

Diseño de un sistema de bombeo para la extracción de agua subterránea autosostenible implementando la energía de un sistema eólico en la ranchería “El Horno”, Riohacha, La Guajira

Brayan Andrés Segura Barrera y Eilyn Dayana Cadena Ribón

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Director

Yesid Javier Rueda Ordoñez

Doctor en Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga, Santander

2022

Dedicatoria

A mis padres por ser ese apoyo, por impulsarme cada segundo a completar mi sueño y no dejarme solo en ningún momento.

A mi hermana Filomena por ser ese respaldo que siempre necesité, por motivarme.

Brayan Segura

A mis padres, quienes han sido mi guía y camino durante mi vida, que con su ejemplo, dedicación y respaldo me impulsaron a soñar en grande y ser mejor.

A mis hermanos, que día a día con su cariño y palabras de aliento me dieron alas para salir adelante.

Eilyn Cadena

Agradecimientos

A Dios por permitirnos llegar a este momento tan especial de nuestra vida.

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por habernos formado como profesional.

A nuestro director de tesis Yesid Rueda por su orientación y apoyo en este proceso.

A nuestros compañeros y amigos por acompañarnos y estar presente en cada etapa de nuestra vida universitaria.

Tabla de Contenido

Introducción	15
1. Descripción del problema	16
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo general.....	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. Justificación	20
4. Marco Referencial.....	21
4.1 Marco Legal	21
4.1.1 Ley 1575 de 2014.....	21
4.1.2 Ley 09 de 1979.....	22
4.2 Estado del arte.....	24
4.2.1 Antecedentes internacionales.....	24
4.2.1.1 Diseño de un molino de viento para extraer agua del subsuelo, para riego en zonas rurales.....	24
4.2.1.2 Diseño de un sistema de bombeo de agua alimentado por un aerogenerador para el riego de forraje, comunidad de Villa Puni-Escoma	25
4.2.2 Antecedentes nacionales	25
4.2.2.1 Viabilidad técnica y económica del diseño de un sistema de extracción de agua subterránea empleando energía eólica, usado en riego por goteo para cultivos de hortalizas	25
4.2.2.2 Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua	26
4.2.3 Antecedentes regionales.....	27

4.2.3.1 Diseño de un sistema de captación de agua de mar mediante energía eólica	27
4.2.3.2 Sistema híbrido de bombeo para comunidades remotas	27
4.3 Referentes teóricos	28
4.3.1 Ciclo hidrológico	28
4.3.1.1 Agua subterránea	29
4.3.1.2 Pozo.....	31
4.3.2 Sistema de bombeo	32
4.3.2.1 Bombas	32
4.3.2.2 Clasificación de las bombas.....	33
4.3.2.3 Características principales de las bombas.....	33
4.3.2.3.1 Carga total dinámica	34
4.3.3 Energía eólica.....	36
4.3.3.1 Turbinas eólicas	36
4.3.3.1.1 Tipos de turbinas eólicas.....	37
4.3.3.1.2 Componentes de una turbina eólica	40
4.3.3.1.3 Energía eólica en Colombia	42
4.3.3.1.4 Energía obtenida del viento	44
4.3.3.2 Análisis exergoeconómico	46
5. Metodología	51
5.1 Tipo de investigación.....	51
5.2 Caracterización del contexto y población	52
5.2.1 Puntos de agua subterránea en Riohacha	52
5.2.1.1 Parámetros fisicoquímicos de campo.....	54

5.3 Cálculos del sistema.....	56
5.3.1 Cálculos hidráulicos y selección de la bomba	58
5.3.1.1 Volumen, diámetro de la tubería y velocidad de descarga	59
5.3.1.2 Carga total dinámica (THD)	62
5.3.1.2.1 Pérdidas en la tubería ($h_{L_{primarias}} = h_L$)	62
5.3.1.2.2 Pérdidas en los accesorios ($h_{L_{secundarias}} = h_F$)	64
5.3.1.2.3 Potencia de la bomba	65
5.3.2.1.4 Selección de la bomba	66
5.3.2.1.5 Componentes de la bomba seleccionada ASP 1814 E02098.....	68
5.3.2.1.6 Especificaciones y características de la bomba	68
5.3.2.1.7 Aplicaciones de la bomba	70
5.3.2.1.8 Cálculos de la red de distribución.....	71
5.3.2.1.9 Selección de la bomba de la red de distribución.....	79
5.3.3 Cálculos y selección de la turbina.....	81
5.3.3.1 Selección de la turbina.....	82
5.3.3.1.1 Potencia captada por turbina eólica	84
5.3.3.1.2 Cálculos exergoeconómicos de la turbina.....	84
5.3.4 Cálculo del sistema de almacenamiento energético.....	87
5.3.4.1 Selección de accesorios para el control del sistema.....	89
5.3.4.1.1 Cálculo de altura para el sensor de nivel	89
5.3.5 Costos de equipos y elementos a utilizar	90
5.3.5.1 Sistema de bombeo	90
5.3.5.2 Sistema de distribución.....	91

5.3.5.3 Sistema energético	91
6. Análisis de resultados	92
6.1 Análisis sistema de bombeo.....	92
6.1.1 Análisis de captación de agua, almacenamiento y distribución.....	92
6.1.2 Análisis selección de baterías y control de funcionamiento	93
6.2 Análisis sistema eólico.....	94
6.2.1 Análisis de exergoeconómico	94
6.2.2 Análisis ambiental.....	95
6.2.2.1 Para el diésel	95
6.2.2.2 Para la gasolina (Octano)	96
7. Conclusiones	98
Referencias Bibliográficas	100
Apéndices.....	104

Lista de Tablas

Tabla 1. Rango de precio, costo y eficiencia exergética para diferentes tecnologías energéticas en un escenario colombiano.....	50
Tabla 2. Número de captaciones por unidad geológica en el municipio de Riohacha	54
Tabla 3. Estadística de los parámetros fisicoquímicos <i>in-situ</i> tomados en los puntos de agua subterránea inventariados en el municipio de Riohacha.....	55
Parámetros hidráulicos del Sistema Acuífero Formación Monguí.....	56
Tabla 5. Pérdidas en tuberías para cada profundidad	64
Tabla 6. Pérdidas por accesorios para cada profundidad.....	65
Tabla 7. Cargas dinámicas totales.....	65
Tabla 8. Potencia para cada profundidad.....	66
Tabla 9. Tiempos y caudales obtenidos con la bomba seleccionada	68
Tabla 10. Características del motor	68
Tabla 11. Dimensiones de la bomba	69
Tabla 12. Características de la bomba	69
Tabla 13. Distancia y longitud de tubería Red principal-Casa	73
Tabla 14. Dimensiones de sección en la red principal.....	73
Tabla 15. Accesorios y constantes de pérdidas de la red de distribución	74
Tabla 16. Coeficiente de pérdidas para reducción de 2 in	75
Tabla 17. Carga total, Potencia necesaria en el fluido y tiempo de operación con la variación del caudal en el sistema	76
Tabla 18. Pérdidas para caudal y diámetro seleccionado	78

Tabla 19. Características de la bomba	79
Tabla 20. Especificaciones de la bomba	80
Tabla 21. Características del motor	80
Tabla 22. Especificaciones técnicas de la turbina eólica	82
Tabla 23. Cálculo de baterías.....	88
Tabla 24. Estimación de costos por adquisición del sistema de bombeo	90
Tabla 25. Estimación de costos por adquisición del sistema de distribución	91
Tabla 26. Estimación de costos por adquisición del sistema energético	91
Tabla 27. Costo total del sistema	92

Lista de Figuras

Figura 1. Representación del ciclo hidrológico	29
Figura 2. Flujo de agua a través de un acuífero	31
Figura 3. Tipos de pozos de agua.....	32
Figura 4. Turbina de eje horizontal tripala.....	37
Figura 5. Turbina de eje vertical Savonius	39
Figura 6. Turbina de eje vertical Darrieus	39
Figura 7. Componentes de una turbina eólica.....	40
Figura 8. Mapa de la velocidad media del viento en Colombia.....	43
Figura 9. Rendimiento respecto al límite de Betz.....	45
Figura 10. Componentes de un sistema energético para FNCE.....	48
Figura 11. Sectores de cada tipo de captación de Riohacha	53
Figura 12. Distribución geoespacial de puntos de agua subterránea inventariados, localizados sobre la unidad geológica aflorante en el municipio de Riohacha.....	53
Figura 13. Esquema del sistema.....	57
Figura 14. Esquema del tanque	58
Figura 15. Ubicación de las viviendas en la ranchería.....	59
Figura 16. Curva característica de la bomba ASP 1814 E02098.....	67
Figura 17. Dimensiones y vista detallada	70
Figura 18. Distancias de las viviendas a la red principal.....	71
Figura 19. Distancia de las conexiones a la red principal.....	72

Figura 20. Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)	75
Figura 21. Curva característica de la bomba CE 1 2-1	79
Figura 22. Interfaz de selección de la ubicación de la instalación.....	82
Figura 23. Turbina eólica Whisper 200	83
Figura 24. Curva de potencia de la turbina eólica Whisper 200	83
Figura 25. Comparación de costos entre el sistema tradicional y el sistema eólico	94

Lista de Apéndices

Apéndice A. Planos del sistema	104
Apéndice B. Código del modelado matemático	129
Apéndice C. Fichas técnicas	134

Resumen

Título: Diseño de un sistema de bombeo para la extracción de agua subterránea autosostenible implementando la energía de un sistema eólico en la ranhería “El Horno”, Riohacha, La Guajira*

Autor: Brayan Andrés Segura Barrera, Eilyn Dayana Cadena Ribón**

Palabras claves: Sistema de bombeo, Energía eólica, Aerogenerador, Bomba centrífuga.

Descripción: El objetivo de este proyecto es el diseño de un sistema de bombeo para la extracción de agua alimentado mediante la energía eólica para suplir las necesidades de la ranhería “El Horno”, La Guajira; para tal fin se llevó a cabo el estudio de las condiciones del entorno y los recursos disponibles de la comunidad, es decir, la cantidad de agua potable que requieren diariamente, las fuentes de agua cercanas y, por último, la cantidad de recurso eólico.

Después de esto, se estimaron los parámetros de bombeo, con lo cual se seleccionan los componentes óptimos para el sistema, teniendo en cuenta el caudal, las pérdidas que se pueden presentar y la facilidad de adaptación del sistema de energía alternativa.

Para el cálculo de la red de distribución, se optó por un sistema alimentado por una bomba. Para ello se consideró un caudal constante para todas las casas. De esta manera, variando el caudal de bombeo, observando la potencia requerida para suministrar al fluido, el tiempo requerido para toda la operación y las pérdidas de carga, se analizaron bombas existentes en el mercado y considerando los resultados de las condiciones obtenidas, se seleccionó una bomba que cumpliera con los requisitos y tuviera un menor consumo energético.

Seguidamente, teniendo en cuenta la potencia solicitada por el sistema de bombeo, se realizó el cálculo de los parámetros necesarios para la elección de los componentes del sistema eólico.

Se consideraron tiempos de operación del sistema de bombeo, medios de almacenamiento energético, puesto que se plantea utilizar la energía generada durante un día. Se seleccionaron demás elementos y se modeló el sistema de tal manera que se aprecia la distribución en un espacio y el detallado de los componentes mediante planos.

Finalmente, se presentan las conclusiones del proceso de diseño del sistema.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez. Doctor en Ingeniería Química.

Abstract

Title: Design of a pumping system for the extraction of self-sustaining groundwater implementing the energy of a wind system in the ranchería "El Horno", Riohacha, La Guajira*

Author: Brayan Andrés Segura Barrera, Eilyn Dayana Cadena Ribón**

Keywords: Pumping system, Wind energy, Wind turbine, Centrifugal pump.

Description: The objective of this project is the design of a pumping system for the extraction of water fed by wind energy to meet the needs of the rancheria "El Horno", La Guajira; for this purpose, the study of the conditions of the environment and the available resources of the community was carried out, that is, the amount of drinking water they require daily, the nearby water sources and, finally, the amount of wind resource.

After this, the pumping parameters were estimated, with which the optimal components for the system are selected, considering the flow, the losses that may occur and the ease of adaptation of the alternative energy system.

For the calculation of the distribution network, a system powered by a pump was chosen. For this, a constant flow was considered for all the houses. In this way, varying the pumping flow, observing the power required to supply the fluid, the time required for the entire operation and the load losses, existing pumps on the market were analyzed and considering the results of the conditions obtained, a pump that met the requirements and had a lower energy consumption was selected.

Then, considering the power requested by the pumping system, the calculation of the parameters necessary for the choice of the components of the wind system was carried out.

Operating times of the pumping system, energy storage media, were considered, since it is proposed to use the energy generated during a day. Other elements were selected, and the system was modeled in such a way that the distribution in a space and the detailing of the components through planes are appreciated.

Finally, the conclusions of the system design process are presented.

**Bochelos Thesis

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez. Doctor en Ingeniería Química.

Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida, tanto en las zonas urbanas, como en las zonas rurales, ya que esta hace fluir la agricultura, la actividad pecuaria y todas las rutinas cotidianas de una localidad. La escasa fuente de este recurso, ya sean ríos u otras aguas superficiales, hace que sus actividades giren en torno a las estaciones de lluvias, implementando así los famosos “Jagüey”, que es donde almacenan y se proveen de agua para sus labores agropecuarias y los que hacen de la vida diaria.

Un sistema de bombeo se compone de diferentes componentes eléctricos y mecánicos que permiten aprovechar distintos tipos de energía renovable para el suministro del servicio de agua a una determinada población.

El aprovechamiento de la energía eólica en un lugar donde el recurso es abundante da a la población una oportunidad de generar energía eléctrica, recurso que se ha convertido en una necesidad actualmente.

El diseño de un sistema de bombeo de agua subterránea mediante la energía obtenida de un generador eólico, es una opción interesante para el abastecimiento de agua potable, puesto que permite la autosostenibilidad energética del sistema, por consiguiente, evita el uso de combustibles fósiles para un proceso cotidiano e impide la emisión de gases contaminantes a la atmósfera; para ello, es muy importante la selección de un equipo que tenga una necesidad energética rentable comparada con el tiempo de funcionamiento y el beneficio obtenido.

1. Descripción del problema

Problemática: Abastecimiento de agua potable a la ranchería El Horno, Riohacha, La Guajira, por medio del diseño de un sistema de bombeo autosostenible alimentado con energía eólica.

En la actualidad el mundo está en un cambio climático acelerado, el calentamiento global provoca aumentos de sequías, cambios en los ecosistemas y la desaparición de fauna y flora. La importancia del agua en todos los seres vivos es casi crucial. Es un elemento de la naturaleza que integra los ecosistemas naturales y es fundamental para el sostenimiento y la supervivencia de la vida en todo el planeta. Las funciones del agua en los seres vivos garantizan que puedan llevarse a cabo los procesos biológicos necesarios para la reproducción de la vida. Sin en el agua, la estabilidad del funcionamiento entre seres vivos y su entorno se debilitaría. Por otro lado, vemos la importancia del agua a través de actividades que realiza el ser humano, principalmente porque se usa para la agricultura en un 70%, en un 15% en la industria y el otro 15% para uso doméstico. (AQUAE FUNDACIÓN, s.f.).

Es bien conocido que en los países latinoamericanos se presenta una gran ausencia gubernamental en las partes más alejadas de las ciudades principales, el departamento de La Guajira en Colombia es uno de los departamentos donde la corrupción y la ausencia estatal han mostrado unas de las mayores tasas del país, esto sumado a que la inclemencia del clima en época de verano ha afectado a las diferentes comunidades que habitan en el departamento, en la mayoría de las ciudades los sistemas de acueducto dependen directamente de un sistema eléctrico que alimenta el bombeo, por lo tanto, cuando se hacen “recortes del servicio de electricidad” el agua

también se va. En el 2019 solo un 4% de la población rural de La Guajira contaba con acceso a agua potable según el ministerio de vivienda, mitigar los riesgos que representa el no poder acceder a este importante recurso es algo a los que las autoridades gubernamentales no han dado solución alguna (Caribe, 2019).

La Ranchería El Horno es una comunidad que se ubica en la Guajira, cerca de la ciudad capital de Riohacha, como la mayoría de las rancherías no cuentan con una fuente constante de agua potable, la mayoría de estas rancherías tiene sistemas de abastecimiento de agua que se han venido utilizado tradicionalmente como los “Jagüey”, pero que han presentado problemas para las comunidades ya que éstas utilizan el mismo suministro de agua para dar de beber a los rebaños de los que depende la economía y para el hogar (comida y aseo), al estar el manto de agua expuesto se puede contaminar con heces de los animales las cuales llevan bacterias y estas son las que proliferar y producen irritación en la piel de las personas que se bañan con esta agua, además, de que también son una fuente de mosquitos y zancudos que pueden enfermar a las personas de malaria.

Cuando las rancherías no tienen un Jagüey propio tienen que pagar costos elevados a otras rancherías para que les permitan utilizar esta agua o mandar a traer agua en carrotanques desde otras partes que es aún más costoso.

El departamento se caracteriza por la alta fluencia de viento y temperaturas, además que cuenta con fuentes hídricas subterráneas pero no de fácil acceso; de acuerdo con lo anterior, se identifica la urgencia de implementar un sistema de extracción de agua de corrientes subterráneas por medio de bombeo que tenga autosuficiencia y que pueda ser alimentado por un sistema eólico que pueda proveer toda la energía recibida por el viento, por medio de aerogeneradores dando una

sostenibilidad al sistema de bombeo, de esta manera las rancherías contarán con una fuente de agua potable y de calidad, de la cual podrán obtener el agua para los diferentes fines.

Pregunta del proyecto

¿Qué características debe tener el diseño de un sistema de bombeo para la extracción de agua subterránea autosostenible que funcione con energía obtenida a través de un sistema eólico en la ranchería “El Horno”, Riohacha, La Guajira?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de bombeo para la extracción de agua subterránea autosostenible que funcione con energía obtenida a través de un sistema eólico en la ranchería “El Horno”, Riohacha, La Guajira.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características técnicas del sistema óptimas para su funcionamiento dadas las condiciones ambientales de la localidad mediante un modelado matemático en el que se contemple las variaciones hidrológicas.
- Realizar un modelo energético, exergo-económico, y ambiental del funcionamiento del sistema propuesto para determinar su viabilidad técnica a través de la comparación con otros sistemas energéticos.
- Realizar el diseño en detalle del sistema mediante un modelado CAD y establecer costos del equipo a utilizar.

3. Justificación

El agua ha sido un elemento sagrado para las comunidades de la Guajira por tradición y por relaciones ancestrales, ya que ha sido garantía de vida para las mismas; el acceso a este recurso garantiza la sobrevivencia de una ranhería y por eso el proyecto da la posibilidad de adquirir el fluido directamente desde las corrientes subterráneas evitando así la exposición del manto de agua en la superficie, permite la posibilidad de agregar bebederos para los rebaños de los habitantes de la zona y tendrá un fácil manejo para que cualquier persona pueda manipular el sistema.

Con el sistema que se pretende diseñar se busca reducir la proliferación de enfermedades que por medio del agua se hace muy común, ya que el sistema tradicional de “jaguey” por el cual la comunidad se abastece se encuentra expuesto a la intemperie. Por eso, crear un sistema de bombeo autosostenible en la ranhería “El Horno”, Riohacha, La Guajira, encaja perfectamente para solucionar este problema, puesto que les da a los habitantes una fuente hídrica a la cual acceder, al no exponer el agua al raso, se puede evitar la contaminación de corrientes subterráneas.

La fuente principal de los ingresos económicos para las ranherías es la venta de chivos, por lo tanto, el acceso al agua para los rebaños es indispensable puesto que cuando no se puede suplir la cantidad de agua para las comunidades y sus rebaños resultan en la pérdida de la vida de los animales y algunas personas; el proyecto da la oportunidad de acceder al recurso evitando la pérdida de animales, además, los habitantes no se ven obligados a pagar altos costos por el transporte de agua en carotankes hasta sus ranherías. Al no estar el agua expuesta se evita la contaminación y pérdida del recurso y observando que el sistema es autosostenible los habitantes no tendrán que pagar por su funcionamiento normal.

4. Marco Referencial

4.1 Marco Legal

4.1.1 *Ley 1575 de 2014*

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

Se crea con el objeto de promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

La ley 1715 tiene una serie de artículos que menciona los beneficios y límites que aplican para este proyecto:

- **Artículo 11:** El ministerio de ambiente y desarrollo sostenible certificará el beneficio ambiental a los obligados a declarar renta por el fomento de la investigación e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE. Como beneficio tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años próximos al año gravable que hayan hecho la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada.

- **Artículo 12:** Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se apliquen como pre-inversión o inversión, para la producción y utilización de energía a partir de FNCE serán excluidos de IVA.
- **Artículo 13:** Las personas naturales o jurídicas que sean titulares de nuevas inversiones en proyectos FNCE tendrán el beneficio de extensión del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para los proyectos de dichas fuentes.
- **Artículo 14:** A las maquinarias, equipos y obras civiles que sean necesarias para la pre-inversión, inversión y operación en la generación a partir de FNCE se les podrá aplicar depreciación acelerada con una tasa anual no mayor de veinte por ciento (20%) (Ley 1575 de 2014).

4.1.2 Ley 09 de 1979

Por la cual se dictan medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, el suministro de agua, salud ocupacional y alimentos.

Para el suministro de agua la ley establece lo siguiente:

- **Artículo 51:** Para eliminar y evitar la contaminación del agua para el consumo humano la presente Ley establece:
 - Regulaciones sobre la toma de aguas y las condiciones de los lugares cercanos al sitio donde se efectúa esta actividad.
 - Regulaciones sobre canales o tuberías que dan pasó al agua desde la fuente de abastecimientos hasta la planta de potabilización o, en defecto de ésta, hasta el tanque de almacenamiento.

- Regulaciones sobre las estaciones de bombeo y los equipos destinados a elevar el agua de la fuente de abastecimiento o de cualquier otra parte del sistema de suministro.
- Regulaciones sobre los procesos necesarios para la potabilización del agua.
- Regulaciones sobre almacenamiento del agua y su transporte hasta el usuario, con excepción de los aspectos correspondientes a la fontanería o instalación interior.
- **Artículo 52:** Para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua, deberán seguirse las normas del Ministerio de Salud.
- **Artículo 58:** Para evitar la contaminación del agua subterránea por: aguas de mar salobres, aguas residuales o contaminadas, extracción excesiva de agua que reduzca el efecto purificador al atravesar los estratos permeables y otras causas, se deberán tomar las medidas higiénicas y de vigilancia necesarias para el correcto aprovechamiento de los pozos para agua potable.
- **Artículo 60:** Todos los pozos deberán sellarse para impedir la infiltración de aguas superficiales y la procedente de formaciones superiores al acuífero que pueda ser de calidad indeseable (Ley 09 de 1979).

4.2 Estado del arte

En el estado del arte se presentan diferentes trabajos de investigación desde el ámbito internacional, nacional y regional que permiten mejorar el resultado final del diseño de un sistema de bombeo autosostenible alimentado con energía eólica.

4.2.1 Antecedentes internacionales

4.2.1.1 Diseño de un molino de viento para extraer agua del subsuelo, para riego en zonas rurales. (Riva, 2018). Este proyecto tuvo como objetivo principal diseñar un molino de viento para explotar agua del subsuelo en zonas rurales como lo es la región Puno en Quito, Ecuador, ya que su producción agrícola disminuye en el verano debido a que solo se siembra en épocas de lluvias. Para la realización de este proyecto se hizo una investigación de tipo descriptiva, esto con la finalidad de diseñar o dar solución al problema, ya que permite la descripción total y detallada del fenómeno de estudio, mide variables o conceptos con el fin de especificar las propiedades importantes del tema de análisis, además, hace énfasis en el estudio independiente de cada característica. Finalmente, se pudo concluir que mediante un sistema de bombeo alimentado con un molino de viento se puede mejorar la producción en las zonas rurales de la región Puno para la extracción de agua del subsuelo, esto implicaría un uso masivo de estas máquinas, lo que ampliaría la producción agrícola de ya ser solo por temporadas de lluvia pasaría a ser todo el año sin ningún problema.

4.2.1.2 Diseño de un sistema de bombeo de agua alimentado por un aerogenerador para el riego de forraje, comunidad de Villa Puni-Escoma. (Guachalla, 2018). El principal objetivo de este proyecto fue diseñar un sistema de bombeo de agua alimentado por un aerogenerador para el riego de forraje, con el fin de aprovechar el sistema hídrico y la velocidad del viento del municipio Escoma, La Paz, Bolivia.

Para llevar a cabo su ejecución se estudiaron fundamentos matemáticos a aplicar para el diseño de un aerogenerador de pequeña potencia para el funcionamiento de una bomba centrífuga. Seguido a esto, se hizo un enfoque analítico de la velocidad del viento para examinar la demanda de la energía eólica y así, determinar la oferta de velocidad que se aprovechó. También, se realizó un análisis de caudales del sistema de bombeo de agua hacia el almacenamiento y posteriormente la distribución de tuberías para el riego por inundación para el forraje.

En este proyecto se pudo concluir, que para la instalación de un sistema eólico se debe tener en cuenta los efectos de temperatura y la velocidad del viento, donde los aerogeneradores deben estar orientados a una altura según el análisis de la región, las baterías deben estar instaladas en un ambiente adecuado cubierto, con el fin de tener un máximo rendimiento.

4.2.2 Antecedentes nacionales

4.2.2.1 Viabilidad técnica y económica del diseño de un sistema de extracción de agua subterránea empleando energía eólica, usado en riego por goteo para cultivos de hortalizas. (Doncel, Cubillos & Riaño, 2016). Este proyecto tuvo como objetivo principal establecer la viabilidad técnica y económica en el diseño de un sistema de extracción de agua subterránea empleando energías alternativas (energía eólica), usado en riego por goteo para cultivos de hortalizas entre 500 a 800 metros cuadrados. Para el desarrollo de este proyecto se contempló una

etapa investigativa buscando integrar el conocimiento técnico, la parte social vista desde la solución de problemas y el proceso de formulación que se necesita para desarrollar una alternativa efectiva y disponible para crear un sistema que contribuya a la mejora en el empleo de aguas subterráneas para el uso agrícola. Como conclusión basándose en un diseño virtual se conocieron los precios reales de cada componente, lo que permitió generar una tabla de costos directos e indirectos de fabricación de este, logrando una aproximación más certera al mercado actual. Asimismo, la viabilidad técnica del sistema de extracción de agua subterránea usando energía eólica se comprobó como posible, ya que el modelamiento permitió tener una aproximación del funcionamiento y composición de este.

4.2.2.2 Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua. (Sánchez, 2016). El presente trabajo tuvo como objetivo principal diseñar un sistema híbrido eólico solar que se empleó como fuente de energía para un equipo de bombeo de agua potable, el cual suplió las necesidades hídricas de tres viviendas ubicadas en la vereda “El Tambo” alto del municipio de la Celia Risaralda.

Para el alcance del objetivo mencionado se ejecutó un análisis, donde inicialmente se realizó un estudio de las necesidades y recursos disponibles de la comunidad beneficiada, después de esto, se estimaron los parámetros con los cuales seleccionaban los elementos y equipos óptimos para el sistema.

Por último, se pudo concluir que esta zona cuenta con poco potencial eólico, es decir, no alcanza la velocidad mínima de arranque de los aerogeneradores comerciales, por lo tanto, no es viable su utilización.

Este proyecto nos orienta a hacer un análisis más profundo de la localidad donde se aplicará el trabajo de investigación y esto, nos permitirá determinar la viabilidad de este.

4.2.3 Antecedentes regionales

4.2.3.1 Diseño de un sistema de captación de agua de mar mediante energía eólica.

(Solano, 2019). El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar un sistema de captación y transporte de agua de mar que funcione mediante energía eólica, para formar un sistema de riego en el corregimiento de Siapana, La Guajira, analizando las condiciones del sector y los requerimientos de diseño. Este proyecto utilizó como metodología un análisis básico donde se evidenció las circunstancias en las cual se encontraba la zona.

Finalmente, se obtuvo un diseño que se caracterizó por una larga vida útil, además de contar con una eficiencia entre 0,3 y 0,35. Asimismo, cumple satisfactoriamente con los requerimientos preestablecidos, del mismo modo, el diseño elaborado, en comparación con un posible sistema alimentado con energías no renovables, es aproximadamente 8,5 veces más económico, además de que no produce emisiones ni promueve la extracción de petróleo.

4.2.3.2 Sistema híbrido de bombeo para comunidades remotas. (Ochoa & Álvarez, 2018). Este proyecto tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de bombeo híbrido totalmente dependiente de recursos naturales renovables para brindar agua a comunidades remotas del país, ubicadas en zonas de difícil acceso, en las que este recurso vital escasea y en donde el suministro eléctrico es inexistente o poco fiable, como lo es en la comunidad Wayuu, sector Santa Ana, La Guajira.

Para llevar a cabo este proyecto, se comenzó por el análisis de la zona donde se deseó intervenir con tecnologías de energías renovables, por estas razones se realizó un estudio topográfico para analizar la posibilidad de disponer de una fuente de agua subterránea que pueda suplir la necesidad de las personas que habitaban allí. Después de analizar a la población y la fuente de agua subterránea, se estudiaron las condiciones territoriales de la zona con el fin de conocer estadísticamente los parámetros de radiación y la velocidad promedio del viento, ya que, son características esenciales en la implementación del sistema.

Como resultado se obtuvo un sistema híbrido de bombeo con pruebas altamente satisfactorias en cuanto al abastecimiento de agua para comunidades remotas, debido a que los aldeanos ya no tienen que desplazarse largas distancias para la obtención de este recurso hídrico, asimismo, un estudio topográfico y demás variables en la zona arrojaron resultados concluyentes acerca de la viabilidad, ya que, el sitio contó con las condiciones adecuadas para la realización del proyecto.

4.3 Referentes teóricos

En esta sección del documento, se presentan los conceptos y definiciones necesarias que servirán de referencia para una mejor comprensión del tema, la problemática y todo lo relacionado con el diseño del sistema de bombeo autosostenible alimentando con energía eólica.

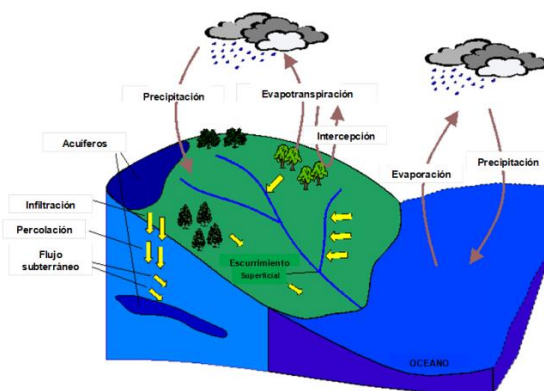
4.3.1 Ciclo hidrológico

E ciclo hidrológico (Figura 1) es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales,

condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación (Ordoñez, 2011).

Figura 1

Representación del ciclo hidrológico



Nota. Adaptado de *Aguas subterráneas – Acuíferos*, por Ordoñez, J., 2011.

4.3.1.1 Agua subterránea. Las aguas subterráneas se entienden como aquellas masas de agua que se encuentran bajo la superficie del suelo. Forman parte del ciclo hidrológico, que se infiltra a través del agua de lluvia, de la nieve, del agua que se infiltra de las lagunas y los ríos, o en general, cuando la capa superficial del suelo se encuentra saturada de agua. Se encuentran en formaciones geológicas porosas llamadas acuíferos, por donde el agua se mueve y se conecta con las aguas superficiales.

El contenido de agua en los acuíferos puede variar según las condiciones meteorológicas, las tasas de explotación y las tasas de recarga. Por ejemplo, en época de fuertes lluvias puede aumentar la tasa de recarga. Sin embargo, en época de sequía donde se mantiene la tasa de explotación, podría bajar el nivel del agua (Valdivielso, s.f.).

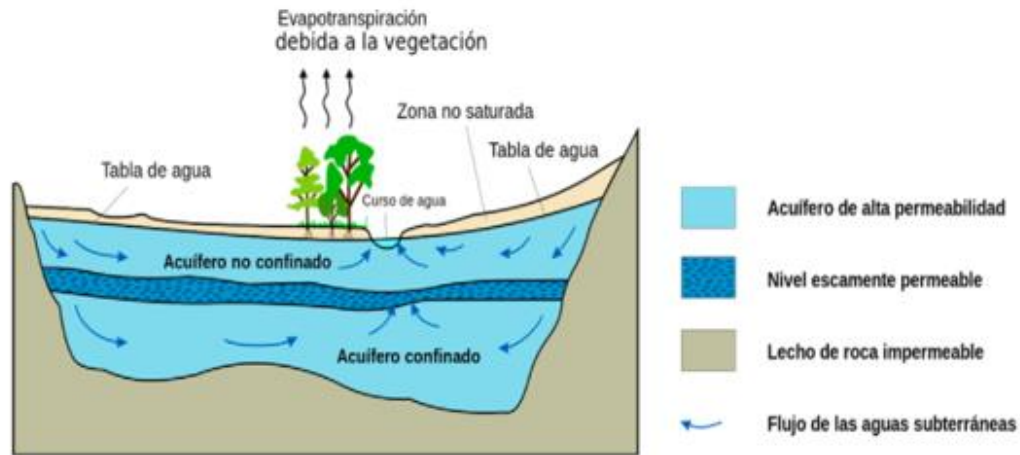
Generalizando, podemos clasificar los acuíferos en dos tipos: libres, que se encuentran parcialmente llenos de agua, y confinados (o cautivos) donde el agua almacenada se encuentra entre capas impermeables (Valdivielso, s.f.).

Los acuíferos libres son aquellos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior a la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel al que ella se eleva respecto a otro de referencia se llama nivel freático.

Los acuíferos confinados o artesianos son formaciones geológicas permeables completamente saturadas, confinadas entre dos capas o estratos impermeables o prácticamente impermeables (superior e inferior). En estos acuíferos, el agua está sometida a una presión mayor que la atmosférica y al perforar el pozo en ellos se eleva por encima de la parte superior del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico donde finalmente queda la superficie piezométrica o espejo de agua (Pérez, 1995).

Para acceder a esta agua, habitualmente se lleva a cabo una perforación donde se puede instalar una bomba sumergible, y es precisamente en este tipo de sistemas en el que nos centraremos.

En el interior de la perforación se instala normalmente un encofrado, un revestimiento o encamisado, que evita que el pozo se derrumbe alrededor de la bomba. Debajo del encofrado y alineado con el acuífero, se encuentra otro “encofrado” con ranuras finas que permite que el agua entre en el pozo y hace de filtro, evitando la entrada de arena y partículas más grandes (Valdivielso, s.f.).

Figura 2*Flujo de agua a través de un acuífero*

Nota. Adaptado de ¿Qué es un acuífero?, por Valdivielso, A. s.f.

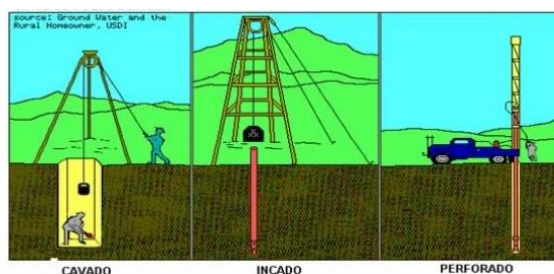
4.3.1.2 Pozo. Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos como el petróleo. Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (Ordoñez, 2012). (Ver figura 3).

Para la extracción de aguas subterráneas de los acuíferos existen tres tipos de pozos:

Pozo clavado: es cuando un tubo perforado bombea agua en la capa freática.

Pozo hincado: es cuando se excava verticalmente hasta la capa freática utilizando diferentes técnicas.

Pozo perforado: se usan sistemas de percusión o rotación llegando a altas profundidades.

Figura 3*Tipos de pozos de agua*

Nota. Adaptado de *Aguas subterráneas, Definición, importancia, formas de extracción, tipos de contaminación y recomendaciones*, por la empresa Fibras y Normas de Colombia S.A.S.

4.3.2 Sistema de bombeo

Los sistemas de bombeo son dispositivos para elevar y extraer agua de un punto bajo a uno elevado, de agua superficial, subterránea o de depósitos a sistemas de distribución. Este tipo de bombas pueden ser impulsadas por varias fuentes de energía (electricidad, solar, combustibles, eólica y animal). Este tipo de tecnología requiere de conocimientos técnicos para definir el tipo de instalación, operación y mantenimiento, así como de recursos económicos. (Rodríguez, 2020).

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. Esta publicación se limita al estudio del transporte de fluidos newtonianos incompresibles, y más concretamente de líquidos. (Blanco, et al., 1994).

4.3.2.1 Bombas. Las Bombas son generadores hidráulicos que absorben energía mecánica en el eje y proporcionan energía hidráulica a un líquido que bombean por una tubería (con accesorios). Su aplicación es muy diversa, para la impulsión de toda clase de líquidos.

En general actúan en dos fases:

- **Aspiración:** elevando el líquido desde su nivel hasta la bomba, por medio de la tubería de aspiración. La bomba ejerce un vacío con el fin de que el líquido pueda subir por la tubería de aspiración impulsada por la presión atmosférica.
- **Impulsión:** conducción del líquido desde la bomba hasta su destino, por medio de la tubería de impulsión. En esta fase la bomba ejerce la presión necesaria para que el líquido se traslade a lo largo de la tubería (Pérez y Renedo, s.f.).

4.3.2.2 Clasificación de las bombas. Por la continuidad de la circulación del fluido de trabajo:

- Volumétricas o de desplazamiento positivo: en cada instante evoluciona una cantidad determinada de fluido. Ejemplo: alternativa, engranajes, de tornillo.
- Dinámicas, turbomáquinas o rotodinámicas: provocan circulación continua del fluido. Ejemplo: centrífuga.

Por la ubicación:

- Sumergible: una bomba sumergible funciona completamente inmersa en el agua a bombear.
- Pozo profundo: se sumerge de forma permanente y completamente en el agua que se va a bombear.

4.3.2.3 Características principales de las bombas

- **Caudal:** Este parámetro indica la cantidad de líquido (medido volumétricamente) que puede impulsar la bomba en determinado tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Donde V es volumen y t es el tiempo requerido.

- **Cabeza de bombeo:** Se define como la altura que el rodete imparte al fluido menos las pérdidas generadas al interior de la bomba. El cálculo de este parámetro se da partiendo de la ecuación de Bernoulli entre el punto de entrada de líquido (E) y el punto de salida (S).

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (2)$$

Con lo cual se puede definir la altura útil como la diferencia de alturas totales entre la salida y la entrada de la bomba. Esta diferencia es el incremento de la altura útil comunicada por la bomba al fluido.

- **Potencia útil:** es la rapidez con que se transfiere la energía.

$$P_A = h_a * \gamma * Q \quad (3)$$

Donde P_A denota la presión que se agrega al fluido.

4.3.2.3.1 Carga total dinámica. La Carga Dinámica representa la resistencia de un sistema de bombeo mientras el fluido bombeado está en movimiento. Por lo que, las pérdidas en la carga dinámica son aquellas que se crean una vez que el fluido empieza a desplazarse a través del sistema. Estas pérdidas son debido a la fricción; comúnmente llamadas Pérdidas de Fricción (Fesmex, 2019).

$$H_A = H_{manométrica} + H_{pérdidas} \quad (4)$$

$$H_{pérdidas} = hL_{primarias} + hL_{secundarias} \quad (5)$$

- Pérdidas en tuberías ($hL_{primarias} = hL$)

$$h_L = f * \frac{L * v_{desc.corregida}^2}{2 * D * g} \quad (6)$$

Donde: D es el diámetro de la tubería, g la gravedad y L la longitud del tubo.

f es el factor de fricción en las tuberías el cual se puede hallar con la siguiente ecuación o con el diagrama de Moody.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right] \quad (7)$$

$v_{desc.corregida}^2$ es la velocidad de descarga corregida, la cual se halla de la siguiente manera: D es el diámetro de la tubería y g la gravedad.

$$Q = v_{desc.corregida} * \frac{D^2 * \pi}{4} \quad (8)$$

De la ecuación del factor de fricción: ε es la rugosidad relativa:

$$\varepsilon = \frac{E}{D} \quad (9)$$

E es la rugosidad absoluta del material de la tubería.

$$Re = \frac{v_{desc.corregida} * L_c}{\nu} \quad (10)$$

Donde L_c es la longitud característica de un perfil y ν es la velocidad cinemática del agua.

- **Pérdidas en accesorios ($hL_{secundarias} = hF$)**

$$h_F = \sum k = k \frac{v_{desc.corregida}^2}{2g} \quad (11)$$

Donde k es el coeficiente del accesorio.

4.3.3 Energía eólica

La energía eólica es la obtenida de la fuerza del viento, mediante la utilización de energía cinética generada por las corrientes de aire. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan en áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión). La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos de aspas, en las últimas décadas, el aprovechamiento de la energía eólica ha progresado hasta convertirse en uno de los pilares fundamentales de suministro de energía renovable. (Estefanero y Umpiri, 2018).

4.3.3.1 Turbinas eólicas. Una turbina eólica es un dispositivo mecánico que convierte la energía del viento en electricidad. Las turbinas eólicas diseñan para convertir la energía del movimiento del viento (energía cinética) en la energía mecánica, movimiento de un eje. Luego en los generadores de la turbina, esta energía mecánica se convierte en electricidad. La electricidad generada se puede almacenar en baterías, o utilizar directamente (Textos científicos, 2015).

El funcionamiento es el siguiente: el viento incide sobre las palas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al generador a través de un sistema multiplicador de velocidad. El generador producirá corriente eléctrica que se deriva hasta las líneas

de transporte. Para asegurar en todo momento el suministro eléctrico, es necesario disponer de acumuladores.

4.3.3.1.1 Tipos de turbinas eólicas. Hay dos diseños básicos de turbinas eólicas, las máquinas de eje vertical y las de eje horizontal.

- **Turbinas de eje horizontal:** en estos modelos el eje de rotación es paralelo a la velocidad del viento. Son los más utilizados en el sector eólico y han presentado avances tecnológicos muy importantes en sus diseños y construcción.

Figura 4

Turbina de eje horizontal tripala



Nota. Adaptado de *Energía eólica-Tipos de aerogeneradores*, 2015.

Estos tipos de generadores, a su vez, se pueden clasificar según su velocidad de giro en:

- **Aerogeneradores lentos:** en general están constituidos por un número alto de palas, multipalas, que cubren casi toda la superficie del rotor. Poseen un elevado par de arranque, gracias al cual pueden ponerse en marcha incluso con velocidades de viento muy bajas. Su baja velocidad

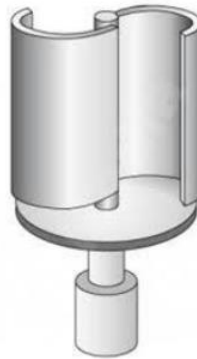
de rotación hace que sean poco útiles para la producción de electricidad, siendo su uso más frecuente para el bombeo de agua.

- **Aerogeneradores rápidos:** presentan un par de arranque pequeño y requieren velocidades de viento del orden de 4 a 5 m/s para su puesta en marcha. La mayoría poseen tres palas y se utilizan para la producción de electricidad, a través de su acoplamiento con un alternador. Su gama de potencias es muy amplia va desde modelos de 1 kW usados en instalaciones autónomas a modelos de gran potencia.

- **Aerogeneradores de velocidad intermedia:** tienen entre tres y seis palas y sus prestaciones están comprendidas entre las correspondientes a los dos casos anteriores. Se utilizan cuando las condiciones de viento no son muy favorables y en general son de pequeña potencia. Su aplicación principal es en equipo autónomos para la producción de electricidad.

- **Turbinas de eje vertical:** en éstos el eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento. Presenta ciertas ventajas en el mantenimiento, pero su rendimiento es menor que uno de eje horizontal de su misma potencia. Existen dos diseños básicos:

- **Tipo savonius:** su principal ventaja consiste en trabajar con velocidades de viento muy bajas. Se compone de dos semicilindros de igual diámetro situados paralelamente al eje vertical de giro. La fuerza que el viento ejerce en las caras de los cilindros (cara cóncava y cara convexa) es distinta, por lo que las hace girar alrededor del eje. Este sistema presenta buenas características aerodinámicas para el autoarranque y la autorregulación. Su campo de aplicación está en la producción autónoma de electricidad o el bombeo de agua.

Figura 5*Turbina de eje vertical Savonius*

Nota. Adaptado de Energía eólica-Tipos de aerogeneradores, 2015.

▪ **Tipo de Darrieus:** están formados por dos o tres palas de forma ovalada de perfil aerodinámico y tienen características parecidas a las de eje horizontal, presentando un par de arranque muy pequeño. Su potencia es pequeña y aunque su aplicación es similar a los aerogeneradores rápidos de eje horizontal, están poco implantados. (Frías, 2011).

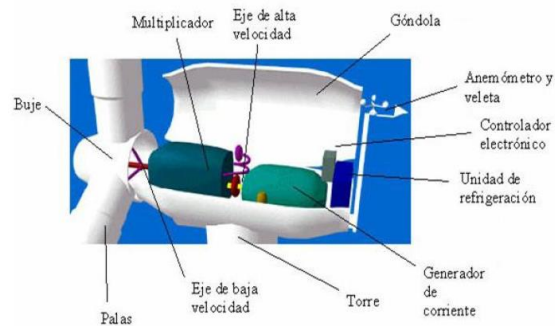
Figura 6*Turbina de eje vertical Darrieus*

Nota. Adaptado de Energía eólica-Tipos de aerogeneradores, 2015.

4.3.3.1.2 Componentes de una turbina eólica

Figura 7

Componentes de una turbina eólica



Nota. Adaptado de *Aprendamos tecnología*, (s.f.).

- **Torre:** Es el elemento de sujeción y el que sitúa el rotor y los mecanismos que lo acompañan a la altura idónea. Está construida sobre una base de hormigón armado (cimentación) y fijado a ésta con pernos. La torre tiene forma tubular y debe ser suficientemente resistente para aguantar todo el peso y los esfuerzos del viento, la nieve, etc. En su base está generalmente el armario eléctrico, a través del cual se actúa sobre los elementos de generación y que alberga todo el sistema de cableado que proviene de la góndola, así como el transformador que eleva la tensión. En el exterior tiene escalas para acceder a la parte superior.

- **El rotor:** Es el elemento que capta la energía del viento y la transforma en energía mecánica. A su vez, el rotor se compone de tres partes fundamentales: las palas (que capturan la energía contenida en el viento), el eje (que transmite el movimiento giratorio de las palas al aerogenerador) y el buje (que fija las palas al eje de baja velocidad). Las palas son los elementos más importantes, pues son las que reciben la fuerza del viento y se mueven gracias a su diseño

aerodinámico. Están fabricadas con resina de poliéster y fibra de vidrio sobre una estructura resistente, y su tamaño depende de la tecnología empleada y de la velocidad del viento.

- **Góndola:** Es la estructura en la que se resguardan los elementos básicos de transformación de la energía, es decir: multiplicador, eje del rotor, generador y sistemas auxiliares.

- **Multiplicador:** Es un elemento conectado al rotor que multiplica la velocidad de rotación del eje para alcanzar el elevado número de revoluciones que necesitan las dinamos y los alternadores.

Dentro de los multiplicadores se distinguen dos tipos: los de poleas dentadas y los de engranaje.

- **Multiplicadores de poleas dentadas:** Se utilizan para rotores de baja potencia.
- **Multiplicadores de engranaje:** En este tipo de multiplicadores los engranajes están protegidos en cajas blindadas para evitar su desajuste y desengrasado.

Aunque la mayoría de los aerogeneradores tienen multiplicador, existen algunos rotores que no lo necesitan.

- **Sistema hidráulico:** Utilizado para restaurar los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

- **Eje de alta velocidad:** Permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

- **Generador:** La función del generador es transformar la energía mecánica en energía eléctrica. En función de la potencia del aerogenerador se utilizan dinamos (son generadores de corriente continua y se usan en aerogeneradores de pequeña potencia, que almacenan la energía eléctrica en baterías) o alternadores (son generadores de corriente alterna).

- **Mecanismo de orientación:** Activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta. Normalmente, la turbina sólo se orientará unos pocos grados cada vez, cuando el viento cambia de dirección.

- **Controlador electrónico:** Tiene un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente para el aerogenerador.

- **Unidad de refrigeración:** Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además, contiene una unidad de refrigeración de aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores enfriados por agua.

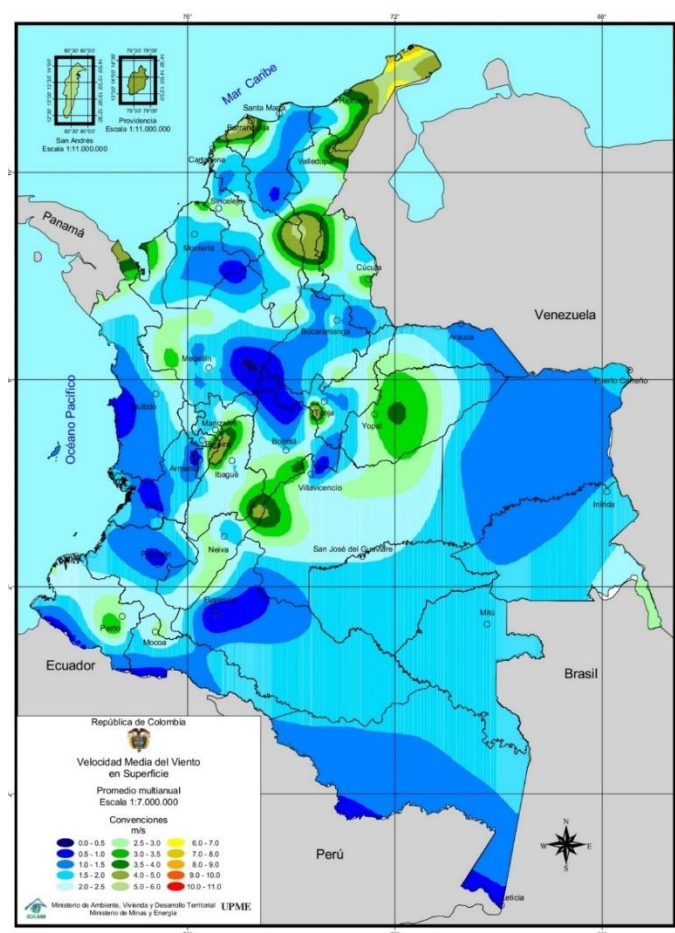
- **Anemómetro y la veleta:** Se utilizan para medir la velocidad y la dirección del viento. Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s (18 km/h). El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 m/s (90 km/h), con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para girar al aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación. (Aprendamos tecnología, s.f.).

4.3.3.1.3 Energía eólica en Colombia. Según el Mapa Eólico de Colombia (Ver Figura 8), se destacan 16 lugares del país donde las intensidades del viento son importantes para el aprovechamiento del recurso eólico. Existen tres sitios donde los vientos son persistentes y superiores a 5m/s durante todo el año: Galerazamba en el departamento de Bolívar, Gachaneca en Boyacá y la isla de San Andrés en el mar Caribe colombiano. Hay tres sitios donde las velocidades

son persistentes, pero en el rango entre los 4 y 5m/s: La Legiosa en el Huila, Isla de Providencia en el Mar Caribe y Riohacha en La Guajira. Los restantes 10 lugares no guardan una gran persistencia en la velocidad del viento excepto para determinadas épocas y/u horas del año como son: Villacarmen en Boyacá, Obonuco en Nariño, Cúcuta y Ábrego en Norte de Santander, Urrao en Antioquia, Soledad en Atlántico, Santa Marta en Magdalena, Bucaramanga en Santander, Anchique en Tolima y Bogotá en Cundinamarca (Ochoa y Álvarez, 2018).

Figura 8

Mapa de la velocidad media del viento en Colombia



Nota. Adaptado de *Atlas de viento y energía eólica en Colombia*, por IDEAM - IPME.

4.3.3.1.4 Energía obtenida del viento. La energía del viento proviene de la energía cinética de las partículas en movimiento, por lo tanto:

$$Ec = \frac{1}{2} * m * V^2 \quad (12)$$

Donde m es la masa de las partículas y V la velocidad del viento.

Es de interés saber la potencia que se puede conseguir del fluido. Sabiendo que la potencia expresa la energía por unidad de tiempo, se tiene que:

$$P_{viento} = \frac{Ec}{t} = \frac{1}{2} * \dot{m} * V^2 \quad (13)$$

Donde $\dot{m}$ es el flujo másico del viento, definido como:

$$\dot{m} = \rho * V * A \quad (14)$$

Donde A es la sección transversal a la dirección del flujo de aire. Para el caso en estudio, esta área corresponde al área de barrido de la turbina, que viene dada por el diámetro del rotor.

$$A = \pi * r^2 \quad (15)$$

Al reemplazar la ecuación 14 en la ecuación 13, se tiene:

$$P_{viento} = P_{disp} = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad (16)$$

Donde P_{disp} es la potencia disponible presente en el flujo del viento. No obstante, está energía no es captada y transformada en su totalidad en energía mecánica por la turbina, sino, una parte de ella. De modo que:

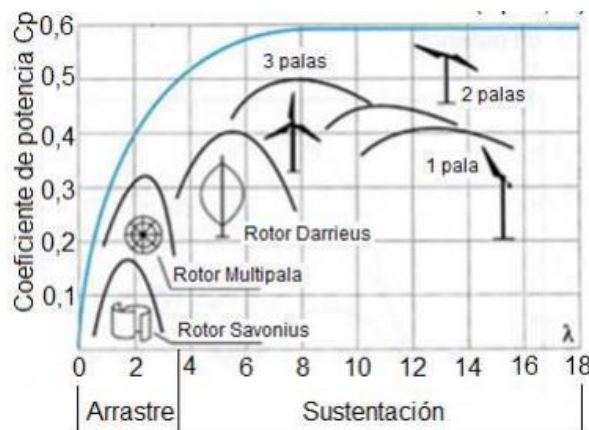
$$P_{gen} = P_{disp} * C_p = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * C_p \quad (17)$$

Esta expresión representa la potencia útil o generada por el rotor de la turbina para ser convertida en electricidad o realizar algún trabajo. La potencia generada que teóricamente puede ser aprovechada de un flujo de viento es tan solo un 59,3% de la potencia disponible del mismo. En consecuencia, el valor máximo de coeficiente es igual a 0,593. (Correa y Rodríguez, 2020).

El término C_p se denomina coeficiente de potencia y representa el desempeño o eficiencia de la turbina, con un límite de 16/27, según Betz. En la práctica, su valor está situado entre 0,4 y 0,5 para generación de electricidad y entre 0,3 y 0,4 para bombeo de agua.

Figura 9

Rendimiento respecto al límite de Betz



Nota. Adaptado de *Evaluación del recurso eólico en la Universidad Tecnológica de ciudad Juárez* por Vidal R, 2014.

4.3.3.2 Análisis exergoeconómico. El análisis de exergía proporciona una herramienta significativa para evaluar y comparar varios procesos con criterio. Se basa en la segunda ley de la termodinámica. Además de la cantidad de energía, la exergía también considera la calidad de la energía en un proceso reversible con respecto a un estado de referencia. (Tyagaraja S).

La exergía siempre se evalúa con respecto a un entorno de referencia (el llamado estado muerto). En análisis, la temperatura T_0 y presión P_0 del medio ambiente a menudo se toman valores de estado estándar como 25 °C y 1 atm.

$$\dot{E}x = \dot{E}x_{cinética} + \dot{E}x_{potencial} + \dot{E}x_{física} + \dot{E}x_{química} \quad (18)$$

Donde $\dot{E}x$ simboliza la exergía en la relación anterior. Si consideramos el ambiente con valores de estado estándar, la exergía química y física del aire será cero. Debido a que la altura del aire no cambia, la exergía potencial será cero. Por consiguiente, la energía cinética del fluido y su exergía tienen el mismo valor.

$$\dot{E}x_1 = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad (19)$$

La exergía de salida puede ser calculada al multiplicar la exergía disponible por el coeficiente de potencia, este representa la energía producida por la turbina como parte de la energía eólica total que pasa por el área barrida de la turbina. La ecuación queda de la siguiente manera:

$$\dot{E}x_2 = \dot{E}x_1 * Cp = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * Cp \quad (20)$$

Un análisis de exergía incluye el flujo de irreversibilidades asociadas al sistema. La ecuación del equilibrio de la exergía se puede expresar como: (Payam Sabaiefard, Farid Khalafi).

$$\dot{E}x_1 = \dot{W}_{out} + \dot{E}x_2 + \dot{E}x_{dest} \quad (21)$$

Donde $\dot{E}x_1$ es la exergía disponible, $\dot{E}x_2$ es la exergía a la salida de la turbina, $\dot{W}_{out}$ es el trabajo de salida y $\dot{E}x_{dest}$ representa la destrucción de la exergía asociada con el proceso. Es una medida representativa de las irreversibilidades involucradas en el proceso. Esta metodología ofrece una medida alternativa útil de la eficiencia de la turbina que incluye las irreversibilidades, que no fueron incluidas en el análisis energético.

Finalmente, la eficiencia exergética se define como:

$$\psi = \frac{\dot{W}_{out}}{\dot{E}x_1 - \dot{E}x_2} \quad (22)$$

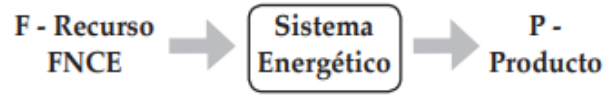
El término exergoeconomía, proviene de la fusión entre la exergía y la economía, con lo que se busca estimar, a partir del análisis exergético las verdaderas ineficiencias termodinámicas y los costos asociados a estas.

Para el desarrollo de los factores exergo-económicos aplicados a las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), se utilizó la información secundaria de las bases de datos más importantes, en la que se analizaron los aspectos de mayor relevancia para la evaluación de los sistemas energéticos.

Los autores aplicaron el F-Principio, el cual consiste en desarrollar un sistema de ecuaciones lineales para calcular los costos exergético unitarios de las corrientes que interconectan los equipos de un sistema, con base en los costos del recurso (combustible-F) y los costos de los equipos utilizados; y establecieron el homologo para el producto o P-Principio, en cual permite establecer un sistema de ecuaciones lineales con base en el precio exergético del producto (Trabajo Útil-P). Para explicar el P-Principio para FNCE se puede analizar la figura 10.

Figura 10

Componentes de un sistema energético para FNCE



Nota. Adaptado de *Evaluación exergética para tecnologías aplicadas a fuentes no convencionales de energía*, por Monroy, et al., 2016.

Para los sistemas energéticos derivados de FNCE, se tiene en cuenta como corriente de entrada los recursos no convencionales, los cuales por lo general no generan residuos, por lo tanto, en la figura 10, se aprecia que solo hay una corriente de entrada (F) y una corriente de salida (P), porque se supone que las FNCE no generan residuos (R) o flujos másicos con contenido energético no aprovechable. Del balance exergético de la figura 10 y teniendo en cuenta el P-Principio se puede obtener el balance expresado en la Ecuación 23:

$$c_f * \dot{E}_f = c_p * \dot{E}_p - \dot{Z}_{se} \quad (23)$$

Para calcular el flujo de costos de la tecnología existente, es decir, el costo del aerogenerador, la operación y el mantenimiento durante la vida útil, es necesario hallar el flujo de costos del recurso y del producto, como se expresa en la ecuación anterior. Donde $\dot{E}_f$ y $\dot{E}_p$ [Kj/s] son los flujos de exergía del recurso (FNCE) y del producto (trabajo), respectivamente; mientras c_f [\$/Kj] es el costo exergético unitario del recurso, c_p [\$/Kj] es el costo unitario del producto y $\dot{Z}_{SE}$ [\$/s] es el flujo de costos de la tecnología utilizada. Si el recurso utilizado es gratuito, entonces c_f es cero.

Por otra parte, los recursos del sistema FNCE son totalmente “gratuitos” y son aportados por el entorno (medio), mientras que los sistemas convencionales los recursos por lo general tienen un costo y posteriormente generan residuos que contaminan el entorno. Esto hace que el sistema FNCE sea atractivo y se hagan numerosos esfuerzos para madurar la tecnología y reducir los costos de esta para que la generación mediante FNCE sea competitiva frente a los costos de generación con tecnologías convencionales.

El hecho que los sistemas FNCE aprovechen recursos gratuitos hace difícil realizar evaluaciones tecnológicas a partir de los costos, por lo tanto, la metodología empleada en este trabajo toma como parámetro fundamental los precios de la energía útil (producto) para hacer la evaluación y las comparaciones con los sistemas convencionales. Con la inclusión del precio, se puede tener una aproximación de la capacidad real y potencial de ingresos, cuando el sistema está operando.

Para ello se considera la eficiencia potencial de ingresos, esta establece el porcentaje de ingresos que se deja de percibir a causa de la exergía perdida y destruida en el sistema.

$$\varepsilon_{pl} = \frac{1}{\left[1 + \frac{c_p}{r_p} \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon}\right)\right]} \quad (24)$$

La ε_{pl} tiene valores entre cero y uno, de tal manera que si el factor tiende a cero los ingresos que se obtienen serían bajos, por tal motivo, el sistema planteado requerirá una optimización con el fin de mejorar la eficiencia del sistema y alcanzar mejores niveles de ingresos por FNCE.

Mediante la ecuación 24 es posible evaluar diferentes sistemas de manera simultánea dentro de un mismo escenario. Para un primer modelo teórico se tomará como escenario los precios de exergía (electricidad) del mercado en Colombia, mientras que el rango de costos exergéticos

unitarios y de las eficiencias exergéticas de las más modernas tecnologías de generación se tomarán de la literatura, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Rango de precio, costo y eficiencia exergética para diferentes tecnologías energéticas en un escenario colombiano

Tipo de central de generación	Costo Ex unitario (c_P) \$/kWh	Eficiencia Exergética (ε)	Pecio Ex. Unitario (r_P) \$/kWh
Eólica	100-440	4.8-42.4	
Carbón	60-220	37-44	
Gas natural	40-200	49-58	171-274
Biomasa	120-280	20-35	
Fotovoltaica	200-740	10-25	

Nota. Adaptado de *Evaluación exergética para tecnologías aplicadas a fuentes no convencionales de energía*, por Monroy, et al., 2016.

Los valores reportados del costo exergético unitario y la eficiencia exergética de las diferentes tecnologías, depende del tamaño de los sistemas, la calidad de los materiales utilizados y la disponibilidad de los recursos. En este sentido, hay un rango de datos en la tabla 1, que busca satisfacer la mayor parte de las condiciones de las tecnologías incluidas en el análisis. Para el caso del precio exergético unitario del producto, corresponde a una variable incierta que depende de las condiciones del mercado, pero sería igual para todas las tecnologías. Finalmente, los valores de la tabla 1, se toman bajo el supuesto que se incluyen todos los costos necesarios para la operación y funcionamiento de cada sistema en un escenario favorable para que se desarrolle la tecnología; es decir, que se tenga la materia prima disponible y el sistema puesto a punto, con base en las diferentes evaluaciones relacionadas en la literatura. (Monroy, et al., 2016).

El costo estimado del kWh para la generación de energía eólica se representa en la ecuación 25 así, teniendo en cuenta que está determinado por el flujo de costos de la tecnología y esta está en un sistema aislado de la red eléctrica nacional:

$$\frac{\$}{kWh} = \dot{Z}_{se} * \frac{1}{\dot{E}_p} * 3600 \quad (25)$$

Con el fin de obtener el posible costo de generación de energía eólica mensual, se debe aplicar la ecuación 26.

$$\frac{\$}{kWh_{mes}} = \frac{\$}{kWh} * \dot{E}_p * 720(f_c) \quad (26)$$

Donde f_c representa la relación entre el número de horas disponibles de la turbina (Nhd) y (Nht) es el número de horas totales del mes, esta relación se puede apreciar en la ecuación 27:

$$f_c = \frac{Nhd}{Nht} \quad (27)$$

5. Metodología

5.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta que el objetivo principal del proyecto es diseñar un sistema de bombeo autosostenible alimentado por energía eólica en la ranchería El Horno, La Guajira, el tipo de investigación a desarrollar en este proyecto es experimental descriptiva, que consiste en identificar, analizar y evaluar las características necesarias para el diseño de este, por medio de la simulación y análisis de las variables.

5.2 Caracterización del contexto y población

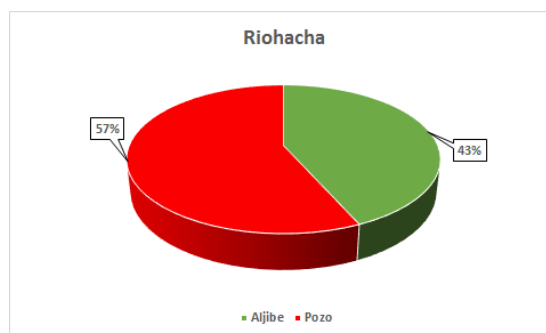
Este proyecto de investigación se llevó a cabo en la ranchería El Horno, Riohacha, La Guajira. Esta ranchería se encuentra ubicada en la zona rural de Riohacha en el corregimiento de Camarones, a siete kilómetros de la cabecera municipal, cuenta con un rango de temperatura entre 29 y 38°C aproximadamente, con un promedio anual de velocidad de viento de 4.7 m/s, consta de 15 viviendas, cada una con seis personas aproximadamente.

5.2.1 Puntos de agua subterránea en Riohacha

Según un estudio realizado por el sistema geológico colombiano (SGC) se han inventariado desde el año 2013, un total de 284 puntos de agua subterránea, correspondientes a 123 aljibes y 161 pozos subterráneos, las captaciones de agua subterránea se encuentran distribuida a lo largo de la parte central y norte de su jurisdicción, con una mayor concentración en la falla de Oca extrayendo agua de las primeras capas acuíferas de los depósitos inconsolidados Cuaternarios y la Formación Monguí.

Figura 11

Sectores de cada tipo de captación de Riohacha

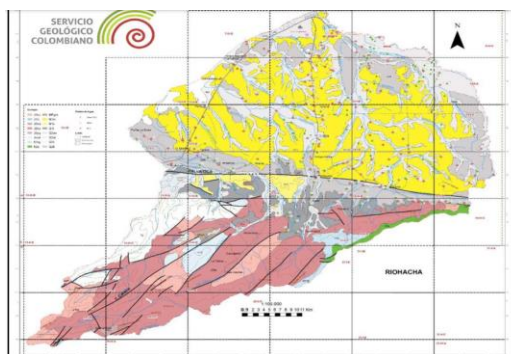


Nota. Adaptado de SGC, 2016.

Los aljibes se caracterizan por presentar diámetros entre los 0,8 y 2,3 metros, profundidades que varían entre los 5,0 y 45 metros, predominando aquellos que no superan los 17 metros de profundidad. En su mayoría, este tipo de captaciones presentan un revestimiento en cemento, el método de extracción del agua es manual o con motobomba y fueron construidos desde la década de los años 60's hasta hace unos pocos años.

Figura 12

Distribución geoespacial de puntos de agua subterránea inventariados, localizados sobre la unidad geológica aflorante en el municipio de Riohacha



Nota. Adaptado de SGC, 2016.

La mayoría de los pozos se caracterizan por haberse entubado con tubería en PVC de 2” y 6”, cuyas profundidades se encuentran entre los 30 y 150 metros de profundidad. El principal método empleado para extraer el agua en estas captaciones es a través de molinos de viento, seguido del uso de bomba sumergible.

En los sitios donde fue posible medir la profundidad del nivel freático, se establece que la profundidad del agua en las primeras capas acuíferas se encuentra en el rango de 1,1 hasta los 49 metros de profundidad, predominando una profundidad cercana a los 13 metros.

Tabla 2

Número de captaciones por unidad geológica en el municipio de Riohacha

Unidad geológica	Aljibes	Pozos
Batolito Central (J1bc)	1	
Batolito de Patillal (j2bp)	2	1
Formación Monguí (N1m)	33	75
Depósitos delgados (Q1t)	5	2
Depósito de cauce aluvial (Q2al)	54	45
Depósitos costeros (Q2c)		1
Depósito de llanura aluvial (Q2ll)	22	37
Total de puntos inventariados-Municipio de Riohacha	284	

Nota. Adaptado de SGC, 2016.

5.2.1.1 Parámetros fisicoquímicos de campo. El pH en los aljibes presenta valores entre los 5,73 y 9,47, que en promedio corresponden a 7,13; mientras que, para los pozos se presentan valores en el rango de 6,22 y 9,49, cuyo promedio corresponde a los 7,60; sin embargo, el límite superior, en ambas captaciones, presentan como valores atípicos básicos. Con relación a lo anterior, los dos tipos de captaciones presentan, en promedio, valores de pH neutros.

Tabla 3

Estadística de los parámetros fisicoquímicos in-situ tomados en los puntos de agua subterránea inventariados en el municipio de Riohacha

Parámetro Fisicoquímico		Aljibes	Pozo
pH	Valor más alto	9.47	9.49
	Valor más bajo	5.73	6.22
	Promedio	7.13	7.6
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Valor más alto	47700	15290
	Valor más bajo	68.4	310.2
	Promedio	3133.1	2184.4
T($^{\circ}\text{C}$)	Valor más alto	37	41.4
	Valor más bajo	25	21.9
	Promedio	30.3	30.7
STD (ppm)	Valor más alto	23370	7492
	Valor más bajo	33.4	152.5
	Promedio	1538.9	1052.1
Salinidad (psu)	Valor más alto	31.13	8988
	Valor más bajo	0.089	0.144
	Promedio	1.79	1.14
Resistividad (ohm-m)	Valor más alto	146013	32.237
	Valor más bajo	0.209	0.654
	Promedio	8.43	8.72

Nota. Adaptado de SGC, 2016.

Con respecto a la salinidad para el caso de los aljibes y pozos se presentan valores que, en promedio, superan las 1,1 psu (unidades prácticas de salinidad). Es muy importante tener en cuenta el parámetro de salinidad porque existen captaciones para las cuales se presentan valores demasiado elevados, en cuyos casos es necesario realizar un tratamiento previo a su uso.

5.2.1.2 Sistema acuífero Formación Monguí. Los parámetros hidráulicos del Sistema Acuífero Monguí obtenidos a partir de la interpretación de las pruebas de bombeo, realizadas con bombas de prueba instaladas en los pozos profundos perforados en los municipios de Riohacha y Maicao (SGC – Carraipía, SGC – Hospital de Maicao, SGC – Riohacha 1 y SGC – Riohacha 2) presentan transmisividades (T) entre 260 y 1630 m/día y una Conductividad Hidráulica (K) entre los 1,45 y 10,9 m/día sugiriendo que los niveles acuíferos captados corresponden a areniscas de grano fino a grueso y conglomerados semi-consolidados de la Formación Monguí (SGC, 2016).

Tabla 4.

Parámetros hidráulicos del Sistema Acuífero Formación Monguí

Pozo	Transmisividad		Conductividad Hidráulica	
	Cooper-Jacob (m ² /día)	Theis Recovery (m/día)	Cooper-Jacob (m ² /día)	Theis Recovery (m/día)
Carraipía	174	260	0,969	1,45
Hospital Maicao	47,3	25,8	0,31	0,17
Riohacha 1	1560	1630	10,4	10,9
Riohacha 2	675	1060	7,26	11,4

Nota. Adaptado de SGC, 2016.

5.3 Cálculos del sistema

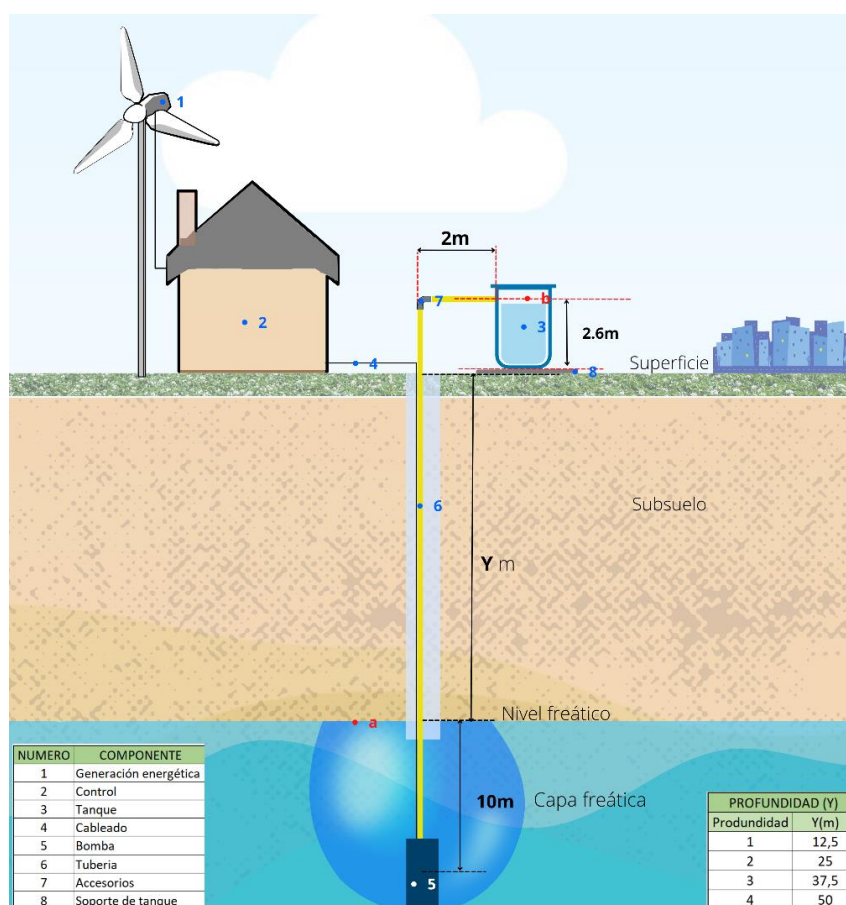
Se representan los cálculos ingenieriles para el análisis del diseño del sistema de bombeo para extracción de agua subterránea utilizando los datos obtenidos de entidades gubernamentales como el SGC, DANE e información consultada.

En la figura 13 se esquematiza el sistema hidráulico y energético. Se muestra la turbina (1), en (2) se encuentra el inversor eléctrico que convierte la corriente de carga continua en carga

alterna, también, se encuentra el sistema de control de bombeo, la bomba (5) que está ubicada a 6 m por debajo del nivel freático para evitar la creación de vórtices y por lo tanto minimizar la posibilidad de daño de la bomba sumergible, el tanque (3) está ubicado a un metro del suelo para tener una salida del tanque accesible para cual quier integrante de la comunidad, la entrada de descarga del tanque está ubicada a 3.66m de la superficie.

Figura 13

Esquema del sistema

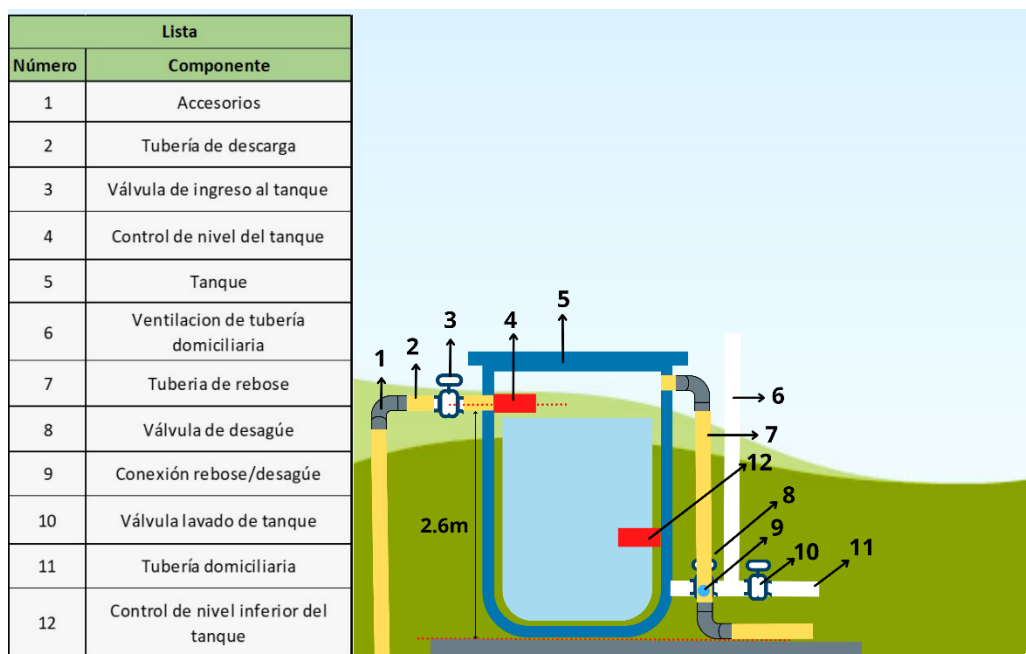


Los accesorios juegan un papel importante para las labores de mantenimiento, ya que su ubicación representa la operatividad y la facilidad de labores como limpiezas, por ejemplo, una

conexión entre la tubería domiciliaria y la tubería de rebose/desagüe que permite conducir el agua sucia al lavar el tanque por la tubería de desagüe simplemente accionando dos válvulas, en la figura 14 se muestra la disposición del tanque y de algunos de los accesorios del montaje.

Figura 14

Esquema del tanque



5.3.1 Cálculos hidráulicos y selección de la bomba

Gracias a la herramienta de Google Maps se evidencia la presencia de 12 viviendas en las que, según las cifras del DANE, habitan 6 personas en promedio en una vivienda de una ranchería, lo cual nos daría un total de 72 personas y la OMS afirma que el gasto diario por persona es de 100 litros de agua equivalente al consumo y demás necesidades personales. Las rancherías como la de El Horno dependen económicamente de la ganadería caprina y la agricultura a pequeña escala; según el plan de ordenamiento de la cuenca de Riohacha y el artículo “Cabras Lecheras

como alternativa para mejorar la alimentación” el consumo de agua de ganado caprino varía entre los 3 y los 8 litros de agua por día, (PESA, s.f.), sabiendo que las rancherías pequeñas no tienen una elevada cantidad de animales, se estiman unos 400 animales para la misma, esto representa un consumo diario de al menos 2 m^3 de agua diarios con un promedio de 5 litros/animal/día. El ganado es resguardado en un establo (a). Ver figura 15.

Figura 15

Ubicación de las viviendas en la ranchería



Nota. Adaptado de Google Maps, 2021.

5.3.1.1 Volumen, diámetro de la tubería y velocidad de descarga. Para determinar el volumen total (V_T) necesario que se va a bombear diariamente, se necesitan los valores equivalentes al volumen total usado por cada persona (V_p) y en número de personas (N_p), el número de animales de ganadería caprina (N_a) y el consumo por animal (V_a). El agua destinada al riego está dirigido a parcelas pequeñas puesto que la disponibilidad del recurso es limitada y se estima un gasto de 400 litros por vivienda diarios.

$$\begin{aligned}
 V_{Ta} &= N^{\circ} \text{ animales} * V_a \\
 V_{Ta} &= 400 * 0.005 m^3 \\
 V_{Ta} &= 2 m^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Tp} &= V_p * N^{\circ} \text{ personas} \\
 V_{Tp} &= 0.1 m^3 * 72 \\
 V_{Tp} &= 7.2 m^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Tr} &= V_r * N^{\circ} \text{ viviendas} \\
 V_{Tr} &= 0.4 m^3 * 12 \\
 V_{Tr} &= 4.8 m^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_T &= V_{Ta} + V_{Tp} + V_{Tr} \\
 V_T &= 2 m^3 + 7.2 m^3 + 4.8 m^3 \\
 V_T &= 14 m^3
 \end{aligned}$$

Se plantea una reserva de agua de 5.85 m³ para algún imprevisto, por lo que se utilizará un tanque de 20 m³ con capacidad máxima de 19.850 m³.

De los datos obtenidos del sondeo realizado en el municipio de Riohacha, se determina una extracción de agua en un rango de 1 a 50 m de profundidad puesto que no sabemos con exactitud el valor de la profundidad que tendrá el nivel freático desde el cual se bombeará el agua. Según un estudio realizado en La Guajira, los caudales ofrecidos por los acuíferos confinados alcanzan máximos de 25 l/s (Huguett, 1988). Conociendo que bombas de caudales mucho menores a los calculados en el estudio litológico tienen la mayor eficiencia a con un caudal entre los 13 GPM. Determinamos el tiempo de operación con la ecuación 1.

$$t_{operacion} = \frac{V_{Tdiario}}{Q} = \frac{14000 \text{ l}}{0.8202 \text{ l/s}} \approx 4.7h$$

Según SGC, la temperatura promedio del agua subterránea es de 30,7 °C (Ver Tabla 3) y la presión se encuentra a 1 Atm puesto que ya ha alcanzado un equilibrio en el nivel freático. De

la tabla A-9 del libro de Transferencia de Calor de Cengel, tenemos los datos con los que determinaremos la viscosidad cinemática (ν) y el peso específico (γ):

$$\rho = 995.72 \frac{kg}{m^3} = \text{densidad}$$

$$\mu = 0.78708 * 10^{-3} \frac{kg}{m*s} = \text{viscosidad dinámica}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.78708 \frac{kg}{m*s}}{995.72 \frac{kg}{m^3}} = 7.905 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}$$

$$\gamma = \rho * g = 995.72 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 9768.013 N/m^3$$

Según Mott, la velocidad de descarga se recomienda que esté entre $1.2 \frac{m}{s}$ y $3 \frac{m}{s}$.

En este caso consideramos una velocidad de $1.8 \frac{m}{s}$.

$$v_{descarga} = 1.8 \frac{m}{s} = 6480 \frac{m}{h}$$

De la ecuación 8 tenemos:

$$Q = v_{descarga} * \frac{D^2 * \pi}{4}$$

Despejamos D y la calculamos.

$$D = \left(\frac{4 * Q}{v_{descarga} * \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left(\frac{4 * 8.202 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{1.8 \frac{m}{s} * \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0.0223 = 2.23 \text{ cm} = 22.3 \text{ mm}$$

Las bombas para pozo profundo con cabeza de bomba similar a la profundidad máxima a analizar tienen un diámetro de salida de mínimo 1 in correspondiente a 28.48 mm en el manual técnico de tubería PVC a presión de TUBOSA. Escogemos este diámetro disponible comercialmente y con este diámetro calculamos nuevamente la velocidad y se corrige, mediante la ecuación 8.

$$v_{desc.corregida} = \frac{Q}{\frac{D^2 * \pi}{4}}$$

$$v_{desc.corregida} = \frac{8.202 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\frac{(0.02848 m)^2 * \pi}{4}} = 1.287 \frac{m}{s}$$

Con esta velocidad de descarga corregida determinamos las pérdidas del sistema; pero antes se calculan las pérdidas del sistema.

5.3.1.2 Carga total dinámica (THD). Teniendo en cuenta que se manejará un rango de profundidades entre 1 y 50 metros que es el rango en los que varía el nivel freático del municipio de Riohacha, se opta por calcular el diseño en diferentes profundidades, los cálculos se harán cada 12.5 m de la siguiente forma, 12.5, 25, 37.5 y 50 m; correspondientes a las a la dimensión manométrica para los cálculos hidráulicos.

5.3.1.2.1 Perdidas en la tubería ($hL_{primarias} = hL$). Para determinar estas pérdidas se requiere conocer la constante de Reynolds y la rugosidad relativa, la cual calcularemos por medio de la ecuación 10 y 9 respectivamente, que son necesarios para calcular el factor de fricción en las tuberías y con estas, determinar las pérdidas.

$L_c = D$: longitud característica para perfil circular

$$Re = \frac{v_{desc.corregida} * L_c}{v}$$

$$Re = \frac{1.287 \frac{m}{s} * 0.002848 m}{7.905 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}} = 62464: \text{Flujo turbulento}$$

Para determinar la rugosidad relativa (ε) se usa la rugosidad absoluta del PVC es de 0.0015 mm

$$\varepsilon = \frac{E}{D}$$

$$\varepsilon = \frac{0.0015mm}{28.48mm} = 5.267 * 10^{-5}$$

Luego, se procede a calcular el factor de fricción del flujo turbulento, mediante la ecuación 7.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\frac{E}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

$$f = \frac{1}{\left(-2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0.02143$$

Con este factor de fricción podremos determinar las perdidas en la tubería reemplazando en la ecuación 6.

$$H_L = f \cdot \frac{L \cdot v_{desc.corregida}^2}{2 \cdot D \cdot g}$$

$$H_{L1} = 0.02143 * \frac{29.1 * (1.287)^2}{2 * 0.02848 * 9.81}$$

$$H_{L1} = 1.729 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que se evaluarán cuatro profundidades y es el mismo procedimiento para todas, los resultados de las otras pérdidas se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 5

Pérdidas en tuberías para cada profundidad

Profundidad (m)		H_L
1	12.5	1.729
2	25	2.523
3	37.5	3.318
4	50	4.112

5.3.1.2.2 Pérdidas en los accesorios ($h_{L_{secundarias}} = h_F$). Para determinar las pérdidas de los accesorios se utiliza la ecuación 11.

$$h_F = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

Los accesorios que se ilustran en la figura 13 y su respectivo coeficiente de perdida según Cengel son tomados de la tabla 8-4 (Conclusión) son:

- Codo suave 90° embridado $k=0.3$
- Entrada al depósito $k=\alpha=1$ (flujo turbulento)
- Válvula de bola totalmente abierta $k= 0.05$
- Uniones/conexiones $k= 0.08$ (se usa la perdida de unión roscada)

Se sabe que la tubería comercial tiene 6 m de longitud, se determinan el número de uniones, también en las secciones menores a 6 m.

$$h_F = \frac{1.287^2}{2 * 9.81} (0.3 * 1 + 1 + 0.05 * 1 + 25 * 0.08) = 0.283m$$

Teniendo las pérdidas en la tubería y en los accesorios se procede a hallar las cargas dinámicas totales, las cuales están en la siguiente tabla:

Tabla 6

Pérdidas por accesorios para cada profundidad

Profundidad (m)		Pérdidas-hf (m)
1	12.5	0.283
2	25	0.364
3	37.5	0.452
4	50	0.533

Tabla 7

Cargas dinámicas totales

Profundidad (m)		H(m)
1	12.5	27.21
2	25	40.59
3	37.5	53.97
4	50	67.35

5.3.1.2.3 Potencia de la bomba. Para determinar la potencia de la bomba se usó la ecuación:

$$P_A = H_A \cdot \gamma \cdot Q$$

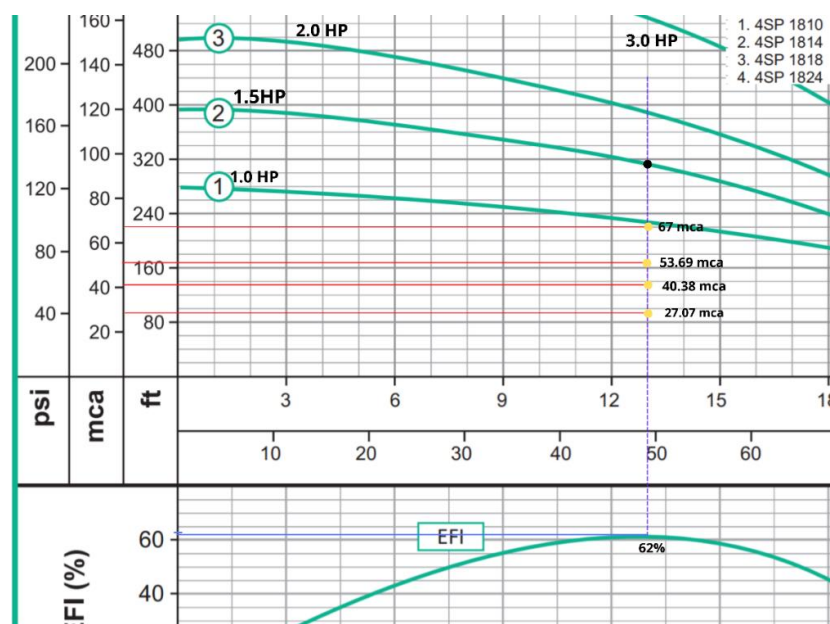
Utilizando estas ecuaciones y las especificaciones de diseño se puede determinar la potencia para todas las profundidades.

Tabla 8*Potencia para cada profundidad*

Profundidad (m)		Longitud tubería(m)	Altura manométrica(m)	Potencia	
				kW	HP
1	12.5	29.1	25.2	0.218	0.292
2	25	41.6	37.7	0.325	0.436
3	37.5	54.1	50.2	0.432	0.579
4	50	66.6	62.7	0.539	0.724

5.3.2.1.4 Selección de la bomba. Se revisaron diferentes referentes de comercializadoras de bombas, nos decantamos por la comercializadora BARNES de Colombia S.A., ya que disponen de una gran variedad de bombas sumergibles con el mayor nivel de eficiencia en el caudal que calculamos para el sistema de bombeo; sabiendo que la potencia de la bomba tiene que ser mayor a la necesaria para suministrarle al fluido y que alcance las diferentes alturas.

Con el caudal y la altura de bombeo, la bomba seleccionada se muestra en la siguiente figura.

Figura 16*Curva característica de la bomba ASP 1814 E02098*

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

En la Figura 16 entramos por el caudal de 13 GPM, observamos que la bomba de 1 HP sirve para impulsar columnas de agua correspondientes a las diferentes profundidades del nivel freático y las pérdidas las cuales son 40, 46 y 60 mca; para la altura de 75 mca. Es necesario usar una bomba sumergible de 1.5 HP, esta bomba tiene la mayor eficiencia (62%) en el caudal mencionado lo que implica que le suministraría una potencia de 1.24 HP al fluido, un poco mayor a la necesaria para impulsar el agua hasta el tanque.

Puesto que la bomba suministra mayor potencia al fluido el caudal tenderá a aumentar y el tiempo de operación va a disminuir, como se expone en la tabla 9.

Tabla 9*Tiempos y caudales obtenidos con la bomba seleccionada*

	Profundidad (m)	Tiempo corregido (h)	Caudal corregido (l/s)
1	12.5	1.491	2.609
2	25	2.223	1.749
3	37.5	2.956	1.315
4	50	3.689	1.054

5.3.2.1.5 Componentes de la bomba seleccionada ASP 1814 E02098. Los componentes de la bomba están hechos principalmente de acero inoxidable 304 exceptuando su eje que es de acero inoxidable de acero inoxidable 431.

5.3.2.1.6 Especificaciones y características de la bomba

Tabla 10*Características del motor*

Características del motor				
Alimentación		Velocidad (rpm)		
Eléctrica		3.600 (nominal)		
Potencia mín. requerida (hp)	Fases		Voltaje	
1,0	1		110	220
1,5	1	3	220	220
2,0	1	3	220	220
3,0	1	3	220	220

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

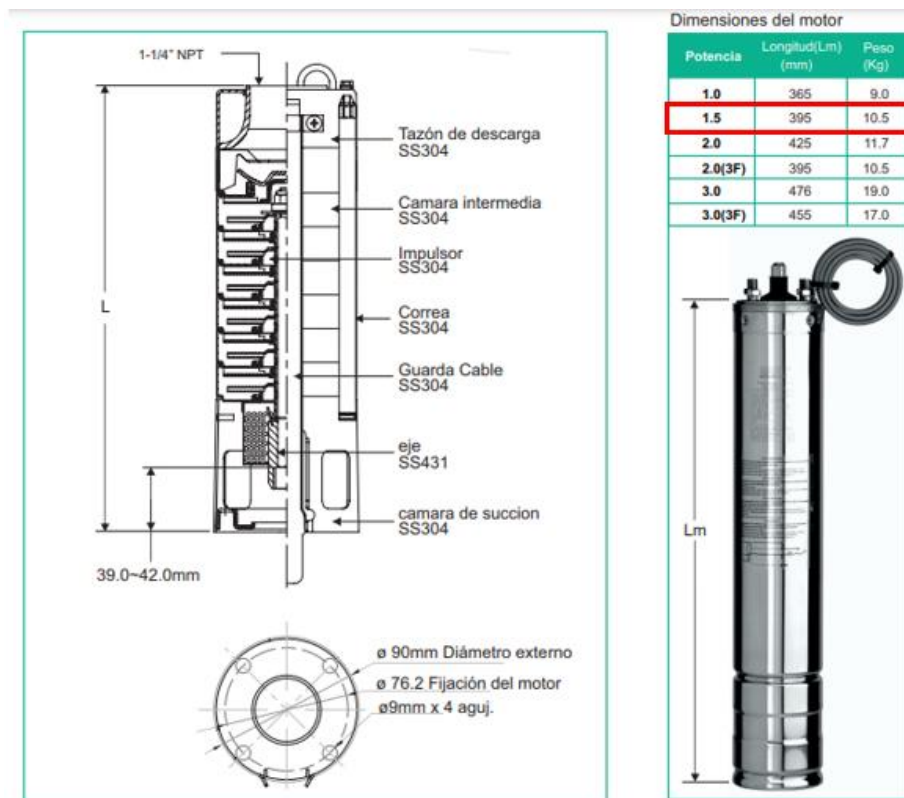
Tabla 11*Dimensiones de la bomba*

Modelo	Longitud(L) (mm)	Peso (Kg)
4SP 1810	375	3.5
4SP 1814	459	4.2
4SP 1818	543	5.0
4SP 1824	669	6.3

*Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.***Tabla 12***Características de la bomba*

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga para pozo de 4"
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Válvula cheque	Incorporada
Descarga	1-1/4" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado
Cantidad de impulsores	10 a 24 Según modelo
Temperatura Max. Líquido	104° F (40 ° C) Continua

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

Figura 17*Dimensiones y vista detallada*

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

5.3.2.1.7 Aplicaciones de la bomba

- Aprovisionamiento de aguas limpias
- Suministro de agua subterránea para casas
- Sistemas de presión
- Transferencias de líquidos a tanques
- Aumento de presión

5.3.2.1.8 Cálculos de la red de distribución. Se sugiere hacer una revisión del cómo se le suministrará el agua a cada una de las viviendas, si se implementara un tanque elevado o una bomba que se encargue de llenar tanques en cada casa.

Puesto la construcción de un tanque elevado es más costoso que una bomba y el resto de la red será igual, se opta por utilizar una bomba que se encargue de distribuir el agua a cada residencia.

Lo siguiente a considerar es el esquema de una red de distribución en la que las pérdidas por accesorios y longitud sean las menores para un menor consumo energético; este esquema se representa en las figuras 18 y 19.

Figura 18

Distancias de las viviendas a la red principal



Nota. Adaptado de Google Maps, 2021.

Figura 19*Distancia de las conexiones a la red principal**Nota. Adaptado de Google Maps, 2021.*

El tanque principal alimentará tanques secundarios ubicados en cada casa. Por esto se determinará una bomba que tenga la capacidad de suministrar una potencia al fluido necesaria para vencer todas las pérdidas que habrá por los accesorios y lleven el volumen de agua necesario diario para cada tanque, teniendo el consumo diario promedio de cada casa.

Primero se calculan las pérdidas de la tubería que irá de la red principal a cada residencia; las longitudes son calculadas con la función de Google Maps “medir distancia” y se deja un estándar de altura en cada casa de 2.5m en lo que se encuentra tanque de 1000 litros para cada casa, que son equivalentes a el agua para el consumo de la familia y el riego.

Se define que el tubo que llega a cada domicilio tenga un diámetro de $\frac{1}{2}$ in, puesto que en las zonas rurales es el más utilizado, según lo dispuesto en la Resolución Colombiana 0330 de 2017. La tubería debe estar ubicada a 0.6 m de profundidad en zonas verdes y peatonales. En la

tabla 13 se muestra la longitud que tendría la tubería desde el tanque hasta la red principal considerando la profundidad y la altura de 2.5 m.

Tabla 13

Distancia y longitud de tubería Red principal-Casa

Casa	Distancia a la red (m)	Altura tanque desde la superficie (m)	Longitud de tubería (m)
A	4	2,5	7,1
1	4	2,5	7,1
2	6	2,5	9,1
3	5	2,5	8,1
4	13	2,5	16,1
5	14	2,5	17,1
6	26	2,5	29,1
7	16	2,5	19,1
8	2	2,5	5,1
9	21,5	2,5	24,6
10	10,5	2,5	13,6
11	8	2,5	11,1
12	60	2,5	63,1
13	18	2,5	21,1

Tabla 14

Dimensiones de sección en la red principal

Sección	Longitud (m)
Z	3,5
Y	19
X	17
W	8
V	12
T	52,5
S	12

R	7,5
Q	28
P	36
O	3,5
L	10

Los accesorios por utilizar en la red de distribución del diseño planteado y las constantes de pérdidas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 15

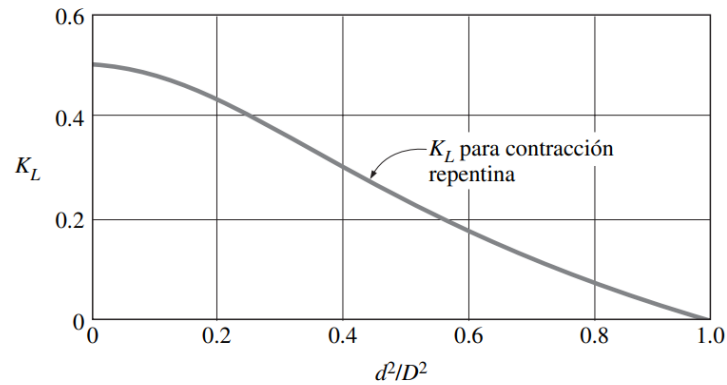
Accesorios y constantes de pérdidas de la red de distribución

Accesorio	K
Codo 45°	0,05
Codo 90°	0,3
Salida a deposito	1
Válvula de bola	0,05
Unión	0,08
Unión tipo T (flujo lineal)	0,2
Unión tipo T (flujo derivado)	1
Reducción de diámetro 1 a ½	0,32

Nota. Adaptado de *Mecánica de Fluidos*, por Cengel, Y., Capítulo siete.

Figura 20

Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)



Nota. Adaptado de *Mecánica de Fluidos*, por Cengel, Y., Capítulo siete.

Tabla 16

Coefficiente de pérdidas para reducción de 2 in

Diámetro comercial (in)	d (mm)	D(mm)	d^2/D^2	k
½ a ½	18,2	18,2	1	0
¾ a ½	18,2	23,47	0,60	0,18
1 a ½	18,2	30,2	0,36	0,32
1 ¼ a ½	18,2	38,14	0,227	0,38
1 ½ a ½	18,2	43,68	0,17	0,42
2 a ½	18,2	54,58	0,11	0,48

Se realiza un modelado matemático que permita la variación del caudal principal y el diámetro de la tubería en razón de la tubería normalizada en Colombia, los caudales en cada casa se asumen iguales ya que el consumo de las casas será el mismo, por lo cual la velocidad de tubería será diferente; se sabe que en cada conexión el caudal va a disminuir por lo que las pérdidas serán variables para cada sección de la longitud principal, y se distribuyen como se muestra en la figura

19, para iniciar los cálculos iterativos se empieza a calcular con caudales comerciales para bajas cabezas de bomba, se analizan las potencias necesarias y las pérdidas con un diámetro de 1 in con el fin de observar el caudal, las pérdidas del sistema, la potencia suministrada requerida por el fluido para así escoger un caudal que cumpla con los requerimientos.

Tabla 17

Carga total, Potencia necesaria en el fluido y tiempo de operación con la variación del caudal en el sistema

Caudal (GPM)	Tiempo de operación (h)	Pérdidas totales(m)	Potencia necesaria (kW)
1	61,64	2,537	0,001562
2	30,82	2,616	0,003221
3	20,55	2,73	0,005042
4	15,41	2,876	0,007082
5	12,33	3,052	0,009392
6	10,27	3,256	0,01202
7	8,806	3,487	0,01502
8	7,705	3,744	0,01844
9	6,849	4,028	0,02232
10	6,164	4,337	0,0267
11	5,604	4,67	0,03162
12	5,137	5,028	0,03714
13	4,742	5,41	0,04329
14	4,403	5,816	0,05012
15	4,109	6,245	0,05766
16	3,853	6,697	0,06595
17	3,626	7,171	0,07504
18	3,424	7,668	0,08497
19	3,244	8,188	0,09576
20	3,082	8,73	0,1075
21	2,935	9,293	0,1201
22	2,802	9,879	0,1338

23	2,68	10,49	0,1485
24	2,568	11,11	0,1642
25	2,466	11,76	0,181
26	2,371	12,43	0,199
27	2,283	13,13	0,2182
28	2,201	13,84	0,2385
29	2,126	14,57	0,2601
30	2,055	15,33	0,283
31	1,988	16,1	0,3072
32	1,926	16,9	0,3328

Como se observa en la tabla 17 a medida que aumenta el caudal, el tiempo de operación va a disminuir, pero la potencia necesaria para suministrar al fluido va a aumentar puesto que aumenta carga que debe vencer la bomba. Sabemos que la eficiencia de estas bombas es menor al 50 % por lo que la potencia necesaria de la bomba debe ser lo suficiente, se escoge un caudal de 17 GPM para hacer el análisis de los diámetros puesto que el tiempo de llenado de los tanques si estuviesen todos llenándose al mismo tiempo sería de casi 4 horas y la potencia no sería tan alta.

Se selecciona un diámetro de 1 in puesto que las pérdidas en tubería de menor diámetro son muy altas y la tubería de diámetros mayores es de un costo muy elevado en relación con la variación del diámetro y las pérdidas que no disminuyen considerablemente.

En la siguiente tabla se muestran las pérdidas que habría con el caudal, y el diámetro seleccionado por secciones y distancias de las residencias, los Reynolds y la fricción de cada una para tener una información completa.

Tabla 18*Pérdidas para caudal y diámetro seleccionado*

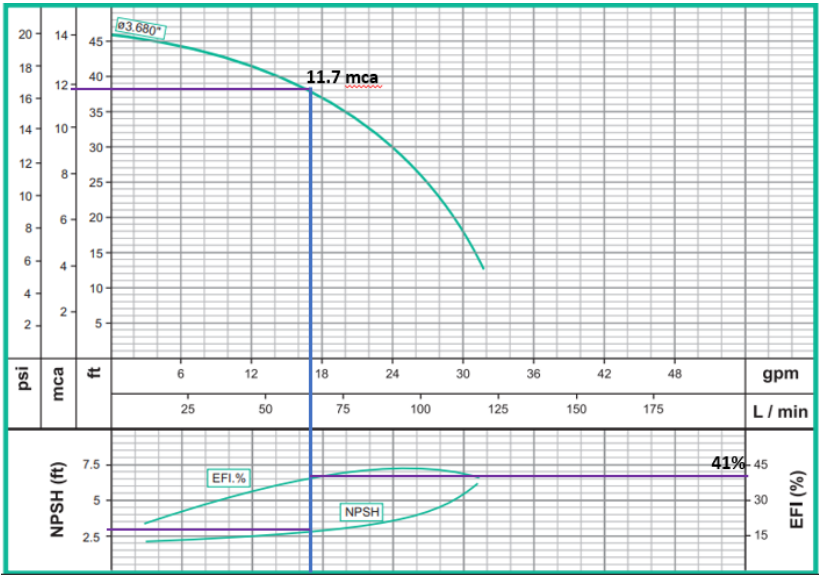
CAUDAL		Diámetro			
(GPM)		17		1"	
Tramo	Pérdida por longitud (m)	Pérdida por accesorios (m)	Sección	Pérdida por longitud (m)	Pérdida por accesorios (m)
Casa 1	0,0584	0,005962	Z	0,00195	0,001527
Casa 2	0,07486	0,005967	Y	0,04719	0,00667
Casa 3	0,06663	0,008	X	0,08545	0,01459
Casa 4	0,1324	0,006674	W	0,06301	0,02519
Casa 5	0,1407	0,006674	V	0,1477	0,0395
Casa 6	0,2394	0,007027	T	0,6461	0,05189
Casa 7	0,1571	0,006674	S	0,3388	0,1007
Casa 8	0,0495	0,005967	R	0,09229	0,03935
Casa 9	0,1998	0,007027	Q	0,1407	0,01543
Casa 10	0,1119	0,00632	P	0,1809	0,01585
Casa 11	0,09131	0,00632	O	0,008692	0,00611
Casa 12	0,5191	0,009149	L	0,2428	0,04773
Casa 13	0,19	0,007027	Establo (a)	0,2336	0,001585

Todos los datos fueron obtenidos del modelado matemático completo de la red de distribución.

5.3.2.1.9 Selección de la bomba de la red de distribución

Figura 21

Curva característica de la bomba CE 1 2-1



Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

Tabla 19

Características de la bomba

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Succión	1" NPT
Descarga	1" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado Balanceado dinámicamente según ISO G6,3
Cantidad de impulsores	1
Tipo de sello	Sello mecánico 5/8" TIPO 6
Temperatura Max. Líquido	158° F (70 ° C) Continua

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

Tabla 20*Especificaciones de la bomba*

Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Peso (Kg)
CE 1 2-1	1A0074	0.25	11.0

*Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.***Tabla 21***Características del motor*

Características del Motor	
Tipo	Eléctrico
Potencia	0.25
Diseño	56J
Velocidad	3.600 RPM (nominal)
Aislamiento	Clase F
Voltaje	110/220
Factor de servicio	1.7
Frecuencia	60Hz
Fases	1

Nota. Adaptado de Barnes de Colombia S.A.

Se observa que con la potencia que suministra la bomba según la eficiencia del 40%, mantendría un caudal de casi 17 GPM a casi 12 mca. de carga. Al ser una menor cabeza, puede que el caudal varíe de manera positiva ya que no siempre se estarán llenando todos los tanques al tiempo; la eficiencia de la bomba nos permite dar claridad de que si es suficiente la potencia de la bomba para suministrar al fluido la necesaria

5.3.3 Cálculos y selección de la turbina

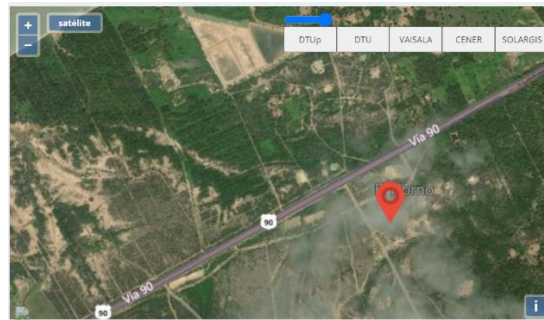
El sistema energético debe alimentar un sistema de bombeo constituido principalmente por una bomba sumergible de 1.5 HP, la cual tendrá un funcionamiento diario de 3.7 h aproximadamente, lo que repercute al sistema una exigencia de 4.138 kWh/día y una bomba de caracol de 0.25 HP que tendrá un funcionamiento de 3.626 que representa un consumo de 1.34 kWh/día.

Para determinar un estimado de la producción energética de la zona objetiva se utilizó una aplicación de uso libre perteneciente a la empresa ENAIR que permitió la estimación de producción eólica y solar para las turbinas disponibles, que utilizando una base de datos satelital permite calcular la potencia que generarían sus equipos. Luego de buscar la ranchería El Horno, en esta se ubica un lugar tentativo para la instalación de la turbina como se muestra en la figura 22; considerando los datos satelitales de una velocidad promedio local de 4.7m/s.

Los cálculos obtenidos por la aplicación dictaminan una generación eléctrica de 12.3 kWh/día correspondiente a la turbina, lo cual, es una cantidad mayor a la necesaria para alimentar el diseño de bombeo diseñado, por lo cual se procede a buscar una turbina de menor producción que las ya consultadas.

Figura 22

Interfaz de selección de la ubicación de la instalación



Nota. Adaptado de Google Maps-ENAIR 2021.

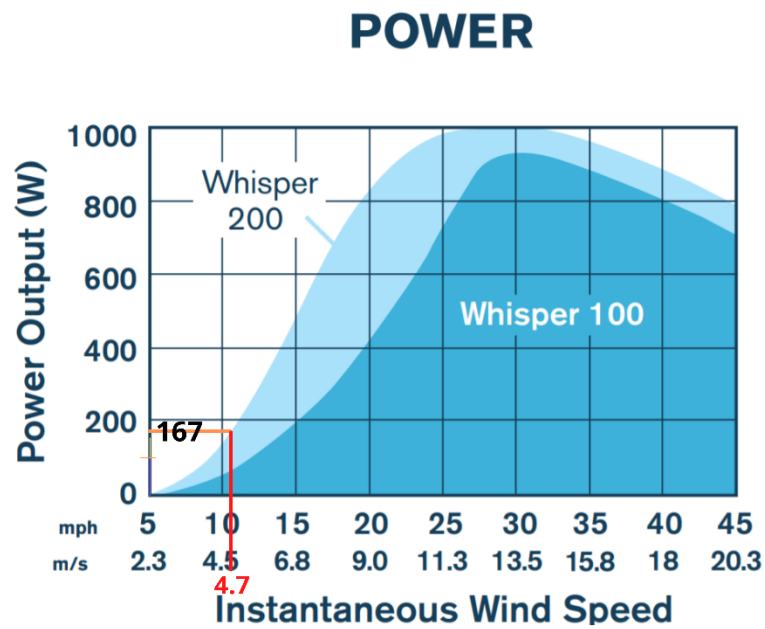
5.3.3.1 Selección de la turbina. Para este caso, se seleccionó una turbina de eólica Whisper 200 de la marca americana Southwest Windpower, es una turbina eólica especial para este tipo de aplicaciones, como lo es el bombeo de agua. Las especificaciones de esta se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 22

Especificaciones técnicas de la turbina eólica

Especificaciones	Valor
Número de palas	3
Peso	30 kg
Potencia nominal	1000 W
Tensión	24, 36 y 48 VDC
Diámetro	2.7 m
Velocidad de arranque	3.1 m/s

Nota. Adaptado de Turbina eólica whisper 200, Southwest Windpower.

Figura 23*Turbina eólica Whisper 200**Nota. Adaptado de Turbina eólica Whisper 200, Southwest Windpower.***Figura 24***Curva de potencia de la turbina eólica Whisper 200**Nota. Adaptado de Turbina eólica Whisper 200, Southwest Windpower.*

5.3.3.1.1 Potencia captada por turbina eólica. Usando la ecuación 17, se halla la potencia del viento que atraviesa las palas de la turbina eólica. De esa potencia total solo se transforma en energía eléctrica un porcentaje de 59,3%. Para este caso, según la gráfica de Betz, para una turbina tripala el coeficiente de rendimiento es de 0,5.

$$P_{gen} = P_{disp} * Cp = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * Cp$$

$$P_{gen} = \frac{1}{2} * \rho * \pi * r^2 * (V)^3 * Cp$$

$$P_{gen} = \frac{1}{2} * 1.225 * \pi * (1.35)^2 * (4.7)^3 * 0.5$$

$$P_{gen} = 182.048 \text{ W}$$

En el cálculo de la potencia eólica generada, se utiliza el radio del rotor descrito en la tabla 11 de especificaciones técnicas.

5.3.3.1.2 Cálculos exergoeconómicos de la turbina. Por medio de la ecuación 19 se realiza en calculo exergético de la turbina en estudio.

$$\dot{E}x_1 = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

$$\dot{E}x_1 = \frac{1}{2} * 1.225 * \pi * (1.35)^2 * (4.7)^3$$

$$\dot{E}x_1 = 364.097 \text{ W}$$

Posteriormente se calcula la exergía de salida mediante la ecuación 20:

$$\dot{E}x_2 = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * Cp$$

$$\dot{E}x_2 = \frac{1}{2} * 1.225 * \pi * (1.35)^2 * (4.7)^3 * 0.5$$

$$\dot{E}x_2 = 182.048 \text{ W}$$

La potencia de salida está definida por la curva de potencia de la turbina eólica, (Ver Figura 22). La cual es 167 W, por lo tanto, de la ecuación 21 se puede obtener el valor de la exergía destruida.

$$\dot{E}x_1 = \dot{W}_{out} + \dot{E}x_2 + \dot{E}x_{dest}$$

$$\dot{E}x_{dest} = \dot{E}x_1 - \dot{W}_{out} - \dot{E}x_2$$

$$\dot{E}x_{dest} = 364.097 - 167 - 182.048$$

$$\dot{E}x_{dest} = 15.049 \text{ W}$$

Una vez calculadas las exergías, se procede a calcular la eficiencia exergética de la turbina, que está dada por la ecuación 22.

$$\psi = \frac{\dot{W}_{out}}{\dot{E}x_1 - \dot{E}x_2}$$

$$\psi = \frac{167}{364.097 - 182.048}$$

$$\psi = 0.917$$

Para calcular el flujo de costos de la tecnología existente, es decir, el costo del aerogenerador, la operación y el mantenimiento durante la vida útil, se utiliza la ecuación 23.

Como en este caso estamos trabajando con energía eólica, la cual es gratuita ya que es obtenida del viento, c_f es igual a cero.

$$c_f * \dot{E}_f = c_p * \dot{E}_p - \dot{Z}_{se}$$

$$\dot{Z}_{se} = c_p * \dot{E}_p$$

El valor del c_p se calculó de acuerdo con la tabla 1, realizando un promedio y $\dot{E}_p$ el trabajo de salida de la turbina en kW.

$$c_p = 270 \frac{\$}{kWh} * \frac{1h}{3600s} = 0.075 \frac{\$}{kWs} = 0.075 \frac{\$}{kJ}$$

$$\dot{Z}_{se} = 0.075 * 0.167$$

$$\dot{Z}_{se} = 0.0125$$

Posteriormente se halla la eficiencia potencial de ingresos, por medio de la ecuación 24.

$$\varepsilon_{pl} = \frac{1}{[1 + \frac{c_p}{r_p} (\frac{1 - \psi}{\psi})]}$$

$$\varepsilon_{pl} = \frac{1}{[1 + \frac{270}{222.5} (\frac{1 - 0.917}{0.917})]}$$

$$\varepsilon_{pl} = 0.901$$

Para hallar el costo estimado del kWh para la generación de energía eólica se utiliza la ecuación 25.

$$\frac{\$}{kWh} = \dot{Z}_{se} * \frac{1}{\dot{E}_p} * 3600$$

$$\frac{\$}{kWh} = 0.0125 * \frac{1}{0.167} * 3600$$

$$\frac{\$}{kWh} = 269.461$$

Luego, con el fin de obtener el posible costo de generación de energía eólica mensual, se aplica la ecuación 26.

$$\frac{\$}{kWh_{mes}} = \frac{\$}{kWh} * \dot{E}_p * 720 f_c$$

Donde f_c es el tiempo de horas disponibles de la turbina. Teniendo en cuenta que un sistema tradicional de transmisión de energía tiene una disponibilidad de 24 horas del día, y que el sistema analizado depende del flujo de aire de la zona de estudio, y para tener una comparación cercana, se asume $f_c = 1$, para obtener una disponibilidad de 24 horas del día por 30 días del mes.

$$\frac{\$}{kWh_{mes}} = 269.286 * 0.167 * 720(1)$$

$$\frac{\$}{kWh_{mes}} = 32399.99$$

5.3.4 Cálculo del sistema de almacenamiento energético

Demanda bomba 1: 4,13 kWh

Demanda bomba 2: 1,34 kWh

Se determina la capacidad de una fuente de energía que pueda alimentar al sistema, se plantea un día de autonomía considerando que la energía total a utilizar será suministrada por el sistema de generación eólico.

$$\frac{\text{Demanda de energía total} \cdot \text{dias de autonomía}}{\text{Profundidad de descarga} \cdot \text{tension del sistema}}$$

Se hace el cálculo de dos baterías de diferente capacidad una para cada bomba, con dos tensiones diferentes de 24 y 12 V y para el sistema en conjunto para comparar las opciones de baterías en el mercado.

Tabla 23

Cálculo de baterías

Profundidad de descarga	Tensión (V)	Capacidad de la batería (Ah)		
		Bomba 1	Bomba 2	Sistema en conjunto
50%	12	688,3	223,3	911,7
	24	344,2	111,7	455,8
	36	229,4	74,4	303,9
	48	172,1	55,8	227,9
60%	12	573,6	186,1	759,7
	24	286,8	93,1	379,9
	36	191,2	62,0	253,2
	48	143,4	46,5	189,9
80%	12	430,2	139,6	569,8
	24	215,1	69,8	284,9
	36	143,4	46,5	189,9
	48	107,6	34,9	142,4

Al ser tan costoso el sistema de almacenamiento de energía, se consideró la compra de una turbina que tenga la capacidad de alimentar al sistema directamente sin almacenar la energía, pero, la inversión sería la adquisición de un equipo que estaría sin utilizarse, que tiene un gran volumen y que la estructura que soporta el aerogenerador hace de este equipo la alternativa más costosa, además, de que no es eficiente, por lo que se descarta esta opción.

De las baterías disponibles en el mercado nacional se consideran las baterías de gel que tienen una vida útil de 6 a 8 años con una profundidad de descarga de 70-80%, el sistema consta

de 4 baterías de 6V y 500Ah cada una, que conectadas en serie aportan una corriente de 500Ah, una tensión de 24V que es lo requerido para una descarga del 50%; todo esto se hace para prolongar la vida útil de las baterías al no usar ciclos de descarga de 70 u 80% como lo dicen las indicaciones.

5.3.4.1 Selección de accesorios para el control del sistema. Para la selección de estos equipos, se tienen en cuenta que la potencia máxima que soporte cada componente sea mayor a la necesaria para el funcionamiento de todo el sistema de bombeo para evitar que se pause el funcionamiento por un corto, los parámetros mínimos son 24/220V, 15A, 1500W; según estos criterios se seleccionaron los componentes como cables, sensor de nivel, inversor, contactor, controlador.

5.3.4.1.1 Cálculo de altura para el sensor de nivel. Se selecciona un sensor LC3 conocidos por su alta vida útil y su eficiente funcionamiento, se escoge el modo de 2 sondas

Sonda superior

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}$$

$$h = \frac{19,850m^3}{\pi \cdot 1,6^2}$$

$$h = 2,43 \text{ m: altura de la sonda superior}$$

Sonda inferior

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}$$

$$h = \frac{5,850m^3}{\pi \cdot 1,6^2}$$

$$h = 0,727 \text{ m: altura de la sonda inferior}$$

5.3.5 Costos de equipos y elementos a utilizar

Para realizar el análisis de costos se construyeron tablas por cada sistema con todos sus componentes y de esta forma incluir su valor unitario y poder saber cuál será el costo final del equipo.

5.3.5.1 Sistema de bombeo

Tabla 24

Estimación de costos por adquisición del sistema de bombeo

Pieza	Cantidad	C/U (\$)	Valor Total (\$)
Acople a tanque 1"	1	7.500	7.500
Bomba Sumergible	1	1.067.000	1.067.000
Cable 240 V (m)	95	2.439	231.705
Cable de acero 7x19 (m) 5/16	55	20.000	1.100.000
Cable para sensor (m)	10	4.118	41.180
Codo 1" 90°	1	2.444	2.444
Conexión Universal 1"	2	11.694	23.388
Perro de sujeción 5/16	4	2.490	9.960
Placa del tanque	1	1.400.000	1.400.000
Sensor de Nivel	1	101.309	101.309
Tanque 20000 L	1	20.400.000	20.400.000
Tubos 1"	11	50.784	558.624
Uniones 1"	28	1.304	36.512
TOTAL (\$)		24.979.622	

5.3.5.2 Sistema de distribución

Tabla 25

Estimación de costos por adquisición del sistema de distribución

Pieza	Cantidad	C/U (\$)	Valor Total (\$)
Acople 1"	1	7.500	7.500
Acople 1/2"	14	5.950	83.300
Bomba caracol	1	483.000	483.000
Buje soldado 1X1/2"	10	1.504	15.040
Cable 240 V (m)	5	2.439	12.195
Codos de 45° 1"	3	3.954	11.862
Codos de 90° 1"	1	2.444	2444
Codos de 90° 1/2 "	30	774	23..220
Conexiones "T" 1"	8	3.405	27.240
Conexiones "T" 1/2"	2	1.034	2.068
Tanque 1000 L	14	396.000	5.544.000
Tubos 1" 6m	33	50.784	1.675.872
Tubos 1/2 " 6m	47	20.244	951.468
Unión 1"	17	1.304	22.168
Unión 1/2"	27	505	13.635
Universal 1"	6	11.694	70.164
Válvula de bola 1"	2	14.049	28.098
Válvula de bola 1/2"	14	6.151	86.114
Válvula de flotador	14	14.900	208.600
TOTAL (\$)		9.267.988	

5.3.5.3 Sistema energético

Tabla 26

Estimación de costos por adquisición del sistema energético

Pieza	Cantidad	C/U (\$)	Valor Total (\$)
Barra de tierra 5 puertos	1	55.000	55..000
Baterías	5	1.428.607	7.143035
Cable conexión de baterías	6	43.000	258.000

Cable de acero 7x19 (m) 5/16	24	20.000	480.000
Caja para tablero eléctrico 40x40x20 cm	1	99.900	99.900
Contactor ON/OFF	1	130.000	130.000
Temporizador programable	1	41.900	41.900
Inversor 24/220 V	1	821.500	821.500
Perros de sujeción 5/16	12	2.490	29.880
SPD/pararrayos	1	380.000	380.000
Turbina	1	987.089,33	987.089,33
Varillas de anclaje	3	7.400	22.200
TOTAL (\$)		10.448.504,33	

Tabla 27*Costo total del sistema*

Sistemas	TOTAL (\$)
Bombeo	24.979.622
Distribución	9.267.988
Energético	10.448.504,3
TOTAL	44.696.114

6. Análisis de resultados

6.1 Análisis sistema de bombeo

6.1.1 Análisis de captación de agua, almacenamiento y distribución

El sistema de bombeo principal está compuesto por un equipo que se consigue nacionalmente y que es muy eficiente, las pérdidas de carga no son tan significantes al variar la disponibilidad de acoples para la salida de la bomba.

El tanque de polímero tiene un elevado costo en comparación con un tanque de hormigón armado que tiene un valor de 260000 COP por m² y tiene 15 cm de espesor, sin contar la mano de

obra y demás materiales necesarios para la construcción de un tanque que cumpla los requisitos sanitarios. Además, tiene más desventajas puesto que las algas crecen rápidamente y la limpieza es más complicada. Hay presencia de lixiviación del tanque por lo que hay que hacer una recubierta especial por lo que los costos a mediano plazo se igualarían.

Los datos obtenidos en los cálculos del sistema de bombeo para la captación de agua y la distribución son el estimado del máximo funcionamiento, por tanto, el consumo real será menor y la descarga de las baterías disminuirá, esto alargará la vida útil de las mismas y si algún día disminuye el flujo de aire en el aerogenerador; no se verá afectado el funcionamiento del sistema.

6.1.2 Análisis selección de baterías y control de funcionamiento

Se seleccionó la conexión en serie para las baterías para aumentar la tensión, puesto que esta conexión afecta menos la vida útil de las mismas, ya que en la conexión en paralelo presenta desventajas como la sobrecarga de la batería más cercana y una menor carga en la más lejana, en cambio, la conexión en serie permite que las baterías permanezcan en reposo cuando no haya ningún consumo, es fácil obtener la tensión deseada y no se sobre esfuerzan las baterías.

Para el control de las bombas es necesario dos tipos de actuadores, uno “ON/OFF” conectado a un “timer” para la bomba de caracol el cual se pondrá a funcionar el tiempo calculado para el bombeo diario requerido y un sensor de nivel LC3 que funciona como actuador sobre la bomba, al activarse el sensor de nivel inferior, el sensor de nivel superior apaga la bomba.

Las conexiones a tierra, cables que soporten la corriente, la dimensión debe cumplir con la NTC 2050 con la dimensión estipulada para evitar accidentes y pérdidas de equipo.

6.2 Análisis sistema eólico

6.2.1 Análisis de exergoeconómico

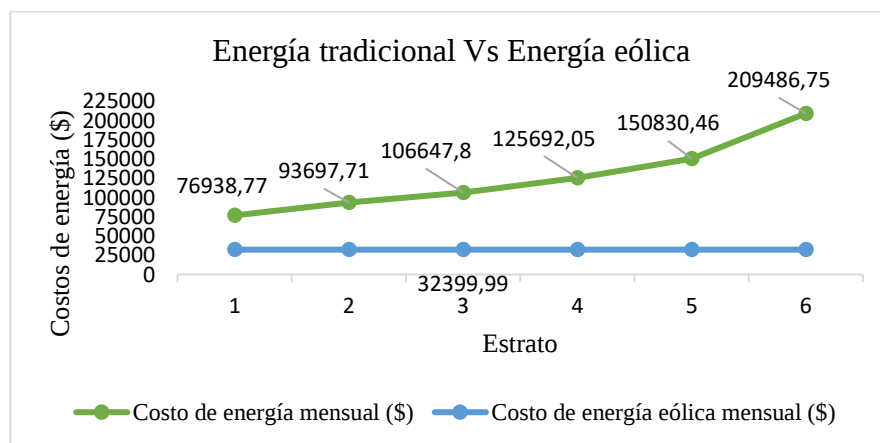
La exergía destruida de la turbina eólica obtenida tiene un valor de 15.049 W, la cual representa un 4.133% de la exergía disponible bajo condiciones estándar, mientras que el trabajo de salida representa un 45.89% de la exergía disponible.

Se puede observar que ε_{pl} nos da un valor relativamente alto, lo que indica, una ventaja de no presentar emisiones al medio ambiente y un gran potencial en la implementación de esta energía.

En la figura (25), se observa una comparación entre el costo del sistema analizado (eólico) y el sistema tradicional teniendo en cuenta el costo establecido (761.77 kWh) conforme a los diferentes estratos para el mes de octubre de 2021 según la empresa comercializadora de energía Air-e, la cual opera en el territorio de la costa caribe.

Figura 25

Comparación de costos entre el sistema tradicional y el sistema eólico



Esta comparación se realizó con el fin de obtener un valor ilustrativo del costo de generación de energía.

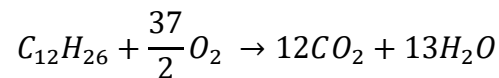
6.2.2 Análisis ambiental

Se hace una comparación entre el sistema eólico y una planta de emergencia, la cual es la utilizada en este tipo de urbanizaciones, ya que no cuentan con un suministro de energía estable.

Se analizó la relación de consumo de combustible diésel y gasolina, los cuales son los más utilizados en este tipo de plantas y las emisiones del dióxido de carbono (CO_2) que es uno de los principales contaminantes ambientales.

Para relacionar estas emisiones y el consumo del combustible, utilizamos las reacciones completas de las sustancias en las que consideramos solo los principales contaminantes.

6.2.2.1 Para el diésel



Dado que este caso las emisiones de (CO_2) se expresan en g/h, calcularemos la masa del combustible consumido en 1h.

Según MAQUITED DE COLOMBIA, un motor Diésel Ecohorse, consume 2.197L en 1.16h

$$\rho_{diésel} = 745 \text{ g/L}$$

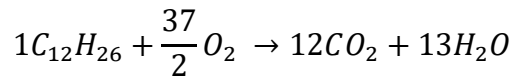
$$Diésel, m = \frac{2.197L * 745 \frac{g}{L}}{1.16h} = 1411 \text{ g/h}$$

Calculamos la cantidad de sustancia correspondiente al diésel, pero primero, hallamos la masa molar del diésel.

$$M(C_{12}H_{26}) = 170 \frac{g}{mol}$$

$$n = \frac{1411}{170} = 8.3 \frac{mol}{h}$$

De la reacción completa obtenemos la relación molar



$$\frac{n(C_{12}H_{26})}{n(CO_2)} = \frac{1}{12}$$

$$n(CO_2) = 12n(C_{12}H_{26}) = 12 * 8.3 = 99.6 \frac{mol}{h}$$

$$M(CO_2) = 44 \frac{g}{mol}$$

$$m = n * M = 99.6 * 44 = 4382.4 \frac{g}{h}$$

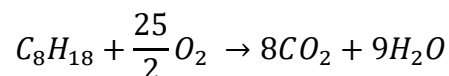
Masa del (CO₂) emitida por cada hora de funcionamiento de una planta de emergencia que funciona con diésel.

Para generar la energía del consumo del sistema diario, la planta debe estar en funcionamiento 1.16h por día.

$$m_{CO_2} = 4382.4 * 1.16 = 5083.584 \text{ g por día.}$$

$$m_{CO_2} = 5083.584 \text{ g} * 365 = 1855.508 \text{ kg por año.}$$

6.2.2.2 Para la gasolina (Octano)



Según HONDA, (s.f.), un motor EG1000-1kW de la empresa HONDA, consume 4.143L de gasolina en 6.444h.

$$\rho_{octano} = 703 \text{ g/L}$$

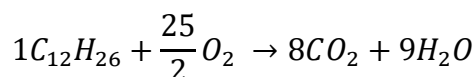
$$Octano, m = \frac{4.143L * 703 \frac{g}{L}}{6.444h} = 451.975 \text{ g/h}$$

Calculamos la cantidad de sustancia correspondiente al diésel, pero primero, hallamos la masa molar del diésel.

$$M(C_8H_{18}) = 114 \frac{g}{mol}$$

$$n = \frac{451.975}{114} = 3.965 \frac{mol}{h}$$

De la reacción completa obtenemos la relación molar



$$\frac{n(C_{12}H_{26})}{n(CO_2)} = \frac{1}{8}$$

$$n(CO_2) = 8n(C_8H_{18}) = 8 * 3.965 = 31.72 \frac{mol}{h}$$

$$M(CO_2) = 44 \frac{g}{mol}$$

$$m = n * M = 31.72 * 44 = 1395.68 \frac{g}{h}$$

Masa del (CO₂) emitida por cada hora de funcionamiento de una planta de emergencia que funciona con gasolina.

Para generar la energía del consumo del sistema diario, la planta debe estar en funcionamiento 6.444h por día.

$$m_{CO_2} = 1395.68 * 6.444 = 8993.762 \text{ g por día.}$$

$$m_{CO_2} = 8993.762 \text{ g} * 365 = 3282 \text{ kg por año.}$$

7. Conclusiones

El consumo energético proveniente del funcionamiento de las bombas hace muy viable la utilización del sistema, puesto que no es un gasto energético elevado mientras realiza una función vital para una comunidad y la localidad cuenta con las características ambientales en las que se puede realizar la instalación y en las que el equipo seleccionado tiene su mejor funcionamiento.

En el resultado del análisis exergoeconómico se puede concluir que, en términos económicos, la energía eólica presenta un costo menor en comparación a los del sistema tradicional.

El resultado del análisis ambiental arroja información que evidencia los beneficios del uso de sistema de energía renovable, demostrando la ausencia de contaminación ambiental, a diferencia del uso de sistemas de energía convencionales tal como la generada por medio de combustible diésel o gasolina.

El costo de este diseño es elevado, principalmente por el precio del tanque de mayor tamaño, para disminuir este costo se puede encontrar una alternativa; como hacer el tanque de concreto, ya que este conlleva menos costos, pero implica algunas desventajas adicionales.

Dado que el sistema está diseñado para ser autónomo, se debe tener un sistema de almacenamiento de energía para evitar que se presenten inconvenientes; en este caso, se trata de

un conjunto de cuatro baterías de 6V, que tienen una capacidad de 500Ah, energía suficiente para bombear agua durante un ciclo (estimado un ciclo por día) sin necesidad de que exista generación en dicho tiempo.

Gracias al modelado CAD se puede visualizar y dimensionar la distribución del sistema, además que los planos brindan información del equipo sugerido a utilizar.

Referencias Bibliográficas

- Air-e (2021). *Tarifas 2021*. <https://www.air-e.com/>
- Aquae Fundación (s.f.). *Importancia del agua y sus funciones en los seres vivos*.
<https://www.fundacionaquae.org/importancia-del-agua>
- Blanco, E.; Verladez, S. & Fernández, J. (1994). *Sistema de bombeo*. Universidad de Oviedo.
- Comisión Natural de Áreas Protegidas (2019) *¿Sabes cuánta agua consumes?*
<https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>
- Correa, J. & Rodríguez, O. (2020). *Diseño de una turbina eólica de eje vertical para la generación de energía eléctrica en instalaciones residenciales* (tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander). Repositorio Institucional UIS. <https://bit.ly/3L3cKl6>
- Doncel, J.; Cubillos, J. & Riaño, A. (2016). *Viabilidad técnica y económica del diseño de un sistema de extracción de agua subterránea empleando energía eólica, usado en riego por goteo para cultivos de hortalizas* (tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Repositorio Institucional UDISTRITAL. <https://bit.ly/3uc5xt8>
- Energía Eólica (2015). *Tipos de aerogeneradores*. <https://bit.ly/34mgqh4>
- EPM (2019). *Norma de construcción. Instalación en zanja de tuberías de pvc, hd, grp, ccp y acero en redes de acueducto*. <https://bit.ly/3HliwMO>
- Estefanero, C. & Umpiri, S. (2018). *Perfil de un aerogenerador tipo vertical en el edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno* (tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). Repositorio Institucional UNAP. <https://bit.ly/3AQRhHx>
- Fibras y normas de Colombia S.A.S. (s.f.). *Aguas subterráneas, Definición, importancia, formas de extracción, tipos de contaminación y recomendaciones*. <https://bit.ly/3rhamzh>

- Flesmex (2019). *Carga dinámica total en un sistema de bombeo*. <https://bit.ly/32PT5nv>
- Frías, U. (2011). *Diseño de un banco experimental para caracterización de aerogeneradores de baja potencia* (tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander). Repositorio Institucional UIS.
- Google Maps (20219). *El Horno, Riohacha, La Guajira*. <https://bit.ly/3s1eZNe>
- Guachalla, C. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo de agua alimentado por un aerogenerador para el riego de forraje, comunidad de Villa Puni-Escoma* (tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés). Repositorio Institucional UMSA. <https://bit.ly/349Xx19>
- Honda (s.f.). *EG1000-1kW*. <https://pf.honda.com.pe/producto/eg1000-1kv/>
- IDEAM (2017). *Atlas de viento de Colombia. Energía eólica*. <https://bit.ly/3uhyaVD>
- Infolibros (s.f.). *Aprendamos tecnología Energía eólica*. <https://bit.ly/349JJUb>
- Jelpit (2021). *Mantenimiento preventivo y correctivo: ¿cuál necesita una empresa?* <https://bit.ly/3gfGFbJ>
- Ley 1715 de 2014 [Congreso de Colombia]. *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Mayo 13 de 2014.
- Ley 9 de 1979 [Congreso de Colombia]. *Por la cual se dictan medidas sanitarias*. Enero 24 de 1979. DO. 35308.
- Maquited de Colombia (s.f.). *Generador Diésel Ecohorse*. <https://bit.ly/3L1tE3O>
- Molina, M. (2016). *Diseño de un aerogenerador que permita generar energía eléctrica en el colegio Ofelia Uribe de Acosta comunidad de Yomasa* (tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia). Repositorio Institucional UCATÓLICA. <https://bit.ly/35GzrLU>
- Monroy, E.; Rodríguez, K. & Bastidas, M. (2016). Exergetic assessment for technologies applied to non-conventional energy sources. *Prospect*, 14(1): 7-14. <https://bit.ly/3gwvtaZ>

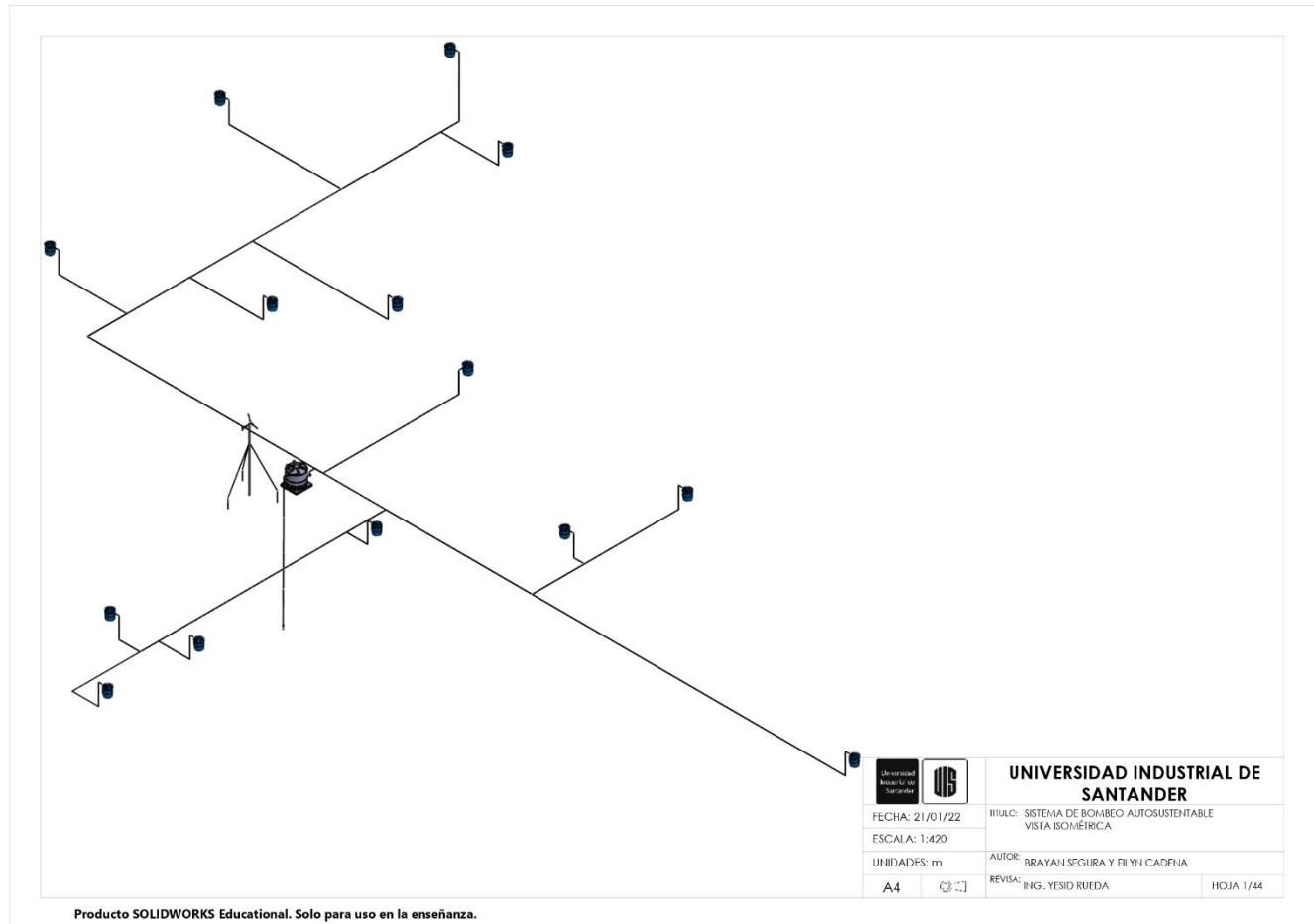
- Ochoa, C. & Álvarez, F. (2018). *Sistema híbrido de bombeo para comunidades remotas* (tesis de pregrado, Instituto Tecnológico Metropolitano). Repositorio Institucional ITM. <https://bit.ly/34o7bgk>
- Ordoñez, J. (2011). *Aguas subterráneas – Acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima.
- Pérez, S. & Renedo, C. (s.f.). *Mecánica de fluidos y Máquinas hidráulicas*. Universidad de Cantabria. España.
- Programa especial para la seguridad alimentaria, PESA (s.f.). *Cabras Lecheras como alternativa para mejorar la alimentación*. <https://bit.ly/3ugyBQ9>
- Riva, E. (2018). *Diseño de un molino de viento para extraer agua del subsuelo, para riego en zonas rurales* (tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano-Puno). Repositorio Institucional UNAP. <https://bit.ly/3GfWKZr>
- Ruiz, O. (2018). *La explotación del agua subterránea. Un nuevo enfoque*. Universidad de Guantánamo, Cuba.
- Sánchez, N. (2016). *Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua* (tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira). Repositorio Institucional UTP. <https://bit.ly/3AWIsMj>
- Solano, A. (2019). *Diseño de un sistema de captación de agua de mar mediante energía eólica* (tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana). Repositorio Institucional UPB. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6781>
- Textos científicos (2015). *Turbinas eólicas*. <https://www.textoscientificos.com/energia/turbinas>
- Valdiviesco, A. (s.f.). *¿Qué es un acuífero? ¡Agua!*. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-acuifero>

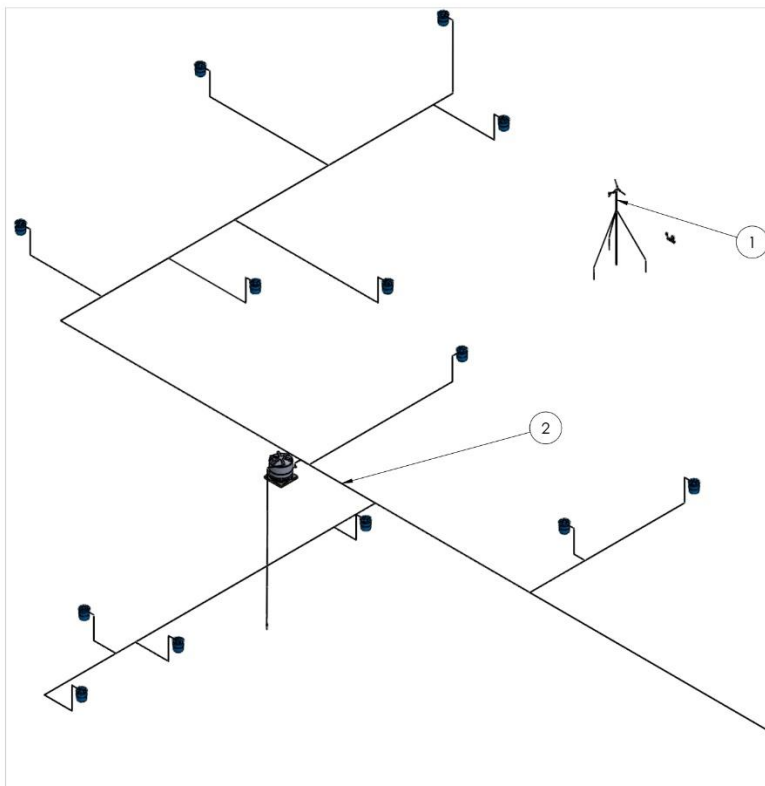
Valdiviesco, A. (s.f.). *¿Qué son aguas subterráneas?* iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-subterraneas>

Vidal, R. (2014). *Evaluación del recurso eólico en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez* (tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados). Repositorio Institucional CIMAR. <https://bit.ly/3s8r8jp>

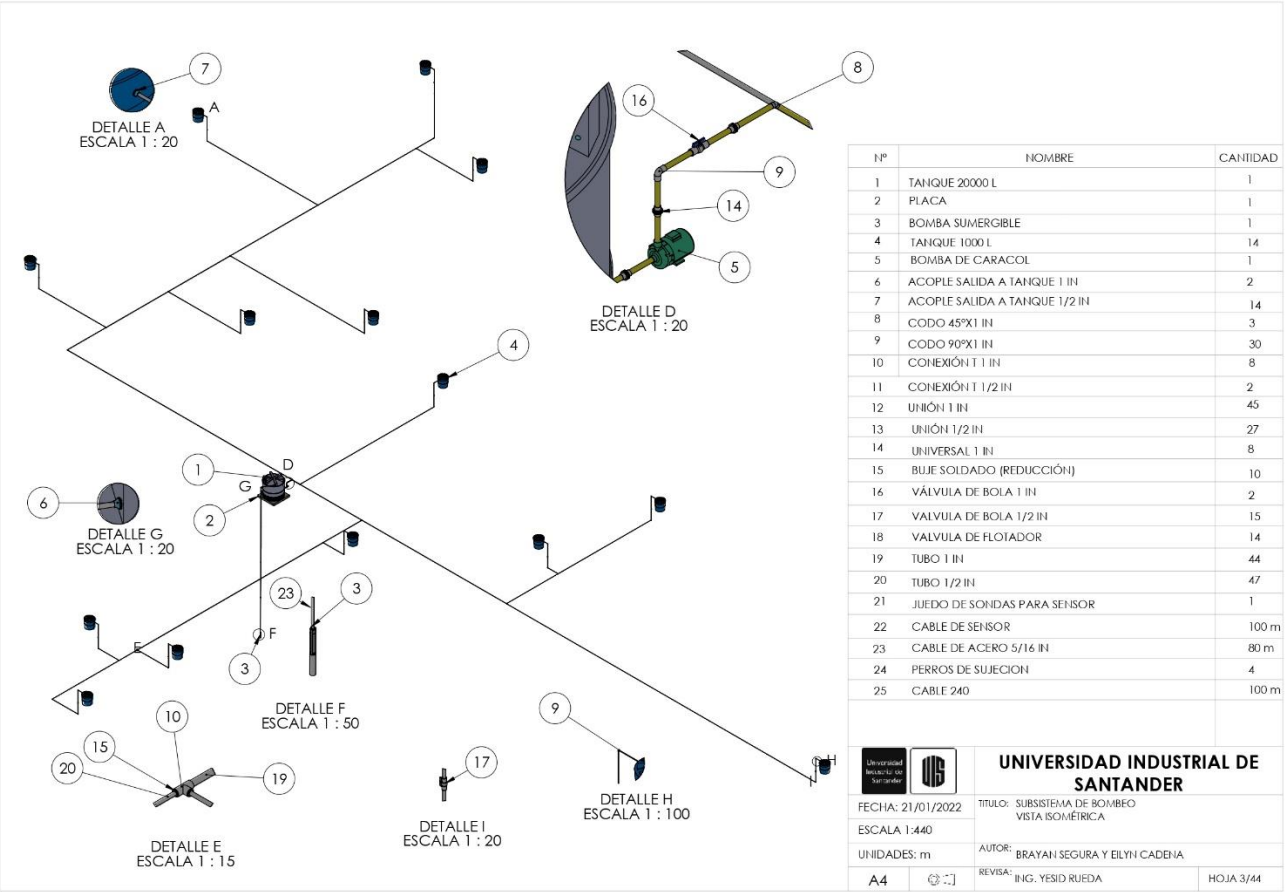
Apéndices

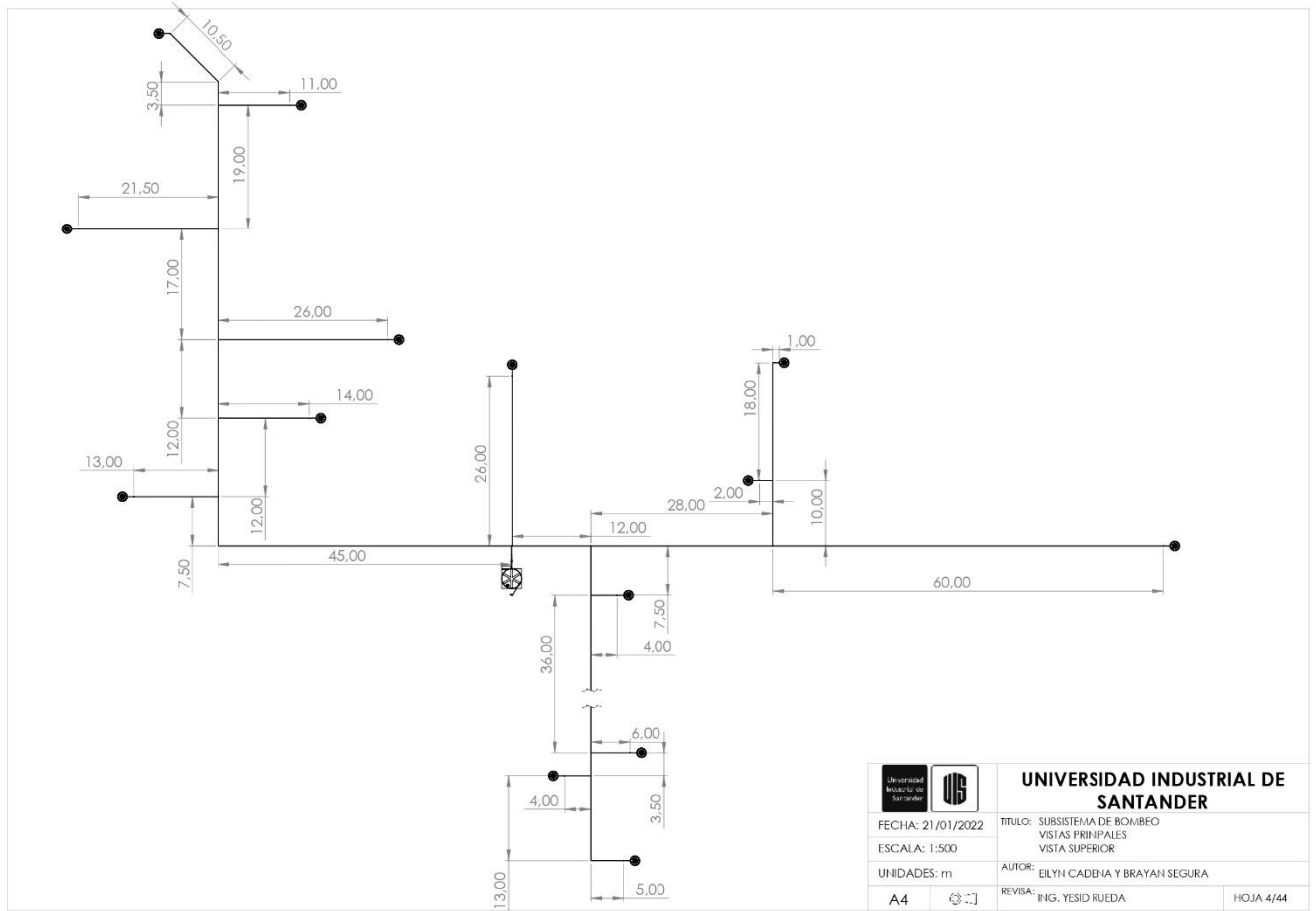
Apéndice A. Planos del sistema



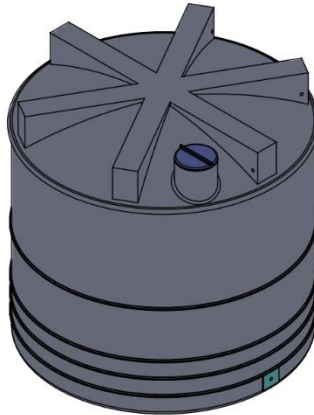


COMPONENTE	NOMBRE DEL SUBSISTEMA
1	SUBSISTEMA ENERGÉTICO
2	SUBSISTEMA DE BOMBEO
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 21/01/2022	TÍTULO: VISTA EXPLOSIONADA POR SUBSISTEMAS
ESCALA: 1:420	AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA
UNIDADES: m	REVIS: ING YESID RUEDA
A4	HOJA 2/44





Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

TANQUE DE 20.000 LITROS
FABRICADO POR LA EMPRESA COLEMPAQUES
CANTIDAD A UTILIZAR: 1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 1:40

UNIDADES: m

A4



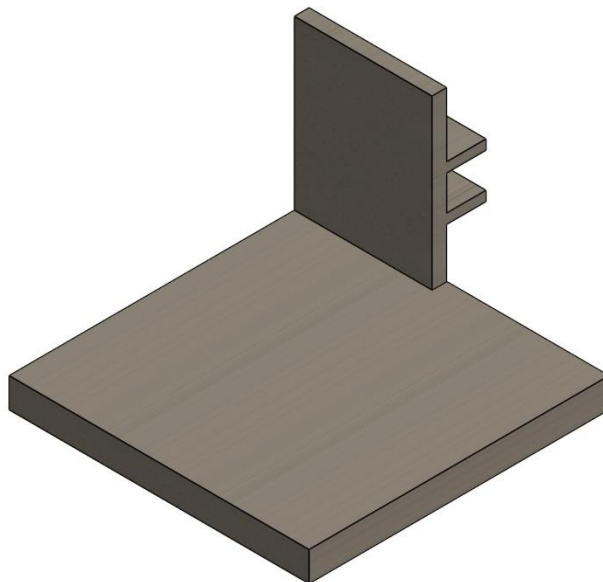
TÍTULO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO PRINCIPAL

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 5/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

la placa está construida en hormigón armado, tiene un espesor de 30 cm, 10 de ellos sobre la superficie del suelo; adjunta está una pared/replia que sirve de soporte para el equipo encargado del control de funcionamiento del sistema.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/22

ESCALA: 1:20

UNIDADES: m

A4

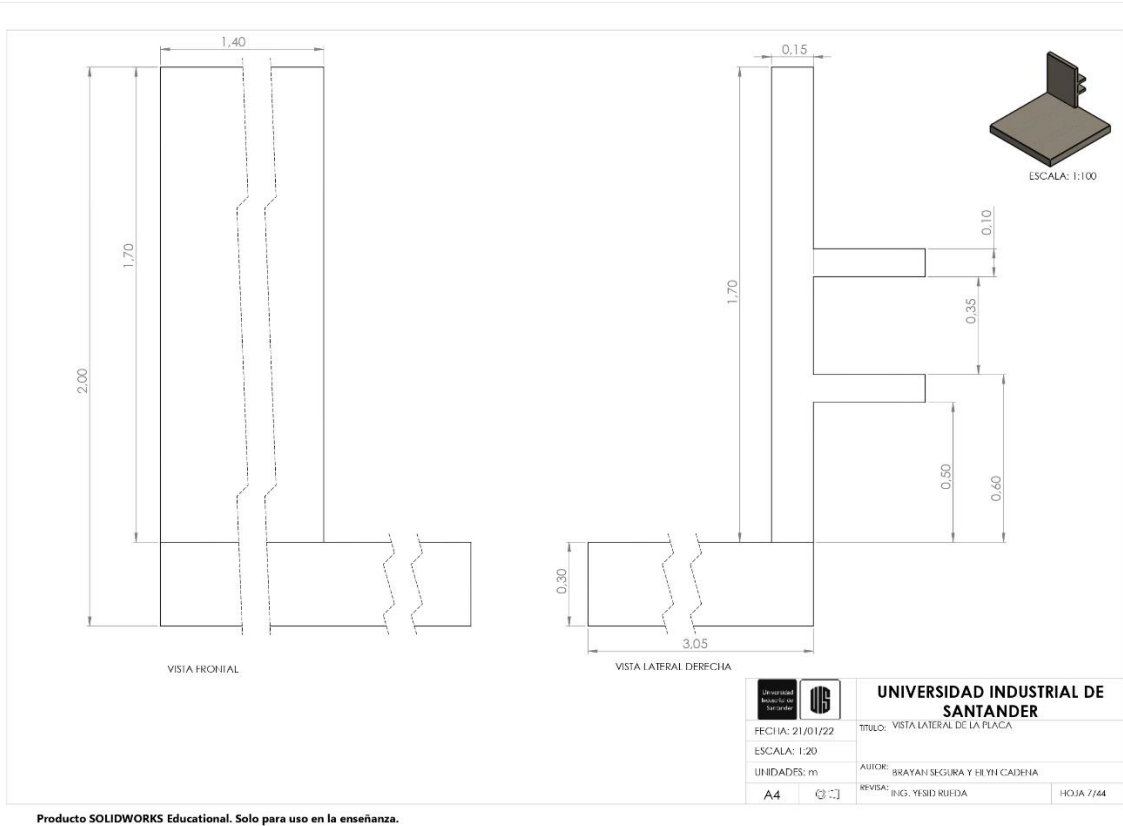
TÍTULO: PLACA SOPORTE DE TANQUE
VISTA ISOMÉTRICA

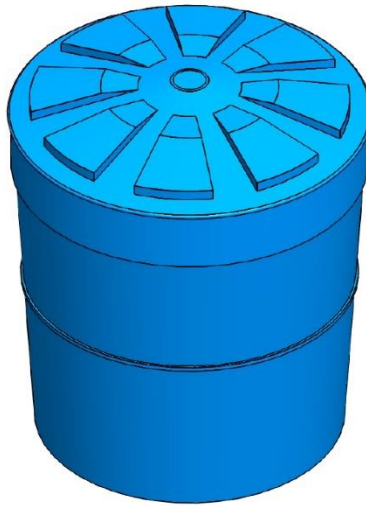
AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 6/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.





DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

TANQUE DE 1.000 LITROS
FABRICADO POR LA EMPRESA TOPTEC
CANTIDAD A UTILIZAR: 14



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 21/01/2022

TÍTULO: TANQUE DOMICILIARIO

ESCALA: 1:16

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

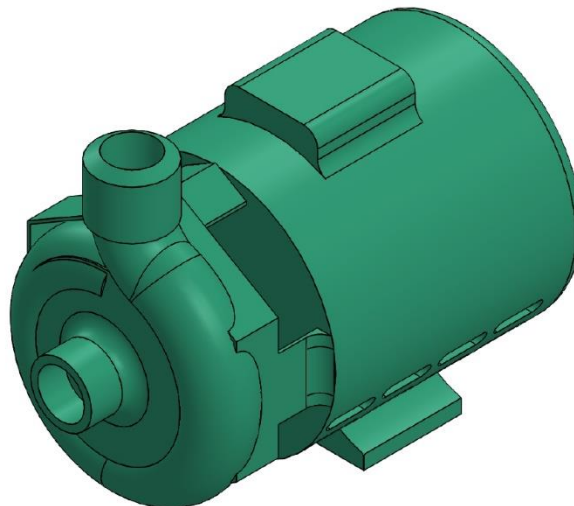
A4



REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 9/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

BOMBA CARACOL C. 1 2-1 DE 0.25 HP
FABRICADA POR LA EMPRESA BARNES
CANTIDAD A UTILIZAR: 1



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 21/01/2022

TÍTULO: BOMBA CARACOL

ESCALA: 1:2

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

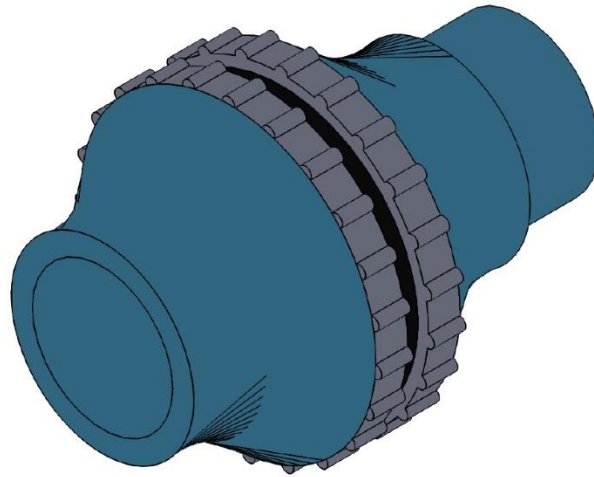
A4



REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 10/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

ACOPLE PARA TANQUE DE AGUA DE 1in
FABRICADO POR LA EMPRESA PAVCO
CANTIDAD A UTILIZAR: 2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 3:2

UNIDADES: m

A4



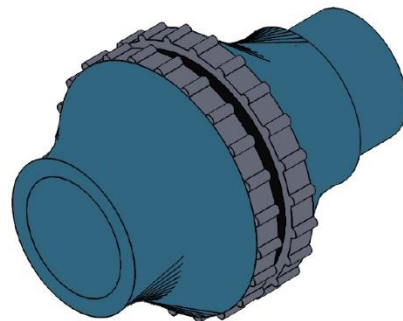
TÍTULO: ACOPLE PARA TANQUE DE 1in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 11/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

ACOPLE PARA TANQUE DE AGUA DE 0.5 in
FABRICADO POR LA EMPRESA PAVCO
CANTIDAD A UTILIZAR: 14



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 1:1

UNIDADES: m

A4



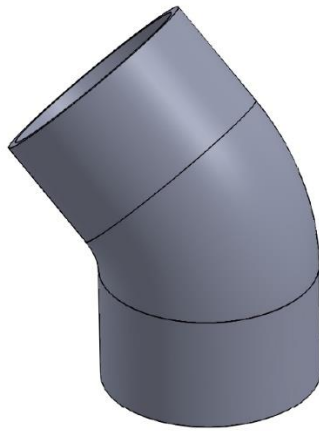
TÍTULO: ACOPLE PARA TANQUE DE 0.5 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 12/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CODO DE 45° DE 1in
FABRICADO POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 3



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 3:2

UNIDADES: m

A4



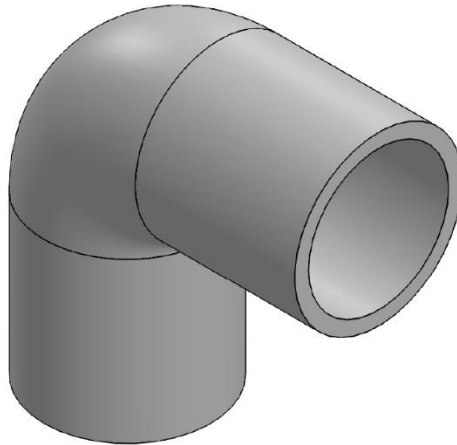
TITULO: CODO DE 45° DE 1in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISAR: ING. YESID RUEDA

HOJA 13/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CODO DE 90° DE 1in
FABRICADO POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2021

ESCALA: 3:2

UNIDADES: m

A4



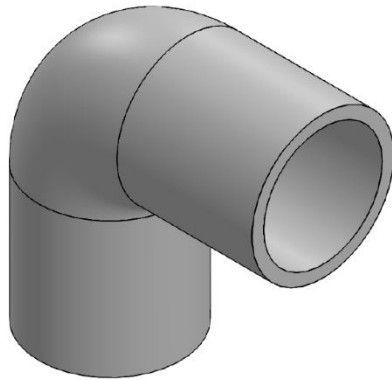
TITULO: CODO DE 90° DE 1in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISAR: ING. YESID RUEDA

HOJA 14/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CODO DE 90° DE 0.5 in
FABRICADO POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 30



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 2:1

UNIDADES: m

A4



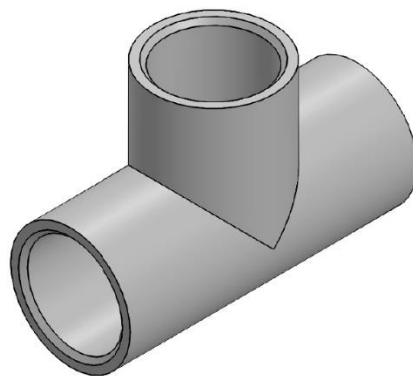
TÍTULO: CODO DE 90° DE 0.5 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÁ: ING. YESID RUEDA

HOJA 15/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CONEXIÓN "T" PVC DE 1 in
FABRICADO POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 8



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 1:1

UNIDADES: m

A4



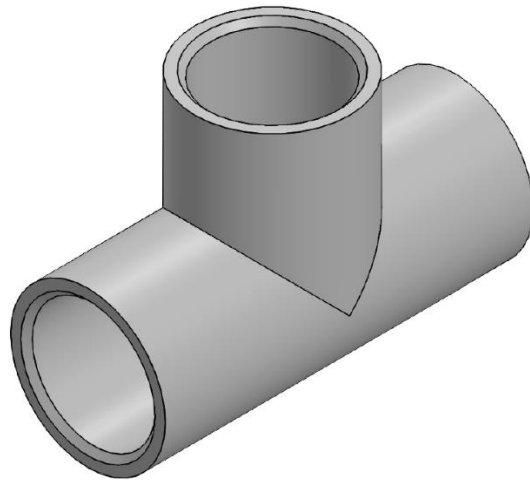
TÍTULO: CONEXIÓN "T" PVC DE 1 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÁ: ING. YESID RUEDA

HOJA 16/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CONEXIÓN "T" PVC DE 0.5 in
FABRICADO POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 2:1

UNIDADES: m

A4



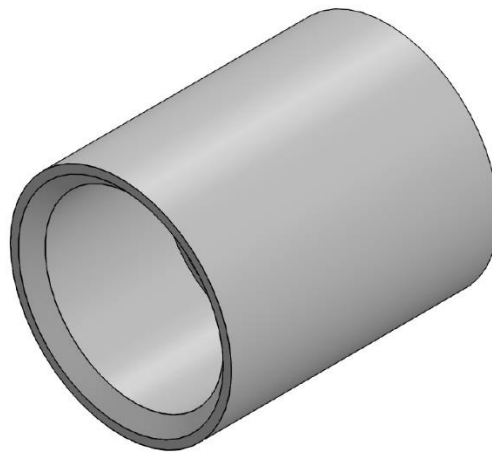
TÍTULO: CONEXIÓN T PVC DE 0.5 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 17/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

UNIÓN DE 1 in DE DIÁMETRO
FABRICADA POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 45



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 2:1

UNIDADES: m

A4



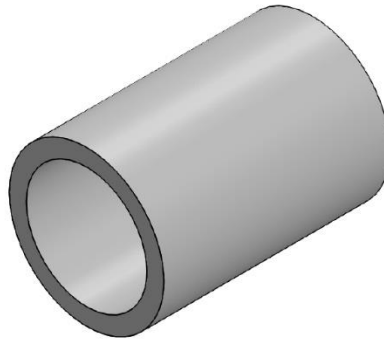
TÍTULO: UNIÓN DE 1 in DE DIÁMETRO

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 18/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

UNIÓN DE 0.5 in DE DIÁMETRO
FABRICADA POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 27



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 2:1

UNIDADES: m

A4



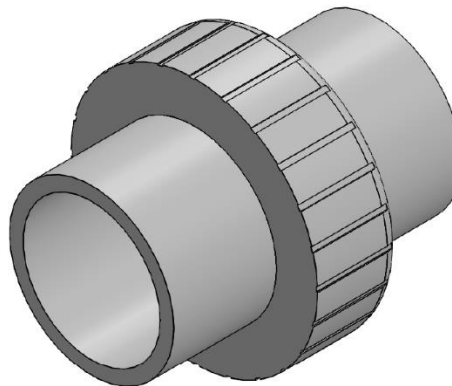
TÍTULO: UNIÓN DE 0.5 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISAR: ING. YESID RUEDA

HOJA 19/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CONEXIÓN UNIVERSAL DE 1"
FABRICADA POR LA EMPRESA PAVCO
CANTIDAD A UTILIZAR: 8



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 3:2

UNIDADES: m

A4



TÍTULO: CONEXIÓN UNIVERSAL

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

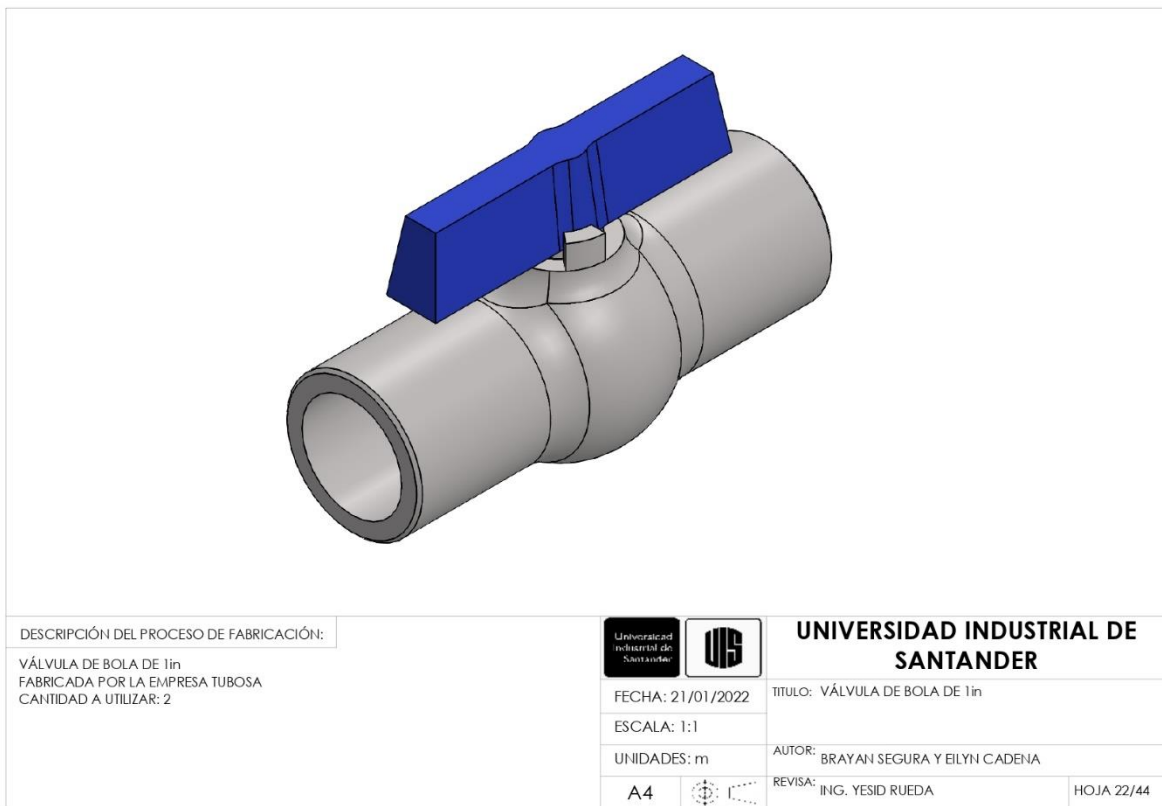
REVISAR: ING. YESID RUEDA

HOJA 20/44

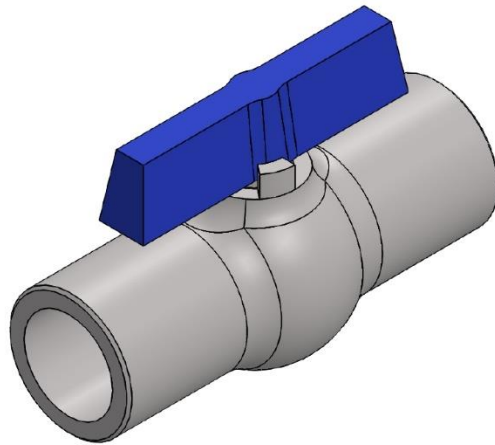
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

VÁLVULA DE BOLA DE 0.5 in
FABRICADA POR LA EMPRESA TUBOSA
CANTIDAD A UTILIZAR: 14



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 3:2

UNIDADES: m

A4



TÍTULO: VÁLVULA DE BOLA DE 0.5 in

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 23/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

VÁLVULA FLOTADOR PARA TANQUE DE AGUA
FABRICADA POR LA EMPRESA ROTOPLAST
CANTIDAD A UTILIZAR: 14



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

ESCALA: 1:3

UNIDADES: m

A4



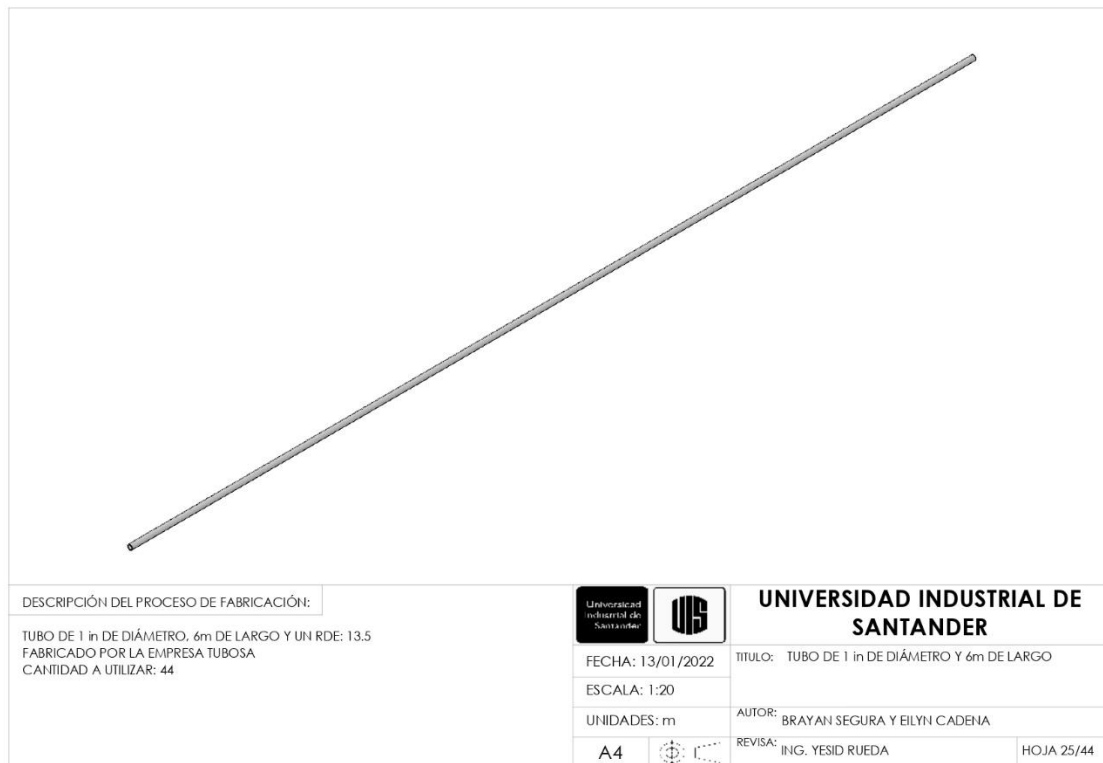
TÍTULO: VÁLVULA FLOTADOR PARA TANQUE DE AGUA

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

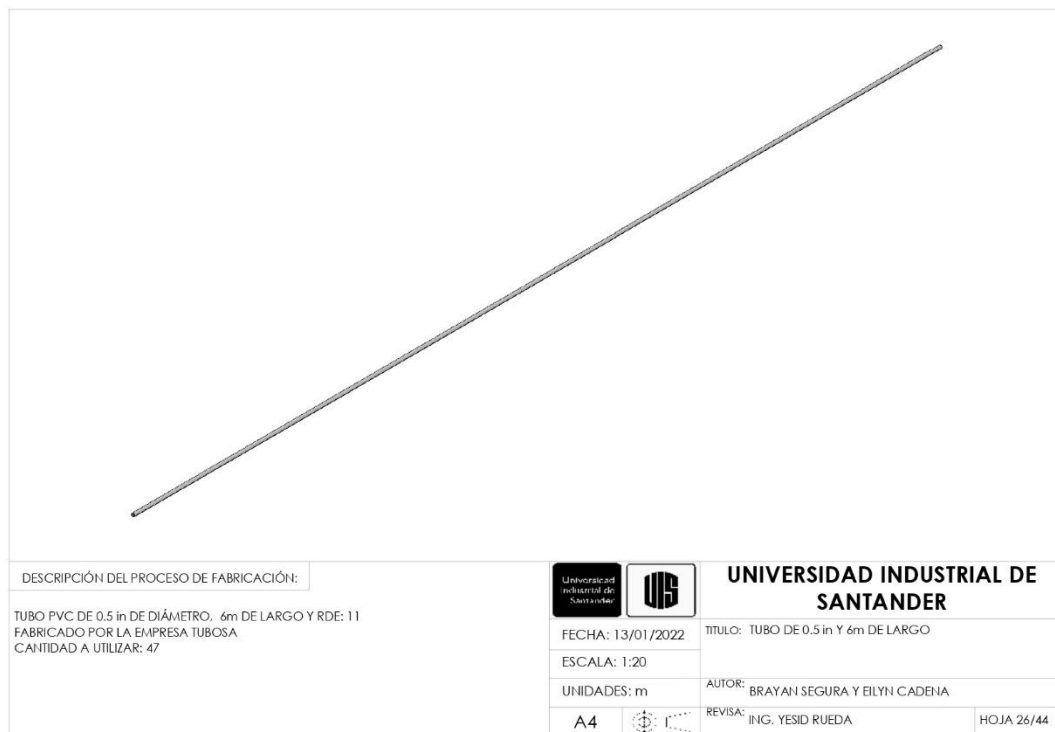
REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 24/44

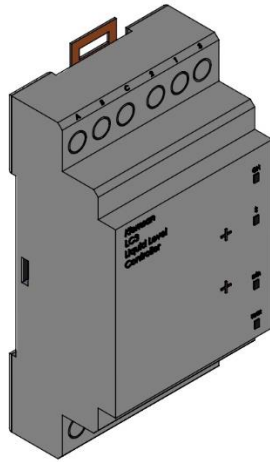
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

LC3 CONTROLADOR DE NIVEL DE LÍQUIDO
FABRICADO POR LA EMPRESA KLEMSAN
CANTIDAD A UTILIZAR: 1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 13/01/2022

TÍTULO: CONTROLADOR DE NIVEL DE LÍQUIDO LC3

ESCALA: 1:6

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

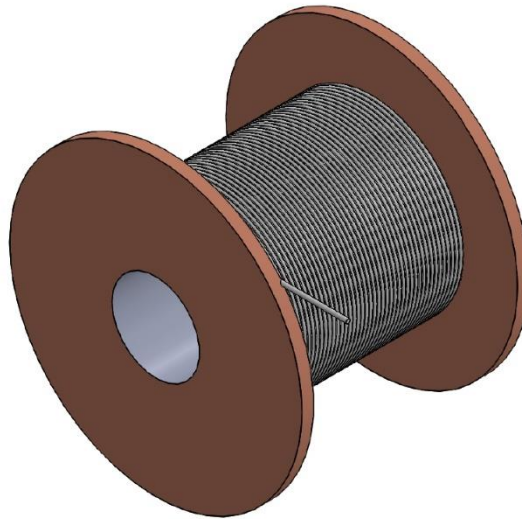
A4



REVIS: ING. YESID RUEDA

HOJA 27/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CABLE PARA SENSOR
FABRICADO POR LA EMPRESA NEXANS



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

TÍTULO: CABLE PARA SENSOR

ESCALA: 1:5

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

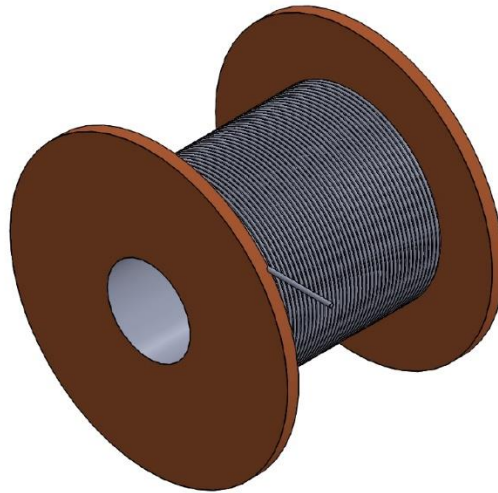
A4



REVIS: ING. YESID RUEDA

HOJA 28/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CABLE ELÉCTRICO ENCAUCHETADO 240V 3x12 Awg
FABRICADO POR LA EMPRESA PROCABLES
CANTIDAD A UTILIZAR: 100m

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 21/01/2022

TÍTULO: CABLE 240V

ESCALA: 1:5

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

A4



REVISÁ: ING. YESID RUEDA

HOJA 29/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CABLE DE ACERO DE DIÁMETRO 5/16", 7X19
CANTIDAD A UTILIZAR: 80m

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

FECHA: 21/01/2022

TÍTULO: CABLE DE ACERO

ESCALA: 1:50

UNIDADES: m

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

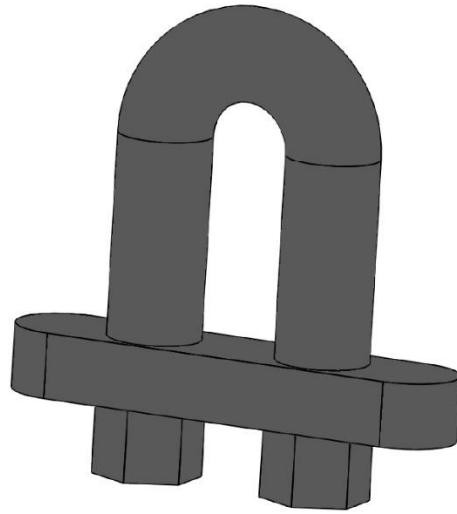
A4



REVISÁ: ING. YESID RUEDA

HOJA 30/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

PERRO PARA CABLE GALVANIZADO 5/16 in
FABRICADO POR LA EMPRESA: FIXSER
CANTIDAD A UTILIZAR: 16



FECHA: 21/01/01

ESCALA: 5:6

UNIDADES: m

A4

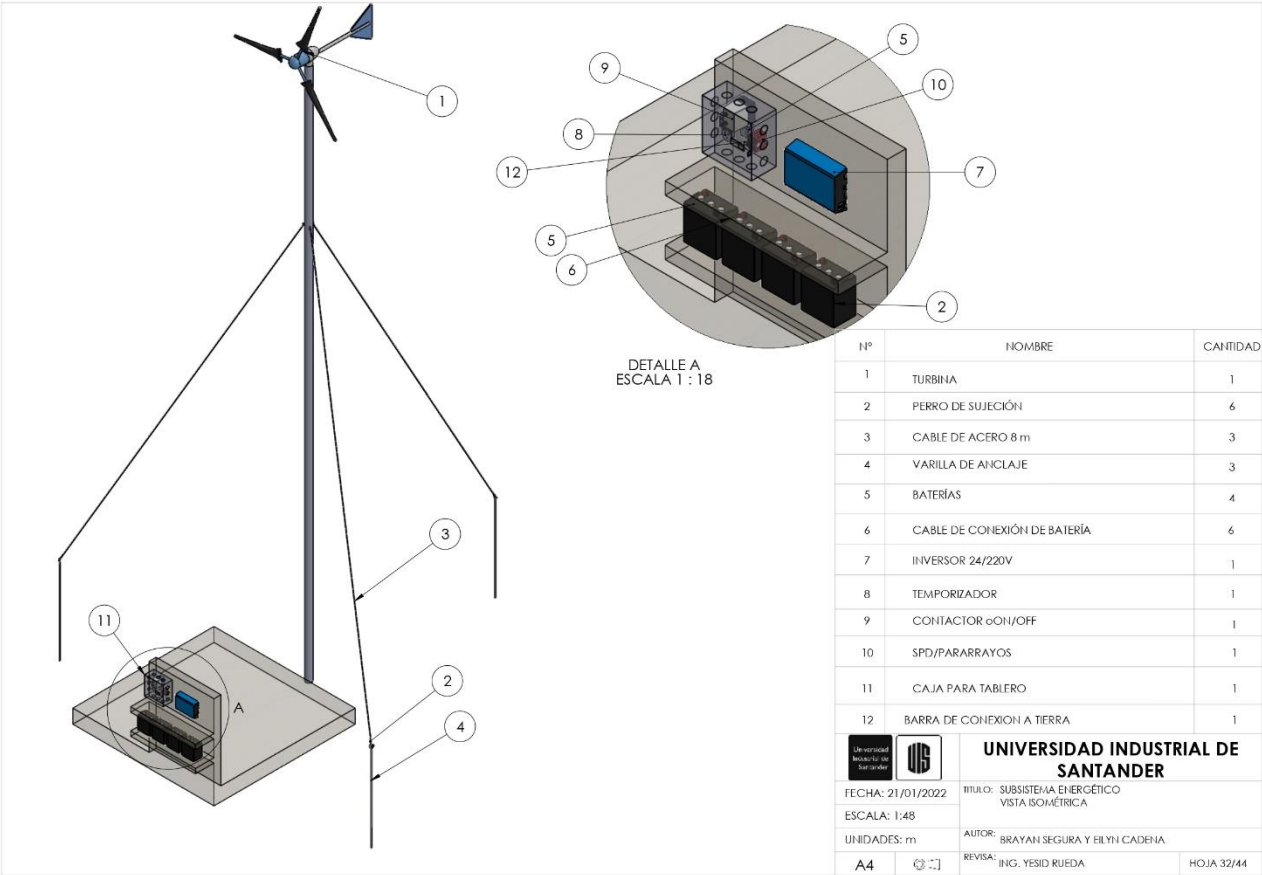
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

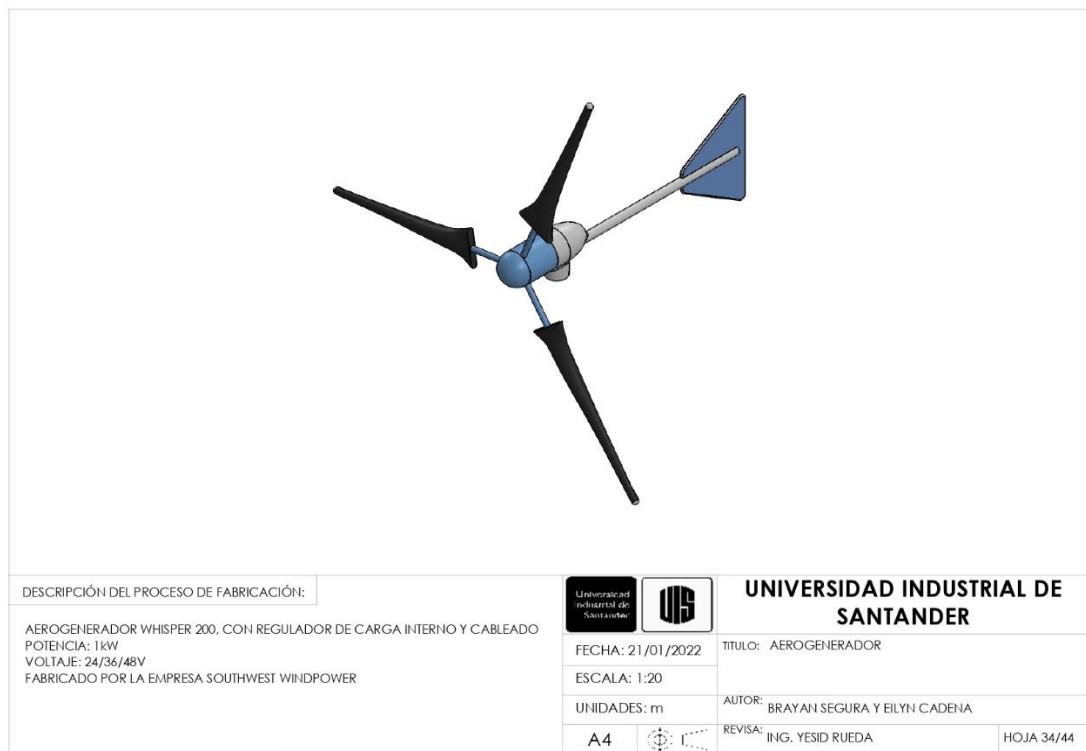
TÍTULO: PERRO DE SUJECIÓN

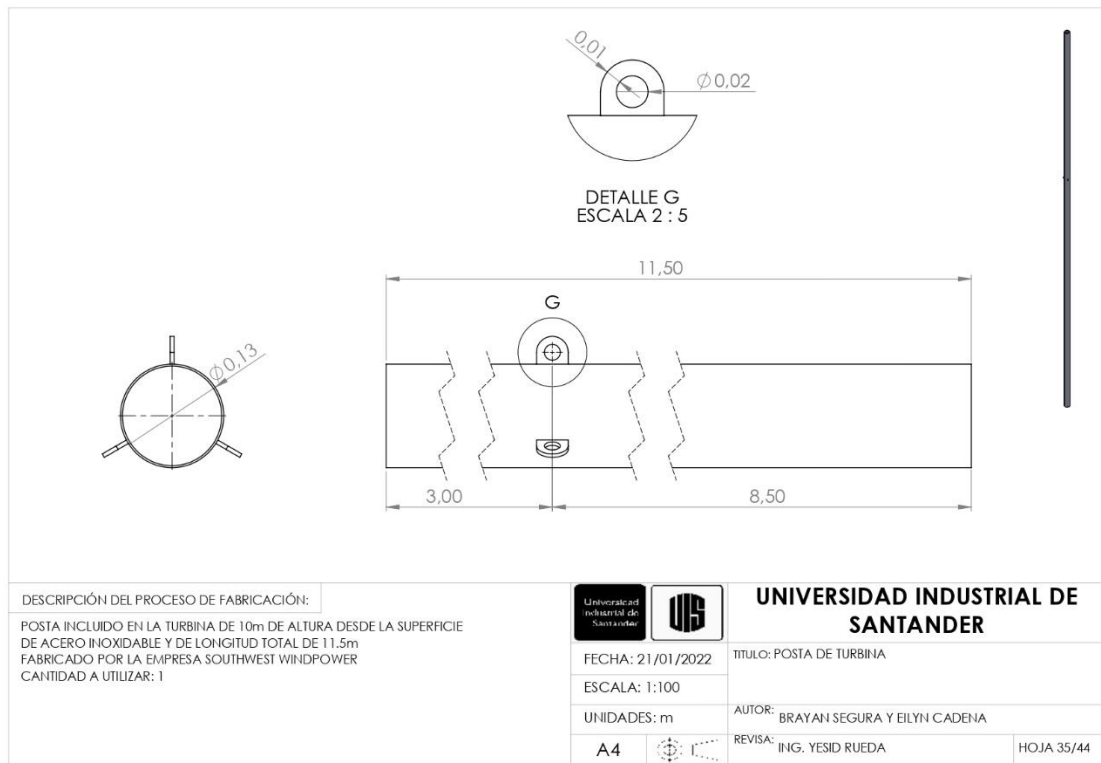
AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

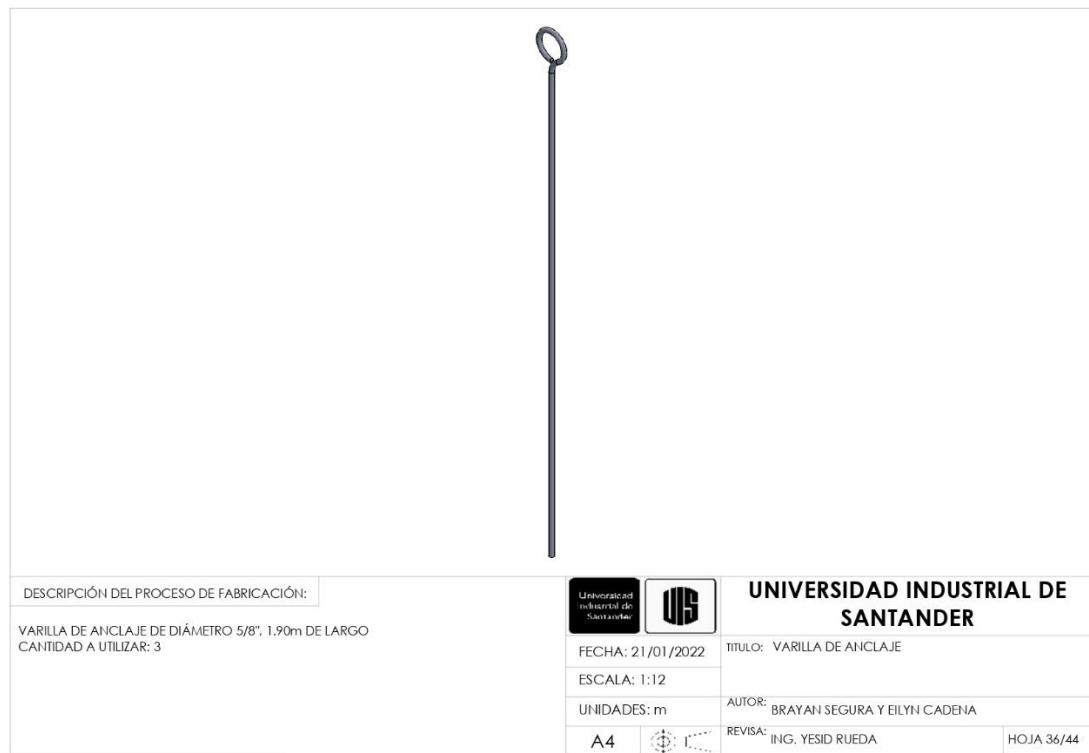
HOJA 31/44



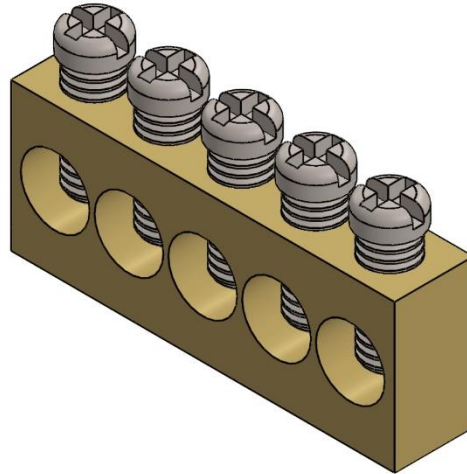




Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

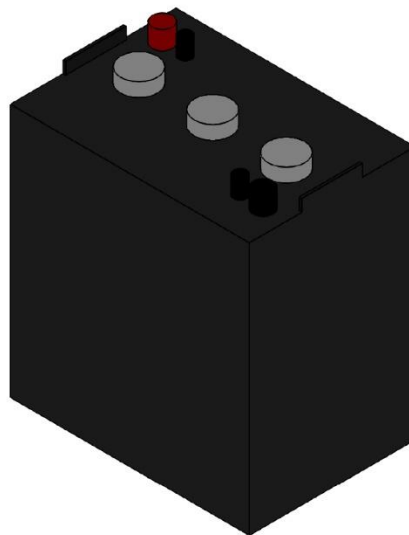


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 21/01/2022		TÍTULO: BARRA DE CONEXIONES A TIERRA	
ESCALA: 5:1		VISTA ISOMÉTRICA	
UNIDADES: m		AUTOR: ELYN CADEÑA Y BRAYAN SEGURA	
A4		REVISÓ: ING. YESID RUEDA	HOJA 37/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

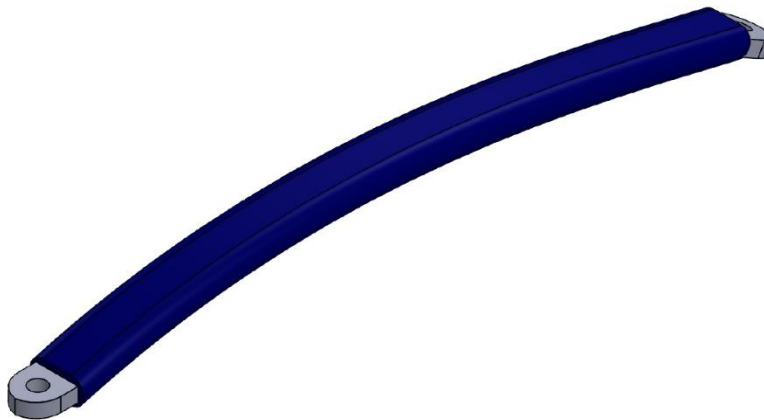


DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

BATERÍA DE ALMACENAMIENTO DE 6V - 250AH
FABRICADA POR LA EMPRESA TENSITE
CANTIDAD A UTILIZAR: 4

		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 21/01/2022		TÍTULO: BATERÍA	
ESCALA: 1:3			
UNIDADES: m		AUTOR: BRAYAN SEGURA Y ELYN CADEÑA	
A4		REVISÓ: ING. YESID RUEDA	HOJA 38/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CABLE DE CONEXIÓN PARA BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO
 OJAL 8mm-50mm2 PARA CONEXIÓN DE BATERÍAS DE 6V
 FABRICADO POR LA EMPRESA AUTOSOLAR
 CANTIDAD A UTILIZAR: 6



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 1:2

UNIDADES: m

A4



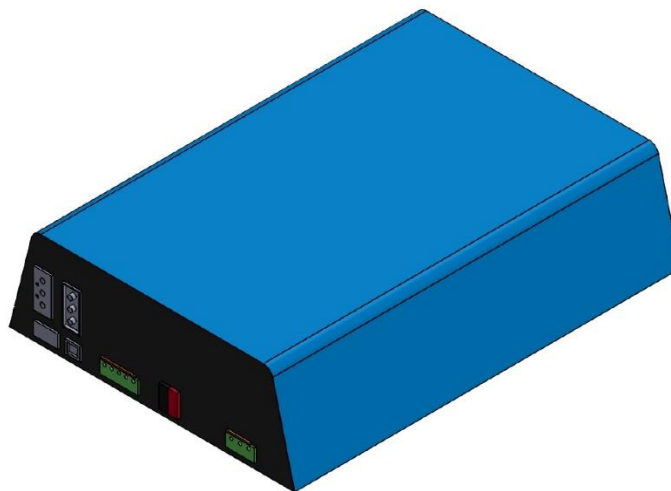
TÍTULO: CABLE DE CONEXIÓN PARA BATERÍA

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADEÑA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 39/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

INVERSOR CARGADOR MULTIPLUS 500 VA-1600 VA
 12/24/48 V
 FABRICADO POR LA EMPRESA VICTRON ENERGY
 CANTIDAD A UTILIZAR: 1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 1:3

UNIDADES: m

A4



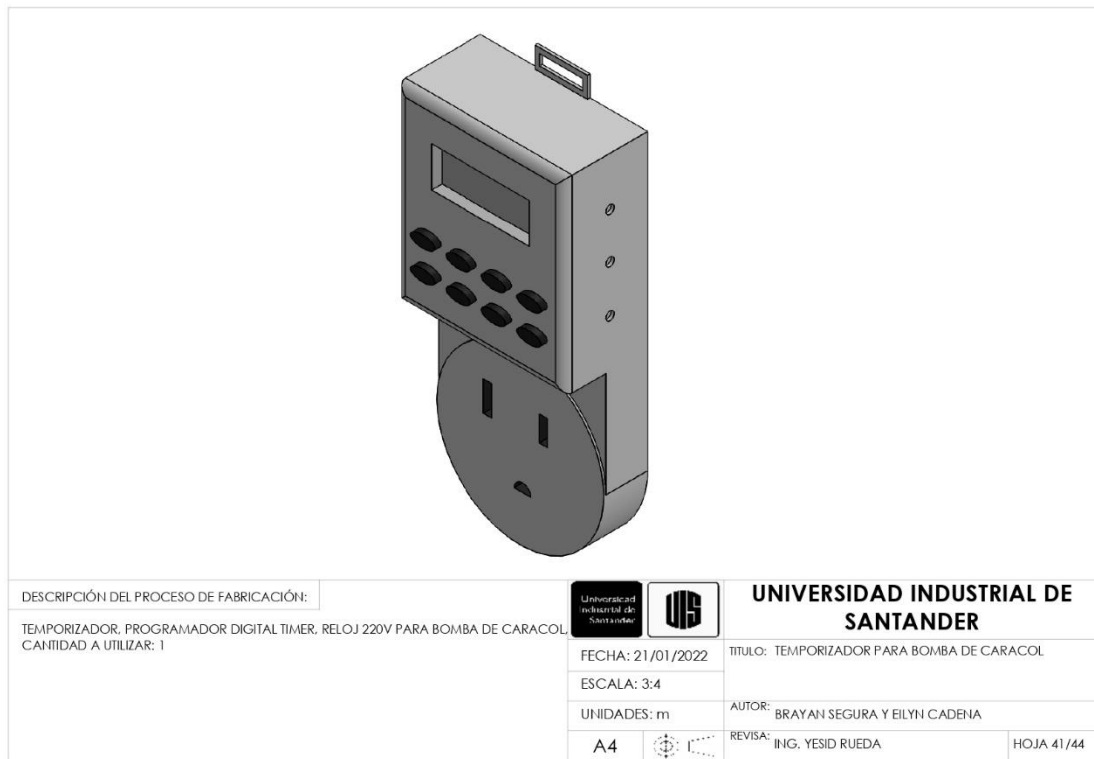
TÍTULO: INVERSOR/CARGADOR

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADEÑA

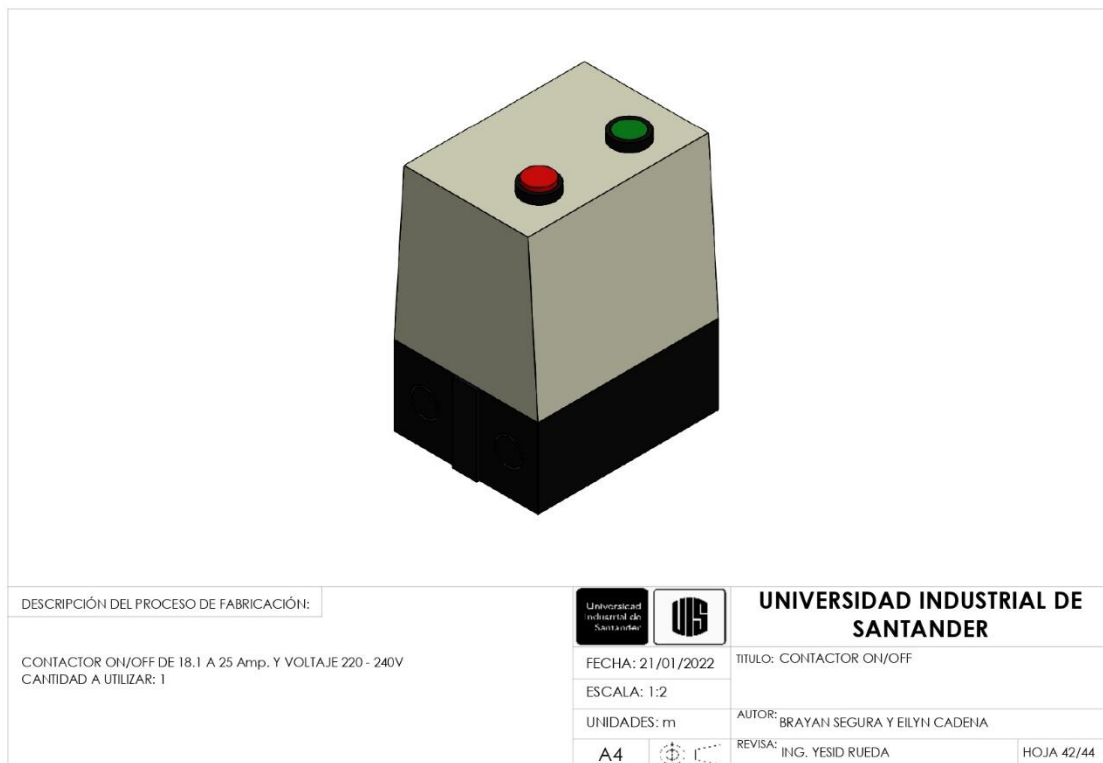
REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 40/44

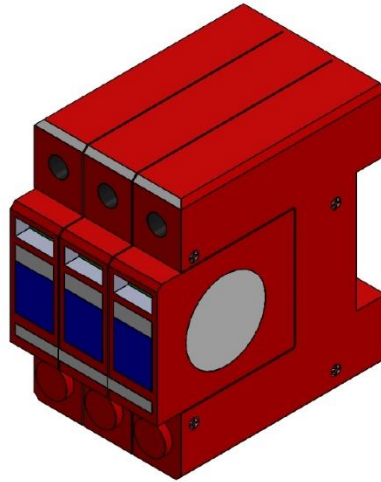
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

SPD/PARARRAYO-PROTECTOR SOBRE TENSIONES
 VOLTAJE: 1000V
 CORRIENTE DE DESCARGA NOMINAL: 20kA
 MÁXIMA CORRIENTE DE DESCARGA: 40 kA
 CANTIDAD A UTILIZAR: 1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 6:7

UNIDADES: m

A4



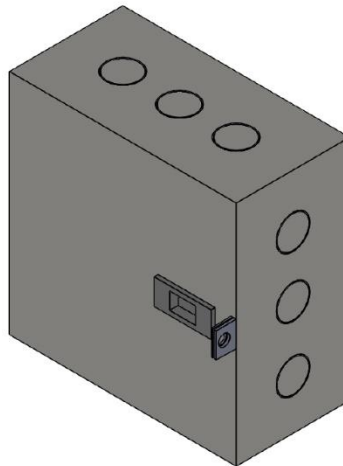
TÍTULO: SPD/PARARRAYOS

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 43/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

CAJA DE PASO 40X40X20 cm C20 FABRICADA POR LA EMPRESA PROELECTRICOS
 CANTIDAD A UTILIZAR: 1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 21/01/2022

ESCALA: 1:5

UNIDADES: m

A4



TÍTULO: CAJA DE PASO

AUTOR: BRAYAN SEGURA Y EILYN CADENA

REVISÓ: ING. YESID RUEDA

HOJA 44/44

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Apéndice B. Código del modelado matemático

CÓDIGO SISTEMA DE CAPTACIÓN

```

"DATOS A VARIAR"
Q_GPM=13 "caudal en galones por
minuto"
D=0,02848 [m]"Diámetro de
descarga"
Vol_T_diario=14000 [l] "VOLUMEN
TOTAL DIARIO NECESARIO"
"CALCULOS PARA PERDIDAS"
"datos generales"
nu = (7,905 *10^(-7) ) [m^2/s]" v
cinemá"
gamma = 9768,013 [N/m^3] " p especi"
rho=995,72 [kg/m^3] "densidad"
g=9,81 [m/s^2] "gravedad"
" DATOS EN diferentes unidades"
Q_lps=Q_GPM*convert(gpm;l/s) "caudal en
litros por segundo"
Q_m=Q_GPM*convert(gpm;m^3/s) "caudal en
metros cubicos por segundo"
t_op_horas=t_op*convert(s:h)
Q_lps =Vol_T_diario/t_op "tiempo de operación"
A=(pi*D^2)/4
Q_m=V*A
R_e=(V*D)/nu
epsilon= E_pvc/D
E_pvc= 0,0015/1000
f= 1/((-2*log10(epsilon/3,7 + 2,51/(R_e*sqrt(f))))^2)
"Factor de fricción"
"Cálculos primarios"
"datos"
Y_B=10 [m] "profu en capa freática donde está la
bomba"
Y_t= 2,6 [m "altura del tanque"
Y_s= 0,1[m] "altura del soporte"
Y_h=2 [m] " tuberia horizontal"
L_cte=Y_B+Y_t+Y_s+Y_h
"profundidades de nivel freático"
Y_1=12,5 [m]
Y_2=25 [m]
Y_3=37,5 [m]
Y_4=50 [m]
"longitudes de tuberia"
L_1=Y_1+L_cte
L_2=Y_2+L_cte
L_3=Y_3+L_cte
L_4=Y_4+L_cte
"altura manométrica de cada profundidad" " altura
vertical"
Y_man_1=Y_1+L_cte-Y_h
Y_man_2=Y_2+L_cte-Y_h
Y_man_3=Y_3+L_cte-Y_h
Y_man_4=Y_4+L_cte-Y_h
"carga total dinámica"
H_1=Y_man_1+H_perdidas_1
H_2=Y_man_2+H_perdidas_2
H_3=Y_man_3+H_perdidas_3
H_4=Y_man_4+H_perdidas_4
"PERDIDAS"
H_perdidas_1=H_L_1+h_F_1
H_perdidas_2=H_L_2+h_F_2
H_perdidas_3=H_L_3+h_F_3
H_perdidas_4=H_L_4+h_F_4
"perdidas en la tuberia "
H_L_1=f*(L_1*(V)^2)/(2*D*g)
H_L_2=f*(L_2*(V)^2)/(2*D*g)
H_L_3=f*(L_3*(V)^2)/(2*D*g)
H_L_4=f*(L_4*(V)^2)/(2*D*g)
"perdidas en los accesorios h_F"
k_c=0,3 "codo"
k_d=1 "salida a depósito"
k_v=0,05 "válvula"
k_u=0,08 "unión"
"lista de accesorios"
N_c=1 "numero de codos"
N_v=1 "número de válvulas"
N_u_1=4 "número de uniones prof 1"
N_u_2=6 "número de uniones prof 2"
N_u_3=8 "número de uniones prof 3"
N_u_4=10 "número de uniones prof 4"
h_F_1= V^2/(2*g)
*(k_c*N_c+k_d+N_v*k_v+N_u_1*k_u)
h_F_2= V^2/(2*g)
*(k_c*N_c+k_d+N_v*k_v+N_u_2*k_u)
h_F_3= V^2/(2*g)
*(k_c*N_c+k_d+N_v*k_v+N_u_3*k_u)
h_F_4= V^2/(2*g)
*(k_c*N_c+k_d+N_v*k_v+N_u_4*k_u)
"CÁLCULO DE POTENCIA REQUERIDA PARA
ELEVAR EL AGUA POR LA BOMBA"
P_1=H_1*gamma*Q_m/1000
P_2=H_2*gamma*Q_m/1000
P_3=H_3*gamma*Q_m/1000
P_4=H_4*gamma*Q_m/1000
P_4_HP=P_4*convert(kw; HP)
P_3_HP=P_3*convert(kw; HP)
P_2_HP=P_2*convert(kw; HP)
P_1_HP=P_1*convert(kw; HP)
"CÁLCULO DE CAUDALES CORREGIDOS CON
LA BOMBA ESCOGIDA"
P_bomba=1,5
n_bomba=0,62
P=P_bomba*n_bomba*convert(HP;w)
P=H_1*gamma*Q_m_1 "caudal prof_1 corregido
con la potencia aplicada"
P=H_2*gamma*Q_m_2 "caudal prof_2 corregido
con la potencia aplicada"
P=H_3*gamma*Q_m_3 "caudal prof_3 corregido
con la potencia aplicada"

```

```

P=H_4*gamma*Q_m_4 "caudal prof_4 corregido
con la potencia aplicada"
Q_gpm_1=Q_m_1*convert(m^3/s;gpm)
Q_gpm_2=Q_m_2*convert(m^3/s;gpm)
Q_gpm_3=Q_m_3*convert(m^3/s;gpm)
Q_gpm_4=Q_m_4*convert(m^3/s;gpm)
Q_m_1_l=Q_m_1*convert(m^3/s;l/s)
Q_m_2_l=Q_m_2*convert(m^3/s;l/s)
Q_m_3_l=Q_m_3*convert(m^3/s;l/s)
Q_m_4_l=Q_m_4*convert(m^3/s;l/s)Q_m_1_l=Vol
_T_diario/t_corregido_1
Q_m_2_l=Vol_T_diario/t_corregido_2
Q_m_3_l=Vol_T_diario/t_corregido_3
Q_m_4_l=Vol_T_diario/t_corregido_4

t_corregido_h_1=t_corregido_1*convert(s;h)
t_corregido_h_2=t_corregido_2*convert(s;h)
t_corregido_h_3=t_corregido_3*convert(s;h)
t_corregido_h_4=t_corregido_4*convert(s;h)

```

CÓDIGO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

"cálculos del caudal sabiendo que el volumen diario a bombear para la ranchería es de 14000 litros diarios, para las 12 casas y el establo, cada casa contará con un volumen diario de 1 m³; 600 litros para el consumo diario de las 6 personas y 400 para el riego de la huerta familiar"

```

V_tk=14000 [l]
V_establo=2000 [l]
V_casa= 1000 [l]
{n=0,4
Pot_bomba=0,18642497
n*Pot_bomba=Pot_fluido
pot_total_dia=t*Pot_bomba
t=3,626}

```

```

Q_GPM=17 "CAUDAL DE BOMBEO EN GPM"
phi_escogido=phi_1 "DIÁMETRO DE LA RED
PRINCIPAL"
epsilon_escogido=epsilon_1 "rugosidad relativa para
el diámetro seleccionado"
t_horas=t*convert(s;h)
Q_tk=Q_GPM*convert(gpm;l/s)
Q_tk=V_tk/t
q_c=Q_tk/14
q_a=2*q_c
q_c=Q_c1
q_c=Q_c2
q_c=Q_c3
q_c=Q_c4
q_c=Q_c5
q_c=Q_c6
q_c=Q_c7
q_c=Q_c8

```

```

q_c=Q_c9
q_c=Q_c10
q_c=Q_c11
q_c=Q_c12
q_c=Q_c13
"se hace la aclaración que se trabajan cantidades
promedio"
"para dimensionar la bomba que impuse el fluido se
usarán las pérdidas de la casa que esté más alejada
multiplicada por el número de casas, para evitar que
el dimensionamiento no sea tan exacto y presente
errores"
"distribución de caudales"

```

QB=Q_tk

QB=Q_S+Q_T+q_c7

```

QT=q_c4+Q_V
Q_V=q_c5+Q_W
Q_W=q_c6+Q_X
Q_X=q_c9+Q_Y
Q_Y=q_c11+Q_Z
Q_Z=q_c10
Q_S=Q_Q+Q_R
Q_R=q_a+Q_P
Q_P=q_c2+Q_O
Q_O=q_c1+q_c3
Q_Q=Q_L+q_c12
Q_L=q_c13+q_c8
"PERDIDAS DE TUBERÍA"

```

```

T_1=33,5
P_sat=P_sat(Water;T=T_1)
P_1=176
rho=Density(Water;T=T_1;P=P_1)
mu=Viscosity(Water;T=T_1;P=P_1)
nu=KinematicViscosity(Water;T=T_1;P=P_1)
gamma=rho*g
g=9,81
"perdida de la casa más lejana y generalización"
"la vivienda más alejada se encuentra a 120,5 m de la
donde se plantea bombear el agua"
t_P05=t_p05_400 "1/2 in a una presión"
t_P34=t_p34_200 "3/4 in a una presión"
t_P1=t_p1_315 "espesor 1 in a una
presión"
t_P114=t_p114_200 "espesor 1 1/4 in a una
presión"
t_P105=t_p105_200 "espesor 1 1/2 in a una
presión"
t_P2=t_p2_200 "espesor de 2 in a una presión"
"lista de espesores"
"media pulgada"
t_p05_500=2,36 [mm]
t_p05_400=1,93 [mm]
t_p05_315=1,57 [mm]
"3/4 de pulgada"
t_p34_400=2,41 [mm]
t_p34_200=1,52 [mm]

```

```

"1 pulgada"
t_p1_315=2,46 [mm]
t_p1_200=1,6 [mm]
t_p1_160=1,3 [mm]
"1 1/4 de pulgada"
t_p114_200=2,01 [mm]
t_p114_160=1,6 [mm]
"una pulgada y media"
t_p105_200=2,29 [mm]
t_p105_160=1,9 [mm]
"2 pulgadas"
t_p2_500=6,7 [mm]
t_p2_400=5,48 [mm]
t_p2_315=4,47 [mm]
t_p2_200=2,87 [mm]
t_p2_160=2,3 [mm]
t_p2_125=1,81 [mm]
"diámetros y áreas"
"media pulgada"
D_ext_05 =21,34 [mm] "dia ext tubería de 1/2 in
"
D_ext_34 =26,67 [mm] "d ext tubería de 3/4 in "
D_ext_1 =33,4 [mm] "d ext tubería de 2 in "
D_ext_114=42,16 [mm] "d ext tubería de 1 1/4 in
"
D_ext_105=48,26 [mm] "d ext tubería de 1 1/2 in
"
D_ext_2 =60,32 [mm] "d ext tubería de 2 in "

phi_05=(D_ext_05-2*t_P05)*convert(mm;m)
phi_34=(D_ext_34-2*t_P1)*convert(mm;m)
phi_1=(D_ext_1-2*t_P1)*convert(mm;m)
phi_114=(D_ext_114-2*t_P114)*convert(mm;m)
phi_105=(D_ext_105-2*t_P105)*convert(mm;m)
phi_2=(D_ext_2-2*t_P2)*convert(mm;m)
A_05=(pi*phi_05^2)/4
A_34=(pi*phi_34^2)/4
A_1=(pi*phi_1^2)/4
A_114=(pi*phi_114^2)/4
A_105=(pi*phi_105^2)/4
A_2=(pi*phi_2^2)/4
q_c1*convert(l/s;m^3/s)=V_1*A_05
q_c2*convert(l/s;m^3/s)=V_2*A_05
q_c3*convert(l/s;m^3/s)=V_3*A_05
q_c4*convert(l/s;m^3/s)=V_4*A_05
q_c5*convert(l/s;m^3/s)=V_5*A_05
q_c6*convert(l/s;m^3/s)=V_6*A_05
q_c7*convert(l/s;m^3/s)=V_7*A_05
q_c8*convert(l/s;m^3/s)=V_8*A_05
q_c9*convert(l/s;m^3/s)=V_9*A_05
q_c10*convert(l/s;m^3/s)=V_10*A_05
q_c11*convert(l/s;m^3/s)=V_11*A_05
q_c12*convert(l/s;m^3/s)=V_12*A_05
q_c13*convert(l/s;m^3/s)=V_13*A_05
q_a*convert(l/s;m^3/s)=V_a*A_1
Q_L*convert(l/s;m^3/s)=V_L*A_05
Q_O*convert(l/s;m^3/s)=V_O*A_1
Q_P*convert(l/s;m^3/s)=V_P*A_1
Q_Q*convert(l/s;m^3/s)=V_Q*A_1

Q_R*convert(l/s;m^3/s)=V_R*A_1
Q_S*convert(l/s;m^3/s)=V_S*A_1
Q_T*convert(l/s;m^3/s)=V_T*A_1
Q_V*convert(l/s;m^3/s)=V_V*A_1
Q_W*convert(l/s;m^3/s)=V_W*A_1
Q_Y*convert(l/s;m^3/s)=V_Y*A_1
Q_X*convert(l/s;m^3/s)=V_X*A_1
Q_Z*convert(l/s;m^3/s)=V_Z*A_1
"altura manométrica"
"la tubería estará a una profundidad de 50 cm, y el
depósito de cada casa está a 2.50 sobre la superficie"
H_mano= 2,5 [m]
"perdidas tubería de media pulgada"
{H_12=H_mano + H_f } "perdidas para la casa 12
(vivienda más alejada)"
"cálculo de Reynolds"
Re_c1=(V_1*phi_05)/nu
Re_c2=(V_2*phi_05)/nu
Re_c3=(V_3*phi_05)/nu
Re_c4=(V_4*phi_05)/nu
Re_c5=(V_5*phi_05)/nu
Re_c6=(V_6*phi_05)/nu
Re_c7=(V_7*phi_05)/nu
Re_c8=(V_8*phi_05)/nu
Re_c9=(V_9*phi_05)/nu
Re_c10=(V_10*phi_05)/nu
Re_c11=(V_11*phi_05)/nu
Re_c12=(V_12*phi_05)/nu
Re_c13=(V_13*phi_05)/nu
Re_a=(V_a*phi_05)/nu
Re_L=(V_L*phi_escogido)/nu
Re_O=(V_O*phi_escogido)/nu
Re_P=(V_P*phi_escogido)/nu
Re_Q=(V_Q*phi_escogido)/nu
Re_R=(V_R*phi_escogido)/nu
Re_S=(V_S*phi_escogido)/nu
Re_T=(V_T*phi_escogido)/nu
Re_V=(V_V*phi_escogido)/nu
Re_W=(V_W*phi_escogido)/nu
Re_X=(V_X*phi_escogido)/nu
Re_Y=(V_Y*phi_escogido)/nu
Re_Z=(V_Z*phi_escogido)/nu

Re_c=Re_c1
"rugosidad relativa para cada caudal"
E_pvc= 0,0015/1000
epsilon_05= E_pvc/phi_05
epsilon_34= E_pvc/phi_34
epsilon_1= E_pvc/phi_1
epsilon_114= E_pvc/phi_114
epsilon_105= E_pvc/phi_105
epsilon_2= E_pvc/phi_2
"Factor de fricción"
f_c= 1/((-2*log10(epsilon_05/3,7 +
2,51/(Re_c*sqrt(f_c))))^2) "factor de fricción en
tuberías hacia las casas"
f_L= 1/((-2*log10(epsilon_05/3,7 +
2,51/(Re_L*sqrt(f_L))))^2)

```

```

f_O= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_O*sqrt(f_O))))^2)
f_P= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_P*sqrt(f_P))))^2)
f_Q= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_Q*sqrt(f_Q))))^2)
f_R= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_R*sqrt(f_R))))^2)
f_S= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_S*sqrt(f_S))))^2)
f_T= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_T*sqrt(f_T))))^2)
f_V= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_V*sqrt(f_V))))^2)
f_W= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_W*sqrt(f_W))))^2)
f_X= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_X*sqrt(f_X))))^2)
f_Y= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_Y*sqrt(f_Y))))^2)
f_Z= 1/((-2*log10(epsilon_escogido/3,7 +
2,51/(Re_Z*sqrt(f_Z))))^2)
"perdida sectorizada"
"LONGITUDES"
L_sub=0,6 [m]
l_K=2,5 "ELEVACIÓN EN CADA CASA Y EL
ESTABLO"
L_a=4+l_K+L_sub "NODO-ESTABLO"
L_1=4+l_K+L_sub "NODO-CASA_1"
L_2=6+l_K+L_sub "NODO-CASA_2"
L_3=13+5+l_K+L_sub "NODO-CASA_3"
L_4= 13+l_K+L_sub "NODO-CASA_4"
L_5= 14+l_K+L_sub "NODO-CASA_5"
L_6= 26+l_K+L_sub "NODO-CASA_6"
L_7= 16+l_K+L_sub "NODO-CASA_7"
L_8= 2+l_K+L_sub "NODO-CASA_8"
L_9= 21+l_K+L_sub "NODO-CASA_9"
L_10= 10,5+l_K+L_sub "NODO-CASA_10"
L_11= 8+l_K+L_sub "NODO-CASA_11"
L_12= 60+l_K+L_sub "NODO-CASA_12"
L_13= 18+l_K+L_sub "NODO-CASA_13"
L_L= 10 "NODO-SECCION_L"
L_O=3,5 "NODO-SECCION_O"
L_P= 36 "NODO-SECCION_P"
L_Q= 28 "NODO-SECCION_Q"
L_R= 7,5 "NODO-SECCION_R"
L_S= 12 "NODO-SECCION_S"
L_T= 7,5+45 "NODO-SECCION_T"
L_V= 12 "NODO-SECCION_V"
L_W=8 "NODO-SECCION_W"
L_X= 17 "NODO-SECCION_X"
L_Y=19 "NODO-SECCION_Y"
L_Z=3,5 "NODO-SECCION_Z"
L_tuberia_05=L_1+L_2+L_3+L_4+L_5+L_6+
L_7+L_8+L_9+L_10+L_11+L_12+L_13+
L_a+L_L+L_O
n_TUBOS_05=L_tuberia_05/6
L_tuberia_1=L_P+L_Q+L_R+L_S+L_T+L_V+
L_W+L_X+L_Y+L_Z

```

```

n_TUBOS_1=L_tuberia_1/6
l_TUBERIA=L_tuberia_1+L_tuberia_05
"CÁLCULOS LONGITUD DE CABLES"
L_CABLE=L_T*6+L_4+L_V*5+L_5+L_W*4+L_6
+L_X*3+L_9+L_Y*2+L_11+L_Z+L_10+L_7+L_S
*7+L_R*4+L_P*3+L_a+L_2+L_O*2+L_13+L_1+L
_Q*3+L_12+L_L*2+L_8+l_13
"determinación de perdidas por longitud"
H_L_1=f_c*(L_1*V_1^2)/(2*phi_05*g)
H_L_2=f_c*(L_2*V_2^2)/(2*phi_05*g)
H_L_3=f_c*(L_3*V_3^2)/(2*phi_05*g)
H_L_4=f_c*(L_4*V_4^2)/(2*phi_05*g)
H_L_5=f_c*(L_5*V_5^2)/(2*phi_05*g)
H_L_6=f_c*(L_6*V_6^2)/(2*phi_05*g)
H_L_7=f_c*(L_7*V_7^2)/(2*phi_05*g)
H_L_8=f_c*(L_8*V_8^2)/(2*phi_05*g)
H_L_9=f_c*(L_9*V_9^2)/(2*phi_05*g)
H_L_10=f_c*(L_10*V_10^2)/(2*phi_05*g)
H_L_11=f_c*(L_11*V_11^2)/(2*phi_05*g)
H_L_12=f_c*(L_12*V_12^2)/(2*phi_05*g)
H_L_13=f_c*(L_13*V_13^2)/(2*phi_05*g)
H_L_a=f_c*(L_a*V_a^2)/(2*phi_05*g)

H_L_L=f_L*(L_L*V_L^2)/(2*phi_05*g)
H_L_O=f_O*(L_O*V_O^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_P=f_P*(L_P*V_P^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_Q=f_Q*(L_Q*V_Q^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_R=f_R*(L_R*V_R^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_S=f_S*(L_S*V_S^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_T=f_T*(L_T*V_T^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_V=f_V*(L_V*V_V^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_W=f_W*(L_W*V_W^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_X=f_X*(L_X*V_X^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_Y=f_Y*(L_Y*V_Y^2)/(2*phi_escogido*g)
H_L_Z=f_Z*(L_Z*V_Z^2)/(2*phi_escogido*g)

```

"PERDIDAS POR ACCESORIOS"

"lista de accesorios"

```

N_c90_phi=1 "numero de codos de la red
principal"
N_c45=2 "numero de codos de 45°"
N_v=1 "número de válvulas"
N_u_a=0 "número de uniones establo a"
N_u_1=0 "número de uniones casa1"
N_u_2=0 "número de uniones casa2"
N_u_3=2 "número de uniones casa3"
N_u_4=2 "número de uniones casa4"
N_u_5=2 "número de uniones casa5"
N_u_6=3 "número de uniones casa6"
N_u_7=2 "número de uniones casa7"
N_u_8=0 "número de uniones casa8"
N_u_9=3 "número de uniones casa9"
N_u_10=1 "número de uniones casa10"
N_u_11=1 "número de uniones casa11"
N_u_12=9 "número de uniones casa12"
N_u_13=3 "número de uniones casa13"
"accesorios en la red principal por secciones"
N_u_Z=0
N_u_Y=3

```

```

N_u_X=2
N_u_W=1
N_u_V=1
N_u_T=8
N_u_S=1
N_u_R=1
N_u_P=5
N_u_Q=4
N_u_L=1
N_u_O=0
"constantes de pérdidas de accesorio; Fuente:
Cengel"
k_c45=0,05          "codo de 45° embriado"
k_c90=0,3           "codo de 90° "
k_d =1              "salida a deposito"
k_v =0,05           "válvula de bola"
k_u =0,08           "unión"
k_T_1=0,2           "unión tipo T (flujo en
línea)"
k_T_d=1             "unión tipo T (flujo
derivado)"
k_r = 0,32 "reducción de diámetro, tomado de la
gráfica de Cengel "
"perdidas por accesorios sectorizadas"
h_F_a = V_a^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_a*k_u)
h_F_1 = V_1^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_1*k_u)
h_F_2 = V_2^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_2*k_u)
h_F_3 = V_3^2/(2*g)
*(k_c90*2+k_d+k_v+N_u_3*k_u)
h_F_4 = V_4^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_4*k_u)
h_F_5 = V_5^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_5*k_u)
h_F_6 = V_6^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_6*k_u)
h_F_7 = V_7^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_7*k_u)
h_F_8 = V_8^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_8*k_u)
h_F_9 = V_9^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_9*k_u)
h_F_10=V_10^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_10*k_u)
h_F_11=V_11^2/(2*g)*(k_c90+
k_d+k_v+N_u_11*k_u)
h_F_12=V_12^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_12*k_u)
h_F_13=V_13^2/(2*g)*(k_c90 +
k_d+k_v+N_u_13*k_u)

h_F_L= V_L^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_L*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_O= V_O^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_O*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_P= V_P^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_P*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)

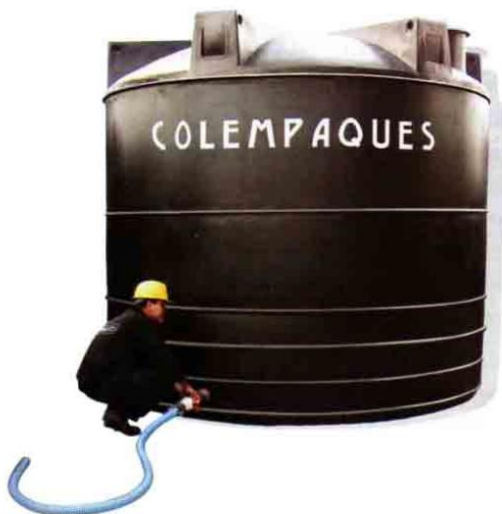
h_F_Q= V_Q^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_Q*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_R= V_R^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_R*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_S= V_S^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_S*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_T= V_T^2/(2*g)
*(k_c45*N_c45+k_c90+k_d+N_u_T*k_u+k_T_1+k
_T_d+k_r)
h_F_V= V_V^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_V*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_W= V_W^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_W*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_X= V_X^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_X*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_Y= V_Y^2/(2*g) *(k_c45*N_c45+
k_d+N_u_Y*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_Z= V_Z^2/(2*g) *(k_c45*N_c45 +
k_d+N_u_Z*k_u+k_T_1+k_T_d+k_r)
h_F_TOTAL=h_F_1+h_F_2+h_F_3+h_F_4+h_F_5
+h_F_6+h_F_7+h_F_8+h_F_9+h_F_10+h_F_11+h_F_12+h_F_13+h_F_a+h_F_L+h_F_O+h_F_P+h_F_Q+h_F_R+h_F_S+h_F_T+h_F_V+h_F_W+h_F_X+h_F_Y+h_F_Z
"PERDIDAS POR TRAMOS"
H_L_total=H_L_1+H_L_2+H_L_3+H_L_4+H_L_5
+H_L_6+H_L_7+H_L_8+H_L_9+H_L_10+H_L_11
+H_L_12+H_L_13+H_L_L+H_L_O+H_L_P+H_L_Q+H_L_R+H_L_T+H_L_V+H_L_X+H_L_Y+H_L_Z+H_L_A+H_L_S
H_TOTAL=H_MANO+h_f_TOTAL+H_L_total
Pot=H_TOTAL*gamma*(Q_tk*convert(l/s;m^3/s))/
1000
Pot_HP=Pot*convert(Kw;HP)

```

Apéndice C. Fichas técnicas

TANQUE DE 20.000 LITROS

COLEMPAQUES



DATOS TECNICOS:

Capacidad: 20.000 Litros Nominal**Groeso de las paredes:** 11-12 mm promedio aprox.**Peso:** 440 Kg aprox.**Material:** Polietileno lineal de media densidad.**Colaminado:**

Capa interior en polietileno virgen de alta pureza.

Capa exterior en polietileno con negro de humo y filtro U.V.

CARACTERISTICAS:

Conexiones:**Entradas:**

- Cajas para conexión superiores en 6 puntos, a 60°.

Salidas:

- Cajas para conexión inferiores en 2 puntos a 180°.
- Las cajas de conexión tienen paredes rectas para evitar fugas en los accesorios y conectores.
- No se aconseja un conector de más de 2" de diámetro para el orificio inferior de salida ya que esta zona es sometida a los mayores esfuerzos.
- Debe haber una salida de rebose de un diámetro igual o mayor a la tubería de entrada.
- Conexión con manguera flexible.

Capacidad:

Si se requiere exactitud, se debe aforar el tanque en las condiciones deseadas de operación. En Bogotá al medio día tenemos datos de ± 19850 litros.

Inspección:

Tapa tipo Manhole de 16" Ø instalada en la parte superior con su base y tapa removible.

Transporte:

Diseñados para ser transportados (hasta dos unidades) en camiones tipo 600 - 900 sobresaliendo únicamente $\pm 20 - 30$ cm por los lados. Su diseño también permite un libre tránsito por debajo de la mayoría de los puentes (altura máxima cargado $1,40 + 2,90 = 4,30$ m). NOTA: antes de comprar verifique con las autoridades de tránsito.

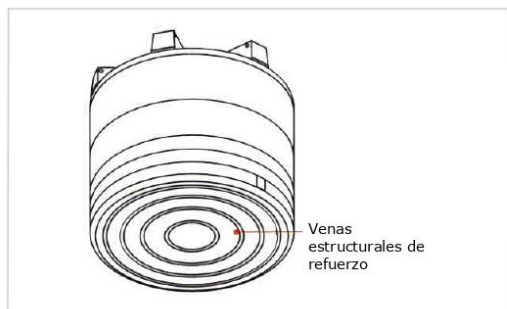
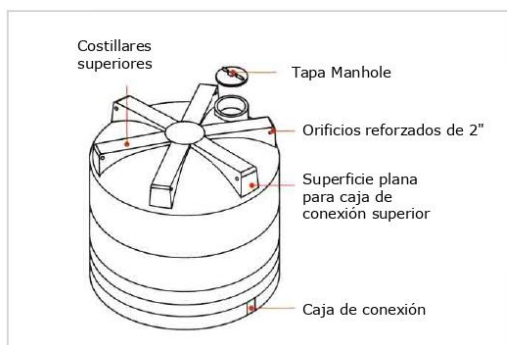
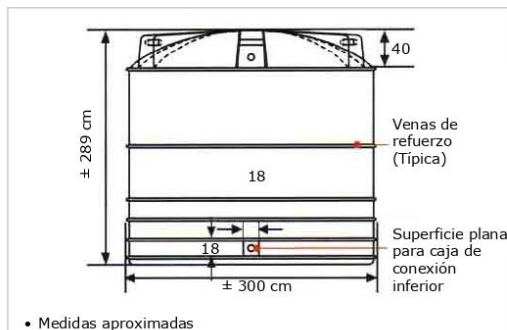
Soportes:

Cada uno de los seis costillares superiores lleva un orificio reforzado de lado a lado en 2" que sirve a dos propósitos:

1. Amarrar el tanque al piso del camión o a la base de montaje.
2. Para amarrar el tanque a un malacate y ser descargado del camión. (No levantar con contenido).

DISTRIBUIDOR MAYORISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Este documento lo encuentra en Internet: www.coval.com.co - E-mail: info@coval.com.co

TANQUE DE 20.000 LITROS**COLEMPAQUES****PRODUCTOS A CONTENER:**

El tanque está diseñado originalmente para almacenamiento de agua fría a presión atmosférica, pero puede resistir relativamente otros productos y otras condiciones. Lo más indicado es ensayar con tarros de prueba típicos que contienen ± 1 litro y están hechos con las mismas resinas con que se fabrican los de tamaño regular. Al final de un periodo de prueba de 3 a 6 meses se determina la permeabilidad comparando el peso y la acción de resistencia química (comparando la resistencia al impacto).

RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE:

- Recuerde que usted está almacenando **TONELADAS DE AGUA**: El tanque debe ser instalado en posición perfectamente horizontal en una superficie lisa y fuerte (concreto armado).
- Las conexiones deben ser a través de mangueras flexibles.



- Debe haber buena tolerancia entre el orificio de la pared del tanque y el conector "Bulk Head".
- Nunca utilizar conectores roscados directamente sobre la pared del tanque. Estos generan esfuerzos tipo "Creep".
- Los orificios perforados en la pared del tanque deben presentar bordes perfectos. Aconsejamos utilizar solo los que viene de fábrica.

Especificaciones técnicas sujetas a cambios sin previo aviso.

Otros productos con**COLEMPAQUES**

LINEA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Desde 250 hasta 20.000 Lt.	LINEA AGROPECUARIA	LINEA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Pozos Sépticos)	LINEA TRANSPORTE DE LÍQUIDOS	LINEA DE ASEO	LINEA PRACTIMUEBLES
Tanques Cónicos Tanques Cilíndricos Tanques Altos Tanques Bajitos Tanques Superbajitos	Bebederos Saladeros Comederos Perreras Iglu	Trampa de grasas Tanque séptico Imhoff Caja de Inspección Tanque Filtro Anaeróbico Tanque filtro Aeróbico	Tanque Carro tanque Tanque camioneta Tambor de 40 Litros	Durakart - Carros para la basura Practiwagon Cobertores y recidadores Canecas multiusos	Mesa para jardín Silla para jardín Banco para jardín

DISTRIBUIDOR MAYORISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Este documento lo encuentra en Internet: www.coval.com.co - E-mail: info@coval.com.co



Tanques plásticos TOPTEC



Los tanques de almacenamiento multiusos de TOPTEC cuentan con la calidad y versatilidad para una solución de almacenamiento ideal en el adecuado uso de los recursos naturales a la vez se ajustan a aquellas limitantes económicas y de espacio, garantizando la mejor inversión para su proyecto.

Características

- . Tanques multiusos bicapa.
- . Fabricados con polietileno 100% virgen.
- . Resistentes a la interperie y a los rayos UV.
- . Fondo reforzado.
- . Sistema de cierre Autolock.
- . Fácil y rápida limpieza.
- . Bajo peso.
- . Fácil instalación, transporte y almacenamiento.



NTC 4384:2008
Productos de plástico.
Tanques de polietileno
para almacenamiento
fabricados por el proceso
de rotomoldeo



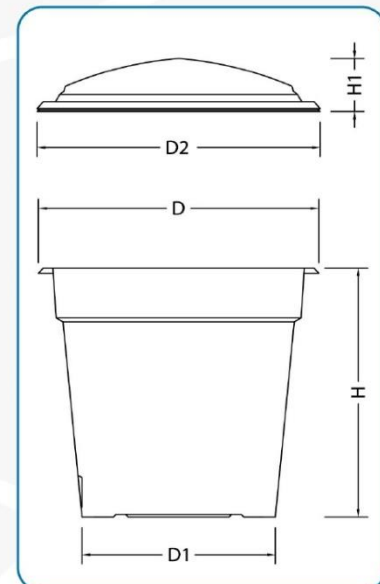
Resolución 0501 Requisitos
técnicos relacionados
con composición química e
intención para ductos
y accesorios de acueducto
y alcantarillado

Fabricados bajo la norma NTC 4384 productos de plástico. Tanques de polietileno para almacenamiento fabricados por el proceso de rotomoldeo. Cumple con la resolución 501 del 2017. Requisitos técnicos relacionados con composición química e información para ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado.

Cuadro de dimensiones

CAPACIDAD LITROS	TANQUE cm			TAPA cm		PESO Kg	
	D	D1	H	D2	H1	Tanque	Tapa
250 Bebedero	98	80	49			7.60	
250 Bajito	98	80	49	100	10	7.60	2.20
250	78	61	76	79	8	6.30	1.30
500	98	78	91	99	12	9.30	2.20
1.000	125	96	116	126	14	15.50	3.70
2.000	156	119	149	156	18	28.30	7.60

D: diámetro boca del tanque
D1: diámetro de la base
H: altura del tanque
D2: diámetro de la tapa
H1: altura de la tapa



* Los tanques TOPTEC tienen una garantía de 5 años a partir de la fecha de fabricación.

La vida útil de los tanques TOPTEC S.A. es de 10 años siempre que estos hayan sido almacenados, manipulados e instalados conforme a las prácticas aceptadas en la industria de la construcción y a las recomendaciones establecidas por Topotec (las cuales podrá encontrar en nuestro manual técnico); que sea utilizado de acuerdo al propósito para el que ha sido diseñado y que el deterioro del mismo no sea debido a defectos de la estructura donde fue instalado.



Tanques plásticos TOPTEC

Observaciones



Producto	Comporta.	
	20°C	60°C
Agua	B	B
Agua de mar	B	B
Acetona	B	B
Ácido Acético (1-10%)	B	B
Ácido Acético (11-60%)	B	NR
Ácido Acético (61-100%)	NR	NR
Ácido Cítrico (jugos)	B	B
Ácido Clorhídrico Concentrado (Ácido muriático)	B	B
Ácido Crómico (10-50%)	B	NR
Ácido Fórmico (100%)	B	B
Ácido Láctico (0-90%)	B	B
Ácido Sulfúrico (0-50%)	B	B
Ácido Sulfúrico (51-80%)	B	NR
Ácido Sulfúrico superior a 80%	NR	NR
Ácido Fosfórico (0-90%)	B	B

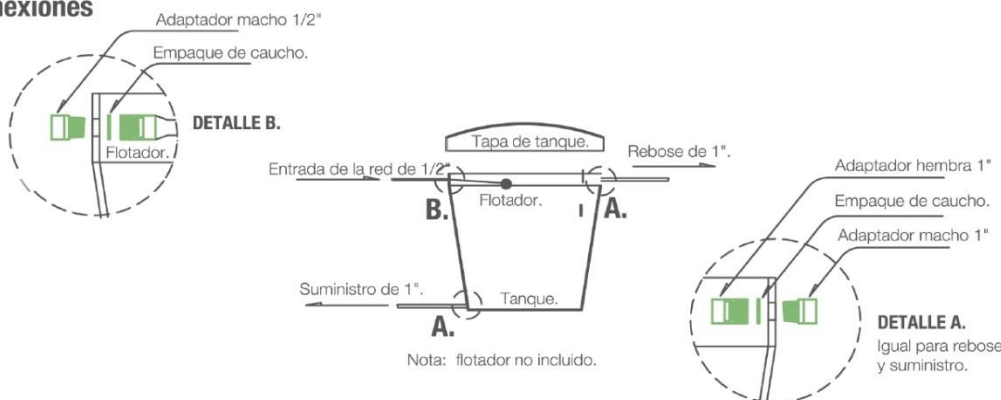
Producto	Comporta.	
	20°C	60°C
Ácido Fosfórico superior a 90%	B	NR
Ácido Nítrico (0-30%)	B	B
Alcohol Amílico (100%)	B	B
Alcohol Butílico (100%)	B	B
Alcohol Etilico (100%) (Alcohol Comercial)	B	B
Amoniaco Solución	B	B
Anilina (100%)	B	NR
Amoniaco Solución	B	B
Anilina (100%)	B	NR
Carbonato de Sodio (Solución Saturada)	B	B
Cerveza	B	B
Cloruro de amonio (Solución Saturada)	B	B
Cloruro de Calcio (Solución Saturada)	B	B
Cloruro de Sodio (Sal) (Solución Saturada)	B	B

Producto	Comporta.	
	20°C	60°C
Detergentes Sintéticos	B	B
Emulsiones Acrílicas	B	B
Etilén Glicol	B	B
Glicerina	B	B
Hidróxido de Potasio 20% (Potasa Cáustica)	B	B
Hidróxido de Sodio (Soda Cáustica) (Solución Saturada)	B	B
Hipoclorito de Calcio	B	B
Hipoclorito de Sodio	B	B
Leche	B	B
Permanganato de Potasio 20%	B	B
Pinturas Acuosas	B	B
Propilén Glicol	B	B
Sulfato de Aluminio (Sulfato de Alúmina) (Solución Saturada)	B	B

Convenciones: B= Bueno.
NR= No Recomendable.

*** Absténgase de almacenar líquidos derivados del petróleo como: gasolina, varsol, acpm o cualquier otra sustancia que pueda causarle daño al recipiente. La garantía del producto NO cubre daños por mal manejo e instalación.

Conexiones



*** Todos los valores de esta ficha técnica son nominales.

Fecha Elaboración

2010-08-23

Fecha Revisión

2020-05-29

Código

TCCFPC-02

Versión

6

NOTAS LEGALES: Toda la información contenida en esta ficha no constituye garantía expresa o implícita sobre el comportamiento del producto, porque las condiciones de uso, preparación de superficie, aplicación y almacenamiento están fuera de nuestro control. El empleo de este producto en usos y/o condiciones diferentes a las expresadas en esta ficha técnica, queda a riesgo del comprador, aplicador y/o usuario. TOPTEC S.A. se reserva el derecho de modificar esta literatura técnica sin previo aviso, sin que esto signifique disminución de la calidad de los productos. La garantía de resultados depende de las condiciones específicas de aplicación.



BOMBAS PARA POZO PROFUNDO 4"

4SP 1810 / 4SP 1814
4SP 1818 / 4SP 1824

Modelo	Ref.	Potencia Minima (HP)	H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Etapas	Descarga
4SP 1810	E0297	1.0	85	19	10	1-1/4"
4SP 1814	E0298	2.0	120	19	14	1-1/4"
4SP 1818	E0299	2.0	150	19	18	1-1/4"
4SP 1824	E0300	3.0	200	19	24	1-1/4"

* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (mca= metros columna de agua).

** El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

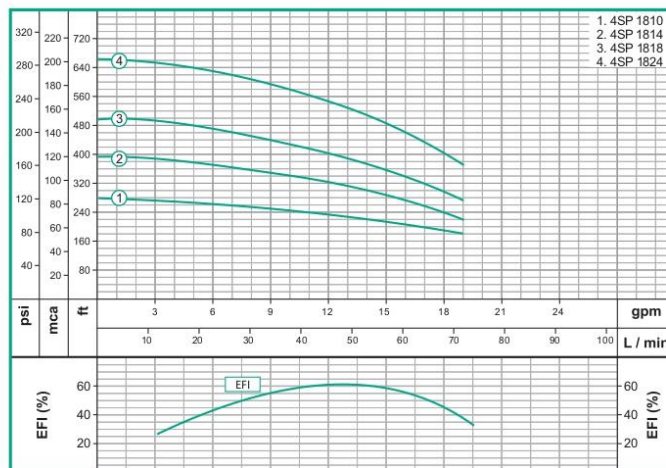
Materiales	
Guardacable	Acero Inoxidable 304
Voluta	Acero Inoxidable 304
Impulsor	Acero Inoxidable 304
Acople intermedio	Acero Inoxidable 304
Eje	Acero Inoxidable 431

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga para pozo de 4"
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Válvula cheque	Incorporada
Descarga	1-1/4" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado
Cantidad de impulsores	10 a 24 Según modelo
Temperatura Max. Líquido	104° F (40 ° C) Continua

Características del Motor	
Tipo	Eléctrico
Potencia	1.0 a 3.0Hp Según modelo
Medio Refrigerante	Baño de aceite
Velocidad	3.500 RPM (nominal)
Aislamiento	Clase B
Voltaje	110 ó 220v (Según modelo)
Factor de servicio	1.25(0.5/0.75/1.0) ó 1,15(1.5hp)
Frecuencia	60Hz
Fases	1
Empuje Axial	3.000 N



Aplicaciones	
•	Aprovisionamiento de aguas limpias
•	Bombeo exclusivo de agua limpia sin abrasivos
•	Suministro de agua subterránea para casas
•	Sistemas de Presión
•	Transferencias de líquidos a tanques
•	Aumento de Presión



Dimensiones de la bomba

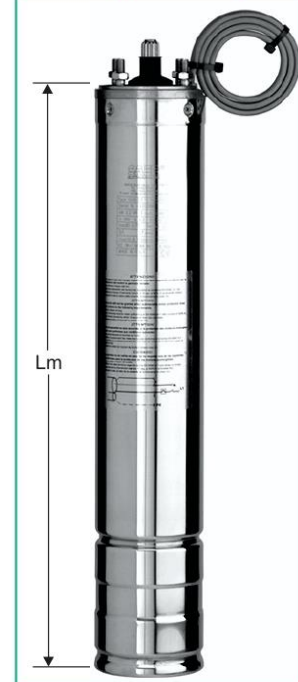
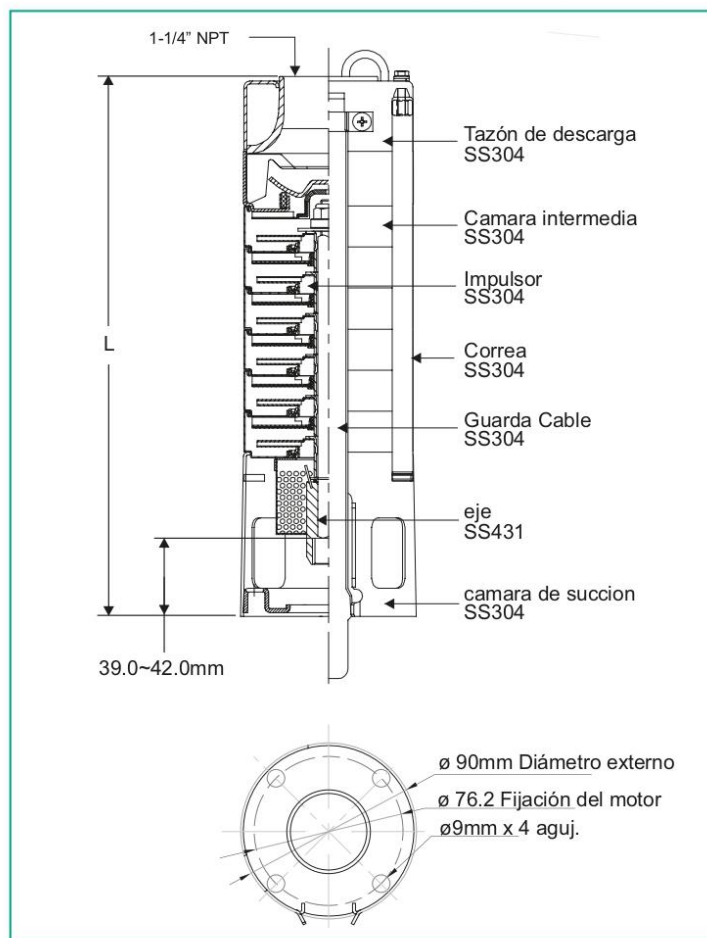
Modelo	Longitud(L) (mm)	Peso (Kg)
4SP 1810	375	3.5
4SP 1814	459	4.2
4SP 1818	543	5.0
4SP 1824	669	6.3

Datos técnicos del motor

Potencia	Voltaje	Fases	Amperaje	F.S	EMPUJE AXIAL	LONG. CABLE
1.0	110	1	12.2	1.25	1500N	2 mt
1.5	220	1	7.7	1.25	1500N	2 mt
2.0	220	1	10.4	1.15	1500N	2 mt
2.0	220	3	7.2	1.15	1500N	2 mt
3.0	220	1	15.5	1.15	3000N	3 mt
3.0	220	3	11.3	1.15	3000N	3 mt

Dimensiones del motor

Potencia	Longitud(Lm) (mm)	Peso (Kg)
1.0	365	9.0
1.5	395	10.5
2.0	425	11.7
2.0(3F)	395	10.5
3.0	476	19.0
3.0(3F)	455	17.0





BOMBAS CARACOL

CE 1 2-1

Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Voltaje (v)	H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Succión	Descarga	Peso (Kg)
CE 1 2-1	1A0074	0.25	110	14	32	1"	1"	11.0

* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (mca= metros columna de agua).

** El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

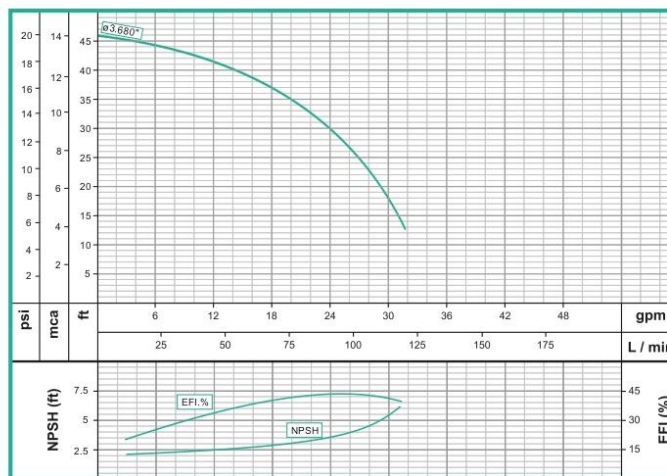


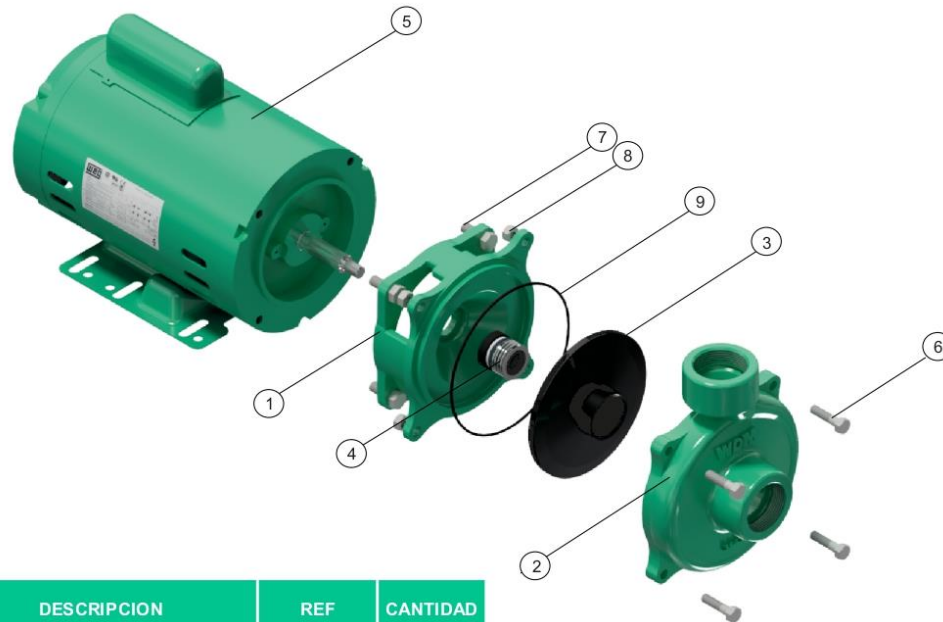
Materiales	
Cuerpo	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 30
Impulsor	Noryl
Sello mecánico	Carbón/Cerámica/Buna-N
Acople intermedio	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 30
Empaques	Buna Nitrilo

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Succión	1" NPT
Descarga	1" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado Balanceado dinámicamente según ISO G6.3
Cantidad de impulsores	1
Tipo de sello	Sello mecánico 5/8" TIPO 6
Temperatura Max. Líquido	158° F (70 ° C) Continua

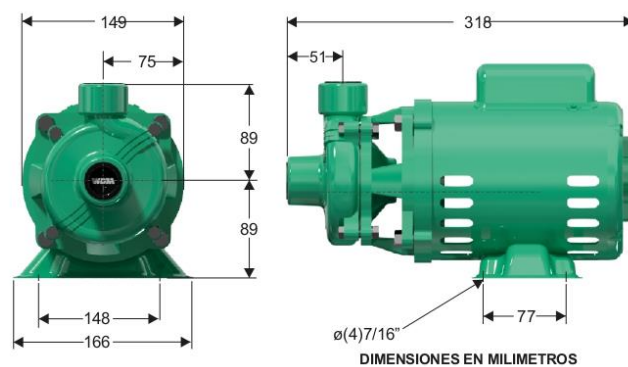
Características del Motor	
Tipo	Eléctrico
Potencia	0.25
Diseño	56J
Velocidad	3.600 RPM (nominal)
Aislamiento	Clase F
Voltaje	110/220
Factor de servicio	1.7
Frecuencia	60Hz
Fases	1

Aplicaciones	
• Aprovisionamiento de aguas limpias	
• Recirculación de agua en torres de enfriamiento	
• Refrigeración de maquinaria/Circuitos de recirculación	
• Sistemas de Presión	
• Equipos contra incendio	
• Plantas de tratamiento	
• Riego por goteo	





N°	DESCRIPCION	REF	CANTIDAD
1	ACOPLE EN HIERRO	19594	1
2	CUERPO EN HIERRO	31436	1
3	IMPULSOR ø3,680	23022	1
4	SELLO MECANICO 58" T6	00049	1
5	MOTOR 0,5HP MONOFASICO	21984	
6	TORNILLO 1/4"x1-1/2"NC	22759	4
7	TORNILLO 3/8" x 3/4"NC	02195	4
8	TUERCA 1/4" NC	02508	4
9	ANILLO "O" No 2-159	17731	1



DIMENSIONES EN MILIMETROS

Parque Industrial Celta
Autopista Bogotá-Medellín Km 7.5 bodegas 86 y 93
Funza - Cundinamarca
PBX (57)(1) 743 9090
Apartado Aéreo 12098
www.barnes.com.co

ESCANEA
ESTE CODIGO
Y CONOCE
MÁS DE
NUESTROS
PRODUCTOS.



En el caso de los accesorios bajo la norma NTC 1349, estos son designados como SCH 40 lo que indica que se especifican según su “cedula” o calibre y a

diferencia de la designación RDE, los accesorios tienen una presión de trabajo para cada diámetro.

Diámetro nominal SCH 40 (pulg.)	Presión de trabajo	
	PSI	Kg/cm ²
1/2	600	41.4
3/4	480	33.1
1	450	31
1 1/4	370	25.5
1 1/2	330	22.8

Diámetro nominal SCH 40 (pulg.)	Presión de trabajo	
	PSI	Kg/cm ²
2	280	19.6
2 1/2	300	20.7
3	260	17.9
4	220	15.2
6	180	12.4

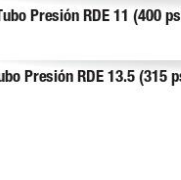
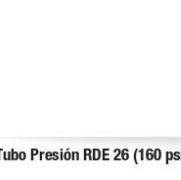
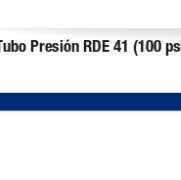
► ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TUBERÍA PRESIÓN NTC 382

Tubería Presión Lisa																	
Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor de Pared min.													
				RDE 9 500 PSI		RDE 11 400 PSI		RDE 13,5 315 PSI		RDE 21 200 PSI		RDE 26 160 PSI		RDE 32,5 125 PSI		RDE 41 100 PSI	
				Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.
21	1/2	21,34	0,84	2,36	0,1	1,93	0,076	1,57	0,062	-	-	-	-	-	-	-	-
26	3/4	26,67	1,05	-	-	2,41	0,095	-	-	1,52	0,06	-	-	-	-	-	-
33	1	33,4	1,31	-	-	-	-	2,46	0,097	1,6	0,0063	1,3	0,06	-	-	-	-
42	1 1/4	42,16	1,66	-	-	-	-	-	-	2,01	0,079	1,6	0,06	-	-	-	-
48	1 1/2	48,26	1,9	-	-	-	-	-	-	2,29	0,09	1,9	0,07	-	-	-	-
60	2	60,32	2,37	6,7	0,3	5,48	0,215	4,47	0,176	2,87	0,113	2,3	0,09	1,85	0,07	1,52	0,06

Tubería Presión Lisa Altas Presiones									
Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor de pared mínimo					
				RDE 9 - 500 PSI		RDE 11 - 400 PSI		RDE 13,5 - 350 PSI	
				Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.
60	2	60,32	2,375	6,7	0,3	5,48	0,216	4,47	0,176
88	3	88,9	3,5	9,88	0,4	8,08	0,318	6,58	0,259
114	4	114,3	4,5	12,7	0,5	10,4	0,409	8,46	0,333
168	6	168,3	6,625	18,7	0,7	15,3	0,602	12,47	0,491
219	8	219,1	8,625	24,3	1	-	-	16,23	0,639
273	10	273,1	10,75	30,3	1,2	-	-	20,23	0,796
323	12	323,9	12,75	-	-	-	-	23,99	0,944

TUBOSA

► TUBERÍAS

Tubería de Presión Extremo Liso	
Ref.	Diám.
Tubo Presión RDE 9 (500 psi) 	1/2"
	3/4"
Tubo Presión RDE 11 (400 psi) 	1"
	1 1/4"
Tubo Presión RDE 13.5 (315 psi) 	1 1/2"
	2"
Tubo Presión RDE 16 (250 psi) 	2 1/2"
	3"
Tubo Presión RDE 20 (200 psi) 	4"
	6"
Tubo Presión RDE 26 (160 psi) 	1"
	1 1/4"
Tubo Presión RDE 32.5 (125 psi) 	1 1/2"
	2"
Tubo Presión RDE 41 (100 psi) 	2 1/2"
	3"
Tubo Presión RDE 50 (80 psi) 	4"
	6"

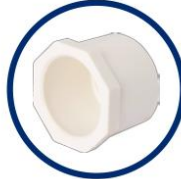
► ACCESORIOS ALTAS PRESIONES

Ref.	Descripción
Adaptador Hembra Presión 	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"
	2 1/2"
	3"
	4"

Ref.	Descripción
Buje Roscado 	1/2" x 1/4"
	1/2" x 3/8"
	3/4" x 1/2"
	1" x 1/2"
	1" x 3/4"
	1 1/4" x 1/2"
	1 1/4" x 3/4"
	1 1/4" x 1"
	1 1/2" x 1/2"
	1 1/2" x 3/4"
	1 1/2" x 1"
	1 1/2" x 1 1/4"
	2" x 1/2"
	2" x 3/4"
	2" x 1"
	2" x 1 1/4"
	2" x 1 1/2"
	2 1/2" x 1"
	2 1/2" x 2"
	3" x 2"
	4" x 2 1/2"



Ref.	Descripción
	Codo presión 45°
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"
	2 1/2"
	3"
	4"

Ref.	Descripción
	Tapón Soldado Presión
	1 1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"
	2 1/2"
	3"
	4"

Ref.	Descripción
	Válvula de Bola Universal
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"

Ref.	Descripción
	Tapón Roscado Presión
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"
	2 1/2"
	3"
	4"

Ref.	Descripción
	Válvula de Bola Roscada
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"

Ref.	Descripción
	Tee presión SCH 40
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"

Ref.	Descripción
	Válvula de Bola Soldada
	1/2"
	3/4"
	1"
	1 1/4"
	1 1/2"
	2"

Ref.	Descripción
	Te Presión Reducida
	3/4" X 1/2"
	1" X 1/2"
	1" X 3/4"

Klemsan®

LC3 Controlador de nivel de líquido

LC3 Definido en términos simples

LC3 es un dispositivo electrónico el cual monitorea el nivel del líquido en un tanque y lo mantiene en los límites deseados a través de la salida de relé.

¿Cuáles acciones ejecuta?



El **LC3 detecta** el nivel del líquido cuando éste alcanza los límites máximos o mínimos.

Controla la actuación de bombas o válvulas para regular el nivel del líquido.

El **ajuste de sensibilidad** proporciona un funcionamiento confiable en una variedad de líquidos conductores.

El LC3 aplica señales de AC al líquido para **prevenir y evitar la electrólisis**.

El LC3 permite ser **operado de dos formas**, ya sea con 2 o 3 sondas.

¿En cuáles mercados son usados frecuentemente?

- Tratamiento de aguas residuales
- Estaciones de bombeo
- Agua químicamente pura
- Control de nivel en tanques
- Aplicaciones en pozos

Ventajas y Beneficios

- Amplia gama para el suministro de energía (150-500VAC)
- Modo de operación de 2 y 3 sondas
- Ajuste de sensibilidad (5-100kΩ)
- Alta compatibilidad electromagnética
- Máxima inmunidad ante interferencias (EMC)
- Ajuste perfecto en cajas modulares
- Alta resistencia mecánica
- Rango de tiempo sensible (0.1-10sec)
- Diseño compacto y carcasa ancha de 36mm
- Carcasa plástica auto-extinguible

Aplicación para tanques



CONTROLADOR
DE NIVEL LC3



Puede ser usado para controlar el nivel del líquido en un tanque. La resistencia de sensibilidad se puede ajustar, por lo que no es necesario cambiar los modelos para que coincidan diferentes líquidos y concentraciones

Control de nivel en pozos



CONTROLADOR
DE NIVEL LC3



Para que las bombas se controlen automáticamente, deben ser activadas o desactivadas por una unidad de control externa. El dispositivo Klemsan LC3 permite controlar los motores de bombeo con una sincronización perfecta para áreas de pozos.

Tratamiento de aguas residuales



CONTROLADOR
DE NIVEL LC3



El monitoreo y control de nivel es un requisito fundamental en cualquier proceso de tratamiento de aguas residuales. Los controles de nivel y la instrumentación juegan un papel importante en el proceso de tratamiento de aguas residuales porque los operadores solo tienen un control limitado o de emergencia sobre el afluente de la planta de tratamiento. En este punto, el controlador Klemsan LC3 presenta la solución más simple y efectiva para plantas de aguas residuales.

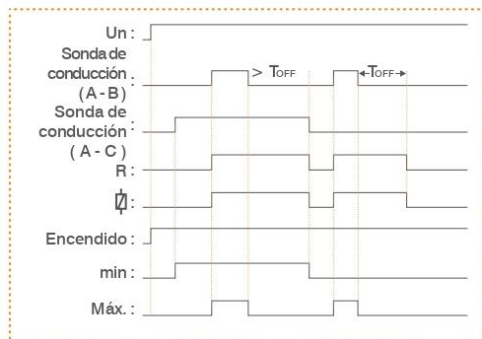
Almacenamiento de agua



CONTROLADOR
DE NIVEL LC3



El monitoreo de nivel es esencial para los tanques de almacenamiento de agua grandes y pequeños para prevenir desbordamientos y mantener el agua en los límites deseados

Función del LC3: Operación de nivel de líquido**FIGURA E INDICACIÓN DE LED****Operación de 3 electrodos:**

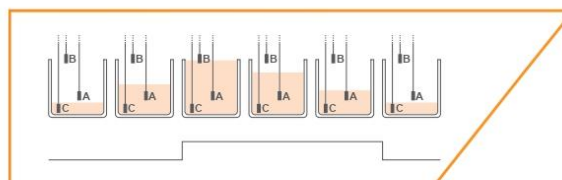
Cuando el nivel de líquido en el tanque alcanza al electrodo B, el relé de salida se activa y permanece en esta posición incluso si el nivel cae por debajo del nivel del electrodo B. El relé de salida se desactiva cuando el nivel de líquido cae por debajo del nivel del electrodo A. La reactivación ocurre cuando el nivel alcanza el nivel del electrodo B.

**Operación de 2 electrodos:**

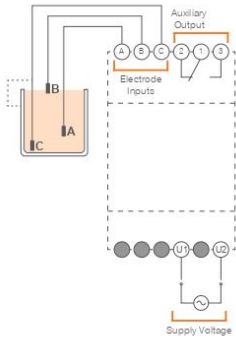
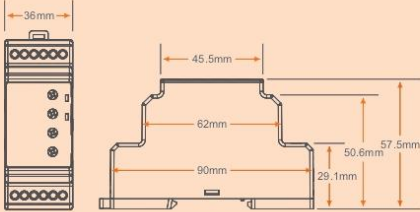
Para el modo de operación de 2 electrodos, se utilizan los electrodos A y B. Cuando el nivel de líquido en el tanque llega al electrodo B, se activa el relé de salida. Cuando el nivel de líquido desciende por debajo del electrodo B y permanece allí durante el tiempo de retardo ajustable (ajustado en el botón del panel frontal); el relé de salida se desactivará.

Cambio de estado de salida :
Relé con respecto a líquido nivel

Contactos de relé de salida 1 - 3 :
1 - 2 :



LC3	
	
Definición	Controlador del Nivel del Líquido
Numero de Pedido	270001
Anchura de la Carcasa (mm)	36
Conexión	Borne de tornillo
Fijación	Montaje en riel
Tensión de alimentación	150-500VAC
Consumo de Potencia	< 7VA
Tensión del Electrodo	5VAC >, 160Hz
Tipo	1C/O (SPDT)
Relé de salida	Valores Máx. 5A, 250V; 1250VAC
	Vida Útil mecánica $\geq 10^7$
Rango ajustable de sensibilidad	5-100k Ω
Rango ajustable del tiempo de retardo	0.1-10seg
Peso	82gr
Tipo de protección	IP20
Rango de temperatura	-20 a 60 °C (durante operación), -20 a 70 °C (durante almacenamiento)
Certificado EMC	55011/A1, 61000-4-2, 61000-4-3/A1, 61000-4-4, 61000-4-5, 61000-4-6, 61000-4-8, 61000-4-11

	LC3
Accesorios	
	Definición Sonda de nivel de líquido
	
	Número de parte 280610
	Unidades por Paquete 1 unid.
	Diagrama 
	Planos Dimensionales 



ALAMBRES Y CABLES DE COBRE SUAVE TIPO THHN/THWN 600V 90°C

AWG ó KCM	CONDUCTOR				AISLAMIENTO		CHAQUETA		PESO (kg/km)	RESIST. ELÉCTRICA 20°C DC (ohm/km)	CAPAC. DE CORRIENTE* (A)
	HILOS		CABLEADO		ESP. (mm)	DIÁM. AISLADO (mm)	ESP. (mm)	DIÁM. TOTAL (mm)			
	CANT	DIÁM. (mm)	DIÁM. (mm)	ÁREA (mm²)							
14	1	1,628	1,628	2,08	0,38	2,39	0,10	2,59	22,63	8,28	25
14 C	7	0,615	1,79	2,08	0,38	2,55	0,10	2,75	23,90	8,44	25
14	7	0,615	1,85	2,08	0,38	2,61	0,10	2,81	24,23	8,44	25
12	1	2,052	2,052	3,31	0,38	2,81	0,10	3,01	34,39	5,21	30
12 C	7	0,775	2,26	3,31	0,38	3,02	0,10	3,22	36,31	5,31	30
12	7	0,775	2,33	3,31	0,38	3,09	0,10	3,29	36,79	5,31	30
10	1	2,588	2,588	5,26	0,51	3,61	0,10	3,81	54,80	3,28	40
10 C	7	0,978	2,85	5,26	0,51	3,87	0,10	4,07	57,88	3,34	40
10	7	0,978	2,93	5,26	0,51	3,95	0,10	4,15	58,64	3,34	40
8	1	3,264	3,264	8,37	0,76	4,78	0,13	5,04	89,68	2,06	55
8 C	7	1,234	3,59	8,37	0,76	5,11	0,13	5,37	94,76	2,10	55
8	7	1,234	3,70	8,37	0,76	5,22	0,13	5,48	96,03	2,10	55
6 C	7	1,554	4,52	13,3	0,76	6,04	0,13	6,30	144,25	1,32	75
6	7	1,554	4,66	13,3	0,76	6,18	0,13	6,44	146,13	1,32	75
4 C	7	1,961	5,71	21,2	1,02	7,75	0,15	8,05	231,52	0,83	95
4	7	1,961	5,88	21,2	1,02	7,92	0,15	8,22	234,55	0,83	95
2 C	7	2,474	7,20	33,6	1,02	9,24	0,15	9,54	354,92	0,522	130
2	7	2,474	7,42	33,6	1,02	9,46	0,15	9,76	359,45	0,522	130
1 C	19	1,686	8,18	42,4	1,27	10,72	0,18	11,08	456,10	0,415	150
1 Un	19	1,8/1,3	8,00	42,4	1,27	10,54	0,18	10,90	452,00	0,415	150
1/0 C	19	1,892	9,18	53,5	1,27	11,72	0,18	12,08	566,18	0,328	170
1/0 Un	19	2,1/1,5	9,30	53,5	1,27	11,84	0,18	12,20	569,36	0,328	170
2/0 C	19	2,126	10,31	67,4	1,27	12,85	0,18	13,21	703,76	0,260	195
2/0 Un	19	2,3/1,7	10,30	67,4	1,27	12,84	0,18	13,20	703,45	0,260	195
3/0 C	19	2,388	11,58	85,0	1,27	14,12	0,18	14,48	876,76	0,207	225
3/0 Un	19	2,6/1,9	11,60	85,0	1,27	14,14	0,18	14,50	877,32	0,207	225
4/0 C	19	2,680	13,00	107	1,27	15,54	0,18	15,90	1092,01	0,164	260
4/0 Un	19	2,9/2,1	12,90	107	1,27	15,44	0,18	15,80	1088,73	0,164	260
250 C	37	2,088	14,18	127	1,52	17,22	0,20	17,62	1307,06	0,137	290
300 C	37	2,286	15,52	152	1,52	18,56	0,20	18,96	1551,98	0,114	320
350 C	37	2,471	16,78	177	1,52	19,82	0,20	20,22	1796,95	0,098	350
400 C	37	2,642	17,94	203	1,52	20,98	0,20	21,38	2048,68	0,086	380
500 C	37	2,951	20,04	253	1,52	23,08	0,20	23,48	2534,09	0,068	430
600 C	61	2,520	22,00	304	1,78	25,56	0,23	26,02	3060,32	0,057	475
700 C	61	2,720	23,75	355	1,78	27,31	0,23	27,77	3553,25	0,050	514
750 C	61	2,817	24,59	380	1,78	28,15	0,23	28,61	3796,69	0,046	529
800 C	61	2,908	25,39	405	1,78	28,95	0,23	29,41	4038,39	0,043	543
1000 C	61	3,251	28,38	507	1,78	31,94	0,23	32,40	5021,41	0,035	617

* No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, o directamente enterrado, temperatura ambiente 30°C.
Capacidad de corriente calculada de acuerdo al Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.
Los datos indicados en esta tabla están sujetos a tolerancias normales de fabricación.

nuestra empresa	construcción	flexibles	Cudesnudo	telefónicos	Aldesnudo
control	fuerza	distribución	mediatensión	esmaltados	otras aplicaciones

TERMOFLEX MULTIPROPÓSITO⁽¹⁾



N° cond.	Calib.	Espesor de aislamiento				Espesor de chaqueta		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente*		Capacidad de corriente**	
		PVC	Nylon	PVC	Nylon										
		AWG	mm	mm	mils	mm	mils	mm	in	kg/km	lb/kft	A(1)	A(2)	A(1)	A(2)
2	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	6,6	0,26	60	40	-	-	-	-
3	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,0	0,276	72	48	7	10	16	20
4	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,6	0,299	87	58	-	-	-	-
2	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,2	0,283	76	51	-	-	-	-
3	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,7	0,303	94	63	10	13	21	25
4	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,4	0,331	115	77	-	-	-	-
2	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,0	0,315	102	69	-	-	-	-
3	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,5	0,335	126	85	15	18	30	35
4	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,3	0,366	155	104	-	-	-	-
2	12	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,0	0,354	139	93	-	-	-	-
3	12	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,6	0,378	174	117	20	25	35	40
4	12	0,51	0,1	20	4	1,14	45	11,3	0,445	235	158	-	-	-	-
2	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	11,5	0,453	226	152	-	-	-	-
3	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	12,2	0,480	282	189	25	30	45	50
4	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	13,4	0,528	350	235	-	-	-	-
2	8	0,89	0,13	35	5	1,52	60	15,0	0,591	381	256	-	-	-	-
3	8	0,89	0,13	35	5	1,52	60	15,9	0,626	475	319	35	40	60	65
4	8	0,89	0,13	35	5	1,52	80	17,5	0,689	587	394	-	-	-	-
2	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	18,8	0,740	589	396	-	-	-	-
3	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	19,9	0,783	731	491	45	55	85	90
4	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	21,8	0,858	903	607	-	-	-	-

* Capacidad de corriente permitida, basada en una temperatura de 60 °C en el conductor y 30 °C de temperatura ambiente. Temperatura límite 60 °C, según NTC 2050, numeral 110-14c.

** Capacidad de corriente permitida, basada en temperatura de 105 °C (221 °F) en el conductor y 30 °C (86 °F) de temperatura ambiente.

A(1), A(2): Capacidad de corriente bajo encabezado A(1) son para cables de tres conductores conectados a equipos de utilización de modo que sólo tres conductores transporten corriente. Las capacidades de corriente bajo el encabezado A(2) son para cables de dos conductores conectados a equipos de utilización de modo que sólo dos conductores transporten corriente.

Nota: Cableado clase K para calibres del 18 al 14 AWG. Cableado clase K o J, para calibres 12 AWG y mayores.

⁽¹⁾ Las certificaciones de este producto están otorgadas de manera individual y no integral.

Aplicaciones:

Pueden ser instalados casi en cualquier aplicación industrial, comercial o residencial así:

- Cordones flexibles para instalaciones de electrodomésticos y en instalaciones portátiles.
- Instalación de fuerza, control y alumbrado en lugares donde se requiere una mayor temperatura ambiente, resistencia mecánica y extra flexibilidad en la instalación.
- En conexión de máquinas herramientas (MTW) y en conexiones internas y externas de electrodomésticos en general (AWM).
- Como extensiones para alimentación de equipos de soldadores, taladros, caladoras, pulidoras cortadoras entre otros.
- Se usa en conexión de motores y en general en la distribución de la energía eléctrica.

Construcción:

Conductor de cobre extraflexible de dos, tres o cuatro fases, aislamiento en PVC, cubierta de nylon y chaqueta exterior en PVC. El PVC está formulado para alta resistencia a la propagación de la llama.

Características:

- Tensión máxima de operación: 600 V. (Puede operar a 1000 V en aplicaciones AWM).
- Temperatura máxima de operación: 105 °C.
- Tratamiento térmico adicional para ofrecer la ductilidad precisa en la aplicación de conductores extraflexibles.
- Resistencia a los aceites, a la luz solar y a la abrasión.
- Apto para instalación en bandejas portacables.
- Apto para enterrado directo y bombas sumergibles.

Normas:

- UL 1277
- UL 83 / UL 1063
- UL 758
- NTC 5521
- NTC 5916
- NTC 1332



Reliable Remote Power

Whisper 100 provides dependable energy for remote homes, telecommunication sites and rural applications in moderate to extreme environments. Reliable operation by thousands of customers makes Whisper 100 the top selling small wind turbine in its class. Assuming a 12 mph (5.4 m/s) average wind, a Whisper 100 will produce 100 kWh per month. Best for moderate to high wind – 9 mph (4 m/s) and above.

The versatile Whisper 200 powers applications from remote homes to water pumping. The Whisper 200's 9-foot (2.7 m) blade has almost twice the swept area of the Whisper 100, yielding twice the energy. A high voltage model is available for transmission over long distances. Best for low to moderate wind – 7 mph (3 m/s) and above.

Technical Specifications

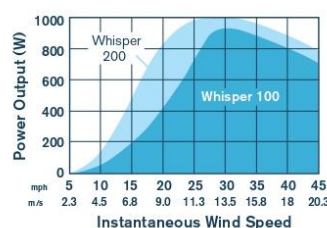
WHISPER 100

Rotor Diameter	7 ft (2.1 m)
Weight	47 lb (21 kg) box: 74 lb (22.56 kg)
Shipping Dimensions	51 x 20 x 13 in (1295 x 508 x 330 mm)
Mount	2.5 in schedule 40 (6.35 cm) pipe
Start-Up Wind Speed	7.5 mph (3.4 m/s)
Voltage	12, 24, 36, 48 VDC
Rated Power	900 watts at 28 mph (12.5 m/s)
Turbine Controller	Whisper controller
Body	Cast aluminum/marine option
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed Protection	Patented side-furling
Kilowatt Hours Per Month	100 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	120 mph (55 m/s)
Warranty	5 year limited warranty

WHISPER 200

Rotor Diameter	9 feet (2.7 m)
Weight	65 lb (30 kg) box: 87 lb (39.46 kg)
Shipping Dimensions	51 x 20 x 13 in (1295 x 508 x 330 mm)
Mount	2.5 in schedule 40 (6.35 cm) pipe
Start-Up Wind Speed	7 mph (3.1 m/s)
Voltage	24, 36, 48 VDC (HV available)
Rated Power	1000 watts at 26 mph (11.6 m/s)
Turbine Controller	Whisper controller
Body	Cast aluminum/marine option
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed Protection	Patented side-furling
Kilowatt Hours Per Month	200 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	120 mph (55 m/s)
Warranty	5 year limited warranty

POWER



MONTHLY ENERGY



FIVE YEAR WARRANTY

Southwest Windpower

1801 W. Route 66 928.779.9463
Flagstaff, AZ 86001 USA www.windenergy.com

Makers of Skystream 3.7® / AIR / Whisper

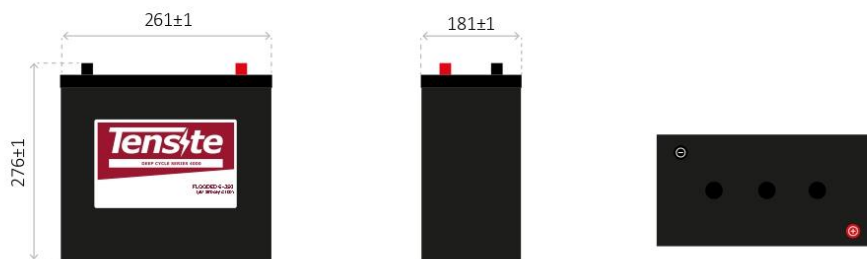
♻️ Printed on recycled paper using vegetable inks.



CHARACTERISTICS

- ✓ Ideal for any type of use.
- 🔋 Great performance.
- 🔌 Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS



Tensite

FLOODED BATTERY 6-250

FLOODED BATTERY 6V 250AH

APPLICATION

- BTS Stations
- Solar and Wind energy system
- UPS system
- Telecom systems

RECOMMENDATIONS

- Check voltage every 3 months
- Avoid exposure to sub-zero temperatures
- Use automatic chargers with constant voltage
- Use the appropriate cable section and length
- Keep connections tight



TECHNICAL SPECIFICATIONS

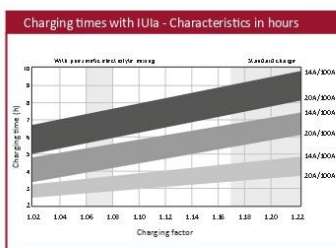
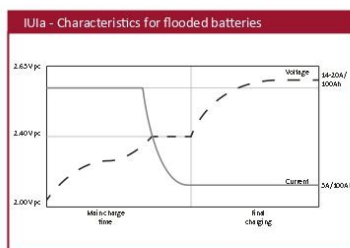
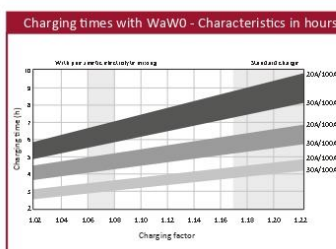
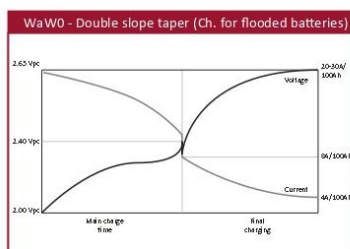
BATTERY MODEL	Nominal voltage			6V			
	Rated capacity (100 hour rate)			250Ah			
	Cells Per battery			6			
DIMENSION	Length 261 mm	Width 181 mm	Height 276 mm				
APPROX. WEIGHT	30.08 kg ± 3%						
TEMPERATURE CORRECTION FACTOR OF DISCHARGE C5 (5H) CAPACITY	-10°C	0°C	10°C	15°C	20°C	30°C	40°C
	0.83	0.87	0.92	0.94	0.97	1.03	1.09
CYCLES AT 50% DOD	Up to 900 cycles						
PVES APPLICATIONS	Up to 2000 cycles						
CONSTRUCTION	Plate Technology	Separator	Electrolyte	Standards	Case / Lid material	Lid type	Terminal type
	Antimony	Polyethylene	Sulphuric acid (SG 1.25)	IEC 60254; IEC 61427	Polypropylene	Flat	Dual

BATTERY DISCHARGE PERFORMANCE AT 25°C

Discharge rate	C5 (5h)	C10 (10h)	C100 (100h)	Capacity at 25A
End of discharge voltage	5.10V	5.25V	5.40V	5.25V
Discharge capacity	185Ah	225Ah	250Ah	470min

BATTERY CHARGE CONDITIONS

Charging profiles: WaW0 and IU1a | Charge factor: 1.10 - 1.20





Inversor/Cargador MultiPlus 500 VA - 2000 VA

12 / 24 / 48 V

www.victronenergy.com



MultiPlus
500 / 800 / 1200 / 1600 VA



MultiPlus 2000 VA
(sin la cubierta inferior)

Multifuncional, con gestión de potencia inteligente

El MultiPlus reúne, en una sola carcasa compacta, un potente inversor sinusoidal, un sofisticado cargador de baterías con tecnología adaptativa y un conmutador de transferencia de CA de alta velocidad. Además de estas funciones principales, el MultiPlus dispone de varias características avanzadas, tal y como se describe más abajo.

Funcionamiento en paralelo y opción trifásica

Hasta seis Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades para una salida trifásica.

PowerControl – Potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá en cuenta otras cargas CA y utilizará el sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la toma de puerto.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica de la toma de puerto o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Cargador variable de cuatro etapas y carga de bancadas de baterías dobles

La salida principal proporciona una potente carga al sistema de baterías por medio de un avanzado software de "carga variable". El software ajusta con precisión el proceso automático de tres etapas adaptándose a las condiciones de la batería y añade una cuarta etapa para periodos prolongados de flotación. El proceso de carga variable se describe con más detalle en la ficha técnica del Phoenix Charger y en nuestro sitio web, en el apartado "Información Técnica". Además, el MultiPlus puede cargar una segunda batería utilizando una salida de carga limitada independiente pensada para cargar una batería de arranque del motor principal o del generador.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas con una alta corriente de irrupción, como convertidores para lámparas LED, lámparas halógenas o herramientas eléctricas.

Modo de búsqueda

Cuando el modo de búsqueda está activado, el consumo del inversor en funcionamiento sin carga disminuye aproximadamente un 70 %. En este modo el Multi, cuando funciona en modo inversor, se apaga si no hay carga, o si hay muy poca, y se vuelve a conectar cada dos segundos durante un breve periodo de tiempo. Si la corriente de salida excede un nivel preestablecido, el inversor seguirá funcionando. En caso contrario, el inversor volverá a apagarse.

Relé programable

El relé programable está configurado de forma predeterminada como relé de alarma, es decir, el relé se desenergizará en caso de alarma o alarma previa (el inversor está demasiado caliente, la ondulación de la entrada es casi demasiado alta y la tensión de la batería está demasiado baja).

Conector remoto de On/Off/Charger on

Conector de tres polos

Configuración, seguimiento y control del sistema in situ

Una vez instalado, el MultiPlus está listo para funcionar.

Algunos ajustes pueden cambiarse mediante conmutadores DIP.

Modelos 500/800/1200 VA: interruptor remoto / tensión de carga de la batería / frecuencia del inversor / modo búsqueda.

Modelos 1600/2000 VA: tensión de carga de la batería / modo búsqueda.

Para más ajustes puede usar VEConfig o la mochila VE.Bus Smart.

Configuración y seguimiento remotos

Instale un Cerbo GX u otro producto GX para conectarse a internet.

Los datos de funcionamiento se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en nuestro sitio web VRM (Victron Remote Management).

Una vez conectado a internet, se puede acceder a los sistemas a distancia y se puede cambiar la configuración.



GX Touch y Cerbo GX

Proporcionan un control y un seguimiento intuitivos del sistema.

Además de control y seguimiento del sistema, el Cerbo GX permite acceder a nuestra web de seguimiento remoto gratuita: el portal en línea VRM.



Portal VRM

Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) puede mostrar todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.

12 voltios 24 voltios 48 voltios	MultiPlus 12/500/20 MultiPlus 24/500/10 MultiPlus 48/500/6	MultiPlus 12/800/35 MultiPlus 24/800/16 MultiPlus 48/800/9	MultiPlus 12/1200/50 MultiPlus 24/1200/25 MultiPlus 48/1200/13	MultiPlus 12/1600/70 MultiPlus 24/1600/40 MultiPlus 48/1600/20	MultiPlus 12/2000/80 MultiPlus 24/2000/50 MultiPlus 48/2000/25
PowerControl / PowerAssist	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Funcionamiento en trifásico y en paralelo	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia	16 A	16 A	16 A	16 A	35 A
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada	9,5 – 17 V 19 – 33 V 38 – 66 V				
Salida	Tensión de salida: 230 VCA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	500 VA	800 VA	1200 VA	1600 VA	2000 VA
Potencia cont. de salida a 25 °C	430 W	700 W	1000 W	1300 W	1600 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	400 W	650 W	900 W	1100 W	1400 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	300 W	400 W	600 W	800 W	1000 W
Potencia pico	900 W	1600 W	2400 W	2800 W	3500 W
Eficiencia máxima	90 / 91 / 92 %	92 / 93 / 94 %	93 / 94 / 95 %	93 / 94 / 95 %	93 / 94 / 95 %
Consumo en vacío	6 / 6 / 7 W	7 / 7 / 8 W	10 / 9 / 10 W	10 / 9 / 10 W	10 / 9 / 10 W
Consumo en vacío en modo	2 / 2 / 3 W	2 / 2 / 3 W	3 / 3 / 3 W	3 / 3 / 3 W	3 / 3 / 3 W
CARGADOR					
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz				
Tensión de carga de “absorción”	14,4 / 28,8 / 57,6 V				
Tensión de carga de “flotación”	13,8 / 27,6 / 55,2 V				
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V				
Corriente de carga de la batería	20 / 10 / 6 A	35 / 16 / 9 A	50 / 25 / 13 A	70 / 40 / 20 A	80 / 50 / 25 A
Corriente de carga de la batería de	1 A (solo modelos de 12 V y 24 V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Relé programable (5)	Sí				
Protección (2)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, control remoto e integración del sistema (Se necesita un separador RJ45 ASS030065510 para los modelos 500 / 800 / 1200 VA)				
On/Off remoto	On/off/charger only (solo cargador)			On/off	
Interruptores DIP	Sí (6)	Sí (6)	Sí (6)	Sí (7)	Sí (7)
Fusible CC interno	125 / 60 / 30 A	150 / 80 / 40 A	200 / 100 / 50 A	200 / 125 / 60 A	no
Características comunes	Rango de temp. de trabajo: -40 a +65 °C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): máx 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: Acero/ABS (azul RAL 5012) Categoría de protección: IP 21 Acero (RAL 5012), IP22				
Conexión de la batería	16 / 10 / 10 mm²	25 / 16 / 10 mm²	35 / 25 / 10 mm²	50 / 35 / 16 mm²	Pernos M8
Conexión CA 230V	Conector G-ST18i				Tornillo
Peso	4,4 kg	6,4 kg	8,2 kg	10,2 kg	15,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	311 x 182 x 100 mm	360 x 240 x 100 mm	406 x 250 x 100 mm	470 x 265 x 120 mm	506 x 236 x 147 mm
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN 62109-1				
Emisiones/Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción	ECE R10-5				
1) Puede ajustarse a 60 Hz y a 240 V 2) Protección: a. Cortocircuito de salida b. Sobrecarga c. Tensión de la batería demasiado alta d. Tensión de la batería demasiado baja h. Temperatura demasiado alta f. 230 VCA en salida del Inversor g. Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta 3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) A 25 °C de temperatura ambiente 5) Relé programable que puede ajustarse como: alarma general, subtensión CC o señal de arranque/parada del generador Capacidad nominal CA: 230 V/4 A Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC 6) Remoto / tensión de carga de la batería / frecuencia del Inversor / modo búsqueda 7) Tensión de carga de la batería / modo búsqueda					



Panel Digital Multi Control

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Mochila VE.Bus Smart

Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multi y Quattro con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.



App VRM

Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su *smartphone* o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android



MK3-USB (interfaz VE.Bus a USB)

Se conecta a un puerto USB (véase la "Guía de VEConfigure")



Monitor de baterías BMV-712 Smart

Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:
1. personalizar los ajustes,
2. consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,
3. ver los datos del historial y
4. actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

