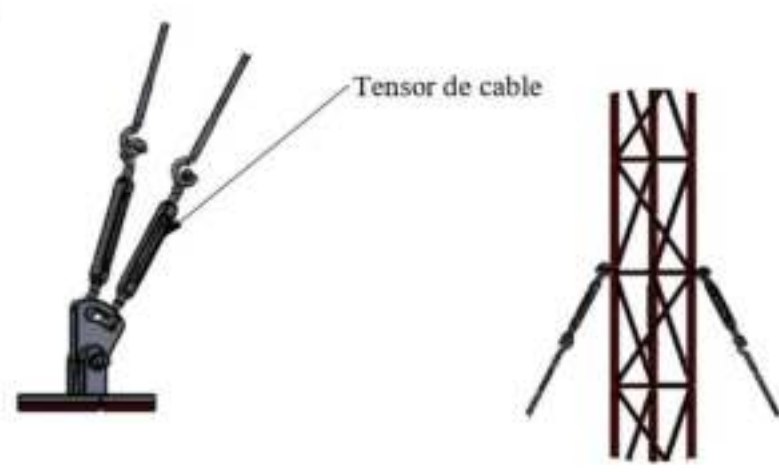


DETALLE C
ESCALA 1 : 10

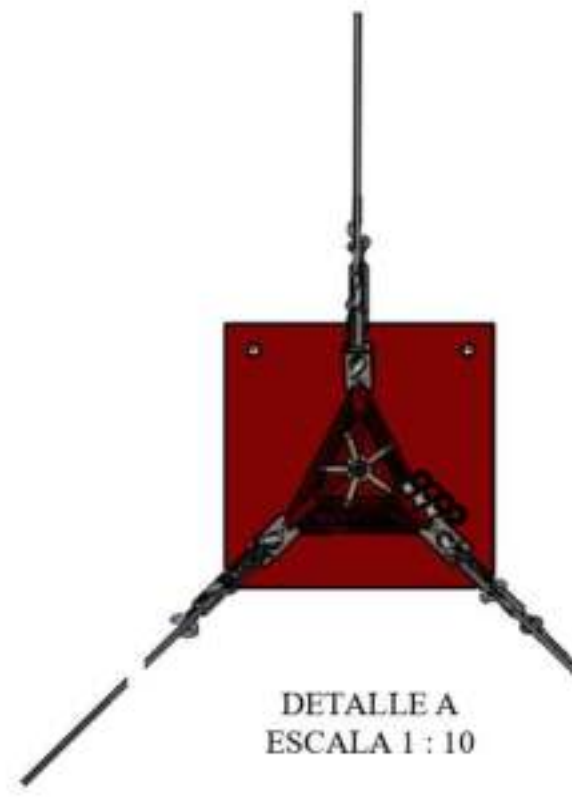
Pararrayos Pasivo
PF534

Mástil Galvanizado
pintado reforzado

Puntera para torre
reticulada



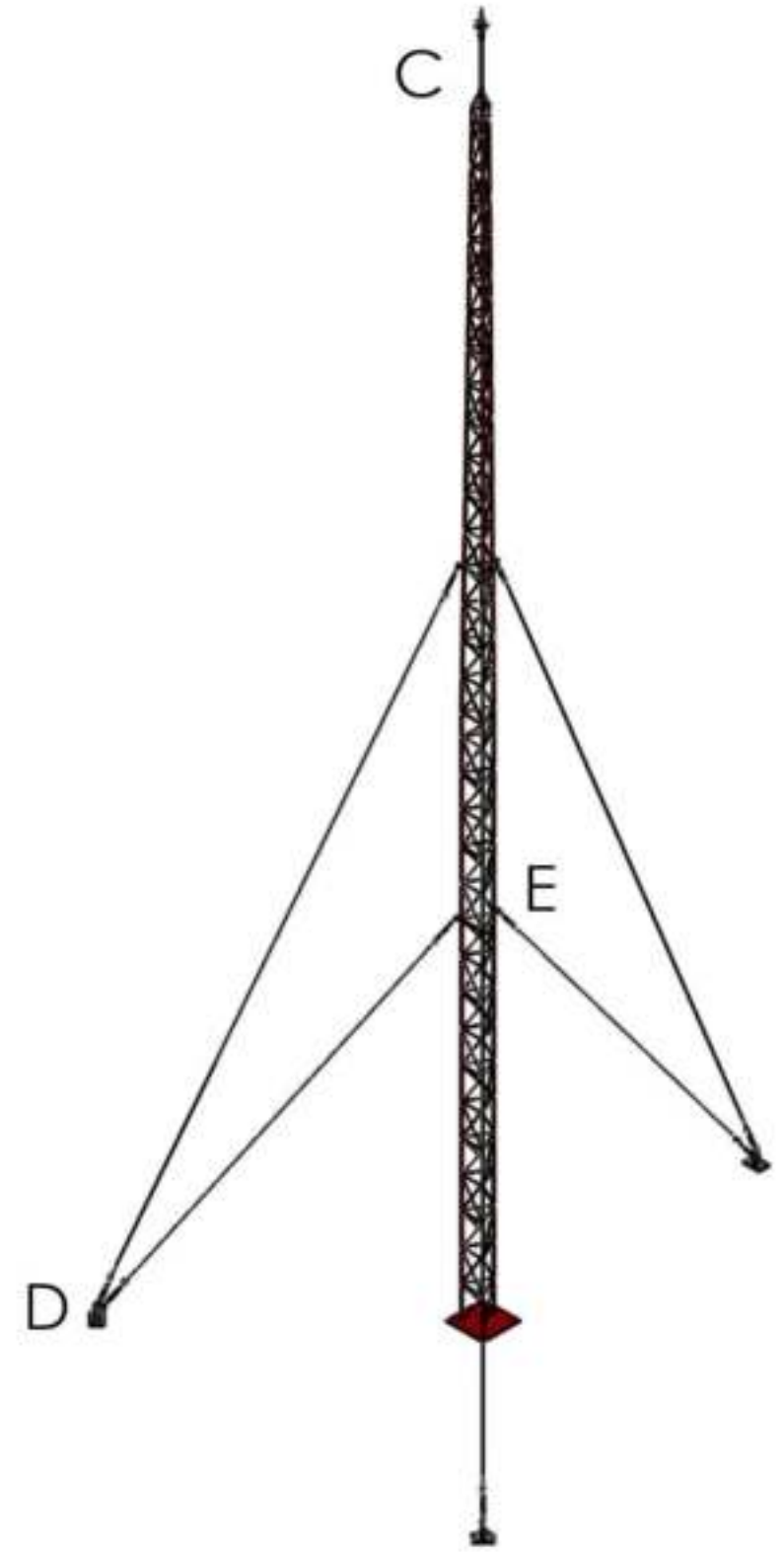
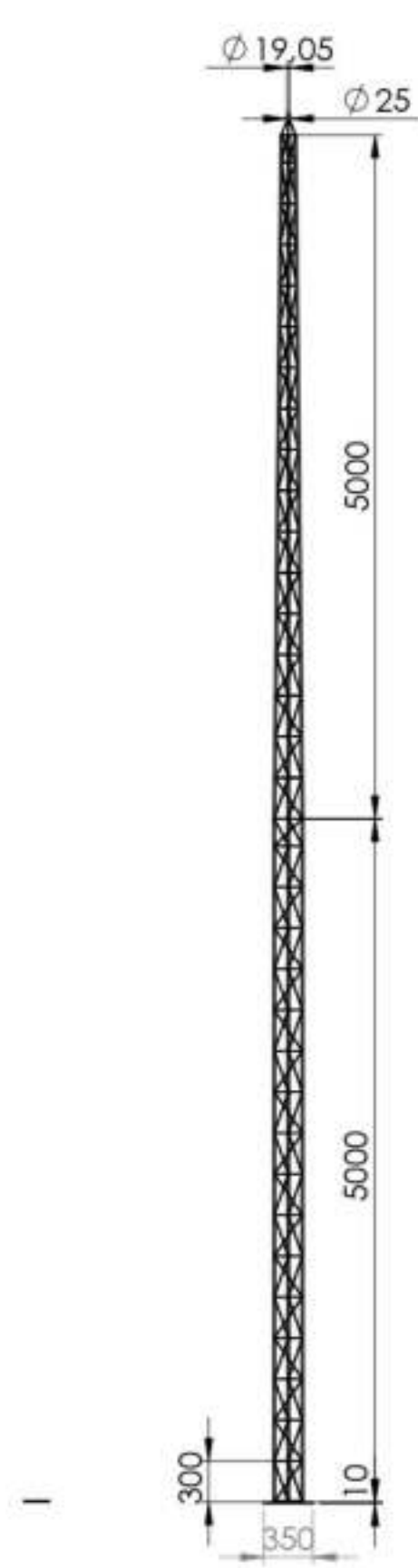
DETALLE D
ESCALA 1 : 10



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



DETALLE E
ESCALA 1 : 20



	Fecha	Nombre	TORRE DE SISTEMA PARARRAYOS	
Dibujado:	10/04/23	Erick Daniel Zambrana Tejerina		
Revisado:	23/05/23	Ing. Lucio Mamani Choque.		
Escala:	UMSA FACULTAD DE INGENIERIA MEC-ELM-MTR-ATZ		Numero de plano: PYF-07	Pagina: 1/1
1 : 50				No. de plano que sustituye:
				No. de plano que anula:

ANEXO J

Procesos y costos

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO

PROYECTO DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA
PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Actividad: Estructura metálica de los paneles Fotovoltaicos
Unidad: Instalacion

Cantidad: 1,00
Moneda: Bs

Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1.- MATERIALES				
Perfil rectangular 60 x 40 x 2	Pza.	12	198,00	2376,00
Perfil de correas G 60 x 30 mm	Pza.	3	112,00	336,00
Plancha de acero de 5 mm	M2	1	750,00	750,00
Pernos B18.6.7M- M10 x 1.5 x 13	Pza.	112	7,700	862,40
Pernos B18.6.7M- M10 x 1.5 x 90	Pza.	126	5,500	693,00
Pernos B18.6.7M- M10 x 1.5 x 130	Pza.	28	4,500	126,00
TOTAL MATERIALES				5143,40
2.- MANO DE OBRA				
TECNICO MECANICO	HR	3	20,00	60,00
AYUDANTE	HR	4	15,00	60,00
SUB TOTAL DE MANO DE OBRA				120,00
CARGAS SOCIALES			68,81%	82,57
IMPUESTO IVA - (% SUMA SUBTOTAL MDO + CARGAS SOCIALES)			14,94%	17,93
TOTAL MANO DE OBRA				220,50
3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
HERRAMIENTAS - % DEL TOTAL DE LA MANO DE OBRA			5%	11,03
TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS				11,03
4.- GASTOS GENERALES				
GASTOS GENERALES (1+2+3)			10,00%	537,49
TOTAL GASTOS GENERALES.				537,49
5 - UTILIDADES				
UTILIDADES (1+2+3+4)			10,00%	591,24
TOTAL UTILIDAD				591,24
6.- IMPUESTOS				
IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES (1+2+3+4+5)			3,09%	200,96
TOTAL IMPUESTOS				200,96
TOTAL PRECIO UNITARIO DEL ITEM				Bs 6.704,62

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

PROYECTO DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA
PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Actividad: Control de sistema de bombeo
Unidad: Instalacion

Cantidad: 1,00
Moneda: Bs

Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1.- MATERIALES				
Tablero de control IP66 400 x 400 X 200 mm	Pza.	1	2603,00	2603,00
Riel DIN Perforado WNK 35X7.5X 1 MM	Pza.	1	13,10	13,10
Interruptor termomagnetico 2P 40 A 30 mA	Pza.	1	83,97	83,97
Interruptor termomagnetico 2P 32 A 30 mA	Pza.	1	81,38	81,38
Interrutor termomagnetico 1P 15 A mA	Pza.	1	65,02	65,02
contactor CHINT 220 V 25 A	Pza.	1	185,50	185,50
Rele termico CHINT 220 V 12-18 A	Pza.	1	95,72	95,72
Selector de 2 posiciones CHINT 220 V	Pza.	1	82,00	82,00
Pulsador de paro de emergencia 220 V	Pza.	1	79,76	79,76
Pulsador de marcha 220 V	Pza.	1	79,76	79,76
Rele de control de nivel de liquidos Finder 220V	Pza.	1	443,26	443,26
Sonda de nivel de pozo 220 V	Pza.	1	45,00	45,00
Sonda de nivel de tanque 220V	Pza.	2	45,00	90,00
Rele de contactos 2 NA+ 2NC	Pza.	3	82,00	246,00
Pilotos de señalizacion 220 V	Pza.	6	79,76	478,56
Valvula de mariposa tipo water EPDM con actuador	Pza.	3	247,42	742,26
TOTAL MATERIALES				5414,29
2.- MANO DE OBRA				
TECNICO ELECTRICO	HR	3	20,00	60,00
AYUDANTE	HR	4	15,00	60,00
SUB TOTAL DE MANO DE OBRA				120,00
CARGAS SOCIALES			68,81%	82,57
IMPUESTO IVA - (% SUMA SUBTOTAL MDO + CARGAS SOCIALES)			14,94%	17,93
TOTAL MANO DE OBRA				220,50
3.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
HERRAMIENTAS - % DEL TOTAL DE LA MANO DE OBRA			5%	11,03
TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS				11,03
4.- GASTOS GENERALES				
GASTOS GENERALES (1+2+3)			10,00%	564,58
TOTAL GASTOS GENERALES.				564,58
5 - UTILIDADES				
UTILIDADES (1+2+3+4)			10,00%	621,04
TOTAL UTILIDAD				621,04
6.- IMPUESTOS				
IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES (1+2+3+4+5)			3,09%	211,09
TOTAL IMPUESTOS				211,09
TOTAL PRECIO UNITARIO DEL ÍTEM				Bs 7.042,53

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Actividad: Sistema de distribución de riego. **Cantidad:** 1,00
Unidad: Instalación **Moneda:** Bs

Presupuesto de materiales detallado de sistema de riego

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	METRADO	PRESUPUESTO		SUBTOTAL (Bs/.)	TOTAL (Bs/.)
				P. UNIT.	P. PARCIAL		
13	SUMINISTRO DE TUBERIAS Y EQUIPOS DE RIEGO						Bs 27.514,50
13.1	Red de tuberías y accesorios					Bs 17.722,95	
13.2	Tubería N°2 PVC SP 3 "	Mts.	5,0	13,45	67,25		
13.3	Tubería N°3 PVC SP 3 "	Mts.	92,0	13,45	1237,40		
13.4	Tubería N°10 PVC SP 3 "	Mts.	25,0	13,45	336,25		
13.5	Tubería N°31 PVC SP 3 "	Mts.	18,0	13,45	242,10		
13.6	Tubería N°32 PVC SP 3 "	Mts.	83,0	13,45	1116,35		
13.7	Tubería N°33 PVC SP 3 "	Mts.	86,0	13,45	1156,70		
13.8	Tubería N°34 PVC SP 3 "	Mts.	48,0	13,45	645,60		
13.9	Tubería N°35 PVC SP 3 "	Mts.	102,0	13,45	1371,90		
13.10	Tubería N°36 PVC SP 3 "	Mts.	6,0	13,45	80,70		
13.11	Tubería N°37 PVC SP 3 "	Mts.	20,0	13,45	269,00		
13.12	Tubería N°43 PVC SP 3 "	Mts.	11,0	13,45	147,95		
13.13	Tubería N°44 PVC SP 3 "	Mts.	23,0	13,45	309,35		
13.14	Tubería N°9 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	4,0	12,35	49,40		
13.15	Tubería N°11 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	24,0	12,35	296,40		
13.16	Tubería N°27 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	41,0	12,35	506,35		
13.17	Tubería N°28 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	48,0	12,35	592,80		
13.18	Tubería N°29 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	48,0	12,35	592,80		
13.19	Tubería N°30 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	26,0	12,35	321,10		
13.20	Tubería N°40 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	4,0	12,35	49,40		
13.21	Tubería N°41 PVC SP 2 1/2 "	Mts.	17,0	12,35	209,95		
13.22	Tubería N°1 PVC SP 2 "	Mts.	11,0	10,50	115,50		
13.23	Tubería N°24 PVC SP 2 "	Mts.	20,0	10,50	210,00		
13.24	Tubería N°25 PVC SP 2 "	Mts.	17,0	10,50	178,50		
13.25	Tubería N°26 PVC SP 2 "	Mts.	14,0	10,50	147,00		
13.26	Tubería N°45 PVC SP 2 "	Mts.	2,0	10,50	21,00		
13.27	Tubería N°4 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	4,0	9,45	37,80		
13.28	Tubería N°5 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	74,0	9,45	699,30		
13.29	Tubería N°12 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	18,0	9,45	170,10		
13.30	Tubería N°13 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	4,0	9,45	37,80		
13.31	Tubería N°14 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	32,0	9,45	302,40		
13.32	Tubería N°15 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	19,0	9,45	179,55		
13.33	Tubería N°16 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	30,0	9,45	283,50		
13.34	Tubería N°17 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	51,0	9,45	481,95		
13.35	Tubería N°18 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	51,0	9,45	481,95		
13.36	Tubería N°19 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	4,0	9,45	37,80		

Continuación de la tabla ITEM 15

13.37	Tubería N°20 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	26,0	9,45	245,70
13.38	Tubería N°23 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	37,0	9,45	349,65
13.39	Tubería N°38 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	4,0	9,45	37,80
13.40	Tubería N°39 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	32,0	9,45	302,40
13.41	Tubería N°42 PVC SP 1 1/2 "	Mts.	40,0	9,45	378,00
13.42	Tubería N°6 PVC SP 1"	Mts.	60,0	6,50	390,00
13.43	Tubería N°7 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.44	Tubería N°8 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.45	Tubería N°21 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.46	Tubería N°22 PVC SP 1"	Mts.	102,0	6,50	663,00
13.47	Tubería N°46 PVC SP 1"	Mts.	7,0	6,50	45,50
13.48	Tubería N°47 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.49	Tubería N°48 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.50	Tubería N°49 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.51	Tubería N°50 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.52	Tubería N°51 PVC SP 1"	Mts.	35,0	6,50	227,50
13.53	Tubería N°52 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.54	Tubería N°53 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.55	Tubería N°54 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.56	Tubería N°55 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.57	Tubería N°56 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.58	Tubería N°57 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.59	Tubería N°58 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.60	Tubería N°59 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.61	Tubería N°60 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.62	Tubería N°61 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.63	Tubería N°62 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.64	Tubería N°63 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.65	Tubería N°64 PVC SP 1"	Mts.	29,0	6,50	188,50
13.66	Tubería N°65 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.67	Tubería N°66 PVC SP 1"	Mts.	9,0	6,50	58,50
13.68	Tubería N°67 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.69	Tubería N°68 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.70	Tubería N°69 PVC SP 1"	Mts.	4,0	6,50	26,00
13.71	Tubería N°70 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.72	Tubería N°71 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.73	Tubería N°72 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.74	Tubería N°73 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.75	Tubería N°74 PVC SP 1"	Mts.	8,0	6,50	52,00
13.76	Tubería N°75 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.77	Tubería N°76 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.78	Tubería N°77 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.79	Tubería N°78 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.80	Tubería N°79 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.81	Tubería N°80 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.82	Tubería N°81 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.83	Tubería N°82 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.84	Tubería N°83 PVC SP 1"	Mts.	5,0	6,50	32,50
13.85	Tubería N°84 PVC SP 1"	Mts.	19,0	6,50	123,50

Continuación de la tabla ITEM 15

13.86	Tubería N°85 PVC SP 1"	Mts.	7,0	6,50	45,50
13.87	Tubería N°86 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.88	Tubería N°87 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.89	Tubería N°88 PVC SP 1"	Mts.	3,0	6,50	19,50
13.90	Tubería N°89 PVC SP 1"	Mts.	6,0	6,50	39,00
13.91	Nod-3 Codo PVC SP 90° 1 1/2"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.92	Tub-12 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	12,50	12,50
13.93	Nod-2 Tee PVC 1"	Pza.	1,0	4,50	4,50
13.94	Nod-20 Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,50	5,50
13.95	Tub-59 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.96	Nod-19 Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,50	5,50
13.97	Tub-57 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.98	Nod-18 Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,50	5,50
13.99	Tub-56 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.100	Tub-16 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.101	Nod-17 Tee PVC 1"	Pza.	1,0	4,50	4,50
13.102	Tub-15 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.103	Nod-1 Tee PVC 1"	Pza.	1,0	1,00	1,00
13.104	Tub-6 Codo PVC SP 90° 1"	Pza.	1,0	7,00	7,00
13.105	Nod-15 Tee PVC 3"	Pza.	1,0	21,00	21,00
13.106	Tub-82 Reducción PVC 3 a 1"	Pza.	1,0	20,00	20,00
13.107	Tub-30 Reducción PVC 3 a 2 1/2"	Pza.	1,0	22,00	22,00
13.108	Nod-14 Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00
13.109	Tub-72 Reducción PVC 2 1/2" a 1"	Pza.	1,0	11,00	11,00
13.110	Nod-13 Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00
13.111	Tub-74 Reducción PVC 2 1/2" a 1"	Pza.	1,0	11,00	11,00
13.112	Nod-11 Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00
13.113	Tub-76 Reducción PVC 2 1/2" a 1"	Pza.	1,0	11,00	11,00
13.114	Nod-10 Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00
13.115	Tub-78 Reducción PVC 2 1/2" a 1"	Pza.	1,0	11,00	11,00
13.116	Tub-11 Reducción PVC 2 1/2" a 2"	Pza.	1,0	10,00	10,00
13.117	Nod-9 Tee PVC 2"	Pza.	1,0	10,00	10,00
13.118	Tub-80 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	13,00	13,00
13.119	Tub-26 Codo PVC SP 90° 2"	Pza.	1,0	18,00	18,00
13.120	Tub-25 Codo PVC SP 90° 2"	Pza.	1,0	18,00	18,00
13.121	Nod-8 Tee PVC 2"	Pza.	1,0	18,00	18,00
13.122	Tub-46 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	15,00	15,00
13.123	Tub-23 Reducción PVC 2" a 1 1/2"	Pza.	1,0	11,50	11,50
13.124	Nod-7 Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,50	5,50
13.125	Tub-87 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.126	Tub-84 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.127	Nod-16 Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,50	5,50
13.128	Tub-70 Reducción PVC 1 1/2" a 1"	Pza.	1,0	8,50	8,50
13.129	Tub-22 Codo PVC SP 90° 1"	Pza.	1,0	4,50	4,50
13.130	Camaras de Llaves.				
13.131	Camara CLL-1 Tanque			Bs	354,38
13.132	Tee PVC 3"	Pza.	1,0	38,38	38,38
13.133	Union Universal PVC 3"	Pza.	2,0	35,00	70,00
13.134	Llave de paso 3"	Pza.	2,0	123,00	246,00

Continuación de la tabla ITEM 15

13.135	Camara CLL-2					Bs	365,52
13.136	Tee PVC 3"	Pza.	1,0	38,38	38,38		
13.137	Reduccion 3" a 1 1/2"	Pza.	2,0	45,57	91,14		
13.138	Union Universal PVC 3"	Pza.	2,0	40,00	80,00		
13.139	Llave de paso 1 1/2"	Pza.	2,0	78,00	156,00		
13.140	Camara CLL-3					Bs	323,07
13.141	Tee PVC 3"	Pza.	1,0	25,00	25,00		
13.142	Reduccion 3" a 2 1/2"	Pza.	1,0	45,57	45,57		
13.143	Union Universal PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	36,00	36,00		
13.144	Llave de paso 2 1/2"	Pza.	1,0	85,00	85,00		
13.145	Reduccion 3" a 1 1/2"	Pza.	1,0	22,00	22,00		
13.146	Union Universal PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	31,50	31,50		
13.147	Llave de paso 1 1/2"	Pza.	1,0	78,00	78,00		
13.148	Camara CLL-4					Bs	255,00
13.149	Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00		
13.150	Reduccion 2 1/2" a 1 1/2"	Pza.	1,0	11,50	11,50		
13.151	Union Universal PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	31,50	31,50		
13.152	Llave de paso 1 1/2"	Pza.	1,0	78,00	78,00		
13.153	Union Universal PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	36,00	36,00		
13.154	Llave de paso 2 1/2"	Pza.	1,0	85,00	85,00		
13.155	Camara CLL-5					Bs	157,58
13.156	Tee PVC 1 1/2"	Pza.	1,0	5,500	5,50		
13.157	Reduccion 1 1/2" a 1"	Pza.	2,0	8,500	17,00		
13.158	Union Universal PVC 1 "	Pza.	2,0	22,540	45,08		
13.159	Llave de paso 1 "	Pza.	2,0	45,000	90,00		
13.160	Sistema de riego por aspersores					Bs	8.336,00
13.161	Aspersor S022 SD 3/4"	Pza.	100,0	83,36	8336,00		
INVERSION TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO				Bs.	27.514,50	27.514,50	27.514,50
II	OTROS						
	Transporte de equipos	GLB.	1,0	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00
	Plomero	GLB.	1,0	60,00	60,00	60,00	60,00
	Ayudante	GLB.	1,0	45,00	45,00	45,00	45,00
							2105,00
	CARGAS SOCIALES					68,81%	1448,45
	IMPUESTO IVA - (% SUMA SUBTOTAL MDO + CS					14,94%	314,487
INVERSION TOTAL OTROS				Bs.			3867,94
INVERSION TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO Y OTROS (COSTO DIRECTO)				Bs.	27.514,50	27.514,50	31.382,44
UTILIDADES (10%)							3138,24
GASTOS GENERALES (10%)							3138,24
IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES (3,09 %)							969,72
COSTO TOTAL (Bs.)							42.496,58

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE

Actividad: Sistema de distribución de agua potable **Cantidad:** 1,00
Unidad: Instalación **Moneda:** Bs

Presupuesto de materiales detallado de sistema de agua potable

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	METRADO	PRESUPUESTO		SUBTOTAL (Bs/.)	TOTAL (Bs/.)
				P. UNIT.	P. PARCIAL		
14	SUMINISTRO DE TUBERIAS Y EQUIPOS DE AGUA POTABLE						Bs 7.356,50
14.1	Red de tuberias y accesorios					Bs 6.636,50	
14.2	T-15 PVC SP 2 1/2"	Mts.	140,0	12,35	1729,00		
14.3	T-2 PVC SP 2"	Mts.	20,00	10,50	210,00		
14.4	T-3 PVC SP 2"	Mts.	94,00	10,50	987,00		
14.5	T-8 PVC SP 2"	Mts.	40,00	10,50	420,00		
14.6	T-10 PVC SP 2"	Mts.	14,00	10,50	147,00		
14.7	T-11 PVC SP 2"	Mts.	45,00	10,50	472,50		
14.8	T-1 PVC SP 1"	Mts.	63,00	6,50	409,50		
14.9	T-4 PVC SP 1"	Mts.	14,00	6,50	91,00		
14.10	T-5 PVC SP 1"	Mts.	71,00	6,50	461,50		
14.11	T-6 PVC SP 1"	Mts.	7,00	6,50	45,50		
14.12	T-7 PVC SP 1"	Mts.	129,00	6,50	838,50		
14.13	T-9 PVC SP 1"	Mts.	26,00	6,50	169,00		
14.14	T-12 PVC SP 1"	Mts.	26,00	6,50	169,00		
14.15	T-13 PVC SP 1"	Mts.	36,00	6,50	234,00		
14.16	T-14 PVC SP 1"	Mts.	17,00	6,50	110,50		
14.17	No-1 Tee PVC 2 1/2"	Pza.	1,0	13,00	13,00		
14.18	T-8 Reducción PVC 2 1/2" a 2"	Pza.	1,0	12,50	12,50		
14.19	T-7 Reducción PVC 2 1/2" a 1"	Pza.	1,0	11,00	11,00		
14.20	No-3 Tee PVC 2"	Pza.	1,0	10,00	10,00		
14.21	T-9 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	15,00	15,00		
14.22	No-6 Tee PVC 2"	Pza.	1,0	18,00	18,00		
14.23	T-1 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	15,00	15,00		
14.24	No-9 Tee PVC 2"	Pza.	1,0	18,00	18,00		
14.25	T-12 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	15,00	15,00		
14.26	T-13 Reducción PVC 2" a 1"	Pza.	1,0	15,00	15,00		
14.27	Piletas publicas						
14.28	Pileta No-2.					Bs 144,00	
14.29	Pileta de Bronce 1/2"	Pza.	1,0	35,00	35,00		
14.30	Lla ve de paso bronce 1/2"	Pza.	1,0	55,00	55,00		
14.31	Codo PVC 90° 1/2"	Pza.	2,0	5,50	11,00		
14.32	Niple rosca interior PVC 1/2"	Pza.	1,0	6,50	6,50		
14.33	Tuberia PVC SP 1/2"	Mts.	2,0	6,00	12,00		
14.34	Codo PVC 90° 2"	Pza.	1,0	14,00	14,00		
14.35	Tuberia PVC SP 2"	Mts.	1,0	10,50	10,50		
14.36	Pileta No-4.					Bs 144,00	

Continuación de la tabla ITEM 16

14.37	Pileta de Bronce 1/2"	Pza.	1,0	35,00	35,00		
14.38	Lla ve de paso bronce 1/2"	Pza.	1,0	55,00	55,00		
14.39	Codo PVC 90° 1/2"	Pza.	2,0	5,50	11,00		
14.40	Niple rosca interior PVC 1/2"	Pza.	1,0	6,50	6,50		
14.41	Tubería PVC SP 1/2"	Mts.	2,0	6,00	12,00		
14.42	Codo PVC 90° 2"	Pza.	1,0	14,00	14,00		
14.43	Tubería PVC SP 2"	Mts.	1,0	10,50	10,50		
14.44	Pileta No-7.					Bs	144,00
14.45	Pileta de Bronce 1/2"	Pza.	1,0	35,00	35,00		
14.46	Lla ve de paso bronce 1/2"	Pza.	1,0	55,00	55,00		
14.47	Codo PVC 90° 1/2"	Pza.	2,0	5,50	11,00		
14.48	Niple rosca interior PVC 1/2"	Pza.	1,0	6,50	6,50		
14.49	Tubería PVC SP 1/2"	Mts.	2,0	6,00	12,00		
14.50	Codo PVC 90° 2"	Pza.	1,0	14,00	14,00		
14.51	Tubería PVC SP 2"	Mts.	1,0	10,50	10,50		
14.52	Pileta No-10.					Bs	144,00
14.53	Pileta de Bronce 1/2"	Pza.	1,0	35,00	35,00		
14.54	Lla ve de paso bronce 1/2"	Pza.	1,0	55,00	55,00		
14.55	Codo PVC 90° 1/2"	Pza.	2,0	5,50	11,00		
14.56	Niple rosca interior PVC 1/2"	Pza.	1,0	6,50	6,50		
14.57	Tubería PVC SP 1/2"	Mts.	2,0	6,00	12,00		
14.58	Codo PVC 90° 2"	Pza.	1,0	14,00	14,00		
14.59	Tubería PVC SP 2"	Mts.	1,0	10,50	10,50		
14.60	Pileta No-13.					Bs	144,00
14.61	Pileta de Bronce 1/2"	Pza.	1,0	35,00	35,00		
14.62	Lla ve de paso bronce 1/2"	Pza.	1,0	55,00	55,00		
14.63	Codo PVC 90° 1/2"	Pza.	2,0	5,50	11,00		
14.64	Niple rosca interior PVC 1/2"	Pza.	1,0	6,50	6,50		
14.65	Tubería PVC SP 1/2"	Mts.	2,0	6,00	12,00		
14.66	Codo PVC 90° 2"	Pza.	1,0	14,00	14,00		
14.67	Tubería PVC SP 2"	Mts.	1,0	10,50	10,50		
INVERSION TOTAL DEL SISTEMA AGUA POTABLE				Bs.	7.356,50	7.356,50	7.356,50
II	OTROS						
	Transporte de equipos	GLB.	1,0	2000,00	2000,00	2000,00	2000,00
	Plomero	GLB.	1,0	60,00	60,00	60,00	60,00
	Ayudante	GLB.	1,0	45,00	45,00	45,00	45,00
							2105,00
	CARGAS SOCIALES					68,81%	1448,45
	IMPUESTO IVA - (% SUMA SUBTOTAL MDO + CS					14,94%	314,487
INVERSION TOTAL OTROS				Bs.			3867,94
INVERSION TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO Y OTROS (COSTO DIRECTO)				Bs.	7.356,50	7.356,50	11.224,44
UTILIDADES (10%)							1122,44
GASTOS GENERALES (10%)							1122,44
IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES (3,09 %)							346,84
COSTO TOTAL (Bs.)							17.684,10

PLANILLA DE COMPUTOS METRICOS POR ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

PROYECTO " DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRANEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE"									
No	Item/actividad	Unid.	Veces	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (C)	Area	Parcial	Total
1	RED DE TUBERIA DE IMPULSION								
1.1	Obras preliminares:								
1.2	Trazo, nivelación y replanteo	ML	1.0					131.00	131,00
	Tramo-1			131.00					
1.3	Excavación con maquinaria retroexcavadora	M3						6.50	6,50
	Excavación perimetral linea de impulsión		1.0	25.00	0.40	0.65	10.00		
1.4	Excavación manual en terrenos inaccesibles	M3						24.70	24,70
	Excavación de terreno sitio		1.0	95.00	0.40	0.65	38.00		
1.5	Tendido de la tubería de la línea de impulsión	M3	1.0					125.00	125,00
	Tramo-3 (Tub-3)			11.00					
	Tramo-4 (Tub-4)			102.00					
	Tramo-5 (Tub-5)			12.00					
1.6	Relleno con material propio cerrada (cama de apoyo)	M3	1.0						34,06
	Tramo-3 (Tub-3)			11.00	0.40	0.65	4.40	2.86	
	Tramo-4 (Tub-4)			102.00	0.40	0.65	40.80	26.52	
	Tramo-5 (Tub-5)			18.00	0.40	0.65	7.20	4.68	
1.7	Relleno de la zanja con material propio.	M3	1.0						34,06
	Tramo-3 (Tub-3)			11.00	0.40	0.65	4.40	2.86	
	Tramo-4 (Tub-4)			102.00	0.40	0.65	40.80	26.52	
	Tramo-5 (Tub-5)			18.00	0.40	0.65	7.20	4.68	
1.8	Eliminación de material excedente manual	M3	1.0					1.36	1,36
	Tramo-3 (Tub-3)			11.00	0.08	0.13	0.88		
	Tramo-4 (Tub-4)			102.00	0.08	0.13	8.16		
	Tramo-5 (Tub-5)			18.00	0.08	0.13	1.44		
1.9	Prueba hidráulica en tubería de 1" a 3"	ML	1.0					131.00	131,00
	Tramo-3 (Tub-3)			11.00					
	Tramo-4 (Tub-4)			102.00					
	Tramo-5 (Tub-5)			18.00					
1.10	Instalación de la Bomba sumergible pozo	GLB.	1.0					26.00	26,00
	Tramo-1 (Tub-1)			28.00					
	Tramo-2 (Tub-2)			3.00					
1.11	Arco de riego (válvulas y accesorios)								
1.12	Instalación de electroválvulas y accesorios de arco de riego de 2"	ML	1.0					3.00	3,00
	Cauera de riego directo.			1.00					
	Alimentación tanque 1			1.00					
	Alimentación tanque 2			1.00					
2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO								
2.1	Replanteo y trazado de la estructura	ML	1.0					1	1,00
	Ubicación tanque de almacenamiento			1.00					
2.2	Excavación manual terrenos inaccesibles.	M3	1.0					25.2	25,20
	Excavación perimetral en colina			7.00	3.00	1.20	21		
2.3	Tendido de piedras losa de fondo de 0.15 M	M3	1.0					2.4375	2,44
	Llenado de piedra dentro del perímetro del tanque			6.5	2.5	0.15	16.25		
2.4	Hormigón pobre E-0.05 M	M3	1.0					1.05	1,05
	Llenado de hormigón dentro del perímetro del tanque			7	3	0.05	21		
2.5	Hormigón armado (Losa de fondo)	M3	1.0					4.2	4,20
	Llenado de hormigón dentro del perímetro del tanque			7	3	0.2	21		
2.6	Hormigón armado (muros)	M3	1.0					22.64	22,64
	Muro-1			3.85	0.30	3.00	1.16		
	Muro-2			7.10	0.30	3.00	2.13		
	Muro-3			3.85	0.30	3.00	1.16		
	Muro-4			7.10	0.30	3.00	2.13		
	Muro-5			3.25	0.30	3.00	0.98		
2.7	Revoque interior con impermeabilizante E-0.02 M	M3	1.0					0.57	0,57
	Muro-1			3.85	0.30	0.02	1.16		
	Muro-2			7.10	0.30	0.02	2.13		
	Muro-3			3.85	0.30	0.02	1.16		
	Muro-4			7.10	0.30	0.02	2.13		

Continuación de la tabla de cómputos métricos por actividades

	Mtro-5			3.25	0.30	0.02	0.98		
	Lima inferior			6.50	3.25	0.02	21.13		
2.8	Escala metálica interior	Pza	1.0					2.00	2.00
	escala metálica tanque 1			1.00					
	escala metálica tanque 1			1.00					
2.9	Hormigón de tapa superior (Losa superior)	M3	1.0					5.47	5.47
	Losa superior			7.10	3.85	0.20	27.34		
2.10	Compuerta tipo borbata 60 x60 con accesorios	Pza	1.0					2.00	2.00
	Compuerta tanque 1			1.00					
	Compuerta tanque 2			1.00					
3 RED DE DISTRIBUCION									
3.1	Red de distribución de sistema de riego								
3.2	Replanteo y trazado de las tuberías	ML	1.0					1.00	1.00
	Ubicación de la red de distribución			1.00					
3.3	Excavación con maquinaria	M3	1.0					109.72	109.72
	Trazectoria-1			288.00	0.40	0.65	115.20		
	Trazectoria-2			134.00	0.40	0.65	53.60		
3.4	Excavación manual ante lugares inaccesible	M3	1.00					75.14	75.14
	Trazectoria-3			120.00	0.40	0.65	48.00		
	Trazectoria-4			169.00	0.40	0.65	67.60		
3.5	Provisión y tendido de tuberías PVC D=3"	ML	1.00					519.00	519.00
	Tubería N°2 PVC SP 3"			5.00					
	Tubería N°3 PVC SP 3"			92.00					
	Tubería N°10 PVC SP 3"			25.00					
	Tubería N°11 PVC SP 3"			18.00					
	Tubería N°12 PVC SP 3"			83.00					
	Tubería N°13 PVC SP 3"			86.00					
	Tubería N°14 PVC SP 3"			48.00					
	Tubería N°15 PVC SP 3"			102.00					
	Tubería N°16 PVC SP 3"			6.00					
	Tubería N°17 PVC SP 3"			20.00					
	Tubería N°43 PVC SP 3"			11.00					
	Tubería N°44 PVC SP 3"			23.00					
3.6	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2 1/2"	ML	1.0					212.00	212.00
	Tubería N°9 PVC SP 2 1/2"			4.00					
	Tubería N°11 PVC SP 2 1/2"			24.00					
	Tubería N°17 PVC SP 2 1/2"			41.00					
	Tubería N°18 PVC SP 2 1/2"			48.00					
	Tubería N°29 PVC SP 2 1/2"			48.00					
	Tubería N°30 PVC SP 2 1/2"			26.00					
	Tubería N°40 PVC SP 2 1/2"			4.00					
	Tubería N°41 PVC SP 2 1/2"			17.00					
3.7	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2"	ML	1.0					64.00	64.00
	Tubería N°1 PVC SP 2"			11.00					
	Tubería N°24 PVC SP 2"			20.00					
	Tubería N°25 PVC SP 2"			17.00					
	Tubería N°26 PVC SP 2"			14.00					
	Tubería N°45 PVC SP 2"			2.00					
3.8	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1 1/2"	ML	1.0					426.00	426.00
	Tubería N°4 PVC SP 1 1/2"			4.00					
	Tubería N°5 PVC SP 1 1/2"			74.00					
	Tubería N°12 PVC SP 1 1/2"			18.00					
	Tubería N°13 PVC SP 1 1/2"			4.00					
	Tubería N°14 PVC SP 1 1/2"			32.00					
	Tubería N°15 PVC SP 1 1/2"			19.00					
	Tubería N°16 PVC SP 1 1/2"			30.00					
	Tubería N°17 PVC SP 1 1/2"			51.00					
	Tubería N°18 PVC SP 1 1/2"			51.00					
	Tubería N°19 PVC SP 1 1/2"			4.00					
	Tubería N°20 PVC SP 1 1/2"			26.00					
	Tubería N°23 PVC SP 1 1/2"			37.00					
	Tubería N°38 PVC SP 1 1/2"			4.00					
	Tubería N°39 PVC SP 1 1/2"			32.00					
	Tubería N°42 PVC SP 1 1/2"			40.00					
3.9	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1"	ML	1.0					464.00	464.00
	Tubería N°6 PVC SP 1"			60.00					
	Tubería N°7 PVC SP 1"			3.00					

Continuación de la tabla de cómputos métricos por actividades

	Tubería Nº3 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº21 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº22 PVC SP 1"			102.00					
	Tubería Nº46 PVC SP 1"			7.00					
	Tubería Nº47 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº48 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº49 PVC SP 1"			3.00					
	Tubería Nº50 PVC SP 1"			3.00					
	Tubería Nº51 PVC SP 1"			35.00					
	Tubería Nº52 PVC SP 1"			3.00					
	Tubería Nº53 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº54 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº55 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº56 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº57 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº58 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº59 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº60 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº61 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº62 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº63 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº64 PVC SP 1"			29.00					
	Tubería Nº65 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº66 PVC SP 1"			9.00					
	Tubería Nº67 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº68 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº69 PVC SP 1"			4.00					
	Tubería Nº70 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº71 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº72 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº73 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº74 PVC SP 1"			8.00					
	Tubería Nº75 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº76 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº77 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº78 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº79 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº80 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº81 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº82 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº83 PVC SP 1"			5.00					
	Tubería Nº84 PVC SP 1"			19.00					
	Tubería Nº85 PVC SP 1"			7.00					
	Tubería Nº86 PVC SP 1"			3.00					
	Tubería Nº87 PVC SP 1"			6.00					
	Tubería Nº88 PVC SP 1"			3.00					
	Tubería Nº89 PVC SP 1"			6.00					
3.10	Relevo con material propio cementa (cama de apoyo)	M3	1.0					168.50	168.50
	Trayectoria de tubería de D=3"			519.00	0.40	0.25	207.60		
	Trayectoria de tubería de D=2 1/2"			212.00	0.40	0.25	84.80		
	Trayectoria de tubería de D=2 "			64.00	0.40	0.25	25.60		
	Trayectoria de tubería de D=1 1/2"			426.00	0.40	0.25	170.40		
	Trayectoria de tubería de D=1 "			464.00	0.40	0.25	185.60		
3.11	Relevo de la zanja con material propio	M3	1.0					269.60	269.60
	Trayectoria de tubería de D=3"			519.00	0.40	0.40	207.60		
	Trayectoria de tubería de D=2 1/2"			212.00	0.40	0.40	84.80		
	Trayectoria de tubería de D=2 "			64.00	0.40	0.40	25.60		
	Trayectoria de tubería de D=1 1/2"			426.00	0.40	0.40	170.40		
	Trayectoria de tubería de D=1 "			464.00	0.40	0.40	185.60		
3.12	Eliminación de material excedente manual	M3	1.0					43.14	43.14
	Material sobrante o piedras eliminadas de la red			1685.00	0.16	0.16	269.60		
3.13	Prueba hidráulica en tubería de 3" a 1"	ML	1.0					1685.00	1685.00
				1685.00					
3.14	Red de distribución de agua potable								
3.15	Replanteo y tizado de las tuberías	ML	1.0					1.00	1.00
3.16	Excavación con maquinaria	M3	1.0					107.38	107.38

Continuación de la tabla de cómputos métricos por actividades

	Trayectoria-1			129.00	0.40	0.65	51.60		
	Trayectoria-2			284.00	0.40	0.65	113.60		
3.17	Excavación manual ante lugares inaccesible	M3	1.0					52.78	52.78
	Trayectoria-3			140.00	0.40	0.65	56.00		
	Trayectoria-4			63.00	0.40	0.65	25.20		
3.18	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2 1/2"	ML	1.0					140.00	140.00
	T-15 PVC SP 2 1/2"			140.0					
3.19	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2 "	ML	1.0					213.00	213.00
	T-2 PVC SP 2"			20.00					
	T-3 PVC SP 2"			94.00					
	T-4 PVC SP 2"			40.00					
	T-10 PVC SP 2"			14.00					
	T-11 PVC SP 2"			45.00					
3.20	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1 "	ML	1.0					389.00	389.00
	T-1 PVC SP 1"			63.00					
	T-4 PVC SP 1"			14.00					
	T-5 PVC SP 1"			71.00					
	T-6 PVC SP 1"			7.00					
	T-7 PVC SP 1"			129.00					
	T-9 PVC SP 1"			26.00					
	T-12 PVC SP 1"			26.00					
	T-13 PVC SP 1"			36.00					
	T-14 PVC SP 1"			17.00					
3.21	Relleno con material propio curado (cama de apoyo)	M3	1.0					74.20	74.20
	Trayectoria de tubería de D=2 1/2"			140.00	0.40	0.25	56.00		
	Trayectoria de tubería de D=2 "			213.00	0.40	0.25	85.20		
	Trayectoria de tubería de D=1 "			389.00	0.40	0.25	155.60		
3.22	Relleno de la zanja con material propio.	M3	1.0					118.72	118.72
	Trayectoria de tubería de D=2 1/2"			140.00	0.40	0.40	56.00		
	Trayectoria de tubería de D=2 "			213.00	0.40	0.40	85.20		
	Trayectoria de tubería de D=1 "			389.00	0.40	0.40	155.60		
3.23	Eliminación de material excedente manual	M3	1.0					19.00	19.00
	Material rocoso o piedras eliminadas de la red			742.00	0.16	0.16	118.72		
3.24	Prueba hidráulica en tubería de 2 1/2" a 1"	ML	1.0					742.00	742.00
				742.00					
3.25	Contrucción de las piletas publicas								
3.26	Replanteo y trazado de las piletas Publicas.	ML	1.0					5.00	5.00
	pileta publica (1)			1.00					
	pileta publica (2)			1.00					
	pileta publica (3)			1.00					
	pileta publica (4)			1.00					
	pileta publica (5)			1.00					
3.27	Excavación manual ante lugares inaccesibles.	M3	5.0					0.68	3.38
	Excavación de tierra de profundidad de 0-0.3 M			1.50	1.50	0.30	2.25		
3.28	Contrucción de cámara de hormigon 1.5 x 1.5 M	M3	5.0					2.25	11.25
				1.50	1.50	1.00	2.25		
3.29	Instalación de tuberías y accesorios.	ML	1.0					9.00	9.00
	Trazado y refinado			4.00					
	Colocado de piletas 1.5"			5.00					
3.30	Cámara ventosa								
3.31	Replanteo y trazado de los puntos de construcción	ML	1.0					4.00	4.00
	Replanteo de cámara de sico 1			1.00					
	Replanteo de cámara de sico 2			1.00					
	Replanteo de cámara de sico 3			1.00					
	Replanteo de cámara de sico 4			1.00					
3.32	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	4.0					0.15	0.60
	Excavación de tierra de profundidad de 0-1.5M			0.50	0.50	0.60	0.25		
3.33	Contrucción de cámara para ventosa hormigon de 50 x50 x0.60 M	M3	4.0					0.05	0.20
				0.50	0.50	0.20	0.25		
3.34	Instalación de tuberías y accesorios.	ML	4.0					12.00	48.00
	Trazado y refinado			6.00					
	Instalación de accesorios en general			6.00					
3.35	Tapa con plancha metálica	PZA.	1.0					4.00	4.00
				4.00					
3.36	Cámara de Purga de Lodos.								
3.37	Replanteo y trazado de los puntos de construcción	ML	1.0					3.00	3.00

Continuación de la tabla de cálculos métricos por actividades

	Replanteo de cámara de size 1			1.00					
	Replanteo de cámara de size 2			1.00					
	Replanteo de cámara de size 3			1.00					
3.38	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	3.0					0.15	0.45
	Excavación de tierra de profundidad de 0-1.5M			0.50	0.50	0.60	0.25		
3.39	Construcción de cámara para purga hormigón de 50 x50 x0,60 M	M3	3.0					0.05	0.15
				0.50	0.50	0.20	0.25		
3.40	Instalación de tuberías y accesorios	ML	3.0					12.00	36.00
	Trazado y treflado			6.00					
	Instalación de accesorios en general			6.00					
3.41	Tapa con plancha metálica	PZA	1.0					3.00	3.00
				3.00					
3.42	Cámara de riego Parcelarios								
3.43	Replanteo y trazado de los puntos de construcción cámara de distribución	ML	1.0					21.00	21.00
				21.00					
3.44	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	3.0					0.15	0.45
	Excavación de tierra de profundidad de 0-1.5M			0.50	0.50	0.60	0.25		
3.45	Provisión e instalación de accesorios y equipos en la cámara de distribución	ML	21.0					4.00	84.00
	Trazado y treflado			2.00					
	Instalación de accesorios en general			2.00					
3.46	Tapa con plancha metálica	PZA	1.0					21.00	21.00
				21.00					
4	GENERACION FOTOVOLTAICA								
4.1	Estructura de los paneles fotovoltaicos								
4.2	Replanteo y trazado de la estructura soporte	ML	16.0					1.00	16.00
	Replanteo del diseño de la estructura			1.00					
4.3	Excavación 0-1.5 M manual terreno	M3	28.0					0.08	2.24
				0.40	0.40	0.50	0.16		
4.4	Nivelación del terreno	M3	28.0					0.11	3.14
	Construcción de los bloques de hormigón (base de concreto)			0.40	0.40	0.70	0.16		
4.5	Bloques de base de hormigón para soporte de base 0.25 x 0.25 x 0.20 M	M3	28.0					0.01	0.35
				0.25	0.25	0.20	0.06		
4.6	Provisión e instalación de perfiles angular de acero ASTM 36 3 x 2 x 0.2 pulg	M3	1.0					56.00	56.00
	Ajuste de soporte de fijación con el soporte de concreto			56.00					
4.7	Accesorios de estructura tipo conexión lateral izquierdo	PZA	220.0					1.00	220.00
	Conexión de accesorios de ajuste a la estructura			1.00					
4.8	Accesorios de estructura tipo conexión lateral derecho	PZA	180.0					1.00	180.00
	Conexión de accesorios de ajuste a la estructura			1.00					
4.9	Ajuste de la estructura de los paneles	PZA	32.0					1.00	32.00
				1.00					
4.10	Montaje de los accesorios fotovoltaicos								
4.11	Montaje de los paneles fotovoltaicos 345 W	PZA	16.0					1.00	16.00
				1.00					
4.12	Ajuste de los paneles fotovoltaicos sobre la estructura	PZA	44.0					1.00	44.00
	Ajuste de soporte de sujeción entre los paneles y la estructura			1.00					
4.13	Montaje de caja combinatorias	PZA	1.0					1.00	1.00
				1.00					
4.14	Montaje de los equipos inversores	PZA	1.0					1.00	1.00
	Montaje e instalación			1.00					
4.15	Montaje de la base de baterías	PZA	1.0					14.00	14.00
	Montaje y conexión de las baterías			14.00					
4.16	Cerco de la malla perimetral planta de generación fotovoltaica								
4.17	Replanteo y trazado del cerco enmallado	ML	1.0					1.00	1.00
	Enmallado dentro del perímetro de los paneles fotovoltaicos			1.00					
4.18	Excavación 0-1.5 M manual en terreno plantado	M3	28.0					0.10	28.00
	Perforaciones para puntales de acero			0.40	0.40	0.65	0.16		
4.19	Hormigón con cemento en puntales	M3	10.0					0.13	28.00
	Armado de Hormigón de soporte de los puntales de acero			0.30	0.30	1.40	0.09		
4.20	Colocado de los barras de acero	ML	18.0					34.50	28.00
	Barras de acero de 2" ASTM A51			34.50					

Continuación de la tabla de cómputos métricos por actividades

4.21	Malla olimpica N°2 con tubo FG 2" c/2.5 M H 2.5 M	M2	1.0					76.50	76.50
	Colorado Galvanero Hexagonal Malla 3/4 (Intx25 mt.)			76.50					
4.22	Puerta metálica de malla	M2	1.0					1.20	1.20
				2.00	0.60				
4.23	Ductaje y cableado de los equipos solares.								
4.24	Replanteo y trazado de la red eléctrica	ML	1.0					1.00	1.00
	Planteado según el esquema eléctrico			1.00					
4.25	Montaje de los ductos tipo tubería metálica clase B 3/4"	ML	1.0					15.00	15.00
				15.00					
4.26	Conexión de cable calibre AWG # 6	ML	1.0					20.00	20.00
				20.00					
4.27	Conexión de cable calibre AWG # 8	ML	1.0					20.00	20.00
				20.00					
4.28	Conexión de cable calibre AWG # 10	ML	1.0					200.00	200.00
				200.00					
4.29	Conexión de cable calibre AWG # 12	ML	1.0					200.00	200.00
				200.00					
5	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA.								
5.1	Montaje e instalación de tablero IP 66	PZA	1.0					90.00	90.00
	Montaje sobre una superficie plana			90.00					
5.2	Montaje de la riel DIN en el tablero y perforaciones	PZA	1.0					45.67	45.67
	Perforado y colocado dentro del tablero eléctrico			45.67					
5.3	Montaje del cableconductor en el tablero eléctrico	PZA	1.0					45.55	45.55
	Colocado a la medida según el tablero eléctrico			45.55					
5.4	Montaje de las protecciones para el lado DC	PZA	1.0					45.55	45.55
	Colocado de por fusible de 15 A			2.00					
	Montaje de protección contra sobretensiones			1.00					
5.5	Montaje de los interruptores termomagnéticos de 40 a 10 A	PZA	1.0					45.55	45.55
	Colado de los termomagnéticos de protección			1.00					
	Colocado de 1 sensor Power Smart			1.00					
	Montaje del sensor de corriente			1.00					
6	TABLERO ELÉCTRICO DE POTENCIA PARA BOMBA TD-1								
6.1	Montaje e instalación de tablero IP 66	PZA	1.0					90.00	90.00
	Montaje sobre una superficie plana			90.00					
6.2	Montaje de la riel DIN en el tablero y perforaciones	PZA	1.0					45.67	45.67
	Perforado y colocado dentro del tablero eléctrico			45.67					
6.3	Montaje del cableconductor en el tablero eléctrico	PZA	1.0					45.55	45.55
	Colocado a la medida según el tablero eléctrico			45.55					
6.4	Instalación de int. Termomagnéticos de 32 a 10 A	PZA	1.0					45.55	45.55
	Colado de los termomagnéticos de protección			1.00					
6.5	Montaje de control de nivel y accesorios de advertencia	PZA	1.0					45.55	45.55
	Perforado y colocado de accesorios en el tablero eléctrico			45.55					
6.6	Montaje de plotos de señalización	PZA	1.0					12.50	12.50
				12.50					
7	MONTAJE E INSTALACION DE SISTEMA DE PARARRAYOS Y PUESTA A TIERRA								
7.1	Replanteo y ubicación de los sistemas de puesta a tierra	ML	1.00					2.00	2.00
				2.00					
7.2	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	1.00					2.60	2.60
				2.00	2.00	0.65	4.00		
7.3	Armado de hormigón dentro del perímetro del enmallado	M3	4.00					0.50	2.00
				1.00	1.00	0.50	1.00		
7.4	Tratamiento de la tierra	M3	1.00					450.00	450.00
				450.00					
7.5	Recubrimiento con la misma tierra cerada	M3	1.00					90.00	90.00
				90.00					
7.8	pruebas de resistencia de puesta a tierra.	ML	6.00					20.00	120.00
				20.00					



PROYECTO " DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA COMUNIDAD DE CASA GRANDE"

Nº	ITEM/ ACTIVIDAD	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	REFERENCIA	PRECIO PARCIAL
1	RED DE TUBERIA DE IMPULSION					
1.1	Obras preliminares.					
1.2	Trazo, nivelación y replanteo	ML	131,00	12,00	GAMM	1572,00
1.3	Excavación con maquinaria	M3	6,50	120,00	GAMM	780,00
1.4	Excavación manual en terrenos inaccesibles	M3	24,70	88,45	GAMM	2184,72
1.5	Tendido de la tubería de la línea de impulsión	M3	125,00	25,00	GAMM	3125,00
1.6	Relleno con material propio cementado (cama de apoyo)	M3	34,06	90,56	GAMM	3084,47
1.7	Relleno de la zanja con material propio.	M3	34,06	15,00	GAMM	510,90
1.8	Eliminación de material excedente manual	M3	1,36	15,00	GAMM	20,40
1.9	Prueba hidráulica en tubería de 1" a 3"	ML	131,00	3,55	GAMM	465,05
1.10	Instalación de la Bomba sumergible pozo	GLB	25,00	45,00	GAMM	1125,00
1.11	Arco de riego (válvulas y accesorios)					
1.12	Instalación de electroválvulas y accesorios de arco de riego de 2"	ML	3,00	35,00	GAMM	105,00
2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
2.1	Replanteo y trazado de la estructura	ML	1,00	45,00	GAMM	45,00
2.2	Excavación manual terrenos inaccesibles.	M3	25,20	88,45	GAMM	2228,94
2.3	Tendido de piedras losa de fondo de 0,15 M	M2	2,44	2,50	GAMM	6,10
2.4	Homogéneo pobre E- 5 CM	M3	1,05	43,55	GAMM	45,73
2.5	Homogéneo armado (Losa de fondo)	M3	4,20	34,76	GAMM	145,99
2.6	Homogéneo armado (muros)	M3	22,64	34,76	GAMM	786,97
2.7	Revoque interior con impermeabilizante E- 2 CM	M3	0,57	22,45	GAMM	12,80
2.8	Escalera metálica interior	PZA	2,00	57,23	GAMM	114,46
2.9	Homogéneo de tapa superior (Losa superior)	M3	5,47	27,37	GAMM	149,71
2.10	Compuerta tipo bárbara 60 x60 con accesorios	PZA	2,00	27,37	GAMM	54,74
3	RED DE DISTRIBUCIÓN					
3.1	Red de distribución de sistema de riego					
3.2	Replanteo y trazado de las tuberías	ML	1,00	45,00	GAMM	45,00
3.3	Excavación con maquinaria	M3	109,72	120,00	GAMM	13166,40
3.4	Excavación manual ante lugares accesible	M3	75,14	88,45	GAMM	6646,13
3.5	Provisión y tendido de tuberías PVC D=3"	ML	519,00	12,50	GAMM	6487,50
3.6	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2 1/2"	ML	212,00	12,50	GAMM	2650,00
3.7	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2"	ML	64,00	12,50	GAMM	800,00
3.8	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1 1/2"	ML	426,00	12,50	GAMM	5325,00
3.9	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1 "	ML	464,00	12,50	GAMM	5800,00
3.10	Relleno con material propio cementado (cama de apoyo)	M3	168,50	25,00	GAMM	4212,50
3.11	Relleno de la zanja con material propio.	M3	269,60	15,00	GAMM	4044,00
3.12	Eliminación de material excedente manual	M3	43,14	15,00	GAMM	647,10
3.13	Prueba hidráulica en tubería de 3" a 1"	ML	1685,00	3,55	GAMM	5981,75
3.14	Red de distribución de agua potable					
3.15	Replanteo y trazado de las tuberías	ML	1,00	45,00	GAMM	45,00
3.16	Excavación con maquinaria	M3	107,38	120,00	GAMM	12885,60
3.17	Excavación manual ante lugares accesible	M3	52,78	88,45	GAMM	4668,39
3.18	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2 1/2"	ML	140,00	12,50	GAMM	1750,00
3.19	Provisión y tendido de tuberías PVC D=2"	ML	213,00	12,50	GAMM	2662,50
3.20	Provisión y tendido de tuberías PVC D=1 "	ML	389,00	12,50	GAMM	4862,50
3.21	Relleno con material propio cementado (cama de apoyo)	M3	74,20	25,00	GAMM	1855,00
3.22	Relleno de la zanja con material propio.	M3	118,72	15,00	GAMM	1780,80
3.23	Eliminación de material excedente manual	M3	19,00	15,00	GAMM	285,00
3.24	Prueba hidráulica en tubería de 2 1/2" a 1"	ML	742,00	3,55	GAMM	2634,10
3.25	Piletas Públicas					
3.26	Replanteo y trazado de las piletas Públicas.	ML	5,00	12,00	GAMM	60,00
3.27	Excavación manual ante lugares inaccesibles.	M3	3,28	88,45	GAMM	290,12
3.28	Construcción de cámara de hormigón 1,5 x 1,5 M.	M3	11,25	350,00	GAMM	3937,50
3.29	Instalación de tuberías y accesorios.	ML	9,00	45,00	GAMM	405,00
3.30	Cámara ventosa					
3.31	Replanteo y trazado de los puntos de construcción	ML	4,00	45,00	GAMM	180,00
3.32	Excavación Manual de 0-1,5 M en terreno	M3	0,60	88,45	GAMM	53,07
3.33	Construcción de cámara para ventosa hormigón de 50 x50 x0,60 M	M3	0,20	12,50	GAMM	2,50
3.34	Provisión e instalación de accesorios y equipos en la cámara ventosa	GLB	48,00	12,50	GAMM	600,00



Continuación de la tabla

3.35	Tapa con plancha metálica	PZA	4.00	125.50	GAMM	502.00
3.36	Cámara de Purga de Lodos.					
3.37	Replanteo y trazado de los puntos de construcción	ML	3.00	45.00	GAMM	135.00
3.38	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	0.45	88.45	GAMM	39.80
3.39	Construcción de cámara para purga hormigon de 50 x50 x0.60 M	M3	0.15	12.50	GAMM	1.88
3.40	Provisión e instalacion de accesorios y equipos en la cámara de purga	GLB	36.00	12.50	GAMM	450.00
3.41	Tapa con plancha metálica	PZA	3.00	125.50	GAMM	376.50
3.42	Cámara de riego Parcelarios					
3.43	Replanteo y trazado de los puntos de construcción	ML	21.00	45.00	GAMM	945.00
3.44	Excavación Manual de 0-1.5 M en terreno	M3	0.45	88.45	GAMM	39.80
3.45	Provisión e instalacion de accesorios y equipos en la cámara de distribución	GLB	84.00	12.50	GAMM	1050.00
3.46	Tapa con plancha metálica (provisional)	PZA	21.00	125.50	GAMM	2635.50
4	GENERACION FOTOVOLTAICA					
4.1	Estructura de los paneles fotovoltaicos					
4.2	Replanteo y trazado de la estructura soporte	ML	16.00	12.50	GAMM	200.00
4.3	Excavación 0-1.5 M manual terreno	M3	28.00	44.50	GAMM	1246.00
4.4	Construcción de hormigon simple E- 0.12 M	M3	28.00	55.40	GAMM	1551.20
4.5	Bloques de base de hormigon para soporte de base 0.25 x 0.25 0.20 M	M3	28.00	66.75	GAMM	1869.00
4.6	Provisión e instalacion de perfiles angular de acero ASTM 36 3 x 2 x 0.2 pulg	PZA	164.00	3.50	GAMM	574.00
4.7	Accesorios de estructura tipo conexión lateral izquierdo	PZA	220.00	3.55	GAMM	781.00
4.8	Accesorios de estructura tipo conexión lateral derecho	PZA	180.00	2.55	GAMM	459.00
4.9	Ajuste de la estructura de los paneles	PZA	32.00	3.55	GAMM	113.60
4.10	Montaje de los Paneles fotovoltaicos.					
4.11	Montaje de los paneles fotovoltaicos 345 W	PZA	16.00	10.55	GAMM	168.80
4.12	Ajuste de los paneles fotovoltaicos sobre la estructura	PZA	44.00	5.55	GAMM	244.20
4.13	Montaje de caja combinadoras	PZA	1.00	120.00	GAMM	120.00
4.14	Montaje de los equipos inversores	PZA	1.00	120.00	GAMM	120.00
4.15	Montaje de la banco de baterías	PZA	14.00	45.00	GAMM	630.00
4.16	Cerco de la malla perimetral planta de generacion fotovoltaica					
4.17	Replanteo y trazado del cerco enmallado	ML	1.00	45.00	GAMM	45.00
4.18	Excavación 0-1.5 M manual en terreno plantendo	M3	28.00	44.50	GAMM	1246.00
4.19	Hormigon con cimbrado en puntales	M3	28.00	76.00	GAMM	2128.00
4.20	Hormigon con sobrecimiento	M3	28.00	55.50	GAMM	1554.00
4.21	Malla olimpica N°2 con tubo FG 2" c/2.5 M H 2.5 M	M2	76.50	77.04	GAMM	5893.56
4.22	Puerta metálica de malla	M2	1.00	250.78	GAMM	250.78
4.23	Ductaje y cableado de los equipos solares.					
4.24	Replanteo y trazado de la red electrica	ML	1.00	45.00	GAMM	45.00
4.25	Montaje de los ductos tipo tuberia metalica clase B 3/4"	ML	15.00	85.00	GAMM	1275.00
4.26	Conexión de cable calibre AWG # 6	ML	20.00	21.55	GAMM	431.00
4.27	Conexión de cable calibre AWG # 8	ML	20.00	10.65	GAMM	213.00
4.28	Conexión de cable calibre AWG # 10	ML	200.00	8.55	GAMM	1710.00
4.29	Conexión de cable calibre AWG # 12	ML	200.00	6.50	GAMM	1300.00
5	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA.					
5.1	Montaje e instalacion de tablero IP 66	PZA	1.00	90.00	GAMM	90.00
5.2	Montaje de la nel DIN en el tablero y perforaciones	PZA	1.00	45.67	GAMM	45.67
5.3	Montaje del cableconduco en el tablero electrico	PZA	1.00	45.55	GAMM	45.55
5.4	Montaje de las protecciones para el lado DC	PZA	2.00	45.55	GAMM	91.10
5.5	Montaje de los interruptores termomagnéticos de 40 a 10 A	PZA	6.00	45.55	GAMM	273.30
6	TABLERO ELECTRICO DE POTENCIA PARA BOMBA TD-1					
6.1	Montaje e instalacion de tablero IP 66	PZA	1.00	90.00	GAMM	90.00
6.2	Montaje de la nel DIN en el tablero y perforaciones	PZA	1.00	45.67	GAMM	45.67
6.3	Montaje del cableconduco en el tablero electrico	PZA	1.00	45.55	GAMM	45.55
6.4	Montaje de int. Termomagnéticos de 40 a 10 A	PZA	3.00	45.67	GAMM	137.01

6.5	Montaje de control de nivel y accesorios de advertencia	PZA	6,00	45,55	GAMM	273,30
6.6	Montaje de pilotes de senalización	PZA	8,00	12,50	GAMM	100,00
7	MONTAJE E INSTALACION DE SISTEMA DE PARARRAYOS Y PUESTA A TIERRA					
7.1	Replanteo y ubicación de los sistemas de puesta a tierra	MI	2,00	45,55	GAMM	91,10
7.2	Excavacion Manual de 0-1,5 M en terreno	M3	2,60	44,50	GAMM	115,70
7.3	Armado de hormigón dentro del perímetro del enmallado.	M3	6,00	250,00	GAMM	1500,00
7.4	Tratamiento de la tierra	M3	2,00	450,00	GAMM	900,00
7.5	Recubrimiento con la misma tierra cernida	M3	2,00	90,00	GAMM	180,00
7.6	pruebas de resistencia de puesta a tierra.	ML	6,00	120,00	GAMM	720,00
TOTAL						Bs 146.413,00

 UMSA Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Hoja de Procesos y Costos					Elemento: Barra de soporte izquierdo			Material: A. ASTM A36		Peso Bruto (kg) 17,6		Vista previa del Elemento 	
						Sistema: Estructural			No. De hoja: 1/14		Peso Neto (kg) 6,0			
	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande					No. De Plano: PYF-06-1		No. De Piezas: 10		Costo / kg 10		Costo Mat / Pieza 60,0		
	Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /H maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso		Costo por pieza acumulado
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	15	10	10	25	TM	1,3	1,6	0,54	0,67	1,21		
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	10	35	TM	1,2	0,5	0,70	0,29	0,99		
5	Soldadura de relleno placa	Maquina de Soldar	10	10	25	20	TS	5,4	1,0	1,80	0,33	2,13		
6	Soldadura de relleno	Maquina de Soldar	0	15	20	15	TS	1,2	1,0	0,30	0,25	0,55		
7	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	60	120	90	AYD	3,5	0,5	5,25	0,75	6,00		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:								
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo					Por cada pieza	Por todas las piezas			
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra				9,59	95,9			
2	Disco Abrasivo 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de materiales				60,00	300,0			
3	Electrodo E6010	Kg	1	10	10,00	Costo de maquinaria y herramientas				2,71	9,0			
4						Costo de Elementos Especificados				40,00	200,0			
5						Costo total				112,30	604,9			

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

 UMSA Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Hoja de Procesos y Costos					Elemento:			Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento 	
						Sistema:			No. De hoja:		Peso Neto (kg)			
	Proyecto de grado:					Estructural			2/14		8,5			
	Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande					No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza		
					PYF-06-2		10		5,5		46,7			
Proceso	Descripción	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /H maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado		
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	15	10	10	25	TM	1,3	1,6	0,54	0,67	1,21		
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	10	35	TM	1,2	0,5	0,70	0,29	0,99		
5	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	60	120	90	AYD	3,5	0,5	5,25	0,75	6,00		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:								
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo				Por cada pieza		Por todas las piezas			
1	Disco de corte 9°	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra			7,49		74,9			
						Costo de materiales			46,70		233,5			
						Costo de maquinaria y herramientas			2,13		10,6			
						Costo de Elementos Especificados			15,00		75,0			
						Costo total			71,31		394,0			

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos

TF=Technico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Technico Soldador



UMSA

Carrera de
Ingeniería
Mecánica
Electromecánica

Hoja de Procesos y Costos

Proyecto de grado:

Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande

Elemento:

Barra de apoyo de los paneles

Material:

A. ASTM A36

Peso Bruto (kg)

23,9

Sistema:

Estructural

No. De hoja.

3/14

Peso Neto (kg)

23,9

No. De Plano:

PYF-06-3

No. De Piezas:

2

Costo / kg

6,5

Costo Mat / Pieza

155,3

Vista previa del Elemento

Proceso

Descripción

Maquina, Herramienta

Tiempo de preparación por pieza

Tiempo de ejecución por pieza

Tiempo por todas las piezas

Tiempo acumulado por piezas

Mano de obra

Costo / h mano de obra

Costo /h maquina herramienta

Costo Mano de obra proceso

Costo de herramientas por proceso

Costo por pieza acumulado


1	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71
2	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	10	35	TM	1,2	0,5	0,70	0,29	0,99
3	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	60	120	90	AYD	3,5	0,5	5,25	0,75	6,00

Elementos Especificados por pieza



Totalización de costos:


No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo	Totalización de costos:		
						Por cada pieza	Por todas las piezas	
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra	6,45	12,9
						Costo de materiales	155,29	310,6
						Costo de maquinaria y herramientas	1,25	2,5
						Costo de Elementos Especificados	15,00	15,0
						Costo total	177,99	341,0

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TF=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador


	UMSA		Hoja de Procesos y Costos						Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento	
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande							Barra de soporte derecho							A. ASTM A36
			Sistema:						No. De hoja:		Peso Neto (kg)					
			Estructural						4/14		3,14					
No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza										
PYF-06-4		10		2,5		7,9										
Proceso	Descripción		Máquina, Herramienta		Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo / h máquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado		
1	Trazado para corte		Flexometro, escuadra		10	15	10	25	TM	1,2	0,50	0,50	0,21	0,71		
2	Corte de la piezas		Amoladora, prensa		15	10	10	25	TM	1,3	1,60	0,54	0,67	1,21		
3	Trazar pieza para perforado		Flexometro, escuadra		10	15	10	25	TM	1,2	0,50	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas		Taladro, prensa		25	10	10	35	TM	1,2	0,50	0,70	0,29	0,99		
5	Soldadura de relleno placa		Maquina de Soldar		10	10	25	20	TS	5,4	1,00	1,80	0,33	2,13		
6	Soldadura de relleno		Maquina de Soldar		0	15	20	15	TS	1,2	1,00	0,30	0,25	0,55		
7	Pintado de piezas		Compresora-pistola		30	60	120	90	AYD	3,5	0,50	5,25	0,75	6,00		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:										
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo					Por cada pieza		Por todas las piezas				
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		9,59		95,9						
2	Electrodo E6010	Kg	10	1	10,00	Costo de materiales		7,85		78,5						
						Costo de maquinaria y herramientas		2,71		13,5						
						Costo de Elementos Especificados		25,00		125,0						
						Costo total		45,15		313,0						

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos. TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador



 UMSA Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Hoja de Procesos y Costos					Elemento: Barra de soporte medio			Material: A. ASTM A36		Peso Bruto (kg) 17,6		Vista previa del Elemento 	
						Sistema: Estructural			No. De hoja: 5/14		Peso Neto (kg) 6,24			
	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande					No. De Plano: PYF-06-5		No. De Piezas: 10		Costo / kg 2,5		Costo Mat / Pieza 15,6		
	Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /H maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso		Costo por pieza acumulado
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	15	10	10	25	TM	1,3	1,6	0,54	0,67	1,21		
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	10	35	TM	1,2	0,5	0,70	0,29	0,99		
4	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	60	120	90	AYD	3,5	0,5	5,25	0,75	6,00		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:								
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo			Por cada pieza		Por todas las piezas				
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	2	30,00	Costo de mano de obra		7,49		74,9				
						Costo de materiales		15,60		156,0				
						Costo de maquinaria y herramientas		2,13		10,6				
						Costo de Elementos Especificados		30,00		150,0				
Costo total								55,22		391,5				
Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador														

	UMSA		Hoja de Procesos y Costos						Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento	
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande							Elemento de sujeción							ASTM A 36
			Sistema:						No. De hoja.		Peso Neto (kg)					
			Estructural						7/14		0,53					
No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza										
PYF-06-6		14		10,5		5,6										
Proceso	Descripción		Maquina, Herramienta		Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h máquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado		
1	Trazado para corte		Flexometro, escuadra		15	15	10	30	TM	1,2	0,5	0,60	0,25	0,85		
2	Corte de la piezas		Amoladora, prensa		15	10	10	25	TM	1,3	1,6	0,54	0,67	1,21		
3	Trazar pieza para perforado		Flexometro, escuadra		10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas		Taladro, prensa		25	20	10	45	TM	1,2	0,5	0,90	0,38	1,28		
5	Pintado de piezas		Compresora-pistola		30	25	120	55	AYD	3,5	0,5	3,21	0,46	3,67		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:										
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo					Por cada pieza		Por todas las piezas				
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00					Costo de mano de obra		5,75		80,5		
										Costo de materiales		5,57		77,9		
										Costo de maquinaria y herramientas		1,96		27,4		
										Costo de Elementos Especificados		15,00		105,0		
										Costo total		28,27		290,8		


Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM-Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

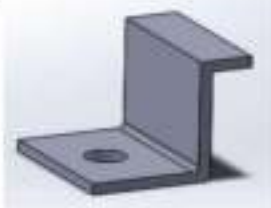
 UMSA Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Hoja de Procesos y Costos					Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento													
						Elemento de sujeción		ASTM A 36		177,0															
	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande					Sistema:		No. De hoja.		Peso Neto (kg)															
						Estructural		7/14		0,53															
Proceso		Descripción		Maquina, Herramienta		No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza													
						PYF-06-6		10		10,5		5,6													
						Tiempo de preparación por pieza		Tiempo de ejecución por pieza		Tiempo por todas las piezas		Tiempo acumulado por piezas		Mano de obra		Costo / h mano de obra		Costo /H maquina herramienta		Costo Mano de obra proceso		Costo de herramientas por proceso		Costo por pieza acumulado	
1	Trazado para corte			Flexometro, escuadra	15	15	10	30	TM	1,2	0,5	0,60	0,25	0,85											
2	Corte de la piezas			Amoladora, prensa	15	10	10	25	TM	1,3	1,6	0,54	0,67	1,21											
3	Trazar pieza para perforado			Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71											
4	Perforado piezas			Taladro, prensa	25	20	10	45	TM	1,2	0,5	0,90	0,38	1,28											
5	Pintado de piezas			Compresora-pistola	30	25	120	55	AYD	3,5	0,5	3,21	0,46	3,67											
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:																			
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo	Por cada pieza		Por todas las piezas																	
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		5,75																	
						Costo de materiales		5,57																	
						Costo de maquinaria y herramientas		1,96																	
						Costo de Elementos Especificados		15,00																	
						Costo total		28,27		207,7															

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador


	UMSA		Hoja de Procesos y Costos					Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento 
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande						Elemento de sujeción					ASTM A 36	
			Sistema:					No. De hoja:		Peso Neto (kg)				
			Estructural					8/14		0,48				
No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza								
PYF-06-6		10		10,5		5,0								
Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /H maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado		
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	15	15	10	30	TM	1,2	0,5	0,60	0,25	0,85		
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	20	10	10	30	TM	1,3	1,6	0,65	0,80	1,45		
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	20	10	45	TM	1,2	0,5	0,90	0,38	1,28		
5	Pintado de piezas	Compresora-pistola	25	30	120	55	AYD	3,5	0,5	3,21	0,46	3,67		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:								
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo			Por cada pieza		Por todas las piezas				
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		5,86		58,6				
						Costo de materiales		5,04		50,4				
						Costo de maquinaria y herramientas		2,09		20,9				
						Costo de Elementos Especificados		15,00		75,0				
						Costo total		27,99		204,9				

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

	UMSA	Hoja de Procesos y Costos				Elemento:			Material:	Peso Bruto (kg)	Vista previa del Elemento	
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica					Elemento de sujeción			ASTM A36	8,2		
		Sistema:				No. De hoja.	Peso Neto (kg)					
		Proyecto de grado:				9/14	0,06					
Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande					No. De Plano:	No. De Piezas:	Costo / kg	Costo Mat / Pieza				
					PYF-06-7	8	10,5	6,0				
Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /N maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	60	25	TM	1,5	0,5	0,63	0,21	0,83
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	15	10	60	25	TM	2	1,6	0,83	0,67	1,50
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	60	25	TM	1,5	0,5	0,63	0,21	0,83
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	40	35	TM	1	0,5	0,58	0,29	0,88
5	Soldadura de relleno placa	Maquina de Soldar	10	10	40	20	TS	2	1,0	0,67	0,33	1,00
6	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	20	10	50	AYD	3,5	0,5	2,92	0,42	3,33
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:						
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo			Por cada pieza		Por todas las piezas		
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		6,25		50,0		
2	Electrodo E6010	Kg	10	1	10,00	Costo de materiales		6,00		48,0		
						Costo de maquinaria y herramientas		2,13		17,0		
						Costo de Elementos Especificados		25,00		100,0		
						Costo total		39,38		215,0		




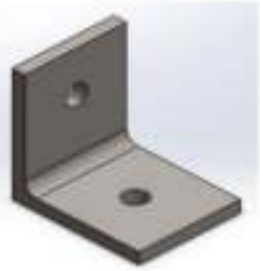
Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

	UMSA		Hoja de Procesos y Costos						Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande							Elemento de sujeción						
			Sistema: Estructural						No. De hoja:		10/14		Peso Neto (kg)		
			No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza						
PYF-06-8		20		10,5		1,2									
Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado			
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	60	25	TM	1,5	0,5	0,63	0,21	0,83			
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	20	10	60	30	TM	2	1,6	1,00	0,80	1,80			
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	60	25	TM	1,5	0,5	0,63	0,21	0,83			
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	25	10	40	35	TM	1	0,5	0,58	0,29	0,88			
5	Soldadura de relleno placa	Maquina de Soldar	10	10	40	20	TS	2	1,0	0,67	0,33	1,00			
6	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	20	10	50	AYD	3,5	0,5	2,92	0,42	3,33			
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:									
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo			Por cada pieza		Por todas las piezas					
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		6,42		128,3					
2	Electrodo E6010	Kg	10	1	10,00	Costo de materiales		1,16		23,1					
						Costo de maquinaria y herramientas		2,26		45,2					
						Costo de Elementos Especificados		25,00		125,0					
						Costo total		34,83		321,60					





Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos. TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador


	UMSA		Hoja de Procesos y Costos					Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande						Elemento de sujeción					A. ASTM A36	
			Sistema:					No. De hoja:		Peso Neto (kg)				
			Estructural					11/14		0,15				
No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza								
PYF-06-9		20		7		1,1								
Proceso	Descripcion	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado		
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
2	Corte de la piezas	Amoladora, prensa	10	10	10	20	TM	1,3	1,6	0,43	0,53	0,97		
3	Trazar pieza para perforado	Flexometro, escuadra	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
4	Perforado piezas	Taladro, prensa	10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71		
5	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	10	10	40	AYD	3,5	0,5	2,33	0,33	2,67		
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:								
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo	Por cada pieza		Por todas las piezas						
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra	4,27	85,3						
						Costo de materiales	1,05	21,0						
						Costo de maquinaria y herramientas	1,49	29,8						
						Costo de Elementos Especificados	15,00	75,0						
Costo total						21,81	211,17							



Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

	UMSA		Hoja de Procesos y Costos										Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento 
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande	Torre estructural pararrayos										A. ASTM A36		8,2				
			Estructural										No. De hoja.		Peso Neto (kg)				
			PYF-07										12/14		91,53				
No. De Plano:		No. De Piezas:		Costo / kg		Costo Mat / Pieza		25		2288,3									
Proceso	Descripción		Maquina, Herramienta		Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado					
1	Trazado para corte		Flexometro, escuadra		10	15	10	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71					
2	Corte de la piezas		Amoladora, prensa		120	10	10	130	TM	1,3	1,6	2,82	3,47	6,28					
3	Doblado de piezas		dobladora		120	30	10	150	TM	1,2	0,5	3,00	1,25	4,25					
4	Soldadura de la estructura		Maquina de Soldar		120	30	240	150	TS	10	1,0	25,00	2,50	27,50					
5	Pintado de piezas		Compresora-pistola		60	60	120	120	AYD	3,5	0,5	7,00	1,00	8,00					
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:													
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo				Por cada pieza			Por todas las piezas							
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	4	60,00				Costo de mano de obra			38,32							
2	Electrodo E6010	Kg	4	10	40,00				Costo de materiales			2288,25							
									Costo de maquinaria y herramientas			8,43							
									Costo de Elementos Especificados			100,00							
									Costo total			2434,99							
												2435,0							

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

UMSA	Hoja de Procesos y Costos					Elemento:			Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado:					Sistema:			No. De hoja.		Peso Neto (kg)	
Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande		No. De Plano:			No. De Piezas:			Costo / kg		Costo Mat / Pieza			
Proceso	Descripción	Maquina, Herramienta	Tiempo de preparación por pieza	Tiempo de ejecución por pieza	Tiempo por todas las piezas	Tiempo acumulado por piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso		Costo por pieza acumulado
1	Trazado para corte	Flexometro, escuadra	10	15	70	25	TM	1,2	0,5	0,50	0,21	0,71	
2	Corte de la piezas	sierra ,serrucho	10	10	10	20	TM	1,3	1,6	0,43	0,53	0,97	
3	Soldadura de relleno placa	Maquina de Soldar	30	10	40	40	TS	10	1,0	6,67	0,67	7,33	
4	Soldadura de relleno	Maquina de Soldar	0	15	20	15	AYD	5	1,0	1,25	0,25	1,50	
5	Pintado de piezas	Compresora-pistola	30	60	120	90	AYD	3,5	0,5	5,25	0,75	6,00	
Elementos Especificados por pieza						Totalización de costos:							
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo			Por cada pieza		Por todas las piezas			
1	Disco de corte 9"	Pza.	15	1	15,00	Costo de mano de obra		14,10		14,1			
2	Electrodo E6010	Kg	2	10	20,00	Costo de materiales		208,95		209,0			
						Costo de maquinaria y herramientas		2,41		2,4			
						Costo de Elementos Especificados		35,00		35,0			
						Costo total		260,46		260,5			

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TM=Tecnico Mecanico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

UMSA	Hoja de Procesos y Costos		Elemento:		Material:		Peso Bruto (kg)		Vista previa del Elemento			
	Carrera de Ingeniería Mecánica Electromecánica	Proyecto de grado: Diseño de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea para la Comunidad de Casa Grande	Tablero general de distribución	Sistema: Control	Pl 66	No. De Hoja. 14/14	Peso Neto (kg) 13,93	Costo Mat / Pieza 139,3				
Proceso	Descripción	Maquina, Herramienta	Tempo de preparación por pieza	Tempo de ejecución por pieza	Tempo por todas las piezas	Mano de obra	Costo / h mano de obra	Costo /h maquina herramienta	Costo Mano de obra proceso	Costo de herramientas por proceso	Costo por pieza acumulado	
1	Cortado de los cables canal	sierra mecanica	10	15	70	25	TE 1,2	0,5	0,50	0,21	0,71	
2	Cableado	Pelacables	10	10	10	20	TE 1,3	1,6	0,43	0,53	0,97	
3	Perforado del Tablero	maquina de Taladro	30	10	40	40	AYD 1,0	1,0	6,67	0,67	7,33	
Elementos Especificados por pieza			Totalización de costos:									
No.	Elementos	Unidad	Costo / Unidad	Cantidad	Costo Insumo	Por cada pieza						Por todas las piezas
1						Costo de mano de obra	7,60	7,6				7,6
2						Costo de materiales	139,30	139,3				139,3
						Costo de maquinaria y herramientas	1,41	1,4				1,4
						Costo de Elementos Especificados	0,00	0,0				0,0
						Costo total	148,31	148,3				148,3

Nota: Todos los costos se presentan en Bolivianos y los tiempos en minutos TE=Tecnico Electrico ; AYD=Ayudante ; TS=Tecnico Soldador

LABORATORIO

IIS-FORM-002
Código IIS Nº: 0666/2023

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA



Institución solicitante: Univ. Erick Zambrana - Proyecto de Grado:
"Diseño de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua subterránea para la Comunidad de Casa Grande"
Dirección: Calle Abel Antezana Nro. 356, Zona Villa Fátima N° de muestra: 1

DATOS DE MUESTREO

DATOS DE RECEPCIÓN

Responsable: Univ. Erick Daniel Zambrana Tejerina	Fecha: 2023/09/29	Hora: 13:31
Fecha: 2023/09/27	Hora: 10:00	Volumen de muestra: 500 ml
Punto: Pozo excavado	Tipo de recipiente(s): Botella de plástico	
Lugar: Comunidad Casa Grande	Estado de la muestra: Refrigerada (Si/No): No	
Fuente: Agua subterránea	Preservada (Si/No): No	
Localidad: Comunidad Casa Grande	Temperatura: 16,8 °C	
Municipio: Mojinete	Fecha de análisis: Del 2023/09/29 al 2023/10/10	
Provincia: Sur Lipez Departamento: Potosí	Recibido por: Ing. Edwin Astorga Sanjinés	
Observaciones:		

ANÁLISIS QUÍMICO

Nº	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
1	pH (T=25,0 °C)	SM 4500-H ⁺ B	—	6,12
2	CONDUCTIVIDAD (25 °C)	SM 2510 B	µS/cm	132,20
3	CALCIO	SM 3500-Ca D	mg Ca ²⁺ /l	12,93
4	MAGNESIO	SM 3500-Mg E	mg Mg ²⁺ /l	4,42
5	SODIO	SM 3500-Na B	mg Na/l	3,27
6	SAR	Cálculo	—	0,20 (*)
7	TIPO DE AGUA	Cálculo	—	C ₁ S ₁ (*)

OBSERVACIONES:

(*) C₁- Agua de baja salinidad. Con estas aguas se puede regar la mayoría de los suelos y cultivos, sin temor a perjuicios salinos. El lavado natural es suficiente y sólo en los terrenos de muy baja permeabilidad hay que realizar trabajos especiales.

(*) S₁- Bajo contenido en sodio. Puede usarse sin que sean de esperar serios perjuicios en el desarrollo vegetal. Sólo plantas muy sensibles, como los frutales de hueso y los aguacates son dañados.

La Paz, 11 de octubre de 2023



RESPONSABLE DE ANÁLISIS
Lic. Graciela Espinoza Huanca


VIZO DIRECTOR
Dipl. Ing. José A. Díaz Benavente
DIRECTOR
Instituto de Ing. Sanitaria y Ambiental
UMSA


RESPONSABLE DE LABORATORIO
Ing. Edwin Astorga Sanjinés

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Nombre: Erick Daniel Zambrana Tejerina.

Correo electrónico: zamterd@gmail.com

CI: 10540113 Po.

Cel. 77248169