

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEO
PARA RIEGO POR ASPERSIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS EN
LA LOCALIDAD DE CARABAYLLO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

ABRAHAM TIRADO TAPULLINA

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEO
PARA RIEGO POR ASPERSIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS EN LA
LOCALIDAD DE CARABAYLLO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. ABRAHAM TIRADO TAPULLINA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. ROSA MARÍA MIGLIO TOLEDO
Presidente

Dr. JOSÉ LUIS CALLE MARAVÍ
Asesor

Mg. Sc. KENYI GLICERIO CAVALCANTI CÁRDENAS
Miembro

Mg. Sc. WENDY LU ARAMAYO ALONSO
Miembro

LIMA – PERU

2021

DEDICATORIA

A mi hija Aylin Micaela, por su amor incondicional y por enseñarme muchas cosas desde que llego a mi vida. A mi Esposa, amiga y compañera de la vida Astrid De la Cruz por estar siempre en las buenas y aún más en las malas.

Y finalmente a mis padres, Ricardo Tirado y Lurdes Tapullina, y mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional siempre en cada faceta de mi vida familiar y profesional, sin ellos nada de esto tampoco hubiera sido posible.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| I. PRESENTACIÓN | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 3 |
| III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS..... | 5 |
| IV. CUERPO DEL TRABAJO | 6 |
| 4.1 GENERALIDADES | 6 |
| 4.2 SECUENCIA METODOLÓGICA..... | 7 |
| 4.3 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 7 |
| 4.3.1 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA ESTUDIO | 7 |
| 4.3.2 DESCRIPCIÓN DE ÁREA, LINDEROS Y MEDIDAS PERIMÉTRICAS..... | 7 |
| 4.3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:..... | 8 |
| 4.3.4 CASO DE INTERÉS N° 1: CONSOLIDACIÓN DE ÁREAS VERDES PRELIMINARES URBANAS - ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA E HÍDRICA..... | 13 |
| 4.3.5 CASO DE INTERÉS N° 2: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEO | 24 |
| 4.3.6 CASO DE INTERÉS N° 3: ANÁLISIS DE TÉCNICO ECONÓMICO DEL SISTEMA CONVENCIONAL VS EL SISTEMA PLANTEADO..... | 40 |
| V. CONCLUSIONES | 56 |
| VI. RECOMENDACIONES | 58 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 59 |
| VIII. ANEXOS | 62 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Áreas general de terreno. | 10 |
| Tabla 2: Áreas por manzana – Etapa I. | 10 |
| Tabla 3: Áreas por manzana – Etapa II. | 11 |
| Tabla 4: Áreas de recreación pública. | 12 |
| Tabla 5: Datos meteorológicos de estación Davis Vantage- San Antonio de Carabayllo... | 17 |
| Tabla 6: Datos meteorológicos para modelamiento con Cropwalt. | 18 |
| Tabla 7: Datos meteorológicos de precipitación. | 18 |
| Tabla 8: Requerimiento de agua y resistencia para Grass. | 20 |
| Tabla 9: Demanda de volumen de agua - Camiones cisterna. | 22 |
| Tabla 10: Demanda de volumen de agua - Sistema de aspersión. | 23 |
| Tabla 11: Gatos operativos mensual de agua en cisterna – noviembre. | 24 |
| Tabla 12: Datos hidráulicos para diseño de electrobomba sumergible. | 28 |
| Tabla 13: Datos calculados para elección de electrobomba sumergible. | 28 |
| Tabla 14: Datos calculados para potencia de electrobomba sumergible. | 29 |
| Tabla 15: Ángulos de inclinación del panel fotovoltaico según latitud de lugar. | 35 |
| Tabla 16: Gastos operativos en alquiler de cisterna para riego. | 41 |
| Tabla 17: Gastos operativos en mano de obra para riego con cisterna. | 41 |
| Tabla 18: Gastos operativos totales en riego convencional con cisterna. | 41 |
| Tabla 19: Gastos de Implementación del sistema de bombeo fotovoltaico. | 42 |
| Tabla 20: Gastos en mantenimiento de sistema fotovoltaico. | 43 |
| Tabla 21: Gastos en combustible para uso de grupo electrógeno. | 44 |

| | |
|--|----|
| Tabla 22: Gastos operativos en mano de obra para riego con sistema fotovoltaico. | 44 |
| Tabla 23: Gastos operativos totales en riego por aspersión con sistema fotovoltaico. | 45 |
| Tabla 24: Análisis de costos y volúmenes extraídos mediante uso de sistema de bombeo fotovoltaico. | 54 |
| Tabla 25: Análisis de costos en vida útil del proyecto de 25 años. | 55 |
| Tabla 26: Análisis de costos en vida útil del proyecto de 14 años. | 55 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Plano de linderos, perímetro y linderos de Predio Rural Chacra Grande y Santa Inés..... | 8 |
| Figura 2: Plano Lt-01 (Lotización y Trazado-Proyecto Integral) Habilitación Urbana Posada De Carabayllo. | 9 |
| Figura 3: Urbanización Posada de Carabayllo – Vista de Lotes y Vías. | 13 |
| Figura 4: Parques instalados con Grass y árboles. | 14 |
| Figura 5: Estación meteorológica-San Antonio de Carabayllo. | 16 |
| Figura 6: Cálculo de la Evapotranspiración. | 19 |
| Figura 7: Parque N°4 – Instalación de Grass y árboles. | 19 |
| Figura 8: Temperatura máxima y mínima promedio en Carabayllo. | 24 |
| Figura 9: Meses de días despejados y con más horas de sol en Carabayllo. | 25 |
| Figura 10: Esquema de sistema fotovoltaico propuesto. | 26 |
| Figura 11: Curva de rendimiento de Pedrollo-4SR. | 30 |
| Figura 12: Datos de prestaciones de Pedrollo-4SR. | 30 |
| Figura 13: Bomba sumergible de Pedrollo-4SR. | 31 |
| Figura 14: Planta solar fotovoltaica, Villa Bush Bolivia. | 33 |
| Figura 15: Panel Solar 320W 24V Amerisolar. | 37 |
| Figura 16: Controlador bombeo solar INVT 3HP 220V. | 37 |
| Figura 17: Esquema hidráulico para riego por aspersión. | 38 |
| Figura 18: Aspersor de impacto VYR-802. | 39 |
| Figura 19: Ficha técnica de aspersor de impacto VYR-802. | 39 |
| Figura 20: Instalación de 05 paneles frontales. | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Instalación de 05 paneles posteriores. | 46 |
| Figura 22: Instalación de 10 unidades paneles solares. | 47 |
| Figura 23: Tubería SCH40 2” para pozo. | 47 |
| Figura 24: Electrobomba sumergible Pedrollo 2” -3hp. | 48 |
| Figura 25: Instalación de electrobomba sumergible. | 48 |
| Figura 26: Instalación de cable eléctrico para conexión controlador- electrobomba..... | 49 |
| Figura 27: Instalación de tuberías SCH40 2” en pozo profundo. | 49 |
| Figura 28: Instalación inversor o controlador. | 50 |
| Figura 29: Conexión de cables eléctricos, inversor, paneles solares y electrobomba..... | 50 |
| Figura 30: Instalación de válvulas en árbol de descarga de pozo. | 51 |
| Figura 31: Árbol de descarga de pozo. | 51 |
| Figura 32: Caseta de pozo con sistema de bombeo fotovoltaico. | 52 |
| Figura 33: Sistema de Aspersión para parques. | 52 |
| Figura 34: Prueba de bombeo de electrobomba sumergible. | 53 |
| Figura 35: Prueba de bombeo al sistema de aspersión por parque. | 53 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Ficha técnica de Panel Solar 320W 24V Amerisolar Policristalino. | 62 |
| Anexo 2: Dimensiones de Panel Solar 320W 24V Amerisolar Policristalino. | 64 |
| Anexo 3: Ficha técnica Inversor o Controlador Bombeo Solar INVT 3HP 220V. | 65 |
| Anexo 4: Ficha técnica electrobomba sumergible Pedrollo 4sr33g/30 De 3.0 Hp. Ø 2” 1~60 Hz. | 66 |
| Anexo 5: Plano de linderos, perímetro y linderos de Predio Rural Chacra Grande y Santa Inés. | 68 |
| Anexo 6: Plano Lt-01 (Lotización y Trazado-Proyecto Integral) Habilitación Urbana Posada de Carabayllo. | 69 |

I. PRESENTACIÓN

El trabajo de suficiencia profesional presentado a continuación describe los trabajos propios del ejercicio de la carrera de Ingeniería agrícola, desarrollados en el área de riego y recursos hídricos en una empresa inmobiliaria, en el periodo de enero del 2017 y hasta la actualidad (julio 2021). Durante estos años, he ostentando los siguientes cargos profesionales: Asistente de Riego en 2017, en la obra de Pachacamac, encargado de la ejecución de obras como: redes hidráulicas de tuberías, sistema de riego por aspersión y goteo en jardines urbanos; donde se puso en práctica conocimientos de cursos como Hidráulica para identificar los diferentes tipos de materiales usados en una red de tubería sea HDPE o PVC, Ingeniería de Riegos I e II para evaluar las diferentes componentes de un sistema de riego propiamente dicho sea por aspersión o goteo.

En el 2018, seguí con el cargo Asistente de Riego en la oficina técnica en Pachacamac y Carabayllo, encargado del diseño hidráulico y elaboración de presupuestos. Posteriormente promovido a Diseñador de Redes Hidráulicas en 2019 hasta la actualidad, en las diferentes obras de Lima y provincia, encargado de la elaboración de diseños hidráulicos en tuberías, sistemas de riego por aspersión y goteo, sistemas de drenaje pluvial, cuartos de bombas y pozos. Llevando a la práctica conocimientos de cursos como Hidráulica para calcular y dimensionar los diferentes escenarios para una red de tubería, estación de bombeo o sistema de riego presurizado. Así también usando conocimientos de Ingeniería de Riegos I e II con la finalidad de conocer las necesidades hídricas de los diferentes jardines urbanos e identificar el tipo de emisor de riego para estos jardines. Todos estos conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria han ayudado a potenciar las competencias adquiridas durante la vida profesional.

La presente monografía detalla las carencias que enfrenta un proyecto nuevo de habilitación urbana; que, al no contar con fuentes de electricidad y abastecimiento de agua en la etapa preliminar de su construcción, no pueda afianzar las ventas y posteriormente la construcción. Frente a esta problemática se propuso una solución con uso de energías renovables, mediante el aprovechamiento de la radiación solar a través de paneles solares, para proveer de energía

eléctrica a una bomba sumergible que extrajera agua subterránea para el riego de áreas verdes.

II. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que enfrenta un proyecto nuevo de habilitación urbana es la carencia que presentan los terrenos urbanos para contar con fuentes propias de energía eléctrica y abastecimiento de agua, ocasionando que la inversión en gastos para consumo de agua y energético, en la etapa inicial del proyecto, sea muy costosa.

Por tal motivo, se planteó un sistema de autoconsumo, consistente en la implementación de un sistema de energía renovable fotovoltaico, el cual proporcionó de energía eléctrica a una bomba sumergible, para extracción de agua subterránea que se utilizó en el riego de áreas verdes en la etapa preliminar del proyecto. Al mantener y definir las áreas verdes del proyecto desde esta etapa preliminar, se generaron impactos positivos en las ventas de la compañía, haciendo que el flujo de caja financiero sea positivo para una inversión mayor, a corto plazo.

El sistema fotovoltaico planteado no satisface al 100% la demanda de energía para el proyecto, sin embargo, permite mitigar el consumo energético para el inicio del proyecto. Tomando en cuenta que, en la primera fase de un proyecto de habilitación urbana, mientras más baja sea la inversión inicial, y se pueden generar ventas de forma eficaz, y la consolidación será más rápida, así como la posterior construcción, trayendo consigo un valor agregado en la rentabilidad de la empresa.

Se buscó obtener un sistema instalado y funcionando en el proyecto, para ello se contó con un respaldo económico e inversión de la empresa inmobiliaria de un monto máximo de \$ 10,000 dólares americanos. En el desarrollo del trabajo se define la propuesta técnica para la implementación, teniendo en cuenta las características de los componentes eléctricos de los paneles fotovoltaicos y su vinculación con el consumo de agua del sistema de riego (conectado a la bomba sumergible de pozo). Así mismo, se realiza un análisis técnico y económico, en comparación con un sistema convencional frente a uno de paneles fotovoltaicos, para mostrar las bondades del proyecto.

Es así como, se logró identificar que este proyecto encajaba dentro de los conceptos de eficiencia energética; y se demostró que se pueden ejecutar proyectos innovadores con un valor agregado desde una baja inversión sin alterar el medio ambiente.

III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los aspectos técnicos y económicos de un sistema fotovoltaico de bombeo para riego por aspersión de áreas verdes urbanas en la localidad de Carabaylo.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de riego por aspersión y el sistema de fotovoltaico para el riego de áreas urbanas.
- Realizar un análisis de costos de implementación, operación y mantenimiento mediante un comparativo entre el riego convencional por inundación mediante camiones cisterna y riego por aspersión accionado por el sistema fotovoltaico por bombeo.

IV. CUERPO DEL TRABAJO

4.1 GENERALIDADES

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló entre fines del 2018 e inicios del 2019 en la habilitación urbanización Posada de Carabaylo, ubicada en el distrito del Carabaylo, departamento de Lima. En este predio a urbanizar se planteó un sistema de paneles fotovoltaicos accionados por un controlador para proporcionar electricidad a una electrobomba sumergible situada en el pozo del proyecto; con la finalidad de obtener agua durante el día, sin tener un costo mensual de pago por gasto energético o costos de operación de camiones cisterna para el riego de áreas verdes urbanas, en la fase preliminar del proyecto.

Para poder corroborar esta premisa se evaluó desde diferentes puntos:

- La problemática de romper el actual sistema de generación eléctrica que es muy piramidal, ya que se cuenta con muy pocas centrales hidroeléctricas de gran potencia, para pasar a tener multitud de pequeños centros de generadores de energía eléctrica, siendo uno de ellos de energía fotovoltaica, donde cada ~~uno~~ de usuario puede ser consumidor y generador a la vez, en el mismo lugar de producción.
- Así mismo, desde el punto de vista ambiental, se busca un uso energético más eficiente debido al aumento del costo de energía convencional, el calentamiento global y la problemática derivada del uso del petróleo (Mirta Roitman et al., 2015).

Antes los sistemas fotovoltaicos eran un producto financiero que buscaba maximizar la producción anual de kilovatio hora (kvh), por lo cual no importaba el consumo particular de un proyecto. En cambio, hoy en día, al desarrollar los sistemas fotovoltaicos para autoconsumo, estos se convierten en un producto de ahorro económico, ya que va acorde al perfil de consumo; haciendo que el diseño sea más exacto para su funcionamiento y trate de consumir el 100% de lo que se produce.

Por esta razón, al ser un proyecto de autonomía energética e hídrica y de ahorro económico, por tener una inversión inicial pequeña con respecto a lo convencional; se optó por este

sistema fotovoltaico de bombeo con la finalidad de aprovechar toda la energía que se produzca dentro del día (mayor cantidad de horas de sol), y esta se utilice para producir agua que sirva para el riego de áreas verdes.

4.2 SECUENCIA METODOLÓGICA

Se presenta la metodología bajo la cual se desarrolló el proyecto, partiendo de la definición del caso de estudio, para posteriormente describir los procedimientos utilizados para el diseño y dimensionamiento del sistema de bombeo, el sistema solar fotovoltaico (Ruiz, 2021) y finalizando con el análisis técnico económico del mismo, evaluando los resultados en las conclusiones.

4.3 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.3.1 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA ESTUDIO

Ubicación del área: Predio Rural Chacra Grande y Santa Inés Numero de Parcela Sección 2A Código Catastral 12342 P.E. P01381610.

- DEPARTAMENTO: Lima
- PROVINCIA : Lima
- DISTRITO: Carabayllo

4.3.2 DESCRIPCIÓN DE ÁREA, LINDEROS Y MEDIDAS PERIMÉTRICAS

a. Área y perímetro

El inmueble matriz encierra un área bruta de 90,881.70 m² (noventa mil ochocientos ochenta y un metros cuadrados con setenta centésimas), siendo su perímetro de 2,059.60 ml. (dos mil cincuenta y nueve metros lineales con sesenta centésimas), de acuerdo con la Resolución de Gerencia N.º 383-2019/GDUR/MDC.

La propiedad de 74 tramos, la misma que se encuentra encerrada dentro de los siguientes linderos y medidas perimétricas:

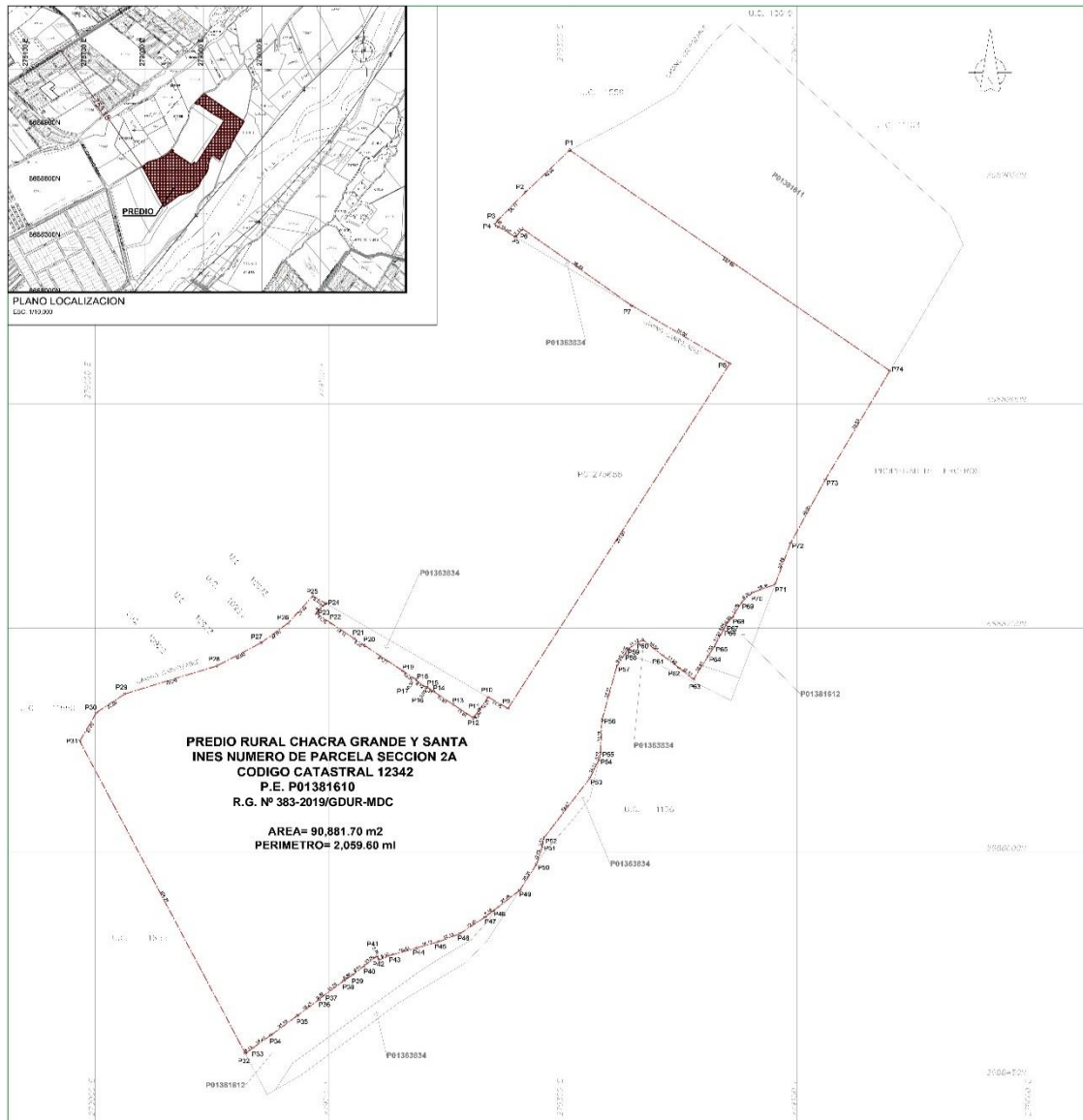


Figura 1: Plano de linderos, perímetro y linderos de Predio Rural Chacra Grande y Santa Inés.

FUENTE: Resolución de Gerencia N.º 383-2019/GDUR/MDC.

4.3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

a. Información general

Se ejecutó la habilitación urbana en 17 manzanas, las cuales agrupan un total de 611 lotes divididos en dos Etapas, de acuerdo con la descripción gráfica del Proyecto Integral mostrada en el plano LT-01

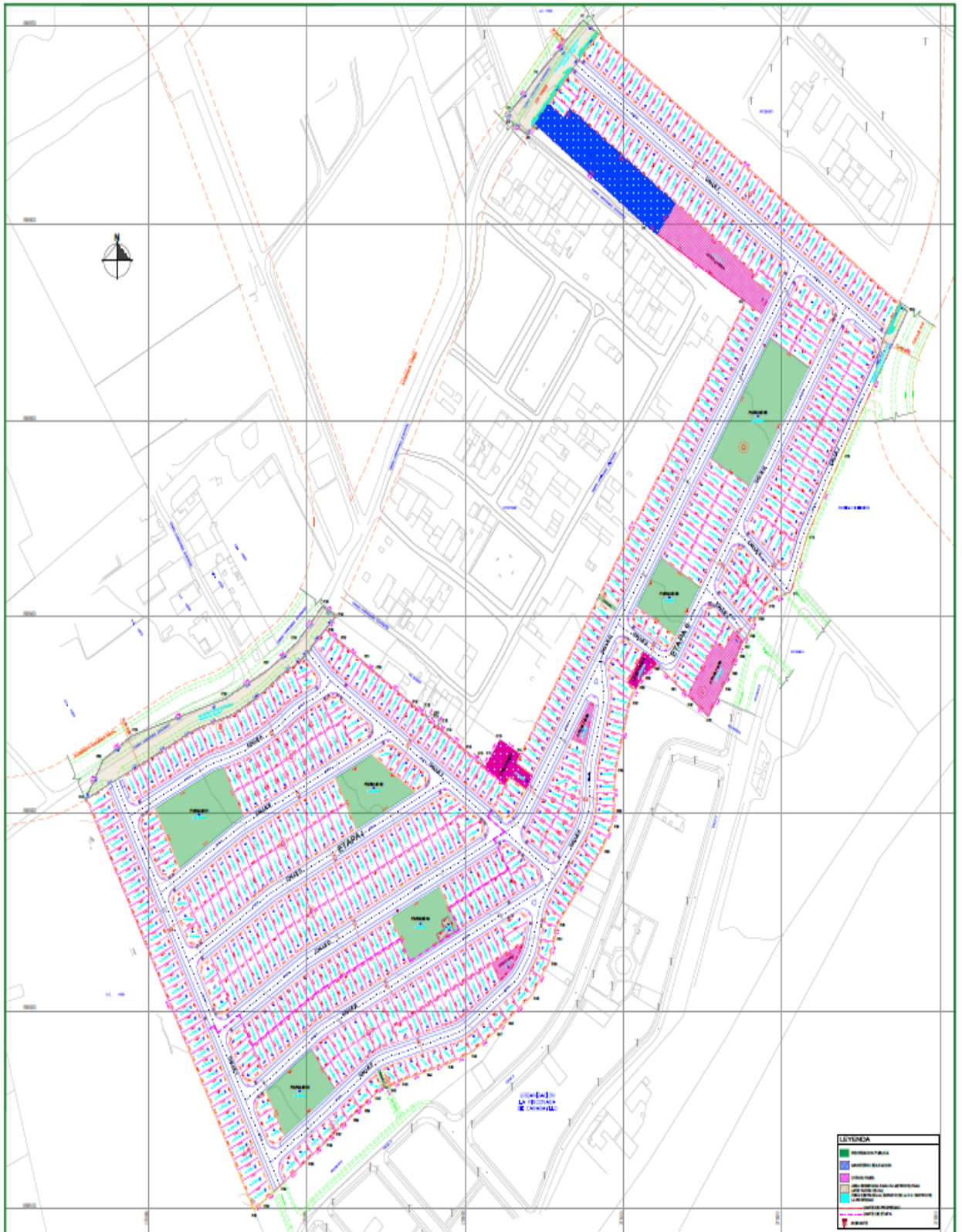


Figura 2: Plano Lt-01 (Lotización y Trazado-Proyecto Integral) Habilitación Urbana Posada De Carabaylo.

FUENTE: Menorca Inversiones S.A.C (2019) - Área de proyectos

b. Áreas del proyecto.

Tabla 1: Áreas general de terreno

| Descripción | (m2) | (%) |
|--|------------------|----------------|
| Área Bruta Del Terreno | 90,881.70 | |
| Área Reservada Para Vía Metropolitana (Afectación De Vía) | 2,953.40 | |
| Área Neta Habitable | 87,928.30 | 100% |
| Área Aportes Reglamentarios | 11,432.64 | 13.002% |
| Área Lotes De Servicio | 65.00 | 0.074% |
| Áreas Vías | 26,730.83 | 30.401% |
| Área Útil Vendible | 49,699.83 | 56.523% |

Fuente: Memoria Descriptiva Habilidadación Urbana “Posada De Carabayllo”.

Tabla 2: Áreas por manzana – Etapa I

| Mz. | Tipo | N.º Lotes | Área (M2) |
|----------------------|---|------------------|------------------|
| A | Vivienda | 23 | 2,018.01 |
| B | Vivienda | 22 | 1,884.61 |
| C | Vivienda | 32 | 2,795.17 |
| | R. Publica | 1 | 1485.10 |
| D | Vivienda | 44 | 3,901.96 |
| | R. Publica | 1 | 971.27 |
| E | Vivienda | 62 | 5,475.69 |
| | Vivienda | 25 | 1,803.91 |
| F | R. Publica | 1 | 800.00 |
| | Lote Serv. | 1 | 65.00 |
| H | Vivienda | 22 | 1,915.36 |
| | Afectación De Via Arterial- Camino Real | 1 | 1,784.68 |
| Sub Total | Vivienda | 230 | 19,794.71 |
| | R. Pública | 3 | 3,256.37 |
| | Lote Serv. | 1 | 65.00 |
| | Afectación De Vía | 1 | 1,784.68 |
| Total | | 235 | 24,900.76 |

Fuente: Memoria Descriptiva Habilidadación Urbana “Posada De Carabayllo”.

Tabla 3: Áreas por manzana – Etapa II

| Mz. | Tipo | N.º Lotes | Área (M2) |
|--------------|--|------------------|------------------|
| A | Vivienda | 15 | 1,352.39 |
| F | Vivienda | 33 | 2,586.99 |
| G | Vivienda | 44 | 3,748.29 |
| | Otros Fines | 1 | 154.51 |
| | R. Publica | 1 | 940.93 |
| H | Vivienda | 19 | 1,392.43 |
| | Otros Fines | 1 | 364.60 |
| I | Vivienda | 15 | 1,143.84 |
| | Otros Fines | 1 | 132.85 |
| J | Vivienda | 8 | 647.59 |
| K | Vivienda | 40 | 3149.97 |
| | Otros Fines | 1 | 141.68 |
| | Vivienda | 8 | 694.21 |
| L | Otros Fines | 1 | 618.55 |
| M | Vivienda | 10 | 802.55 |
| N | Vivienda | 40 | 3,232.75 |
| O | Vivienda | 34 | 2,888.02 |
| | R. Publica | 2 | 2,838.47 |
| P | Vivienda | 39 | 3,537.74 |
| | Vivienda | 59 | 4,728.35 |
| Q | Otros Fines | 1 | 1,226.01 |
| | Educación | 1 | 1,758.67 |
| | Afectación De Vía Colectora- Av. Tres | 1 | 953.07 |
| | Afectación De Vía Colectora- Calle X-9 | 1 | 215.65 |
| | Vivienda | 364 | 29,905.12 |
| | R. Pública | 3 | 3,779.40 |
| Sub | Otros Fines | 6 | 2,638.20 |
| Total | Educación | 1 | 1,758.67 |
| | Afectación De Vía | 2 | 1,168.72 |
| | Total | 376 | 39,250.11 |

Fuente: Memoria Descriptiva Habilitación Urbana “Posada De Carabayllo”.

c. Áreas de recreación pública

La habilitación urbana tuvo seis parques como aporte de Recreación Pública, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4: Áreas de recreación pública

| Etapa | Descripción | Mz. | Lot. | Área (M2) | N.º Lotes |
|--------------|--------------------|------------|-------------|------------------|------------------|
| I | Parque N.º 1 | C | 6 | 1,485.10 | 1 |
| | Parque N.º 2 | D | 19 | 971.27 | 1 |
| | Parque N.º 3 | F | 19 | 940.93 | 1 |
| II | Parque N.º 4 | G | 4 | 800.00 | 1 |
| | Parque N.º 5 | O | 6 | 818.65 | 2 |
| | Parque N.º 6 | | 16 | 2,019.82 | |
| Total | | | | 7,035.77 | 6 |

Fuente: Memoria Descriptiva Habilitación Urbana “Posada De Carabayllo”.

El mobiliario y equipamiento urbano está compuesto por bancas de concreto con acabado en pintura tipo gloss, una cascada, una cancha de futbol 5 de Grass, equipos de gimnasio, un juego para niños (2 torres), caminos de concreto en cemento pulido con detalles en adoquín, caminos adoquinados y tachos de basura de polietileno.

La iluminación la proporcionan postes de concreto equipados con tres pastorales. Las lámparas son de vapor de sodio o similares.

4.3.4 CASO DE INTERÉS N° 1: CONSOLIDACIÓN DE ÁREAS VERDES PRELIMINARES URBANAS - ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA E HÍDRICA.

Después de los trabajos preliminares de lotización y construcción de vías a nivel de afirmado. La empresa inmobiliaria tuvo el interés de instalar de forma preliminar áreas verdes de grass, con la finalidad de que los clientes tengan la interacción y cercanía de las áreas recreativas que tendrán en la habilitación urbana, y que motiven su interés por concretizar una compra. Por esta razón la importancia de destinar agua para el riego y mantenimiento de estas áreas verdes.

Es así que surgió la primera problemática del presente estudio, ya que se contaba con una fuente de abastecimiento de recursos hídrico propio; él cual era un pozo ubicado en el predio de la habilitación. Pero no se contaba con un suministro eléctrico para poder equipar dicho pozo, y así contar con un flujo continuo de agua para riego.



Figura 3: Urbanización Posada de Carabaylo – Vista de Lotes y Vías.

Al ser una habilitación nueva y aún en proceso de construcción, la concretización y solicitud para conexiones a servicios de eléctricos y de agua cercanos existentes, tardarían por los menos 2 años hasta que se construya la primera etapa de la habilitación urbana (a nivel pistas, veredas, redes eléctricas, redes de saneamiento y agua potable); para una posterior recepción por parte del municipio. Por lo que conectarse a una red cercana existente para proporcionar suministro eléctrico al pozo, carecía de sustento a nivel de costos y tiempo, lo cual hacia esta alternativa de solución inviable.

a. Demanda hídrica

Para fines del mes de diciembre del 2018, se procedió con la instalación de Grass y árboles en seis parques de la Etapa I y II, por lo cual se necesitaba saber cuántos m^3 por m^2 se necesitaban para cubrir esta demanda, ya que en un inicio se procedió a abastecer de agua mediante alquiler de camiones cisterna.

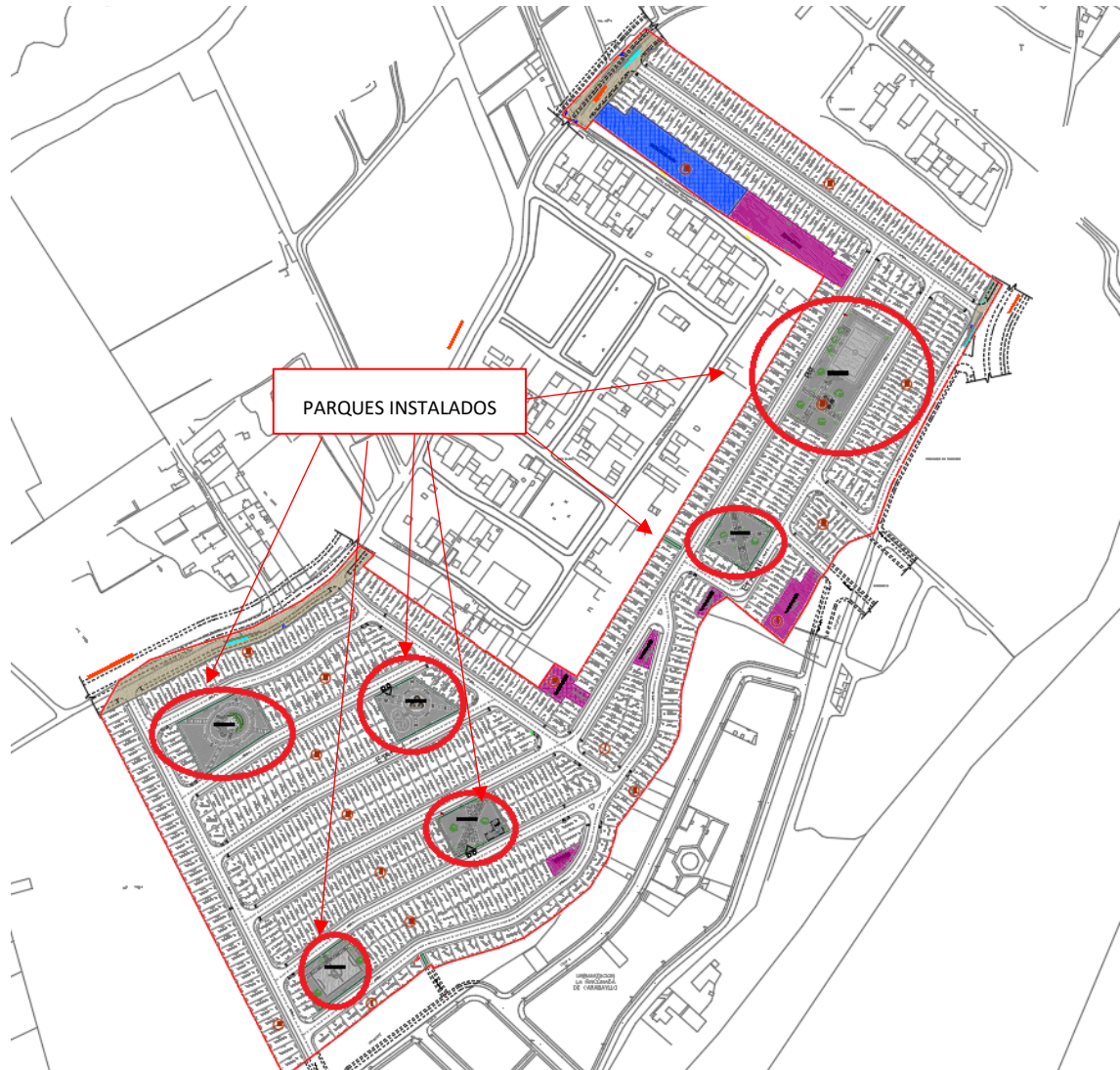


Figura 4: Parques instalados con Grass y árboles.

i. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Según FAO (2006), la evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo

estándar de referencia (ET_o). La relación ET_c/ET_o que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (K_c), y se utiliza para relacionar ET_c a ET_o de manera que ET_c = K_c x ET_o.

En nuestro caso se utilizará el método de Penman – Monteih, el cual está basado en la determinación de los balances de energía y el balance aerodinámico, cuya expresión final es:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiracion de referencia (mmd⁻¹).

R_n = Radiacion neta en la superficie de la planta (MJm⁻²d⁻¹).

G = Flujo termico del suelo (MJm⁻²d⁻¹).

T = Temperatura media (°C) considerada como $\frac{(T_{max} + T_{min})}{2}$. T_{max}

u₂ = velocidad de viento medida a 2m de altura (ms⁻¹).

(e_s - e_a) = Deficit de la presion de vapor (kPa).

Δ = Pendiente de la curva de presion de vapor (kPa°C⁻¹).

γ = Constante psicrometrica (kPa°C⁻¹).

900 = Factor de conversion.

Existen varios métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, en función de los datos climáticos. Particularmente para este trabajo de suficiencia profesional usamos el Software Cropwat de la FAO basado en la fórmula de Penman-Monteith.

ii. Datos de clima

Los datos del clima son provenientes del reporte histórico de la estación meteorológica Davis Vantage – San Antonio de Carabayllo entre los años 2014 y 2017, la cual se encuentra a una altitud de 210 msnm, una latitud de 11.85°S y una longitud de 77.05°O, cabe destacar que esta estación es la más cercana al área de estudio.



Figura 5: Estación meteorológica-San Antonio de Carabaylo.

Tabla 5: Datos meteorológicos de estación Davis Vantage- San Antonio de Carabayllo

| | Temp media los últimos 30 minutos | Temp maxima los últimos 30 minutos | Temp minima los últimos 30 minutos | Humedad exterior (%) | Punto de rocío, en °C. | Media de la velocidad del viento en 30 min, en m/s. | Dirección dominante del viento en los últimos 30 minutos. | Espacio que recorrerá a el viento en 30 minutos calculán | Velocidad máxima obtenida en los últimos 30 minutos, en m/s. | Dirección en la que se ha recogido la velocidad máxima en los | "Sensación térmica" a causa del viento y la tempera | "Sensación térmica" a causa de la humedad relativa | "Sensación térmica" a causa del viento, la humedad relativa, | Presion | Cantidad de precipitación, en hr | Cantidad de precipitación, en mm | Irradiancia (radiación solar instantanea) media en los últimos 30 minutos, en W/m2 | Energía solar medida en Langleys en 30 minutos. Un Langley | Irradiancia máxima en los últimos 30 minutos, en W/m2. | | |
|-----------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|---|---|--|--|---|---|--|--|---------|----------------------------------|----------------------------------|--|--|--|----------|-------|
| AÑO | 2014-2017 | Temp | Hi | Low | Out | Dew | Wind | Wind | Wind | Hi | Hi | Wind | Heat | THW | THSW | | Rain | Solar | Solar | Hi Solar | |
| month | Time | Out | Temp | Temp | Hum | Pt. | Speed | Dir | Run | Speed | Dir | Chill | Index | Index | Index | Bar | Rain | Rate | Rad. | Energy | Rad. |
| ENERO | | 20.9 | 21.2 | 20.9 | 81.6 | 18.8 | 2.6 | | 1.6 | 2.6 | 0.0 | 20.8 | 22.1 | 22.1 | | 728.5 | 0.0 | 0.5 | 163.1 | 7.0 | 193.2 |
| FEBRERO | | 21.2 | 21.6 | 21.2 | 77.3 | 18.9 | 2.5 | 0.0 | 1.5 | 2.5 | 0.0 | 21.2 | 22.7 | 22.7 | 0.0 | 728.0 | 0.0 | 0.0 | 171.9 | 7.4 | 198.3 |
| MARZO | | 24.1 | 24.3 | 23.9 | 81.2 | 20.5 | 2.7 | 0.0 | 1.7 | 2.6 | 0.0 | 24.1 | 25.7 | 25.7 | 0.0 | 728.3 | 0.0 | 0.0 | 203.3 | 8.7 | 236.0 |
| ABRIL | | 22.5 | 22.7 | 22.3 | 82.6 | 19.2 | 2.4 | 0.0 | 1.4 | 2.5 | 0.0 | 22.5 | 23.6 | 23.6 | 0.0 | 729.0 | 0.0 | 0.0 | 205.9 | 8.9 | 228.7 |
| MAYO | | 19.4 | 19.6 | 19.2 | 88.0 | 17.2 | 2.1 | 0.0 | 1.3 | 2.4 | 0.0 | 19.4 | 20.0 | 20.0 | 0.0 | 729.3 | 0.0 | 0.0 | 160.4 | 6.9 | 184.1 |
| JUNIO | | 16.7 | 16.9 | 16.6 | 92.0 | 15.4 | 2.0 | 0.0 | 1.2 | 2.4 | 0.0 | 16.7 | 17.1 | 17.1 | 0.0 | 729.9 | 0.0 | 1.7 | 131.7 | 5.7 | 148.8 |
| JULIO | | 13.2 | 13.4 | 13.1 | 78.4 | 12.0 | 1.6 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 | 13.2 | 13.4 | 13.4 | 0.0 | 729.8 | 0.0 | 0.0 | 110.2 | 4.7 | 124.2 |
| AGOSTO | | 15.7 | 15.8 | 15.5 | 90.6 | 14.0 | 2.3 | 0.0 | 1.4 | 2.6 | 0.0 | 15.7 | 15.9 | 15.9 | 0.0 | 730.0 | 0.0 | 0.0 | 142.2 | 6.1 | 158.5 |
| SETIEMBRE | | 16.3 | 16.5 | 16.1 | 89.7 | 14.5 | 2.3 | 0.0 | 1.4 | 2.7 | 0.0 | 16.3 | 16.6 | 16.6 | 0.0 | 729.8 | 0.0 | 0.0 | 176.5 | 7.6 | 196.8 |
| OCTUBRE | | 17.8 | 18.0 | 17.5 | 88.1 | 15.7 | 2.5 | 0.0 | 1.5 | 2.8 | 0.0 | 17.8 | 18.2 | 18.2 | 0.0 | 728.7 | 0.0 | 0.0 | 193.1 | 8.3 | 221.7 |
| NOVIEMBRE | | 18.3 | 18.5 | 18.1 | 87.2 | 16.0 | 2.6 | 0.0 | 1.6 | 3.0 | 0.0 | 18.3 | 18.7 | 18.7 | 0.0 | 729.7 | 0.0 | 0.0 | 213.2 | 9.2 | 239.9 |
| DIEMBRE | | 19.9 | 20.1 | 19.7 | 90.2 | 18.2 | 2.1 | 0.0 | 1.3 | 2.6 | 0.0 | 19.9 | 20.7 | 20.7 | 0.0 | 729.0 | 0.0 | 0.0 | 177.8 | 7.6 | 210.2 |

Fuente: Tomado de Estación Meteorológica-San Antonio de Carabayllo.

Se extrajo los datos necesarios para proceder con el cálculo de Eto. mediante el Software Cropwat, para elaborar la siguiente tabla:

Tabla 6: Datos meteorológicos para modelamiento con Cropwalt

| MES | Temp Min °C | Temp Max °C | Humedad % | Viento m/s | Insolación horas |
|------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Enero | 20.90 | 21.20 | 82.00 | 2.60 | 12.50 |
| Febrero | 21.20 | 21.60 | 77.00 | 2.50 | 12.50 |
| Marzo | 23.90 | 24.30 | 81.00 | 2.70 | 12.00 |
| Abril | 22.30 | 22.70 | 83.00 | 2.40 | 12.50 |
| Mayo | 19.10 | 19.60 | 88.00 | 2.10 | 12.50 |
| Junio | 16.60 | 16.90 | 92.00 | 2.00 | 11.50 |
| Julio | 13.10 | 13.40 | 78.00 | 1.60 | 12.00 |
| Agosto | 15.50 | 15.80 | 91.00 | 2.30 | 12.00 |
| Setiembre | 16.10 | 16.50 | 90.00 | 2.30 | 12.50 |
| Octubre | 17.50 | 18.00 | 88.00 | 2.50 | 12.50 |
| Noviembre | 18.10 | 18.50 | 87.00 | 2.60 | 12.50 |
| Diciembre | 19.70 | 20.10 | 90.00 | 2.10 | 12.50 |

Tabla 7: Datos meteorológicos de precipitación

| MES | Precipit. mm | Prec. efec mm |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Enero | 0.50 | 0.50 |
| Febrero | 0.00 | 0.00 |
| Marzo | 0.00 | 0.00 |
| Abril | 0.00 | 0.00 |
| Mayo | 0.00 | 0.00 |
| Junio | 1.70 | 1.70 |
| Julio | 0.00 | 0.00 |
| Agosto | 0.00 | 0.00 |
| Septiembre | 0.00 | 0.00 |
| Octubre | 0.00 | 0.00 |
| Noviembre | 0.00 | 0.00 |
| Diciembre | 0.00 | 0.00 |
| Total | 2.20 | 2.20 |

| País | PERU-CARABAYLLO | | | Estación | SAN ANTONIO | | | |
|------------|-----------------|----------|---------|----------|-------------|------------------------|--------|----|
| Altitud | 210 | m. | Latitud | 11.85 | °S | Longitud | 77.05 | °W |
| Mes | Temp Min | Temp Max | Humedad | Viento | Insolación | Rad | ETo | |
| | °C | °C | % | m/s | horas | MJ/m ² /día | mm/día | |
| Enero | 20.9 | 21.2 | 82 | 2.6 | 12.5 | 29.8 | 4.87 | |
| Febrero | 21.2 | 21.6 | 77 | 2.5 | 12.5 | 29.8 | 5.06 | |
| Marzo | 23.9 | 24.3 | 81 | 2.7 | 12.0 | 28.0 | 5.06 | |
| Abril | 22.3 | 22.7 | 83 | 2.4 | 12.5 | 26.6 | 4.50 | |
| Mayo | 19.1 | 19.6 | 88 | 2.1 | 12.5 | 24.1 | 3.49 | |
| Junio | 16.6 | 16.9 | 92 | 2.0 | 11.5 | 21.5 | 2.74 | |
| Julio | 13.1 | 13.4 | 78 | 1.6 | 12.0 | 22.6 | 2.79 | |
| Agosto | 15.5 | 15.8 | 91 | 2.3 | 12.0 | 24.7 | 2.98 | |
| Septiembre | 16.1 | 16.5 | 90 | 2.3 | 12.5 | 27.8 | 3.57 | |
| Octubre | 17.5 | 18.0 | 88 | 2.5 | 12.5 | 29.3 | 4.06 | |
| Noviembre | 18.1 | 18.5 | 87 | 2.6 | 12.5 | 29.7 | 4.23 | |
| Diciembre | 19.7 | 20.1 | 90 | 2.1 | 12.5 | 29.7 | 4.45 | |
| Promedio | 18.7 | 19.1 | 86 | 2.3 | 12.3 | 27.0 | 3.98 | |

Figura 6: Cálculo de la Evapotranspiración.

Fuente: Sowftware Cropwat

iii. Coeficiente de cultivo (Kc):

Para Linares (2014) el Kc es un factor que indica el grado de desarrollo de un cultivo, describe las variaciones de las cantidades de agua que las plantas extraen del suelo a medida que van desarrollándose, está relacionado con la cobertura del suelo del mismo, que es la que va a influenciar la evapotranspiración.



Figura 7: Parque N°4 – Instalación de Grass y árboles.

En este proyecto se instaló mayor área Grass americano (*Stenotaphrum secundatum*) y algunos árboles en cada parque. Según lo que señala Rodríguez et. al (2000), las especies de césped que requieren menos agua y son resistentes a la sequía son: Bermuda, Grama china, Hierba búfalo y Kikuyo; y de acuerdo con las características botánicas las especies que requieren más agua y no resisten a la sequía son: Rye grass, Grama dulce y la Festuca roja.

Albert Velarde (2008), indica que las especies que requieren menos agua, el coeficiente de cultivo Kc se encuentra entre 0,70 a 0,90 y para las especies que requieren más agua el Kc=1,00, o Kc >1,00 para césped y praderas. En la tabla 9 se muestran las diferentes especies de césped según el requerimiento de agua y resistencia a la sequía.

Tabla 8: Requerimiento de agua y resistencia para Grass

| Especie | Requerimiento de agua | Requerimiento a la sequia |
|--|------------------------------|----------------------------------|
| Bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>) | Menor | Resistente |
| Rye grass inglesh (<i>Lolium perenne</i>) | Mayor | No resistente |
| Gramma dulce (<i>Stenotaphrum secundatum</i>) | Mayor | No resistente |
| Gramma china o pata de pajarito (<i>Panicum dactylon L.</i>) | Menor | Resistente |
| Hierba búfalo, zacate chino (<i>Buchloe dactyloides</i>) | Menor | Resistente |
| Kikuyo kikuyu, grama gruesa (<i>Pennisetum clandestinum</i>) | Menor | Resistente |
| Festuca roja, festuca encarnada (<i>Festuca rubra</i>) | Mayor | No resistente |

Fuente: Rodríguez et. al (2000)

Para este trabajo de suficiencia profesional se tomó el Kc=1, por ser el Grass Americano o Grama Dulce (*Stenotaphrum secundatum*) el de mayor extensión dentro del área de cada parque.

iv. Demanda Hídrica Neta:

CICA ingenieros (2000), señala que la demanda hídrica neta (DHN) de los cultivos se obtiene al descontar a la ETc, el aporte de las precipitaciones, en este caso la precipitación o lluvia efectiva utilizable por parte de las plantas y el aporte por capilaridad, que depende de la profundidad de la napa freática.

$$DHN = 10x(ETc - Pef - Capalaridad) \left(\frac{m^3}{ha}\right)$$

Donde:

DHN: Demanda hídrica neta (m³/ha)

ETc: Evapotranspiración de cultivo(mm)

Pef: Precipitación efectiva (mm)

Capilaridad: Aportes a la rizosfera por fenómenos capilares (mm) que provienen de la napa freática.

En la localidad de Carabayllo el nivel freático se encuentra fuera de la rizosfera, por lo cual, los aportes por capilaridad son nulos.

v. Tasa de Riego:

Pérez (2014) establece que la Tasa de Riego corresponde al volumen de agua requerido por unidad de superficie de cultivo (ha) para satisfacer su Demanda Hídrica Neta, dependiendo de la eficiencia de aplicación del riego, según la siguiente relación:

$$TR = \frac{DHN}{EfRiego}$$

Donde:

TR: Tasa de riego (m³ /ha/mes)

DHN Demanda Hídrica Neta (m³ /ha/mes)

Ef. Riego: Eficiencia de aplicación del riego (tanto por uno)

Así mismo señala que la eficiencia de riego o se entiende como el volumen de agua aplicado a un cultivo, con un determinado sistema de riego, que queda efectivamente retenido en la zona radicular, disponible para las plantas (Pérez,2014).

Por otro lado, Martin et al. (2010), señalo que la eficiencia de aplicación utilizando el riego localizado es de un 85-90%, mientras que en riego por aspersión este porcentaje desciende hasta un 70-80%, y en riego por inundación o superficie hasta aproximadamente un 60%. En cualquier caso, los valores de eficiencia dependerán en gran medida del manejo que se haga de los riegos.

Para este trabajo de suficiencia profesional se evaluó las dos alternativas: un riego tradicional por inundación por cisternas de agua, donde la eficiencia tiene un valor 60% y un sistema de riego por aspersión tiene un valor promedio de 75%.

vi. Cálculo de la Demanda Hídrica

Las necesidades brutas cada parque se calcularon a partir de las necesidades netas y la eficiencia de riego de cada sistema.

Tabla 9: Demanda de volumen de agua - Camiones cisterna

| Descripción | Unidad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|----------------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ETO - Cropwat | mm/día | 4.87 | 5.06 | 5.06 | 4.5 | 3.49 | 2.74 | 2.79 | 2.98 | 3.57 | 4.06 | 4.23 | 4.45 |
| Eto | mm/mes | 150.97 | 141.68 | 156.86 | 135 | 108.19 | 82.2 | 86.49 | 92.38 | 107.1 | 125.86 | 126.9 | 137.95 |
| Kc | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Etc | mm/mes | 150.97 | 141.68 | 156.86 | 135 | 108.19 | 82.2 | 86.49 | 92.38 | 107.1 | 125.86 | 126.9 | 137.95 |
| Precipitación | | | | | | | | | | | | | |
| Efectiva | mm/mes | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capilaridad | mm/mes | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Requerimiento | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen | m3/ha | 1504.70 | 1416.80 | 1568.60 | 1350.00 | 1081.90 | 805.00 | 864.90 | 923.80 | 1071.00 | 1258.60 | 1269.00 | 1379.50 |
| Eficiencia De Riego | | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Tasa De Riego | m3/ha/mes | 2507.83 | 2361.33 | 2614.33 | 2250.00 | 1803.17 | 1341.67 | 1441.50 | 1539.67 | 1785.00 | 2097.67 | 2115.00 | 2299.17 |
| Área Total | ha | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| Volumen Requerido | m3/mes | 1,764.45 | 1,661.38 | 1,839.38 | 1,583.05 | 1,268.67 | 943.97 | 1,014.21 | 1,083.27 | 1,255.88 | 1,475.87 | 1,488.07 | 1,617.64 |
| Volumen Requerido | m3/día | 56.92 | 59.33 | 59.33 | 52.77 | 40.92 | 31.47 | 32.72 | 34.94 | 41.86 | 47.61 | 49.60 | 52.18 |
| Demanda Anual | m3 | 16,995.84 | | | | | | | | | | | |

Tabla 10: Demanda de volumen de agua - Sistema de aspersión

| Descripción | Unidad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-------------------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ETO - Cropwat | mm/día | 4.87 | 5.06 | 5.06 | 4.5 | 3.49 | 2.74 | 2.79 | 2.98 | 3.57 | 4.06 | 4.23 | 4.45 |
| Eto | mm/mes | 150.97 | 141.68 | 156.86 | 135 | 108.19 | 82.2 | 86.49 | 92.38 | 107.1 | 125.86 | 126.9 | 137.95 |
| Kc | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Etc | mm/mes | 150.97 | 141.68 | 156.86 | 135 | 108.19 | 82.2 | 86.49 | 92.38 | 107.1 | 125.86 | 126.9 | 137.95 |
| Precipitación Efectiva | mm/mes | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capilaridad | mm/mes | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Requerimiento Volumen | m3/ha | 1504.70 | 1416.80 | 1568.60 | 1350.00 | 1081.90 | 805.00 | 864.90 | 923.80 | 1071.00 | 1258.60 | 1269.00 | 1379.50 |
| Eficiencia De Riego | | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Tasa De Riego | m3/ha/mes | 2006.27 | 1889.07 | 2091.47 | 1800.00 | 1442.53 | 1073.33 | 1153.20 | 1231.73 | 1428.00 | 1678.13 | 1692.00 | 1839.33 |
| Área Total | ha | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| Volumen Requerido | m3/mes | 1,411.56 | 1,329.10 | 1,471.51 | 1,266.44 | 1,014.93 | 755.17 | 811.36 | 866.62 | 1,004.71 | 1,180.70 | 1,190.45 | 1,294.11 |
| Volumen Requerido | m3/día | 45.53 | 47.47 | 47.47 | 42.21 | 32.74 | 25.17 | 26.17 | 27.96 | 33.49 | 38.09 | 39.68 | 41.75 |
| Demanda Anual | m3 | 13,596.67 | | | | | | | | | | | |

Para fines del mes de octubre del 2018, se procedió con la instalación de Grass y árboles en estos seis parques, por consiguiente, se abasteció de agua con camiones cisterna por todo noviembre. El costo por cada viaje de camión cisterna, con capacidad de 15m3 era de S/153.60 soles, los cuales ocasionaron un costo mensual a la compañía inmobiliaria de S/ 15,974.40 soles en compra de agua para riego.

Tabla 11: Gatos operativos mensual de agua en cisterna – noviembre

| Mes | Demanda Dia /m3 | Cantidad De Viajes De Camión Cisternas /Dia | Días Efectivos De Trabajo | Costo De Viaje De Camión Cisterna | Costos/Mes |
|-----|--------------------|--|------------------------------------|--|--------------|
| Nov | 49.60 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |

Al evaluar este gasto significativo en el primer mes, el área de riego y recursos hídricos encargo a mi persona, diseñar y elaborar una propuesta que pueda mitigar el gasto mensual del riego; y el mejor de uso del recurso hídrico explotando el pozo que existía en la habilitación.

4.3.5 CASO DE INTERÉS N° 2: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEO

Para comenzar con la propuesta del sistema fotovoltaico de bombeo, se tuvo que tener en cuenta el clima del distrito de Carabayllo.

En el distrito de Carabayllo la temporada templada dura 3,0 meses, del 3 de enero al 5 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 26 °C. El día más caluroso del año es el 16 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 28 °C y una temperatura mínima promedio de 20 °C. La temporada fresca dura 4,2 meses, del 9 de junio al 14 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 22 °C. El día más frío del año es el 12 de agosto, con una temperatura mínima promedio de 15 °C y máxima promedio de 20 °C. (Weather Spark,2018).

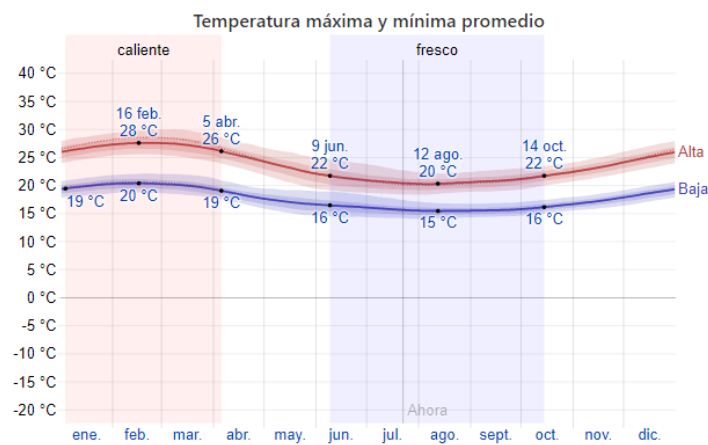


Figura 8: Temperatura máxima y mínima promedio en Carabayllo.

FUENTE: Tomado de es.weatherspark.com

La duración del día en Carabayllo no varía considerablemente durante el año, solamente varía 49 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2018, el día más corto es el 20 de junio, con 11 horas y 26 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 49 minutos de luz natural (Weather Spark,2018).

Los días despejados, sin lluvia, con temperaturas percibidas entre 24 °C y 32 °C. En base este concepto, la mejor época del tener el mayor uso de la radiación con clima despejados y caluroso es desde finales de diciembre hasta finales de abril, con una puntuación máxima en la primera semana de febrero.

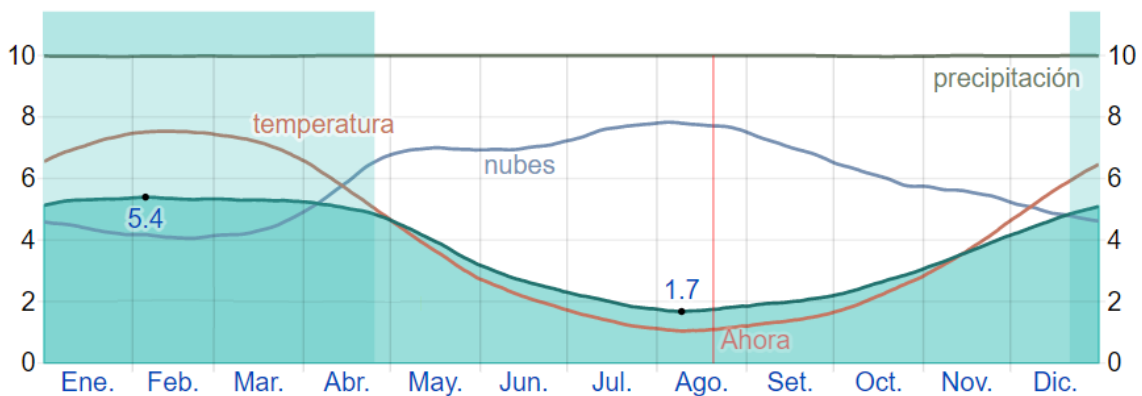


Figura 9: Meses de días despejados y con más horas de sol en Carabayllo.

FUENTE: Tomado de es.weatherspark.com

Teniendo en cuenta que este clima incide directamente en las horas de sol del proyecto, nos abrió la opción de proponer un sistema bajo paneles solares, principalmente de autoconsumo, entre los meses de diciembre y mayo, casi un antes y después de meses con mayor temperatura y radiación. Él cual potencie y accione una bomba sumergible de alta eficiencia para el pozo ya existente; este sistema fotovoltaico de autoconsumo ayudará a que toda la energía que se produzca en horas de sol sea utilizada para producir la misma cantidad de horas el recurso hídrico para el riego.

Cabe resaltar que se define como sistema fotovoltaico, al conjunto de componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos, utilizados en el aprovechamiento de la energía solar disponible para su transformación de energía eléctrica a energía hidráulica. Dependiendo de su configuración y potencia producida. (Raboso,2013)

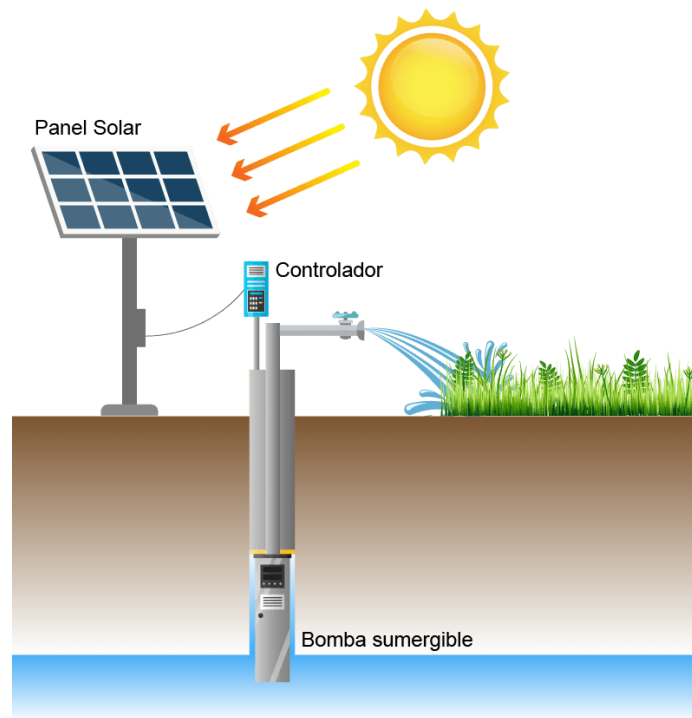


Figura 10: Esquema de sistema fotovoltaico propuesto.

FUENTE: Tomado de www.mobidesarrollos.com.ar/extraccion-de-agua-con-energia-solar/

El rendimiento de la bomba de agua fotovoltaica depende principalmente de la caudal de agua que está influenciado por las condiciones climáticas en la ubicación, especialmente la irradiancia solar y las variaciones de temperatura del aire. Así mismo, la eficiencia de la tecnología fotovoltaica utilizada en el generador fotovoltaico también tiene una gran influencia en el rendimiento de la bomba. (Chandel, 2015).

Según Chandel (2015) el rendimiento del sistema de bombeo de agua solar depende de los siguientes parámetros:

- Disponibilidad de radiación solar en el lugar.
- Altura dinámica total (TDH): Suma de la altura de succión (altura desde punto de succión hasta la bomba), cabezal de descarga (altura de la bomba a entrada de almacenamiento) y pérdidas por fricción.
- Caudal de agua.
- Cantidad total de agua requerida. (Demanda)
- Energía hidráulica: energía potencial necesaria para elevar agua hasta el nivel de descarga.

En nuestro caso el diseño se basó en los requerimientos de agua para riego (2.5 a 3ltrs/s, caudal promedio de turnos de riego por aspersión para parques) y la aplicación mediante un sistema de aspersión básico (2.0 bares promedio de presión en emisores de aspersión). Bajo la experiencia obtenida en los primeros años de mi estancia en la compañía, desarrollando plenamente conceptos de diseño en redes principales y secundarias, pude definir estas variables de forma inmediata para poder realizar el cálculo y elección idónea de la electrobomba a usar en este proyecto.

a. Electrobomba sumergible

Definiendo los parámetros de funcionamiento del sistema fotovoltaico de bombeo se procedió a calcular las características principales que debería tener la electrobomba a usar, de la siguiente manera:

i. Altura Dinámica Total (A.D.T)

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna de agua) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de A.D.T. proviene de la ecuación de BERNOULLI:

$$A = h + \sum hf + \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

h: Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido.

$\sum hf$: La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido entre el nivel de succión y el de descarga.

$V^2/2g$: Energía dinámica o cinética.

ii. Pérdida de Carga

Para realizar este cálculo se hará uso de la fórmula de Hazen-William. Esta fórmula es la más empleada por su simplicidad y grado de exactitud.

$$hf = 10.7 \frac{L}{D^{4.87}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}}$$

Dónde:

hf: Pérdida de carga (m)

L: Longitud de la tubería (m)

Q: Caudal (m³ /s)

c: Coeficiente de Hazen-William (adimensional). En el caso del Manguera o tubo HDPE
TUBO HDPE = 140

D: Diámetro interno de la tubería (m)

Tabla 12: Datos hidráulicos para diseño de electrobomba sumergible

| DATOS HIDRAULICOS | | | CARACTERISTICAS |
|-------------------|--------|-----|---|
| Qb= | 3 | L/s | Caudal de bombeo |
| Di= | 67.8 | mm | HDPE ø75mm, PE80, PN10 e=3.6 |
| V= | 0.83 | m/s | Velocidad máxima permisible (0.8-1.5 m/s) |
| C= | 140.00 | | Coeficiente de tubería |
| L= | 408.1 | m | Longitud hacia el parque más lejano |

Tabla 13: Datos calculados para elección de electrobomba sumergible

| PERDIDAS DE CARGA | | | CARACTERISTICAS |
|-------------------|--------------|--|--|
| Hf= | 4.84 | m | Perdidas De Carga En Tuberías- Ecuación Hazen Y W. |
| Ab= | 1.50 | (Abatimiento: Ne-Nd) | Nivel estático=-18m, Nivel Dinámico=-19.5m |
| Hg= | 19.50 | (Nivel de descarga -Nivel Dinámico del pozo) | Nivel de descarga: 0m |
| Ps= | 20 | m | PRESION DE SALIDA EN ASPERSORES |
| DATOS FINALES | | | |
| ADT= | 45.84 | m | Altura dinámica total |
| Qb= | 3 | L/s | Caudal de bombeo |

Los cálculos realizados muestran que la electrobomba debe contar con las siguientes características hidráulica: altura dinámica total de 45.84 metros y un caudal de bombeo en ese punto de operación de 3 L/s.

iii. *Potencia de la bomba*

Para hallar la cantidad de potencia que entrega el motor al eje de la bomba, para llevar el caudal Q a la altura H, venciendo las resistencias de la conducción, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Pm = \frac{Q * Hm * \gamma}{n}$$

Dónde:

Pm: Potencia del motor.

Q: Caudal.

Hm: Altura dinámica total

γ : Peso específico del fluido.

n: Rendimiento de la bomba

Para expresarla en HP se dividió por 75 y para expresarla en KW por 102, por lo que finalmente se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 15.

Tabla 14: Datos calculados para potencia de electrobomba sumergible

| DATOS HIDRAULICOS | | | CARACTERISTICAS |
|-------------------|-------------|--------|--------------------------------------|
| Qb= | 3 | ltrs/s | Caudal de bombeo |
| ADT= | 46.00 | m | Altura dinámica Total |
| n= | 0.60 | | eficiencia =60% |
| y= | 1.00 | | Peso específico del agua |
| DATOS FINALES | | | |
| Pm= | 3.07 | hp | Potencia de electrobomba sumergible. |

De acuerdo con las características se procedió a la elección de la electrobomba sumergible, según curvas de funcionamiento y rendimiento:

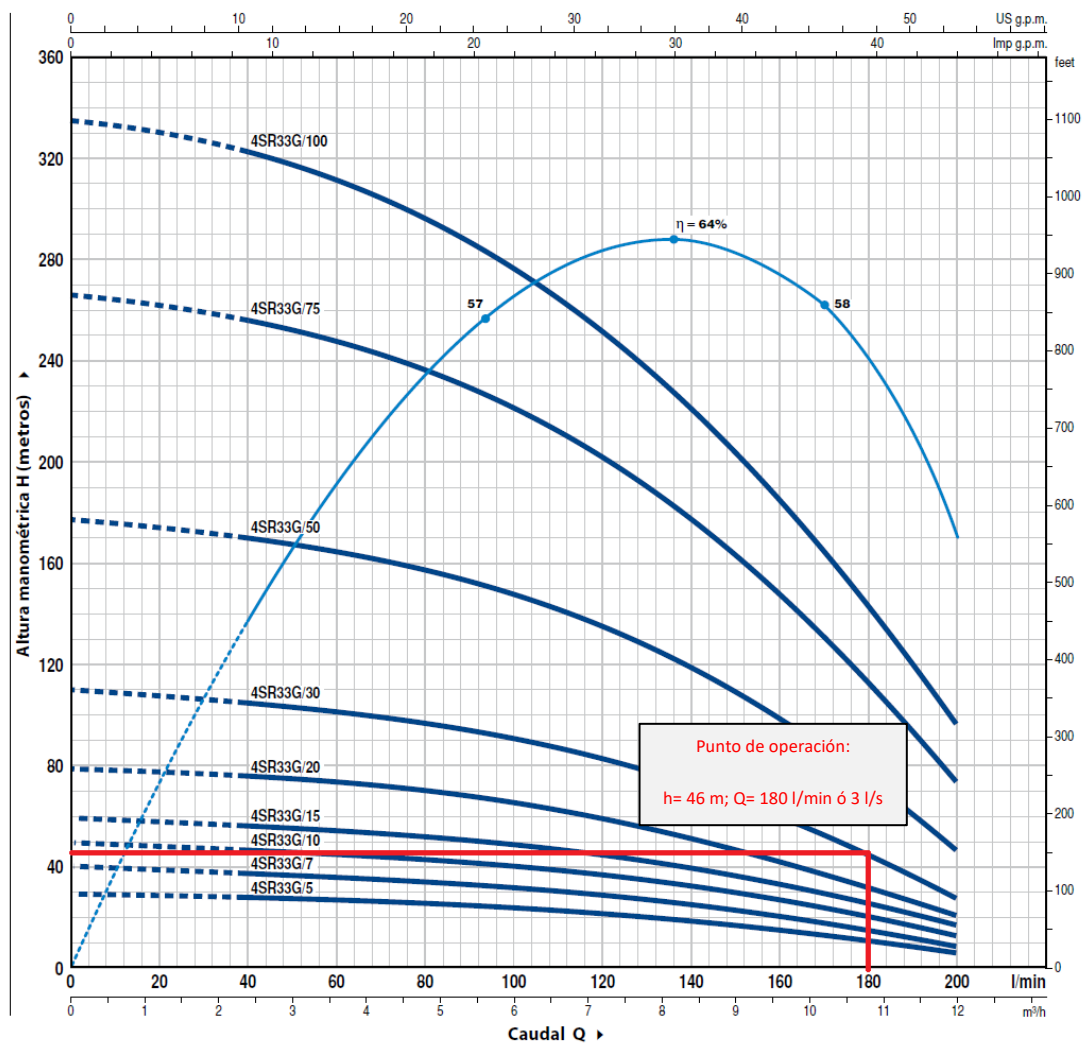


Figura 11: Curva de rendimiento de Pedrollo-4SR

FUENTE: Catálogo de Electrobombas sumergidas 4SR - Pedrollo

| MODELO | | POTENCIA (P ₂) | | Q | H metros | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|----------------------------|------|-------|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|----|--|
| Monofásica | Trifásica | kW | HP | | m³/h | 0 | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 6 | 7.2 | 8.4 | 9.6 | 10.8 | 12 | |
| | | | | l/min | 0 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | | |
| 4SR33Gm/5 | 4SR33G/5 | 0.37 | 0.50 | | 30 | 28 | 27 | 25 | 23.5 | 21.5 | 19 | 16 | 12.5 | 7 | | |
| 4SR33Gm/7 | 4SR33G/7 | 0.55 | 0.75 | | 41 | 38 | 36 | 34.5 | 32.5 | 30 | 25.5 | 21.5 | 16.5 | 10 | | |
| 4SR33Gm/10 | 4SR33G/10 | 0.75 | 1 | | 50 | 47 | 45 | 43 | 41.5 | 38 | 33 | 28 | 21 | 14 | | |
| 4SR33Gm/15 | 4SR33G/15 | 1.1 | 1.5 | | 60 | 56 | 54 | 51.5 | 49 | 45 | 40 | 33 | 25 | 17 | | |
| 4SR33Gm/20 | 4SR33G/20 | 1.5 | 2 | | 79 | 76 | 73 | 70.5 | 65.5 | 59.5 | 52 | 43 | 33 | 22 | | |
| 4SR33Gm/30 | 4SR33G/30 | 2.2 | 3 | | 110 | 105 | 101 | 97 | 90 | 83 | 73 | 60 | 46 | 29 | | |
| - | 4SR33G/50 | 3.7 | 5 | | 177 | 170 | 165 | 158 | 147 | 135 | 118 | 98 | 76 | 48 | | |
| - | 4SR33G/75 | 5.5 | 7.5 | | 265 | 257 | 248 | 236 | 222 | 204 | 179 | 148 | 112 | 75 | | |
| - | 4SR33G/100 | 7.5 | 10 | | 335 | 322 | 312 | 297 | 280 | 254 | 224 | 185 | 142 | 96 | | |

Q = Caudal H = Altura manométrica total

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

Figura 12: Datos de prestaciones de Pedrollo-4SR.

FUENTE: Catálogo de Electrobombas sumergidas 4SR - Pedrollo

Se analizaron todos los datos técnicos y curvas de rendimiento para este tipo de bombas, por lo cual se eligió la opción correspondiente a la electrobomba sumergible: **Pedrollo 4sr33g/30 De 3.0 Hp. Ø 2" 1~60 Hz.**



Figura 13: Bomba sumergible de Pedrollo-4SR.

FUENTE: Catálogo de Electrobombas sumergidas 4SR – Pedrollo

b. Sistema fotovoltaico

Ya que el funcionamiento y rendimiento del sistema, depende principalmente de la fuente generadora de energía, en nuestro caso los paneles fotovoltaicos; tanto del conocimiento y calidad de los accesorios a utilizar. Se optó por recibir diferentes propuestas de empresas especialistas en el manejo de la energía solar, las cuales se ajusten a nuestros alcances ya antes definidos y costos de acorde a la inversión de la compañía.

Según Llopis (2017) la energía solar fotovoltaica obtenida a través de la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica, por efecto fotovoltaico y una pequeña diferencia de potencial. Con la finalidad de conseguir mayores diferencias de potencial se conectan en serie varios de estos dispositivos; obteniendo así un campo eléctrico y habremos hecho de nuestro semiconductor, un pequeño generador eléctrico.

Los sistemas fotovoltaicos, que permiten la generación de electricidad a partir de la radiación solar, constituyen una alternativa importante de aumentar la eficiencia de la edificación y reducir el consumo de energía en edificios universitarios y municipales como objetivo primario (Chakraborty et al., 2015).

Entre estos se pueden diferenciar los siguientes tipos de sistemas fotovoltaicos, dependiendo del tipo de aprovechamiento al que se destina la energía eléctrica generada:

- **Sistemas fotovoltaicos aislados:** Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Para Llopis (2017) tienen como objetivo satisfacer los consumos eléctricos de un edificio o vivienda aislada, por lo tanto, son independientes de la red eléctrica.
- **Sistemas fotovoltaicos con conexión a red u otro sistema de abastecimiento eléctrico:** Llopis (2017) establece que estos sistemas de generación fotovoltaica suministran electricidad a los consumidores apoyándose en instalaciones de generación adicionales, como pueden ser aerogeneradores, grupos electrógenos, calderas de combustión, entre otros. Como no se puede dar un abastecimiento simultáneo entre la instalación fotovoltaica y el resto los sistemas de generación, se le proporciona prioridad de uso a la energía solar (que normalmente lleva asociada una instalación de almacenamiento mediante baterías) frente al resto de métodos de producción eléctrica.
- **Sistemas fotovoltaicos de autoconsumo:** Los sistemas fotovoltaicos de autoconsumo son aquellos que utilizan la energía generada para abastecer consumos propios. También se dividen en sistemas fotovoltaicos de autoconsumo conectados a la red (u otro sistema de generación) o sistemas aislados. (Sancho, 2018) En el caso de nuestro proyecto será un sistema de autoconsumo, porque consumirá todo lo que produzca dentro de las horas de sol. Así mismo este estará conectado a una red (u otro sistema de generación) para las épocas de invierno o días totalmente nublados, en donde el sistema se conectará a un pequeño grupo electrógeno con un tablero de transferencia donde se realizará el cambio de energía continua a energía alterna.



Figura 14: Planta solar fotovoltaica, Villa Bush Bolivia.

FUENTE: Inni, L. (2020). “Lo que vendrá en América Latina”- Revista Energías Renovables.

i. Cálculo del consumo máximo energético (E_{tmax})

Según Castañeda (2016), la máxima demanda será la potencia de la electrobomba según especificaciones técnicas.

$$P_b = 3HP = 2237.1W$$

Las horas de trabajo al día mínimas para satisfacer la demanda hídrica es de 4.4 horas.

$$H_d = 4.4 H$$

$$E_{tmax} = P_b \times H_d$$

$$E_{tmax} = 9843.24 \text{ Whr}$$

ii. Cálculo de la potencia total de generador fotovoltaico (P_g)

Davalos (2019) señala que la siguiente ecuación puede calcular la potencia total del generador fotovoltaico:

$$P_g = f \cdot s \frac{E_{tmax}}{0.9 \times HPS \times KT}$$

Donde:

Pg : potencia del generador (W)

$EPot. Max.$: Potencia máxima diaria (Wh/día),

HPS : hora sol pico

KT : factor por utilizar inversor o inversor más baterías.

$f. s$: factor de seguridad.

Así mismo señala que el factor de seguridad debe de ser del 20% por sobrecalentamiento. Teniendo en cuenta los indicadores por el IDEA (2019), en sistemas de bombeo de agua donde se utiliza inversor el $KT=0,7$ y donde se utiliza inversor más baterías el $KT=0,6$.

SENAMHI también señala que las horas de máxima radiación en la localidad de Carabayllo va entre las 10:00 a.m. a 04:00 p.m. (6 horas).

$$Pg = 1.2x \frac{9843.24}{0.9x6x 0.7}$$

$$Pg = 3124.84 W$$

iii. Cálculo del número de paneles

Para el diseño del sistema se ha seleccionado paneles fotovoltaicos Policristalino de 320W. Con la ecuación se calcula el número de paneles totales:

$$NP = \frac{Pg}{Ppfv}$$

$$Np = 9.76 = 10 \text{ paneles}$$

Donde:

NP : es el número de paneles solares

Pg : es la potencia total del generador fotovoltaico

$Ppfv$: es la potencia pico del módulo o panel fotovoltaico.

Al calcular con datos anteriores, se obtuvo como resultado 9.76 paneles equivalente a 10 paneles.

iv. Inclinación De Panel Fotovoltaico

Apaza y Puma (2015) señalan que la inclinación del módulo fotovoltaico puede variar a lo largo del año, por lo tanto, la inclinación del módulo estará en función de la latitud del lugar. El ángulo de inclinación debe optimizar la captación de energía solar durante el peor mes, es decir, el mes con la peor relación entre los valores diarios de la irradiación y el consumo en media mensual. Generalmente puede suponerse que la demanda de los usuarios es constante.

Tabla 15: Ángulos de inclinación del panel fotovoltaico según latitud de lugar

| Latitud del lugar | Ángulo en invierno | Ángulo en verano |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 0 a 15° | 15° | 15° |
| 15° a 25° | Latitud | Latitud |
| 25° a 30° | Latitud + 5° | Latitud - 5° |
| 30° a 35° | Latitud + 10° | Latitud - 10° |
| 35° a 40° | Latitud + 15° | Latitud - 15° |
| > 40° | Latitud + 20° | Latitud - 20° |

FUENTE: Apaza y Puma (2015)

En nuestro caso, la latitud de Carabayllo es de 11° 53' 24" Sur, por tal motivo el ángulo de inclinación en la instalación de paneles fotovoltaicos es de 15°.

v. Controlador o Inversor

La corriente continua procedente de los paneles solares puede ser empleada para alimentar circuitos y diferentes equipos eléctricos en su mayoría de corriente alterna. Por tal motivo es necesario la incorporación en las instalaciones fotovoltaicas del denominado inversor, el cual está configurado como un convertidor de corriente continua a alterna (DC/AC) dependiendo la aplicación.

En este proyecto debido a la carga eléctrica que tiene el sistema de bombeo, se necesitó implementar un inversor de corriente directa a corriente alterna, con potencia mínima de 2.2kw y voltaje AC 220v.

Al analizar las diferentes propuestas de los especialistas; se optó por elegir la propuesta de autoconsumo fotovoltaico de la empresa AUTOSOLAR. Dicha propuesta se ajustaba de manera técnica y económica a los requerimientos de nuestra compañía. La empresa española con filial en Perú ofertó dentro de sus alcances, una batería de 10 paneles solares, un controlador inversor de bomba con sus respectivos accesorios. Las características principales de estos equipos se describen a continuación:

- **Panel Solar 320W 24V Amerisolar Policristalino:** Este equipo presenta un rendimiento excepcional con baja luminosidad y alta sensibilidad a la luz para todo el espectro solar. Entre sus características tenemos:
 - Potencia del Panel Solar: 320W
 - Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
 - Rigidez del Panel Solar: Rígido
 - Dimensiones del Panel Solar: 1956 x 992 x 50 mm
 - Tensión Máxima Potencia: 37.1V
 - Corriente en Cortocircuito ISC: 9A
 - Eficiencia del Módulo: 16,49 %
 - Amperios Máximos de Salida IMP: 8.63A
 - Tensión en Circuito Abierto: 45.7V
 - Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 24V
 - Peso del Panel Solar: 27Kg
 - Marco del Panel Solar: Blanco y Gris



Figura 15: Panel Solar 320W 24V Amerisolar.

FUENTE: Tomado de <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-320w-24v-amerisolar-policristalino>

- **Controlador Bombeo Solar INVT 3HP 220V:** Este controlador de bombeo solar se puede utilizar para bombas monofásicas y trifásicas de hasta 3CV ó 2.2kw, es perfecto para poder hacer funcionar cualquier tipo de bomba de agua, ya sean de piscina como sumergibles, incorpora display LCD para poder visualizar a tiempo real el funcionamiento de la bomba de agua. Incorpora un grado de protección IP65 además de tener instalados conectores rápidos para la conexión de los paneles solares.



Figura 16: Controlador bombeo solar INVT 3HP 220V.

FUENTE: Tomado de <https://autosolar.pe/controladores-bombeo-solar/controlador-bombeo-solar-invt-3hp-230v>

c. Sistema de Aspersión

El sistema de aspersión propuesto para el riego de parques de la habilitación urbana se identifica como un sistema de riego básico, el cual se efectuó de la mano de un operador de riego. Este ejecutó el riego de forma escalonada y sectorial, hasta completar las áreas completas de cada parque.

Al contemplar un sistema de riego de aspersión, se plantearon accesorios de fácil uso, para evitar contratiempos en la operación del sistema. Los principales accesorios, tuberías y emisores de aspersión que se usaron en el sistema de riego móvil fueron:

- Tubería HDPE $\phi 75\text{mm}$ PE80 PN10 y accesorios de conexión.
- Válvula de 2" Tipo Plasson PE
- Válvulas de acople rápido PE y bayoneta de acople rápido PE 1"
- Tubería de $\frac{3}{4}$ " PVC y accesorios de conexión.
- Válvulas de paso F°G° de $\frac{1}{2}$ "
- Aspersores de impacto VYR 802 de $\frac{1}{2}$ " (r=10mtrs)

El esquema de funcionamiento sectorial para el riego de parques presentaba hasta 3 sectores con un total de 2 líneas de tuberías con 6 aspersores totales como máximo (3 por línea).

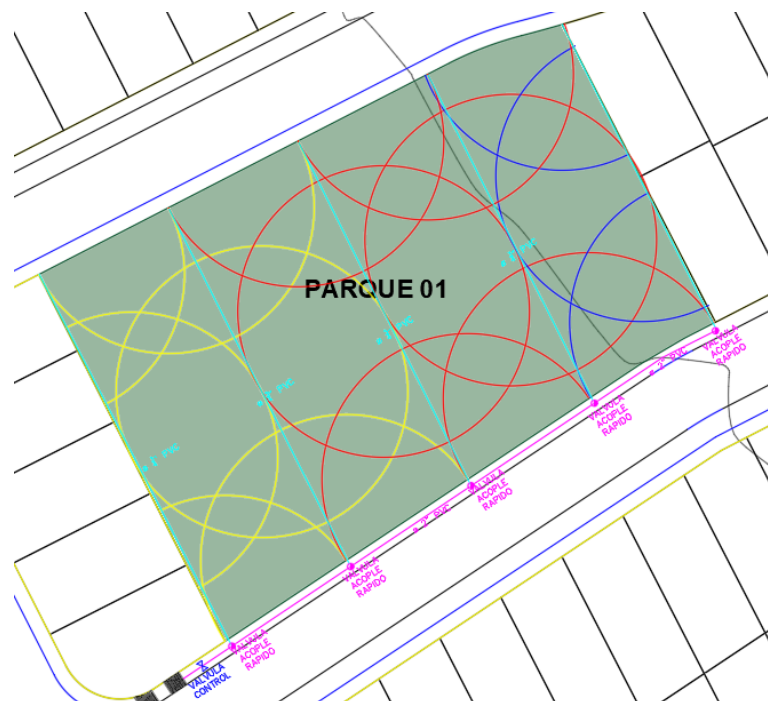


Figura 17: Esquema hidráulico para riego por aspersión.






Los aspersores de impacto usados para este esquema hidráulico contaban con un radio promedio de 10 metros a una presión de 1.5 bar, además de ser aspersores de funcionamiento sectorial donde se pueden maniobrar las condiciones de giro del mismo, y así ajustarse a las necesidades físicas del área del parque. Dando así una versatilidad de cambio al sistema de aplicación. Entra las principales características de este aspersor tenemos:

- Alcance: 10-13 m.
- Caudal: 460 – 1,180 l/h.
- Presión de trabajo: 1,5 – 4 BAR.
- Sector: Circular o sectorial.
- Boquillas: Una boquilla de bayoneta (colores).
- Ángulos de trayectoria: 25°.
- Altura máxima de chorro: 2,5 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión, boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 10x10R, 12x12T, 12x13T.



Figura 18: Aspersor de impacto VYR-802.

FUENTE: VYR- Orbes Agrícola S.A.C

| | | | | | | |
|---|---|---|--|---|---------|--------|
|  |  |  |  |  | | |
| | 3 mm. | 3,5 mm. | 4 mm. | | | |
| Bars | Lit./h. | Ø mts. | Lit./h. | Ø mts. | Lit./h. | Ø mts. |
| 1,5 | 450 | 20 | 580 | 21 | 730 | 22 |
| 2,0 | 510 | 21 | 660 | 22 | 850 | 23 |
| 2,5 | 550 | 22 | 740 | 23 | 950 | 24 |
| 3,0 | 630 | 23 | 810 | 23 | 1.030 | 24 |
| 3,5 | 680 | 23 | 870 | 24 | 1.110 | 25 |
| 4,0 | 720 | 24 | 930 | 25 | 1.180 | 26 |

Solamente para aspersores circulares.
Only for full circle series.

Figura 19: Ficha técnica de aspersor de impacto VYR-802.

FUENTE: VYR- Orbes Agrícola S.A.C

4.3.6 CASO DE INTERÉS N° 3: ANÁLISIS DE TÉCNICO ECONÓMICO DEL SISTEMA CONVENCIONAL VS EL SISTEMA PLANTEADO

Para poder iniciar con la compra de equipos, instalación y puesta en marcha del sistema planteado. En primera instancia como especialista y miembro del área de Riego y Recursos Hídricos, se realizó un comparativo entre el sistema convencional de riego por camiones cisterna y el sistema de bombeo fotovoltaico, con la finalidad de demostrar que tan beneficioso sería por parte de la compañía inmobiliaria el apostar por este proyecto.

Por tal razón se evaluaron los costos de operación de camiones cisterna contratándolos con los costos de implementación y operación del sistema de bombeo fotovoltaico, de la siguiente manera:

a. Costos de operación de camiones cisterna para riego.

Anteriormente se mencionó que el costo por cada viaje de camión cisterna, con capacidad de 15m³ era de S/153.60 soles. Así también con la demanda hídrica antes hallada se procedió

a hallar la cantidad de viajes cisterna que se necesitarían por mes para cubrir la totalidad de áreas verdes urbanas.

Tabla 16: Gastos operativos en Alquiler de cisterna para riego

| MES | Demanda Dia /m3 | Cantidad De Viajes De Camión Cisternas /Dia | Días Efectivos De Trabajo | Costo De Viaje De Camión Cisterna | Costos/Mes |
|------------------|--------------------|--|------------------------------------|--|----------------------|
| ENERO | 56.92 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |
| FEBRERO | 59.33 | 4 | 24 | S/ 153.60 | S/ 14,745.60 |
| MARZO | 59.33 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |
| ABRIL | 52.77 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |
| MAYO | 40.92 | 3 | 25 | S/ 153.60 | S/ 11,520.00 |
| JUNIO | 31.47 | 3 | 13 | S/ 153.60 | S/ 5,990.40 |
| JULIO | 32.72 | 3 | 14 | S/ 153.60 | S/ 6,451.20 |
| AGOSTO | 34.94 | 3 | 14 | S/ 153.60 | S/ 6,451.20 |
| SETIEMBRE | 41.86 | 3 | 25 | S/ 153.60 | S/ 11,520.00 |
| OCTUBRE | 47.61 | 4 | 27 | S/ 153.60 | S/ 16,588.80 |
| NOVIEMBRE | 49.60 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |
| DICIEMBRE | 52.18 | 4 | 26 | S/ 153.60 | S/ 15,974.40 |
| TOTAL/AÑO | | | | | S/ 153,139.20 |

Adicionalmente al alquiler de cisterna, que incluye el alquiler del camión cisterna, motobomba para impulsión de agua y operario (chofer de camión), se debió incluir un personal obrero que pueda verificar que el riego de la totalidad de áreas verdes. El costo de dicho personal se detalla a continuación:

Tabla 17: Gastos Operativos en mano de obra para riego con cisterna

| Categoría personal obrero | HH | Hrs/semana | Cant. | Costo/semana | Semanas del año | Costo parcial/ año |
|---------------------------------|-------|------------|-------|--------------|--------------------|-----------------------|
| PEON | 15.78 | 48 | 1 | S/ 757.44 | 52 | S/ 39,386.88 |

Tabla 18: Gastos operativos totales en riego convencional con cisterna

| Gastos operativos | Costo parcial/ año |
|-------------------------|----------------------|
| Alquiler de Cisterna | S/ 153,139.20 |
| Mano de obra | S/ 39,386.88 |
| TOTAL | S/ 192,526.08 |

Como se muestra en la tabla 19, los costos totales para un riego convencional por inundación con alquiler de cisterna ascienden a S/ 192,526.08 soles.

b. Costos de operación e implementación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego.

Los costos de implementación del sistema de bombeo fotovoltaico fueron los siguientes:

Tabla 19: Gastos de implementación del sistema de bombeo fotovoltaico

| Ítems | Descripción de partida | Unid | Metrad | Costo unitario | Costo Parcial |
|--------------|--|-------------|-----------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | Sistema Fotovoltaico | | | | |
| | Panel Solar ERA 320W 24V ESPMC-320 | | | | |
| 1.01 | Policristalino | Unid | 10 | S/ 653.27 | S/ 6,532.72 |
| 1.02 | Estructura Cubierta Plana 15° 10 Panel CVE915 | Unid | 1 | S/ 1,815.38 | S/ 1,815.38 |
| 1.03 | Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo | Unid | 30 | S/ 4.90 | S/ 146.91 |
| 1.04 | Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro | Unid | 30 | S/ 4.90 | S/ 146.91 |
| 1.05 | Controlador Bombeo Solar INVT 3HP | Unid | 1 | S/ 3,050.98 | S/ 3,050.98 |
| 1.06 | Juego Conectores MC4 WEIDMULLER paneles- regulador | Unid | 2 | S/ 25.08 | S/ 50.15 |
| 1.07 | Sonda Vertical Funcionamiento Seco | Unid | 1 | S/ 275.02 | S/ 275.02 |
| 1.08 | PEDROLLO 4SR33G/30 DE 3.0 HP. Ø 2" 1~60 HZ. | Unid | 1 | S/ 3,008.93 | S/ 3,008.93 |
| 1.09 | Empalme de Resina ESPA Cables hasta 4x6mm2 | Unid | 1 | S/ 292.68 | S/ 292.68 |
| 1.1 | Cable Barryflex RV-K Miguelez 4 polos x 6mm | Unid | 30 | S/ 15.61 | S/ 468.34 |
| 1.11 | Montaje de equipos y Puesta en marcha | Glb | 1 | S/ 4,543.00 | S/ 4,543.00 |
| | | | Subtotal | | S/ 20,331.03 |
| 2 | Equipamiento hidráulico de pozo y parques | | | | |
| 2.01 | Tubería sch40 2" | mtrs | 30 | S/ 38.50 | S/ 1,155.00 |
| 2.02 | Codo 2"X90° SCH40 | unid | 6 | S/ 18.56 | S/ 111.36 |
| 2.03 | Válvula compuerta 2" | unid | 2 | S/ 89.00 | S/ 178.00 |
| 2.04 | Válvula check compuerta 2" | unid | 1 | S/ 220.00 | S/ 220.00 |
| 2.05 | Caudalímetro tipo woltman 2" BB° | und | 1 | S/ 450.00 | S/ 450.00 |

| | | | | | |
|----------|--|------|-----------------|--------------|----------------------|
| 2.06 | Tablero eléctrico de transferencia | und | 1 | S/ 950.00 | S/ 950.00 |
| 2.07 | Grupo electrógeno Trifásico | und | 1 | S/ 3,450.00 | S/ 3,450.00 |
| 2.08 | Accesorios de PVC | Glb | 1 | S/ 250.00 | S/ 250.00 |
| 2.09 | Tuberías Hdpe ø75mm PN10 PE80 | unid | 785 | S/ 5.26 | S/ 4,129.10 |
| 2.1 | Sistema de aspersión en parque | Glb | 6 | S/ 2,560.00 | S/ 15,360.00 |
| 2.11 | Montaje de equipamiento hidráulico para pozo | Glb | 1 | S/ 3,268.00 | S/ 3,268.00 |
| 2.12 | Instalación de sistemas de aspersión/parque | Glb | 6 | S/ 768.00 | S/ 4,608.00 |
| | | | Subtotal | | S/ 34,129.46 |
| 3 | Caseta para pozo y ubicación de paneles fotovoltaicos | | | | |
| 3.01 | Construcción de Obras civiles de Caseta de pozo | Glb | 1 | S/ 48,702.00 | S/ 48,702.00 |
| | | | Subtotal | | S/ 48,702.00 |
| | | | | TOTAL | S/ 103,162.49 |

Se tuvo también que incluir el costo de un personal obrero que pueda operar el sistema fotovoltaico, los sistemas de aspersión por cada parque. Así también los costos de mantenimiento periódicos del sistema fotovoltaico y el gasto de combustible cuando se use el grupo electrógeno. Según Campos (2018), considera 2,5% del costo del sistema de bombeo fotovoltaico con paneles para su mantenimiento anual, en nuestro caso por recomendación del especialista se recomendó realizar el mantenimiento semestralmente.

Tabla 20: Gastos en mantenimiento de sistema fotovoltaico

| | |
|---|--------------------|
| Costo de mantenimiento de sistema fotovoltaico (2.5% costos/semestre) | S/ 1,361.51 |
| TOTAL/AÑO | S/ 2,723.02 |

Tabla 21: Gastos en combustible para uso de grupo electrógeno

| MES | Gastos de combustible GLN x Dia | Meses de no uso del sistema fotovoltaico | Días Efectivos De Trabajo | Costo De Galón de Gasolina | Costos/Mes |
|-----------|---------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|--------------------|
| ENERO | 0.00 | NO | 26 | S/ 11.00 | S/ 0.00 |
| FEBRERO | 0.00 | NO | 24 | S/ 11.00 | S/ 0.00 |
| MARZO | 0.00 | NO | 26 | S/ 11.00 | S/ 0.00 |
| ABRIL | 0.00 | NO | 26 | S/ 11.00 | S/ 0.00 |
| MAYO | 3.50 | SI | 25 | S/ 11.00 | S/ 962.50 |
| JUNIO | 3.50 | SI | 13 | S/ 11.00 | S/ 500.50 |
| JULIO | 3.50 | SI | 14 | S/ 11.00 | S/ 539.00 |
| AGOSTO | 3.50 | SI | 14 | S/ 11.00 | S/ 539.00 |
| SETIEMBRE | 3.50 | SI | 25 | S/ 11.00 | S/ 962.50 |
| OCTUBRE | 3.50 | SI | 27 | S/ 11.00 | S/ 1,039.50 |
| NOVIEMBRE | 3.50 | SI | 26 | S/ 11.00 | S/ 1,001.00 |
| DICIEMBRE | 3.50 | SI | 26 | S/ 11.00 | S/ 1,001.00 |
| | | | | TOTAL/AÑO | S/ 6,545.00 |

Tabla 22: Gastos operativos en mano de obra para riego con sistema fotovoltaico

| Categoría personal obrero | HH | Hrs/semana | Cant. | Costo/semana | Semanas del año | Costo parcial/año |
|---------------------------|-------|------------|-------|--------------|-----------------|-------------------|
| PEON | 15.78 | 48 | 1 | S/ 757.44 | 52 | S/ 39,386.88 |

Según la tabla 24, que se muestra a continuación, los costos totales para un riego por aspersion mediante un sistema de bombeo fotovoltaico ascienden a S/ 151,817.39 soles.

Tabla 23: Gastos operativos totales en riego por aspersión con sistema fotovoltaico

| Descripción | Costo Parcial/ Año |
|---|---------------------------|
| Implementación de propuesta | S/ 103,162.49 |
| Mano de obra | S/ 39,386.88 |
| Gasto de operación de grupo electrógeno | S/ 6,545.00 |
| Gasto de mantenimiento del sistema | S/ 2,723.02 |
| TOTAL/AÑO | S/ 151,817.39 |

A grandes rasgos, se puede apreciar que los costos anuales de un sistema de riego convencional con cisterna suelen ser mayores en un año típico, a los costos de implementación y operación de un sistema de aspersión con bombeo fotovoltaico en un porcentaje de 27% que significarían un ahorro para la empresa inmobiliaria.

Así mismo tener en cuenta que el sistema de bombeo fotovoltaico tiene un tiempo de vida útil entre 20 a 30 años, este dato se tomó para demostrar que tan factible era que se realizara una inversión de este tipo a la empresa inmobiliaria.

4.3.7 INSTALACION DE PROPUESTA Y PUESTA EN MARCHA

Una vez brindada la información general de ahorro (27% de ahorro en un gasto por riego convencional) se procedió a acceder a la compra de los equipos, instalación y puesta en marcha de estos. Se procedió de la siguiente manera:

- a. **Instalaciones de paneles solares con grado de inclinación 15°, en techo de caseta de pozo:** Esta labor se realizó el equipo técnico de la empresa Autosolar



Figura 20: Instalación de 05 paneles frontales.



Figura 21: Instalación de 05 paneles posteriores.



Figura 22: Instalación de 10 unidades paneles solares.

- b. Instalación de tuberías sch40 2”, electrobomba sumergible y cable eléctrico para conexión tablero bomba:** Esta labor se realizó con el equipo técnico de la empresa Autosolar en ayuda con el equipo de riego y recursos hídricos.

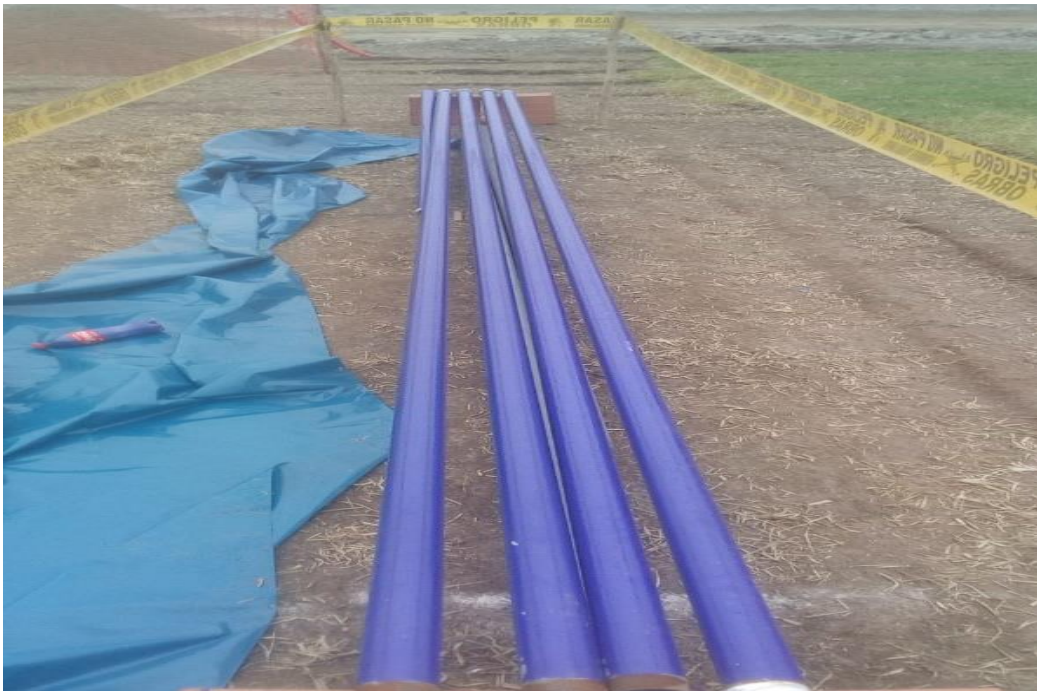


Figura 23: Tubería SCH40 2” para pozo.



Figura 24: Electrobomba sumergible Pedrollo 2" -3hp.



Figura 25: Instalación de electrobomba sumergible.



Figura 26: Instalación de cable eléctrico para conexión controlador-electrobomba.



Figura 27: Instalación de tuberías SCH40 2" en pozo profundo.

- c. **Instalación de inversor o controlador 3HP:** Esta labor se realizó el equipo técnico de la empresa Autosolar.



Figura 28: Instalación inversor o controlador.



Figura 29: Conexión de cables eléctricos, inversor, paneles solares y electrobomba.

- d. **Instalación de equipamiento hidráulicos y valvulería:** Esta labor se realizó el equipo técnico de riego y recursos hídricos.



Figura 30: Instalación de válvulas en árbol de descarga de pozo.



Figura 31: Árbol de descarga de pozo.



Figura 32: Caseta de pozo con sistema de bombeo fotovoltaico.

- e. **Instalación de sistema de aspersión en parques:** Esta labor se realizó el equipo técnico de riego y recursos hídricos.



Figura 33: Sistema de Aspersión para parques.

- f. **Puesta en marcha de todo el sistema:** Esta labor se realizó el equipo técnico de Autosolar y el equipo técnico de riego y recursos hídricos. La segunda semana de diciembre del 2018 se realizó la puesta en marcha del sistema implementado, en donde se realizó la prueba de la electrobomba sumergible con descarga directa a una manguera HDPE $\phi 75\text{mm}$, y finalmente se probó con el sistema de aspersión en funcionamiento por cada parque. Solo se probó por un lapso total de 1 hora y 30 minutos por del día nublado.



Figura 34: Prueba de bombeo de electrobomba sumergible.



Figura 35: Prueba de bombeo al sistema de aspersión por parque.

4.3.8 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO FOTOVOLTAICO

El sistema de riego por aspersión se puso en operación desde la segunda semana de diciembre del 2018, en donde se puso a prueba la eficiencia electrobomba y paneles solares, funcionamiento del inversor de acorde a las horas de luz proporcionados por el clima de Carabayllo.

La hora promedio de encendido de la electrobomba sumergible para el funcionamiento del sistema por aspersión, por condiciones de luz solar, era a partir de las 10:30 a.m. hasta las 03:30 pm, por lo cual teníamos un lapso aproximado de 5 horas de funcionamiento en horas de sol. Este funcionamiento se mantuvo entre ese lapso entre la segunda semana de diciembre del 2018, siguiendo enero, febrero, marzo, abril y Primeras 02 semanas de mayo del 2019; de los cuales se pudo obtener los siguientes datos:

Tabla 24: Análisis de costos y volúmenes extraídos mediante uso de sistema de bombeo fotovoltaico

| MES | Horas de sol promedio | Caudal promedio Extraído (l/s) | Días Efectivos De Trabajo | Volumen diario (m3) | Volumen total (m3) | Costos/m3 | Costo Aproximado de ahorro |
|--------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|--|----------------------------|
| Dic-18 | 5.00 | 2.40 | 13.00 | 43.20 | 561.60 | S/ 10.24 | S/ 5,750.78 |
| Ene-19 | 5.00 | 2.60 | 26.00 | 46.80 | 1216.80 | S/ 10.24 | S/ 12,460.03 |
| Feb-19 | 4.80 | 2.70 | 24.00 | 46.66 | 1119.74 | S/ 10.24 | S/ 11,466.18 |
| Mar-19 | 4.80 | 2.60 | 26.00 | 44.93 | 1168.13 | S/ 10.24 | S/ 11,961.63 |
| Abr-19 | 5.00 | 2.20 | 26.00 | 39.60 | 1029.60 | S/ 10.24 | S/ 10,543.10 |
| May-19 | 4.60 | 1.95 | 13.00 | 32.29 | 419.80 | S/ 10.24 | S/ 4,298.71 |
| | | | | | | Costo Ahorro/Primer año de funcionamiento | S/ 56,480.44 |

Tomando como dato importante este ahorro significativo, y conociendo el tiempo de vida de este sistema, entre 20 a 30 años, se realizó un comparativo para saber el retorno de la inversión de la empresa inmobiliaria y cuando factible puede llegar hacer, en el cuadro 26 se muestra dicho análisis:

Tabla 25: Análisis de costos en vida útil del proyecto de 25 años

| Descripción | Costo / año | Tiempo de vida (Años) | Costo Parcial |
|---|--------------------|------------------------------|----------------------|
| Inversión de implementación | -S/ 103,162.49 | | -S/ 103,162.49 |
| Mano de obra | -S/ 39,386.88 | 25.00 | -S/ 984,672.00 |
| Gasto de operación de grupo electrógeno | -S/ 6,545.00 | 25.00 | -S/ 163,625.00 |
| Gasto de mantenimiento del sistema | -S/ 2,723.02 | 25.00 | -S/ 68,075.61 |
| Ahorro por año | S/ 56,480.44 | 25.00 | S/ 1,412,011.01 |
| | | TOTAL | S/ 92,475.92 |

Según la tabla 26, para un tiempo de vida útil 25 años, la empresa inmobiliaria tendrá una ganancia estimada de S/ 92,475.92 soles invirtiendo en este proyecto. Así mismo en la tabla 27, se muestra el tiempo en que estaría devolviendo parte de la inversión a la empresa inmobiliaria, para este caso es de un tiempo de 14 años:

Tabla 26: Análisis de Costos en vida útil del proyecto de 14 años

| Descripción | Costo / año | Tiempo de vida (Años) | Costo Parcial |
|---|--------------------|------------------------------|----------------------|
| Inversión de implementación | -S/ 103,162.49 | | -S/ 103,162.49 |
| Mano de obra | -S/ 39,386.88 | 14.00 | -S/ 551,416.32 |
| Gasto de operación de grupo electrógeno | -S/ 6,545.00 | 14.00 | -S/ 91,630.00 |
| Gasto de mantenimiento del sistema | -S/ 2,723.02 | 14.00 | -S/ 38,122.34 |
| Ahorro por año | S/ 56,480.44 | 14.00 | S/ 790,726.16 |
| | | TOTAL | S/ 6,395.02 |

V. CONCLUSIONES

Frente a los resultados obtenidos primordialmente se pueden concluir que:

- Se realizó la evaluación de los aspectos técnicos y económicos de un sistema fotovoltaico de bombeo para riego por aspersión de áreas verdes urbanas en la localidad de Carabayllo, dando como resultado un mejor manejo del recurso hídrico y energético frente a un sistema convencional de riego por inundación, sin mencionar el ahorro económico que genera.
- Se diseñó el sistema de riego por aspersión y el sistema de fotovoltaico para el riego de todos parques en la habilitación urbana Posada del Carabayllo, mediante el uso de aspersores de impacto VYR-802, tuberías PVC y HDPE.
- Se realizó el análisis costos mediante el comparativo, en donde se obtuvo como resultado que el costo de implementación, operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión accionado por bombeo fotovoltaico es 27% más barato que el costo de operación por medio de un sistema de riego convencional por inundación a través de alquiler de cisternas.
- Se realizó el balance hídrico para el riego del proyecto, en donde se demuestra que el mejor manejo y ahorro del recurso hídrico para el riego de áreas verdes, se dio usando el sistema de riego por aspersión, frente al riego por inundación.
- Se estimó la demanda máxima energética de 9843.24 W/día a 4.4 Horas de funcionamiento de la electrobomba sumergible para satisfacer la demanda hídrica mínima, con un rendimiento de la motobomba de 60%. La potencia eléctrica de la electrobomba sumergible resultó 2.2 kW o 3hp.
- El sistema fotovoltaico de bombeo de agua requiere 10 paneles de 320 Wp; 1 inversor controlador de carga de 2.2kw; 1 Electro bomba sumergible motobomba solar de carga dinámica total 46 m, caudal máximo 3 ltrs/s o 10.8 m³ /h.
- El funcionamiento de la electrobomba sumergible en horas pico de sol están por debajo del 60% de rendimiento, en donde proporciona caudales promedios 2.4, 2.6, 2.7, 2.6, 2.2

- y 1.95 ltrs/s entre los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo respectivamente.
- Bajo un funcionamiento de horas pico, se cubre la demanda hídrica necesaria para el tipo de plantación en los meses diciembre, enero y mayo, para los demás meses de febrero, marzo y abril no se cubre por una diferencia máxima de 3m³/día.
- El proyecto tiene una inversión inicial de S/ 103,162.49 y un plazo de retorno de inversión de 14 años.
- El proyecto tiene un tiempo de vida útil promedio de 25 años en donde el retorno total de inversión será un monto total de S/ 92,475.92.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar proyectos similares al diseñado en localidades donde se presenten condiciones similares de radiación y potencia requerida, favoreciendo de esta manera el mejor manejo y uso eficiente del recurso hídrico que hoy en día es tan escaso; y así como también promover el uso de energías renovables como la energía solar.
- Para un mejor funcionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico diseñado, se deben realizar los mantenimientos periódicos de los módulos fotovoltaicos, como los recomienda el fabricante (Manual de operación y mantenimiento), sea anual o semestral, para evitar que se acumule suciedad en la superficie y disminuya su eficiencia como también su vida útil.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y puesta en marcha en compañía de los especialistas técnicos, ya sea en la parte eléctrica como en la parte hidráulica; lo cual evitará que se realicen malas maniobras que perjudicaría o dañaría los componentes y accesorios del módulo completo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, V. (2008). Manual técnico de jardinería. II Mantenimiento. Ediciones Mundo-Prensa, 2º ed. 2008. Madrid. 338 p.
- Apaza C, J.; Puma C, C. (2015) - Diseño Y Calculo De Un Sistema De Bombeo De Agua, Accionado Por Energia Solar.
- Campos, P. (2018). Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para cultivo de flores para exportación en el fundo huertas, distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). Recuperada de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2606>
- Castañeda Rayco, E.M. (2016). Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Bombeo De Aguacon Fines Agrícolas En El Sector Cañavieja, Tambería, Cajabamba 2016. (Tesis para título de ingeniero, Universidad Cesar Vallejo). Recuperada de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30196>
- Chakraborty, S.; Sadhu, P. K., & Pal, N. (2015). Technical mapping of solar PV for ISM- an approach toward green campus. Energy Science and Engineering. Recuperada de: <https://doi.org/10.1002/ese3.65>
- Chandel, S.; Nagaraju, M. & Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 49, pp. 1084-1099.
- CICA Ingenieros Consultores Perú SAC. (2000). Informe final del Proyecto de Forestación de Puerto Punta Lobitos, para Antamina. Capítulo 2.1.5 Clima y Meteorología y Capítulo 3.2.4.2 Determinación de las necesidades de área de disipación.

- Davalos Pongo, J. (2019). Diseño De Un Sistema De Bombeo Fotovoltaico Para Riego Agrícola En El Caserío La Guayaba, Distrito De Bellavista, Jaén - Cajamarca. (Tesis para título de ingeniero, Universidad Nacional De Jaén). Recuperado de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/71>
- FAO - Allen, R. G.; Pereira, L.; Raes, D. & Smith M. 2006. Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de agua de los cultivos. Riego y Drenaje. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 323 p.
- F. Cuadros, F.; Lopez-Rodriguez & Marcos, A. (2004). A procedure to size solar-powered irrigation (photoirrigation) schemes, Solar Energy, vol. 76, nº 4, pp. 465-473.
- Heredia Fernández, C.F. & Sánchez Manayalle, D.S. (2018). Diseño De Un Sistema De Bombeo Fotovoltaico Por Goteo Automatizado Para Terrenos De Cultivo De Espárragos Del Fundo Inca Verde En El Sector Pampas La Sandia Provincia De Chepén - Departamento De La Libertad. (Tesis para título de ingeniero, Universidad Señor de Sipan). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/4415>
- Inni, L. (2020). Lo que vendrá en América Latina- Revista Energías Renovables 659-pp. 66-69.
- Linares Tejada, L.S. (2014). Uso Eficiente Del Agua En Las Áreas Verdes En La Sede Los Granados De La Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. (Tesis para título de Magister, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann). Recuperado de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1026>
- Llopis Morales, M. (2017). Diseño de una instalación solar Fotovoltaica para bombeo de 55Kw para el riego de la huerta de Alicante de Mutxamel-Valencia España. (Tesis para título de Magister, Universidad Politécnica de Valencia). Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/110369/23304203M_TFM_15369108635_281742701590251533015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

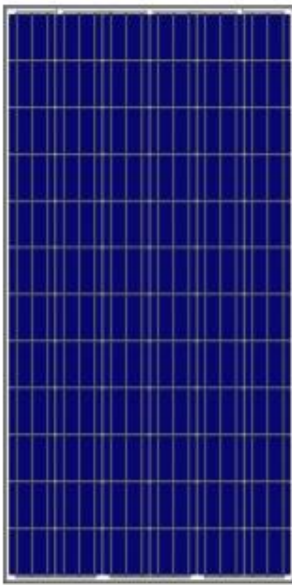
- Pérez, Diaz, D. (2014). Determinación De Los Requerimientos Hídricos De La Forestación De Puerto Punta Lobitos Huarmey-Ancash. (Tesis para título de ingeniero, Universidad Nacional De Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/353>
- Raboso López, A. (2013). Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Alimentar una Potabilizadora Desalinizadora Autónoma (Tesis para título de Magister, Universidad Internacional de Andalucía). Recuperado de https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2508/0447_Raboso.pdf?sequence=1
- Roitman, M. ; Mestrallet, A. ; Dolores Aramburu, M. & Rossi, R. (2015). Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la Ciudad de Córdoba, 2, 37-38.
- Rodríguez, M.; Ávila, R.; Murillo, Y.; Plaza, R.; Navas, A. & Gómez, R. (2000). Manual de riego de jardines. Junta de Andalucía. 185 consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación y Formación Agraria y Pesquería. (320 p.). España.
- Ruiz Logreira, D.M. (2021). Modelación Energética De Un Sistema De Bombeo Solar Fotovoltaico Para Zonas Rurales. (Tesis para título de ingeniero, Universidad de la Costa). Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8176/Modelaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20de%20un%20sistema%20de%20bombeo%20solar%20fotovoltaico%20para%20zonas%20rurales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sancho Álvarez, P. (2018). Diseño De Una Instalación Solar Fotovoltaica De 1,1 Mwp Conectada A Red De Media Tensión. (Tesis de pregrado, Universidad Jaime I). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10234/176365>
- Weather Spark. (2018). El clima promedio en Carabayllo. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/20454/Clima-promedio-en-Carabayllo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Ficha técnica de Panel Solar 320W 24V Amerisolar Policristalino

AS-6P

POLYCRYSTALLINE MODULE



Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution



ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

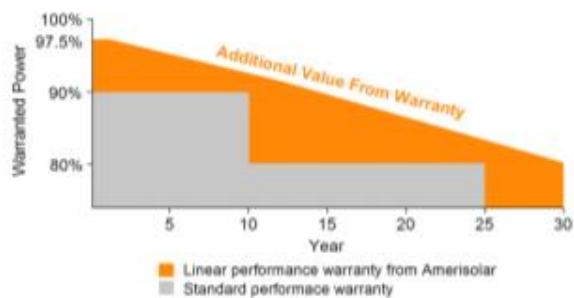
- High module conversion efficiency up to 17.01% through advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.
- High ammonia and salt mist resistance.
- Potential induced degradation (PID) resistance.

CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, CE, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), Kemco(South Korea), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



| ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nominal Power (P_{max}) | 295W | 300W | 305W | 310W | 315W | 320W | 325W | 330W |
| Open Circuit Voltage (V_{oc}) | 45.2V | 45.3V | 45.4V | 45.5V | 45.6V | 45.7V | 45.8V | 45.9V |
| Short Circuit Current (I_{sc}) | 8.60A | 8.68A | 8.76A | 8.85A | 8.93A | 9.00A | 9.08A | 9.16A |
| Voltage at Nominal Power (V_{mp}) | 36.6V | 36.7V | 36.8V | 36.9V | 37.0V | 37.1V | 37.2V | 37.3V |
| Current at Nominal Power (I_{mp}) | 8.07A | 8.18A | 8.29A | 8.41A | 8.52A | 8.63A | 8.74A | 8.85A |
| Module Efficiency (%) | 15.20 | 15.46 | 15.72 | 15.98 | 16.23 | 16.49 | 16.75 | 17.01 |
| Operating Temperature | -40°C to +85°C | | | | | | | |
| Maximum System Voltage | 1000V DC | | | | | | | |
| Fire Resistance Rating | Type 1(UL1703)Class C(IEC61730) | | | | | | | |
| Maximum Series Fuse Rating | 15A | | | | | | | |

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

| ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nominal Power (P_{max}) | 217W | 221W | 224W | 228W | 232W | 236W | 239W | 243W |
| Open Circuit Voltage (V_{oc}) | 41.6V | 41.7V | 41.8V | 41.9V | 42.0V | 42.0V | 42.1V | 42.2V |
| Short Circuit Current (I_{sc}) | 6.97A | 7.03A | 7.10A | 7.17A | 7.23A | 7.29A | 7.35A | 7.42A |
| Voltage at Nominal Power (V_{mp}) | 33.3V | 33.4V | 33.5V | 33.6V | 33.7V | 33.8V | 33.9V | 34.0V |
| Current at Nominal Power (I_{mp}) | 6.52A | 6.62A | 6.69A | 6.79A | 6.89A | 6.98A | 7.05A | 7.15A |

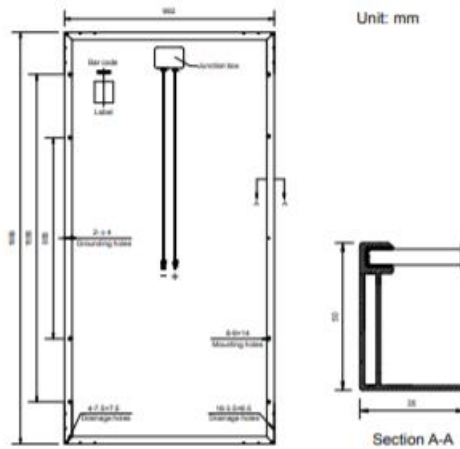
NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

| MECHANICAL CHARACTERISTICS | |
|----------------------------|--|
| Cell type | Polycrystalline 156x156mm (6x6inches) |
| Number of cells | 72 (6x12) |
| Module dimensions | 1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches) |
| Weight | 27kg (59.5lbs) |
| Front cover | 4.0mm (0.16inches) low-iron tempered glass |
| Frame | Anodized aluminum alloy |
| Junction box | IP67, 3 diodes |
| Cable | 4mm ² (0.006inches ²), 1000mm (39.37inches) |
| Connector | MC4 or MC4 compatible |

| TEMPERATURE CHARACTERISTICS | |
|---|-----------|
| Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) | 45°C±2°C |
| Temperature Coefficients of P_{max} | -0.43%/°C |
| Temperature Coefficients of V_{oc} | -0.33%/°C |
| Temperature Coefficients of I_{sc} | 0.056%/°C |

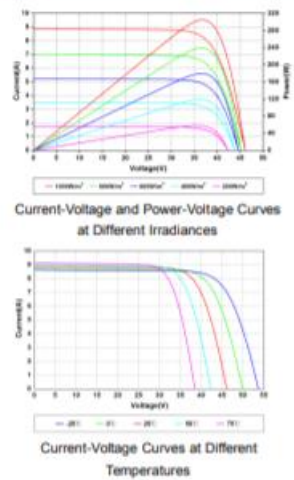
| PACKAGING | |
|-----------------------------------|--------------|
| Standard packaging | 21pcs/pallet |
| Module quantity per 20' container | 210 pcs |
| Module quantity per 40' container | 462 pcs |

ENGINEERING DRAWINGS

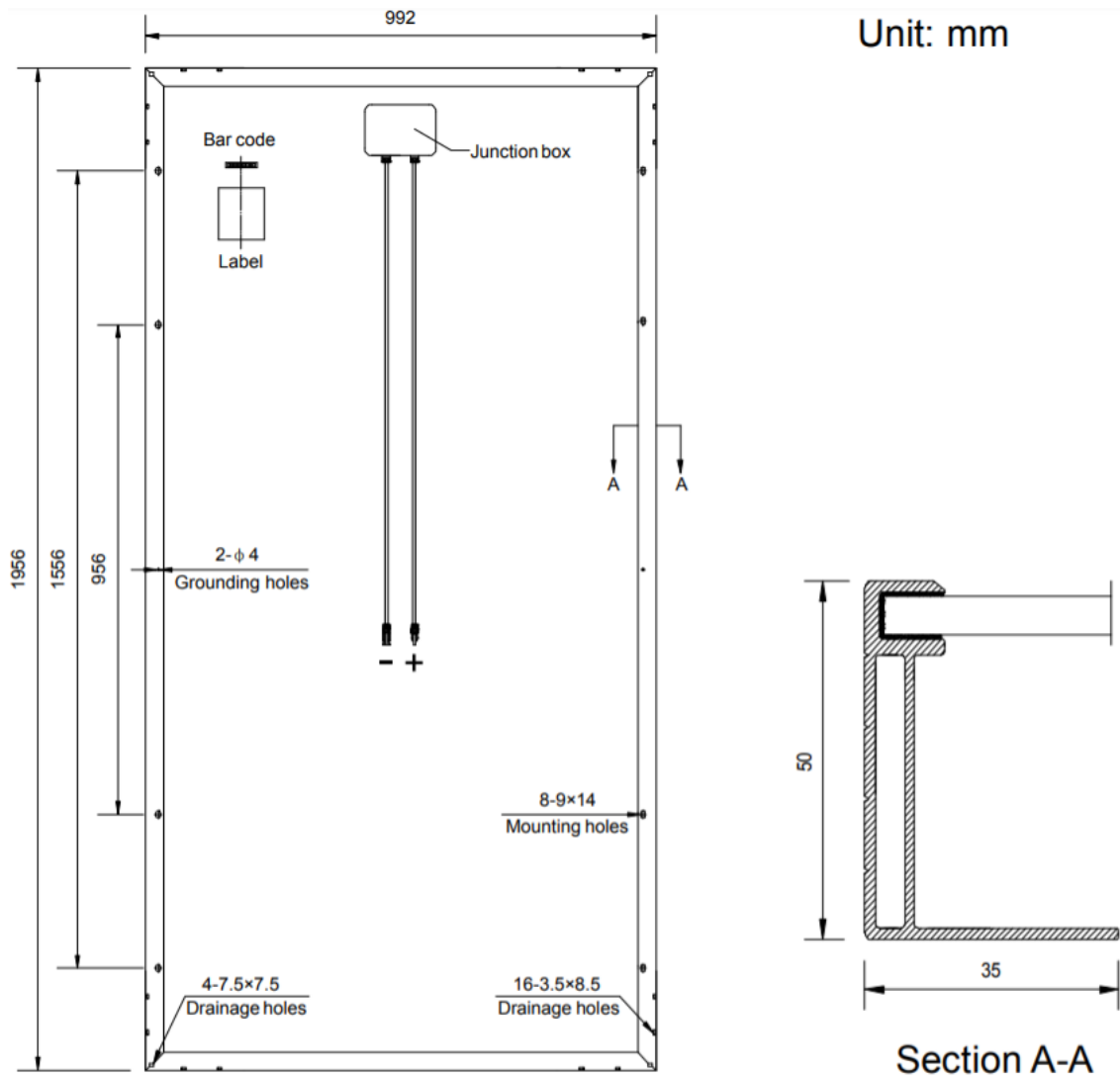


Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

IV CURVES



ANEXO 2: Dimensiones de Panel Solar 320W 24V Amerisolar Policristalino



ANEXO 3: Ficha técnica Inversor o Controlador Bombeo Solar INVT 3HP 220V

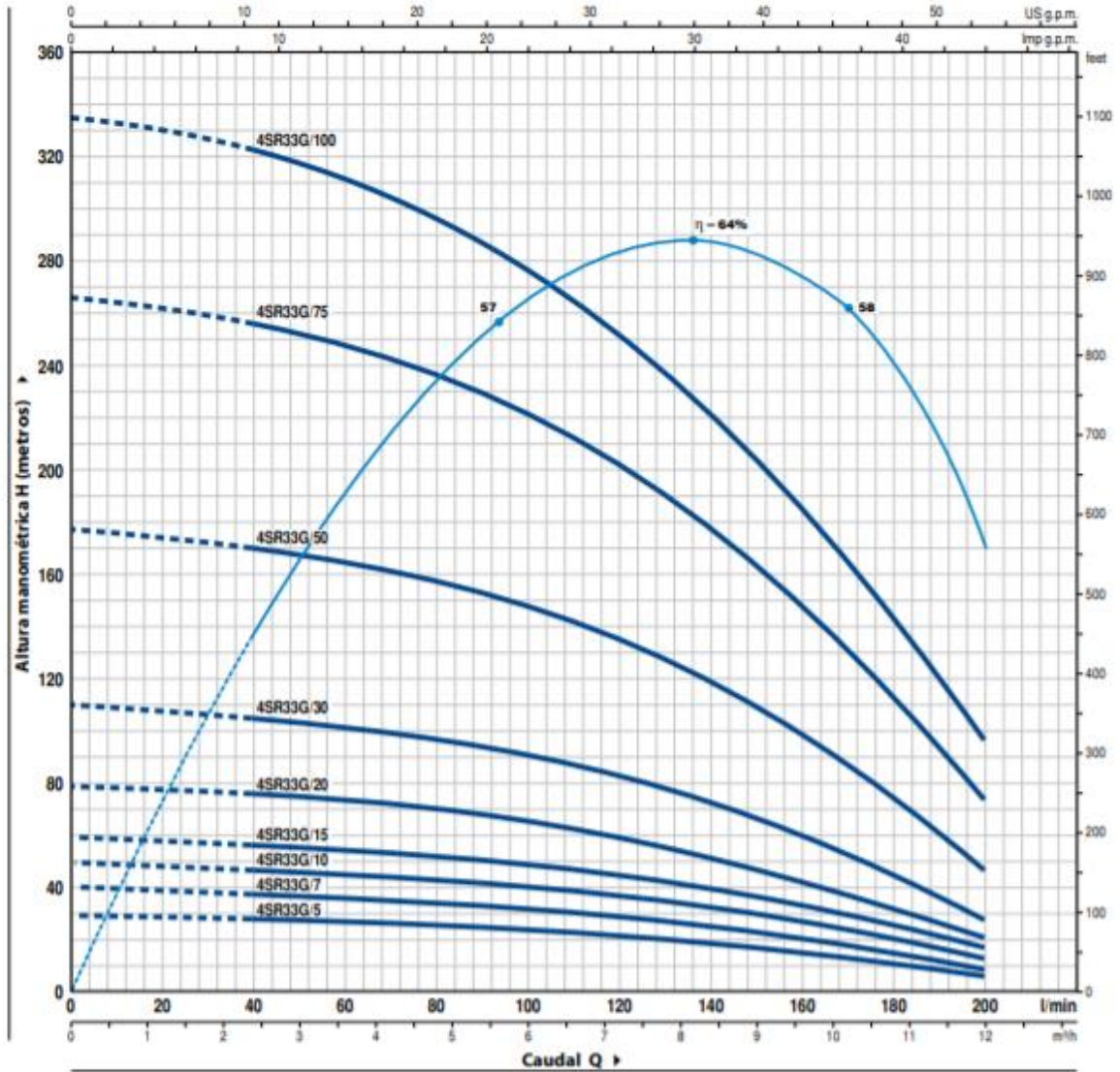
| | BPD0K7TN(AC) | BPD1K5TN(AC) | BPD2K2TN(AC) |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Entrada DC | | | |
| Tensión máxima de entrada DC (V) | 450 | 450 | |
| Tensión de arranque(V) | 80 | 100 | |
| Mínima tensión de funcionamiento(V) | 60 | 80 | |
| Tensión MPPT recomendada(V) | 80~400 | 100~400 | |
| Modelo clavija de entrada | 1:MC4 | | |
| Máxima intensidad de entrada DC (A) | 9 | 12 | 12 |
| Bypass de entrada AC (modelo que admite la entrada a red) | | | |
| Tensión de entrada(Vac) | 220/230/240(1PH)(-15%~+10%) | | |
| Frecuencia de entrada(Hz) | 47~63 | | |
| Terminales de entrada AC | 1P2L | | |
| Salida AC | | | |
| Rango de potencia(W) | 750 | 1500 | 2200 |
| Rango de intensidad(A) | 5.1(1fase) 4.2(3fases) | 10.2(1fase) 7.5(3fases) | 14(1fase) 10(3fases) |
| Tensión de salida (Vac) | 0~Input voltage | | |
| Cableado de salida | 1P2L/2P3L/3P3L | | |
| Frecuencia de salida(Hz) | 1~400 | | |
| Control | | | |
| Modo de control | V/F | | |
| Tipo de motor | Motor asíncrono | | |
| Otros | | | |
| Dimensiones (W/D/H)(mm) | 255×300×137 | 280×300×137 | |
| Peso(Kg) | 6.4 | 7 | |
| Grado de protección | IP65 | | |

ANEXO 4: Ficha técnica electrobomba sumergible Pedrollo 4sr33g/30 De 3.0 Hp. Ø 2" 1~60 Hz.

4SR33G

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm

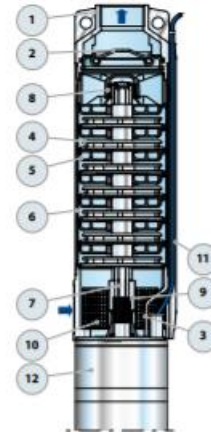


| MODELO | | POTENCIA (P ₂) | | Q | H | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|----------------------------|------|----------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|----|--|
| Monofásica | Trifásica | kW | HP | | m³/h | 0 | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 6 | 7.2 | 8.4 | 9.6 | 10.8 | 12 | |
| | | | | l/min | 0 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | | |
| 4SR33Gm/5 | 4SR33G/5 | 0.37 | 0.50 | H metros | 30 | 28 | 27 | 25 | 23.5 | 21.5 | 19 | 16 | 12.5 | 7 | | |
| 4SR33Gm/7 | 4SR33G/7 | 0.55 | 0.75 | | 41 | 38 | 36 | 34.5 | 32.5 | 30 | 25.5 | 21.5 | 16.5 | 10 | | |
| 4SR33Gm/10 | 4SR33G/10 | 0.75 | 1 | | 50 | 47 | 45 | 43 | 41.5 | 38 | 33 | 28 | 21 | 14 | | |
| 4SR33Gm/15 | 4SR33G/15 | 1.1 | 1.5 | | 60 | 56 | 54 | 51.5 | 49 | 45 | 40 | 33 | 25 | 17 | | |
| 4SR33Gm/20 | 4SR33G/20 | 1.5 | 2 | | 79 | 76 | 73 | 70.5 | 65.5 | 59.5 | 52 | 43 | 33 | 22 | | |
| 4SR33Gm/30 | 4SR33G/30 | 2.2 | 3 | | 110 | 105 | 101 | 97 | 90 | 83 | 73 | 60 | 46 | 29 | | |
| - | 4SR33G/50 | 3.7 | 5 | | 177 | 170 | 165 | 158 | 147 | 135 | 118 | 98 | 76 | 48 | | |
| - | 4SR33G/75 | 5.5 | 7.5 | | 265 | 257 | 248 | 236 | 222 | 204 | 179 | 148 | 112 | 75 | | |
| - | 4SR33G/100 | 7.5 | 10 | | 335 | 322 | 312 | 297 | 280 | 254 | 224 | 185 | 142 | 96 | | |

Q = Caudal H = Altura manométrica total

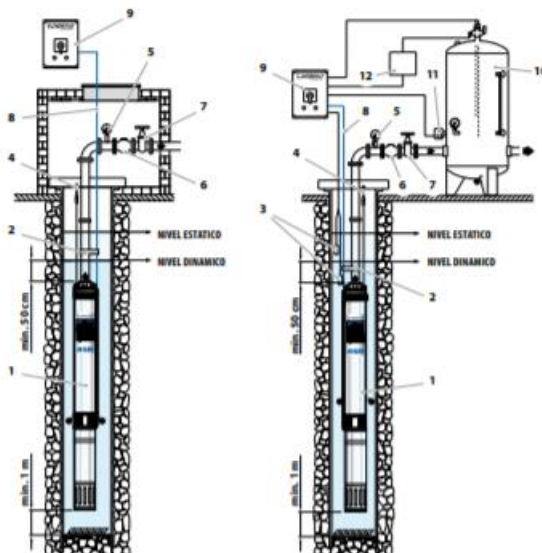
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

| POS. COMPONENTE | CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS |
|------------------------|--|
| 1 CUERPO DE IMPULSION | Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dotado de boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1 |
| 2 VALVULA DE RETENCION | Acero inoxidable AISI 304 |
| 3 SOPORTE | Acero inoxidable AISI 304, dimensiones según norma NEMA |
| 4 RODETE | Lexan 141-R |
| 5 DIFUSOR | Noryl FE1520PW |
| 6 CAJA PORTA DIFUSOR | Acero inoxidable AISI 304 |
| 7 EJE BOMBA | Acero inoxidable AISI 304 |
| 8 RODAMIENTOS BOMBA | Parte fija en tecnopolímero especial y parte rotatoria en acero inoxidable AISI 316 revestida de óxido de cromo para resistir a la arena |
| 9 CASQUILLO | Acero inoxidable AISI 316L hasta 2.2 kW; Acero inoxidable AISI 304 para potencias superiores |
| 10 FILTRO | Acero inoxidable AISI 304 |
| 11 PROTECTOR CABLE | Acero inoxidable AISI 304 |
| 12 MOTOR 4" | 4PD = motor en baño de aceite "PEDROLLO" |



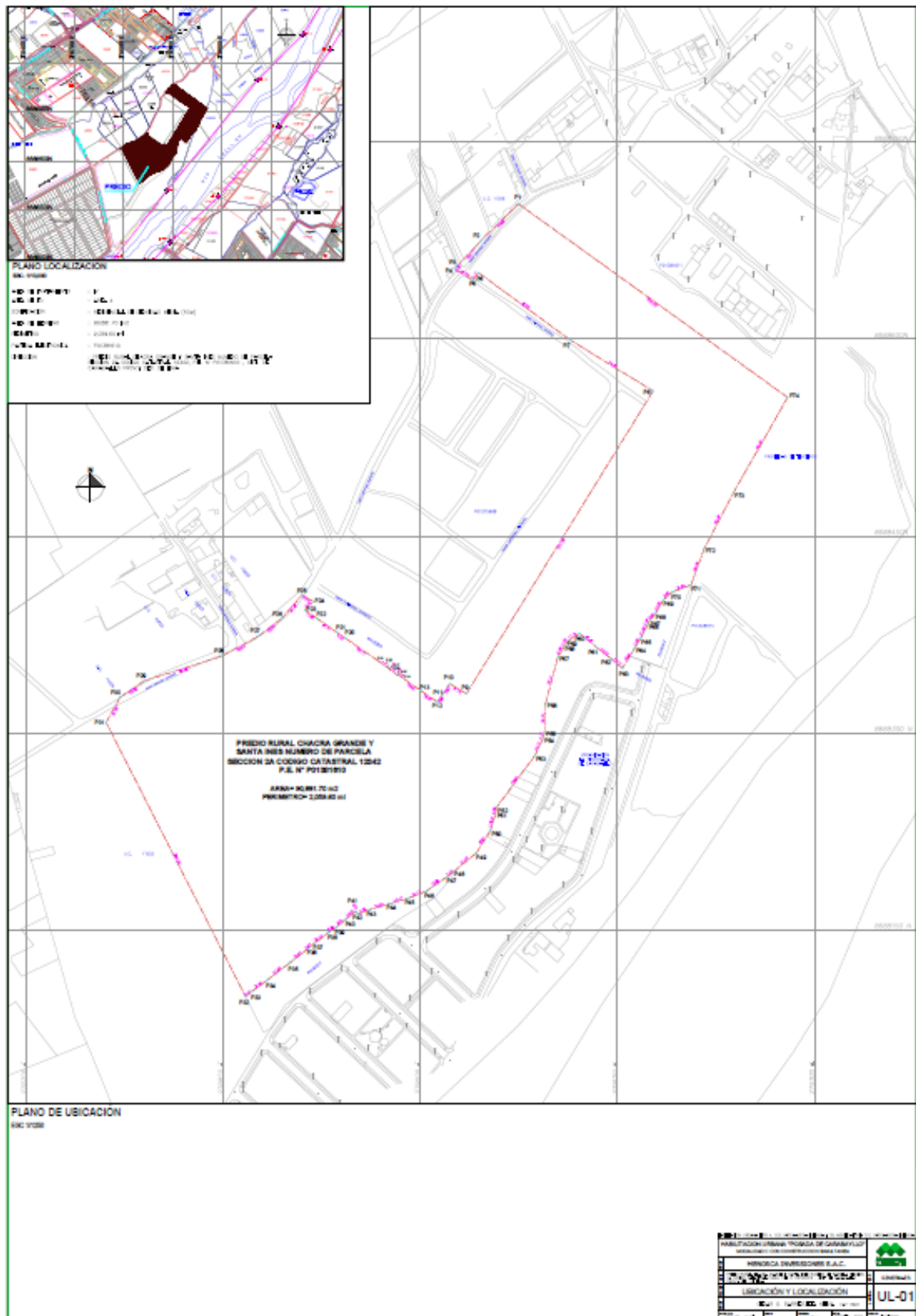
EJEMPLO DE INSTALACION

- 1) Electrobomba sumergida
- 2) Cintas para fijar el cable de alimentación
- 3) Sondas control nivel contra la marcha en seco
- 4) Soporte y cable de anclaje
- 5) Manómetro
- 6) Válvula de retención
- 7) Válvula de compuerta del caudal
- 8) Cable de alimentación eléctrica
- 9) Cuadro eléctrico
- 10) Depósito autoclave
- 11) Presóstato
- 12) Electro-válvula/electro-compresor



➔ La instalación de las electrobombas 4SR es apta para pozos con un diámetro no inferior a 4" (100 mm). La electrobomba sumergida se baja al pozo mediante el tubo de impulsión hasta una profundidad tal que garantice su total inmersión (min, 50 cm y por lo menos 1 metro desde el fondo del pozo) incluso mientras funciona, cuando se aprecia una disminución del líquido en el pozo. Cuando la electrobomba sumergida se instala en un pozo, se aconseja asegurarla con un cable de acero inoxidable para conectarla a los específicos enganches de la boca de impulsión.

ANEXO 5: Plano de linderos, perímetro y linderos de Predio Rural Chacra Grande y Santa Inés.



ANEXO 6: Plano Lt-01 (Lotización y Trazado-Proyecto Integral) Habilitación Urbana Posada De Carabayllo.

