

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN - BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS
(SISTEMA EÓLICO)**

**JEISON JAVIER SANTANA ROMERO
JULIAN ANDRES PINZON PARRA
NINI YOANA SALAZAR FUENTES**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA: TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D. C., OCTUBRE DE 2016**

Sistema de Recolección - Bombeo y Distribución de Aguas Lluvias (Sistema Eólico)

Elaborado por: Jeison Javier Santana Romero
Julián Andrés Pinzón Parra
Nini Yoana Salazar Fuentes

Trabajo de presentado para optar el título de: Tecnólogo en Construcciones
Arquitectónicas

Coordinador PTCA y Docente Proyecto de Grado
ARQ. NELSON R. CIFUENTES VILLALOBOS

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Programa: Tecnología en Construcciones Arquitectónicas
Bogotá D. C., Octubre de 2016

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Octubre de 2016

Dedicatoria

Jeison Javier Santana Romero

A mi madre que siempre han creído en mí y con su apoyo siendo un motor en mi vida
para cada día ser un mejor profesional y ser humano.

Mi padrino el cual ya no se encuentra con nosotros, pero que con sus consejos me
llenaba de motivaciones para seguir y conseguir éxito en mi vida

Julián Pinzón

A mis padres que siempre estuvieron apoyándome en todo momento a mi esposa que
me colaboro en este camino, y a mis tres hijos adorados que fueron el impulso para ser mejor
persona, profesional, hijo, padre y esposo.

Nini Johana

Agradecimientos

Un agradecimiento especial para nuestras familias, docentes y compañeros que nos acompañaron durante este camino para lograr llegar a dónde estamos y con expectativas muy altas de seguir creciendo profesionalmente.

A todos ¡Muchas Gracias por el apoyo!

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
Objetivos de la Investigación	13
Objetivo general.	13
Objetivos específicos.....	13
Estado del Arte	14
La Evolución de la Energía Eólica, Etapas	15
Definición de los Componentes del Sistema	16
Captación.....	16
Recolección y conducción.....	18
Intercepción (almacenamiento).	18
Almacenamiento.....	19
Sistema eólico.....	20
Red de distribución de agua lluvia y sistema de bombeo.....	20
<i>Localización geográfica.</i>	<i>20</i>
<i>Extensión.</i>	<i>21</i>
<i>Altitud.</i>	<i>21</i>
<i>Descripción del clima (temperatura, periodo de días lluviosos).</i>	<i>21</i>
<i>Precipitación.</i>	<i>21</i>
<i>Temperatura.</i>	<i>22</i>
<i>Humedad relativa.</i>	<i>22</i>
<i>Precipitación del rio.....</i>	<i>22</i>
Información pluviosidad.....	23
Actividades Preliminares	24
Componentes del sistema.	24
Estimaciones de caudales.	25
<i>Periodo de retorno.</i>	<i>25</i>
<i>Tiempo de concentración.....</i>	<i>27</i>

Áreas que tributan.	29
Análisis hidráulico.....	29
Análisis resultados.....	30
Conclusiones de las actividades preliminares.....	30
Determinaciones para Cálculos de Incógnitas	31
Demanda de agua al mes.	31
Oferta de agua al mes.	32
Demanda agua acumulada.	32
Cuadros de aportes y consumo del predio según condiciones propias del estudio.	33
Volumen almacenamiento.	34
Sistema de Captación Aguas Lluvias	35
Tipos de cubierta.	36
Coeficiente de escorrentía.	36
Intensidad de lluvias.	37
Coeficiente de rugosidad.	38
Dimensionamiento de la sección.	38
Sistema pluvial.....	38
Presupuesto sistema recolector.	39
Diseño de Prototipos de Sistema Eólico	40
Sistema Eólico	40
Primer prototipo.....	40
Segundo prototipo.	41
Tercer prototipo (propuesta).....	42
Beneficios.	42
Problemas.	43
Consumo de energía.	43
Baterías (sistemas aislados).	44
Condiciones para sistemas eólicos.....	46
Características de la turbina.....	46
Componentes de la turbina.....	47

<i>Altura sistema eólicos.....</i>	<i>48</i>
<i>Mantenimiento.....</i>	<i>48</i>
Componentes sistema eléctrico.	49
<i>Regulador.</i>	<i>49</i>
<i>Inversor.....</i>	<i>49</i>
Recurso eólico (Chía).	50
Tipos de viento.	50
<i>Vientos globales.....</i>	<i>50</i>
<i>Vientos de superficie.....</i>	<i>51</i>
<i>Vientos locales.....</i>	<i>51</i>
Diseño del Sistema Eólico para el Aprovechamiento de Agua Lluvia.....	52
Construcción prototipo 3.	55
<i>Materiales para el prototipo 3.</i>	<i>55</i>
<i>Proceso constructivo.</i>	<i>57</i>
<i>Análisis de los resultados del prototipo 3</i>	<i>62</i>
Conclusiones.....	63
Referencias Bibliográficas	64

Índice de Imágenes

Imagen 1. Cubiertas para la captación agua.	17
Imagen 2. Características de las canaletas.....	18
Imagen 3. Sistemas de desagües.....	18
Imagen 4. Tanques de almacenamiento.....	19
Imagen 5. Modelación del 1er prototipo.	41
Imagen 6. Modelación de segundo prototipo.	41
Imagen 7. Modelación de tercer prototipo.....	42
Imagen 8. Pruebas del tercer prototipo.....	43
Imagen 9. Batería Extrema Willard 24BD-750.....	45
Imagen 10. Regulador de energía.....	49
Imagen 11. 500W de potencia del inversor con los cables de la batería - CA 220V de salida. 49	
Imagen 12. Pruebas de laboratorio del segundo prototipo.	53
Imagen 13. Prueba laboratorio segundo prototipo modelo 2.....	53
Imagen 14. Pruebas de laboratorio del tercer prototipo.....	55
Imagen 15. Partes estructurales del proceso constructivo	57
Imagen 16. Montaje de las piezas iniciales del tercer prototipo.....	58
Imagen 17. Unión de las láminas.....	58
Imagen 18. Unión de la estructura del prototipo.	59
Imagen 19. Modelado de volumen del prototipo.....	59
Imagen 20. Proceso de forrado de las alas del prototipo.....	60
Imagen 21. Acabado del proceso de forrado del prototipo.....	60
Imagen 22. Prototipo forrado.	60
Imagen 23. Corte del eje giratorio.	61
Imagen 24. Implementación de guías para el eje giratorio.....	61
Imagen 25. Armado completo del tercer prototipo.....	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Componentes del sistema de recolección de aguas lluvias.	16
Ilustración 2. Estructura sustentante de dicha techumbre.....	17
Ilustración 3. Energía eólica casera	20
Ilustración 4. Ubicación del municipio de Chía.	21
Ilustración 5. Captación de agua lluvia con tubería de desagüe.	31
Ilustración 6. Modelo de tanque de almacenamiento	35
Ilustración 7. Pendientes, cruces y traslapos.	36
Ilustración 8. Esquema de un aerogenerador.....	47
Ilustración 9. Altura de las turbinas.....	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Características para tener en cuenta en los periodos de retorno.	26
Tabla 2. Constante de la velocidad superficial en la ecuación del SCS.	28
Tabla 3. Análisis de áreas pluviales.....	29
Tabla 4. Calculo de alcantarillado pluvial.	30
Tabla 5. Calculo de agua acumulada	33
Tabla 6. Retorno diario estimado cocina.	33
Tabla 7. Retorno diario estimado sanitario.....	34
Tabla 8. Valores de referencia del coeficiente de escorrentía NS-085.....	37
Tabla 9. Calculo del coeficiente de escorrentía para el proyecto	37
Tabla 10. Intensidad de lluvia para el proyecto aproximado.....	38
Tabla 11. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning N para Conductos Cerrados	38
Tabla 12. Sistema de recolección para una cubierta de un área de 72 m ²	39
Tabla 13. Materiales para el diseño del tercer prototipo.	55

Índice de graficas

Gráfica 1. Precipitaciones totales multianuales estación Apto Guaymaral.	23
Gráfica 2. Isoyetas	23

Introducción

El siguiente documento se realiza con el objetivo de analizar los sistemas que involucran la captación y reutilización de aguas lluvias, teniendo en cuenta que en la actualidad aún se tienen problemas para suministrar redes de agua potable y redes eléctricas, en algunos sitios del país. Gran parte de esta problemática se debe a los cambios climáticos y falta de presupuesto al momento de tener acceso a estos servicios.

Se busca que este proyecto sirva como una fuente de investigación al momento de pensar en sistemas eólicos como fuente de energía para el bombeo y suministro de agua lluvias; para tal se lleva a cabo la implementación de un sistema eólico como fuente de energía para el bombeo de aguas lluvias, que pretenda darse como respuesta a varias problemáticas, una de ellas la falta de acceso a redes de agua y energía y por qué no la reducción del factor hídrico y energético.

Como resultado del análisis se presenta una propuesta metodológica para dar a conocer los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y la implementación de un sistema eólico como fuente energética y su posible implementación en zonas que tengan problemas de acceso de agua y energía, creando así una alternativa para que la comunidad pueda suplir sus necesidades diarias.

De acuerdo a lo anterior es importante aclarar que en el momento de captar, canalizar, almacenar y suministrar estos procesos, deben tener un sistema independiente, adicionalmente los drenajes pluviales deben ser autónomos a la red sanitaria de aguas residuales, esto con el fin de aislarlas y no tener ningún tipo de contaminación ya que no sería apta para usos domésticos.

La propuesta intenta dar a conocer y organizar los datos de la temática de los sistemas de recolección, aprovechamiento de aguas lluvias y bombeo mediante un sistema eólico. Así mismo se identificarán los elementos más importantes en este tipo de sistemas como los son dimensionamiento del sistema de captación, almacenamiento y sistema eólico entre otros.

De lo anterior se define que es importante buscar la solución a la problemática en tres aspectos principales: (a) el cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona estudiada (b) la estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado al utilizar la solución propuesta del sistema eólico, (c) la manera más eficiente y novedosa.

Además de esto crear conciencia y compromiso, en cuanto al aprovechamiento y uso de energías alternativas como fuentes de bombeo en sistemas de recolección de agua lluvia que benefician a la población que se encuentra sin acceso al servicio básico del agua y les da otra alternativa en lo que respecta iría los consumos domésticos y agrícolas.

Objetivos de la Investigación

Objetivo general.

Diseñar y proponer un prototipo (generador eólico) para la producción de energía para el bombeo y suministro de agua lluvias a los aparatos sanitarios y de riego.

Objetivos específicos.

- Conocer las necesidades de consumo de agua en los aparatos sanitarios.
- Conocer las condiciones climáticas de la región de Chía
- Diseñar y conocer el funcionamiento de un generador de energía renovable.
- Diseñar y unificar el sistema de red de suministro y agua potable en aparatos sanitarios
- Elaborar y unificar el proceso constructivo para el generador de energía y el sistema de recolección de aguas lluvias

Estado del Arte

Para hablar de los sistemas eólicos se debe traer en contexto el uso de este tipo de procesos en la antigüedad, ya que se considera una de las prácticas más empleadas, a través de molinos de viento, se dieron a conocer y se implementaron con el fin de cumplir con las tareas domésticas como moler cereales y bombeo de agua. A partir del siglo XX, se puede evidenciar el surgimiento de los primeros aerogeneradores basados en el diseño y funcionamiento del principio del molino de viento pero no tuvieron mucho éxito (Ammonit, s.f., pág. 6).

Desde los inicios de la humanidad la captación de aguas de lluvias para suplir las necesidades básicas, ha sido una práctica común, sin embargo, en la actualidad dicha práctica ha sido sustituida por sistemas de suministro de agua que prestan las empresas de servicios Públicos, cuyo principio es el mismo, captar aguas superficiales en las partes altas y de una riqueza hidrológica para luego ser transportada por medio de redes municipales a los centros urbanos y de ahí a los puntos de consumo en cada uno de los hogares, industrias, instituciones que demandan el líquido vital ((Reyes & Rubio, 2014, pág. 13)

Lo cierto es que el interés de los aerogeneradores se desplegó a mediados de los años 70 y 80, como respuesta de la crisis del petróleo y los movimientos contra la energía nuclear, este interés surge como respuesta a la búsqueda de recursos ecológicos y renovables que pudieran ser utilizados para tal fin; sin embargo los que se construyeron no tuvieron gran acogida por sus elevados costos en la construcción y la baja producción de energía, ya que no era la que se esperaba.

Para esa época, los proyectos que involucraban aerogeneradores y otras energías renovables fueron posibles gracias a proyectos patrocinados por gobiernos internacionales como método de investigación, así fueron surgiendo los primeros institutos alemanes de energía eólica (DEWI),e instituto danés (RISO), quienes estandarizaron la metodología de construcción y redujeron presupuestos.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

En los inicios de la construcción de aerogeneradores, los primeros prototipos llegaron a tener una potencia de 20 a 50 kW, eran ruidosos y pesados, y en efecto el alto presupuesto que se encontraba en 30.000 euros, en ese entonces; un cuarto de siglo más adelante se logra tener un avance con los aerogeneradores, donde se resuelven las deficiencias de los primeros prototipos (ruido, peso, eficiencia, potencia), adicional a ello, el presupuesto baja a unos 15.000 euros (Barbero, A. , 2012).

La Evolución de la Energía Eólica, Etapas

La etapa de inicio: el periodo comprendido en la década de los 70 y 80, se presentó el primer modelo “tripala” aerogenerador implementado por el instituto danés (RISO) el cual cumplió con una capacidad de 300kws.

La segunda etapa: Comprende la década de los 90 en donde el prototipo tiene mejores en la regulación aerodinámica por paso variable donde la potencia incrementa a 1.500kws.

Definición de los Componentes del Sistema

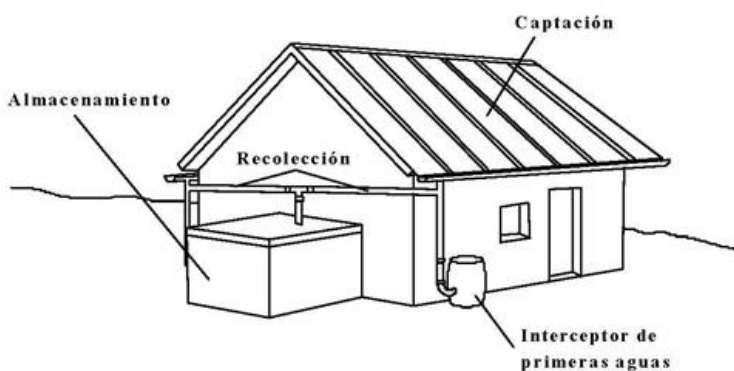
El sistema está compuesto por los siguientes componentes los cuales están interconectados, según su posición (Organización Panamericana de la Salud [OMS], 2004).

- a) Captación
- b) Recolección de primeras aguas
- c) Almacenamiento

La propuesta adicional contempla adicionalmente los siguientes componentes:

- d) Red de distribución agua lluvia
- e) Sistema de bombeo teniendo en cuenta el sistema eólico como fuente de energía

Ilustración 1. Componentes del sistema de recolección de aguas lluvias.



Fuente: (Organización Panamericana de la Salud [OMS], 2004)

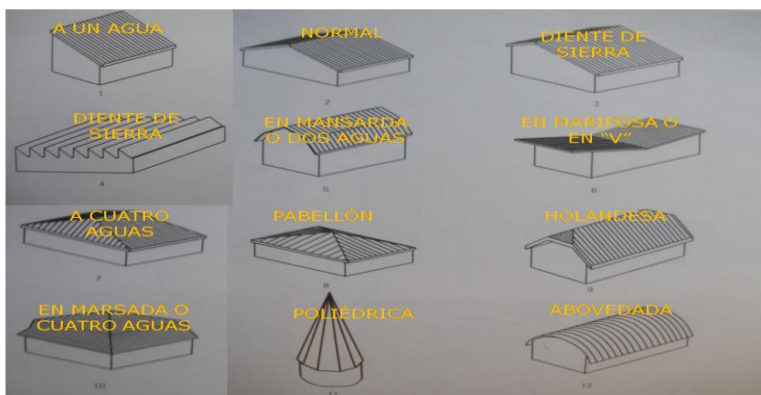
Captación

Se entiende por captación aquellas superficies que se implementan en la recolección de aguas lluvias; en la mayoría de las veces es implementada en las cubiertas de las viviendas ya que estas son construidas con pendientes no inferiores al 5%, esto con el propósito de tener mayor área de capitación y mayor factor de escurrimiento (escurrimiento) siendo esta el medio más efectivo en el momento de captar el agua lluvia. (Organi-k Econolgia en acción, s.f.)

Imagen 1. Cubiertas para la captación agua.

Fuente: (Rojas, 2012)

En la implementación de una cubierta como componente para la captación de aguas lluvias, se debe tener en cuenta que actualmente en el mercado se tienen variedad de alternativas y materiales (cubiertas de zinc, plásticas, madera, arcilla, cemento etc., dependiendo del material que se escoja varía el factor de escurrimiento y por lo tanto reduce la captación deseada, estos mismos también se pueden considerar de acuerdo a los diferentes presupuestos y necesidades; sin embargo, no se recomienda la implementación de cubiertas de asfalto ya que están elaboradas por componentes químicos que pueden contaminar el agua lluvia.

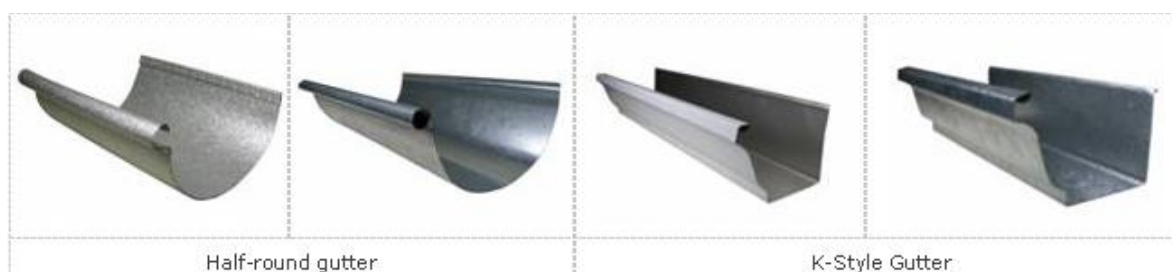
Ilustración 2. Estructura sustentante de dicha techumbre.

Fuente (Arquitectura y comercio, s.f.)

Recolección y conducción.

Está constituido por la unión de canaletas y sus accesorios ubicada en la parte inferior del techo, tiene la función de recolectar y dirigir a un sitio de almacenamiento. La instalación de las canales se debe contemplar los siguientes aspectos: (a) una pendiente que sirva como conducción a las bajantes (b) el material de las canaletas debe tener las características de durabilidad, resistencia, peso y conectividad. Esto último Con el objetivo de tener filtraciones (Organización Panamericana de la Salud [OMS], 2004). En tanto a los materiales se encuentran diversos materiales y diseños, los cuales son aspectos a tener en cuenta tanto en la instalación como en el presupuesto.

Imagen 2. Características de las canaletas



Fuente (Guttersupply. A division of rain trade corporation , s.f.)

Imagen 3. Sistemas de desagües.



Fuente: (El Oficial. Información que construye, 2014)

Intercepción (almacenamiento).

Es el sistema encargado de recibir y almacenar las primeras aguas lluvias las cuales llegan a través del sistema de recolección (canales y bajantes). Las primeras aguas se pueden implementar para usos tanto agrícolas (riego) (Palacio, 2010). El tanque (interceptor) debe

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

estar ubicado por lo general en lugar donde se encuentra aislado del contacto de otras sustancias, es así que la superficie donde van ubicados los tanques debe cumplir con una superficie firme y nivelada para que esta funcione adecuadamente. Este funcionamiento consiste en recibir las primeras aguas y almacenarlas dependiendo de la demanda y consumo que se tenga; al estar lleno el primer tanque este tendría aun rebose al segundo tanque el cual al momento de llenar tendría un flotador que se acciona cerrando la válvula de entrada.

Almacenamiento.

Es el lugar donde se almacenará y conservará el agua lluvia, adicionalmente se encarga de proveer al sistema de suministro. El medio que se implemente para almacenar debe contar con las siguientes condiciones: (a) impermeabilidad para evitar filtraciones (b) no debe estar a más de una altura de 2 metros con el fin de reducir las presiones (c) debe tener una tapa, con el propósito de impedir el ingreso de polvo, y evitar la propagación de sancudos (d) contar con registro para su mantenimiento, (e) debe contar con un filtro en la tubería del rebose, con el objetivo de evitar el ingreso de cualquier elemento que pueda contraminar el agua lluvia (Abc. Color, 2010). Existen muchos tipos de tanques de almacenamiento, estos varían según los materiales se encuentran diversos tipos de tanques en PVC, concreto reforzado y mampostería estos varían según las necesidades y presupuestos.

Imagen 4. Tanques de almacenamiento.



Fuente: (La Voz. Casa & Diseño, 2014).

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Sistema eólico.

El sistema eólico es una fuente de energía renovable para la que se dispone tecnología de vanguardia que permiten el aprovechamiento de factores como el aire.

Ilustración 3. Energía eólica casera



Fuente: (Pino & Explora, s.f.).

El sistema eólico cumple una función importante en el proceso de suministro, debido a que es el encargado de generar la energía, pero este proceso requiere para su funcionamiento de una motobomba.

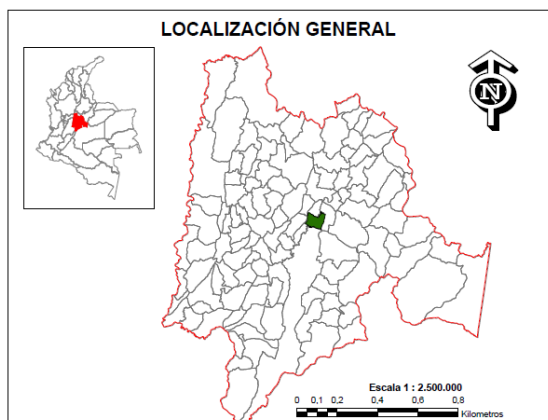
En el momento de la instalación se deben tener claro aspectos tales como: diseño, normatividad, alturas, etc., actualmente no es muy común su funcionamiento como generador de energía.

Red de distribución de agua lluvia y sistema de bombeo.

Localización geográfica.

“Chía es uno de los 116 municipios del Departamento de Cundinamarca, su cabecera está localizada en las siguientes coordenadas geográficas: 4° 52’ de latitud norte y 74° 04’ de longitud al oeste de Greenwich” (Municipio de chía, s.f., pág. 17).

Chía se encuentra ubicada a 31 km de Bogotá; el área municipal es de 7923 Has, la mayor parte del territorio es plano y corresponde a la Sabana de Bogotá; hacia el oriente y el occidente del municipio se encuentran algunos accidentes orográficos de escasa elevación, destacándose los cerros de la Cruz y Santuario, las cordilleras del Zanjón y Zaque.

Ilustración 4. Ubicación del municipio de Chía.

Fuente: (Alcaldía de Chía, 2015).

Extensión.

El Municipio de Chía, tiene una extensión aproximada de 7923 Has.

Altitud.

Altura sobre el nivel del mar: 2.562 m.

Descripción del clima (temperatura, periodo de días lluviosos).

“En la región presenta características de relieves planos, predomina el clima de templado a frío, con elevaciones cercanas a 2560 m.s.n.m, temperatura promedio de 13,4°C, humedad relativa cercana al 77% y precipitación total anual de unos 770mm” (Municipio de Chía, s.f., pág. 18).

Precipitación.

El régimen de precipitación es bimodal con dos temporadas de lluvia durante los meses de septiembre-noviembre y abril-junio. De diciembre hasta principios de abril la región está dominada por el sistema tropical del alisio del noreste, lo que define un período más seco con poca ocurrencia de aguaceros.

Adicionalmente, en los meses de junio y julio ocurre un verano menos acentuado que el mencionado anteriormente. Los meses más lluviosos del año

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

corresponden a abril a octubre, con 101 mm para cada mes, mientras el más seco ocurre en enero con unos 27 mm (Municipio de chía, s.f., pág. 18).

Temperatura.

La temperatura media mensual multianual del aire es igual a 13.4°C, con un máximo promedio de 14.0°C para el mes de abril y un mínimo promedio de 13.1°C para los mes de enero. Los valores máximos promedio absolutos de temperatura del aire corresponden a 27.5°C mientras que los mínimos promedio absolutos sin del orden de -2.5°C se presentan respectivamente estos valores de temperatura a nivel media, máximo y mínimo mensual multianual (Municipio de chía, s.f., pág. 18).

Humedad relativa.

La humedad relativa media anual multianual del aire es igual al 77%, con un máximo promedio multianual de 80% para el mes de octubre y un mínimo promedio multianual del 74% para el mes de enero.

La velocidad promedio del viento en superficie a nivel medio mensual multianual es igual a 1.5 m/s, con variaciones promedio entre 1.2 m/s para los meses de mayo, noviembre y diciembre y 2.0 m/s para el mes de julio.

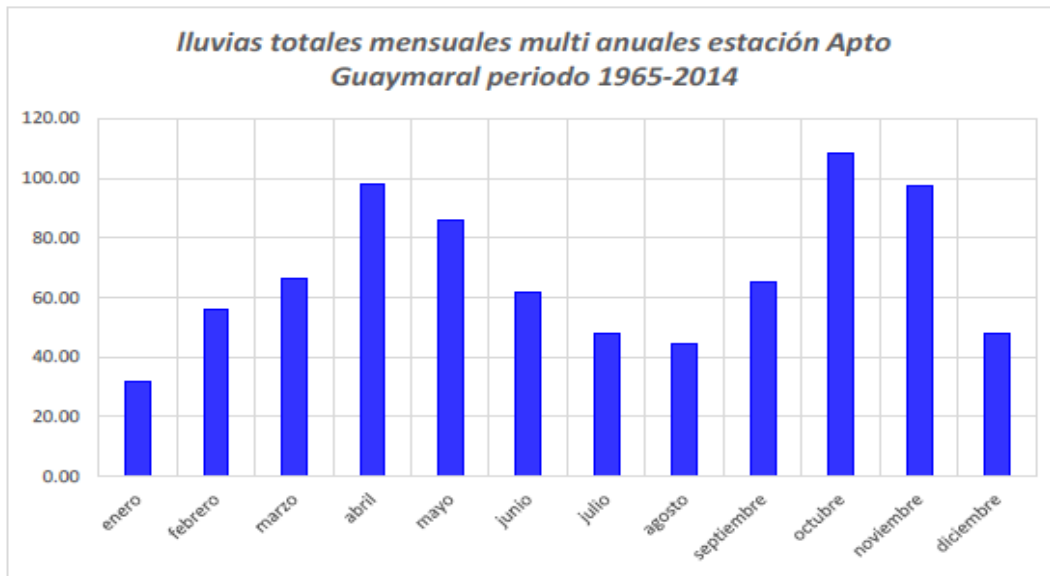
Adicionalmente, existe un incremento en la velocidad del viento desde por la mañana hacia las primeras horas de la tarde (Municipio de chía, s.f., pág. 18).

Precipitación del río.

La cuenca baja del río Frío hace parte de una serie de drenajes que conforman la cuenca alta del Río Bogotá, esta zona, cuenta con un régimen de lluvias con tendencias bimodales, razón por la cual se presenta un periodo húmedo entre marzo y mayo y otro ente septiembre y noviembre, el mismo que se representa en el histograma de precipitaciones al mes de aguas lluvias.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Gráfica 1. Precipitaciones totales multianuales estación Apto Guaymaral.

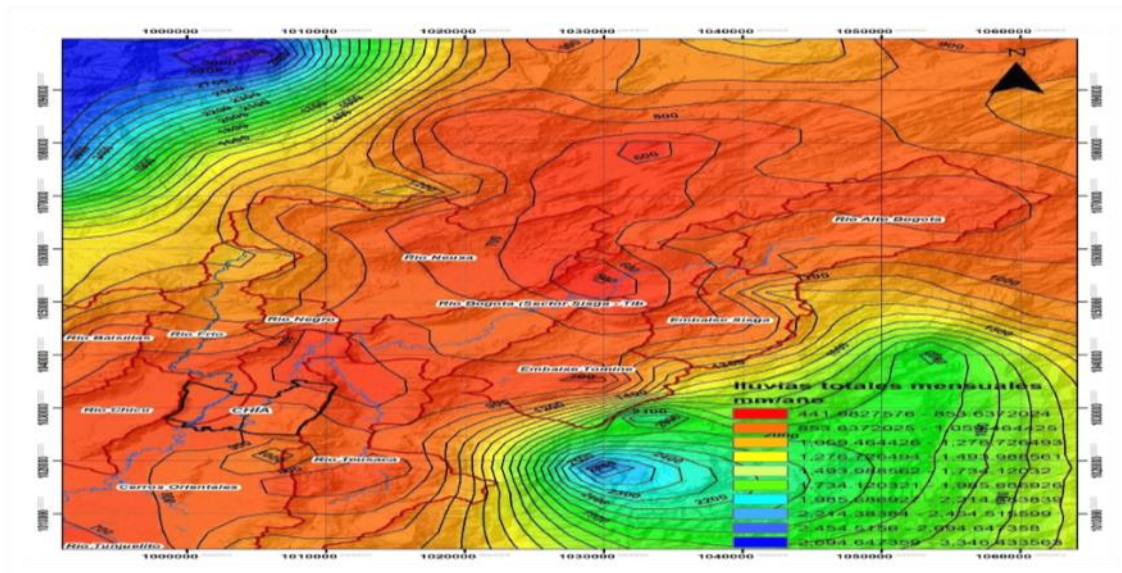


Fuente: (Municipio de chía, s.f., pág. 32)

Información pluviosidad.

El promedio de lluvias anual oscila entre 700 y 1000 mm

Gráfica 2. Isoyetas



Actividades Preliminares

Para el desarrollo del proyecto se pensó en la finca “La María”, terreno que pertenece a la Universidad la Gran Colombia u otro predio que se encontrara ubicado en el municipio de Chía; la razón principal se debió a que la propuesta debería poder aplicarse a una vivienda con un sistema de suministro de agua y energía (Isaza, 2008). La finca “La María” se encuentra ubicada en la Sabana de Bogotá, la cual tiene una vivienda construida de un piso en material prefabricado, con una cubierta de área útil de 72M2. En tanto a las zonas verdes se observa que existe un terreno el cual se puede tener en cuenta un sistema de riego de jardines.

Componentes del sistema.

Los componentes utilizados para el desarrollo del diseño son los descritos en el marco teórico, pero debido a que el diseño no contempla el consumo humano como uso principal del agua lluvia captada y como la precipitación de la zona es alta y constante, la contaminación de los techos se estará removiendo continuamente, por lo tanto se omitirá el componente del filtro para éste trabajo, pues al garantizar que el agua de las primeras lluvias se intercepte y no sea almacenada, el agua podrá ser utilizada para los usos no potables mencionados sin afectar las condiciones hidráulicas ni los materiales de los aparatos. Sanitarios o del sistema de bombeo. En caso de que en un futuro se quiera aprovechar las aguas lluvias para consumo humano, se debe instalar entonces, un sistema de filtración, seguido de un sistema de tratamiento (desinfección) (Palacio, 2010, pág. 40).

Para el análisis llevado a cabo se tuvieron en cuenta diferentes elementos de recolección de aguas lluvias y las características como predio con una cubierta de 6*12m para un total de 72m2 en teja de PVC, y un andén en concreto de 40m2, cuanta con una zona verde de aproximadamente de 50m2, el predio generalmente es habitado los fines de semana por 20 personas aproximadamente, cuenta con 4 baños, una llave de riego y lavado.

Estimaciones de caudales.

De acuerdo a lo anterior se define en el proyecto que se enviaran las aguas lluvias de cubierta andenes y parte de zona verde al tanque de almacenamiento para luego ser usado en sanitarios y llave de riego y limpieza, de esta manera, es así como se trabajará con “El cálculo de caudales se realizó con la metodología de la Norma NS-085 de la EAAB, versión 2.0, vigente a la fecha de elaboración del presente estudio” (Benitez & Ambiental, 2012, pág. 14).

Para la determinación del caudal de diseño de los colectores y canales se utilizará el método racional para proyectos donde el área de drenaje sea inferior a 80 Ha. La ecuación del método racional es:

$$Q = C \times I \times A$$

En donde:

Q = caudal superficial (l/s)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (ha)

Periodo de retorno.

Para efectos de diseño, el período de retorno o la frecuencia del aguacero de diseño se seleccionarán de acuerdo con los siguientes criterios:

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio (Ministerio de Desarrollo Económico; Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Tabla 1. Características para tener en cuenta en los periodos de retorno.

Características del área de drenaje	Periodo de retorno	Borde Libre		
		Tuberías	Box culvert	Canales
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias hasta de 3 hectáreas, localizados en las zonas de los cerros o en zonas donde la pendiente longitudinal de las vías sea mayor del 1%.	3 años	La relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno debe ser igual o menor a uno.	La lámina de agua no debe superar el 90% de la altura interna del Box culvert.	N.A
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias hasta de 3 hectáreas, localizadas en las zonas bajas o en las zonas donde la pendiente longitudinal de las vías se menor del 1%.	5 años	La relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno debe ser igual o menor a uno.	La lámina de agua no debe superar el 90% de la altura interna del Box culvert.	N.A
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 3 y 10 hectáreas.	5 años	La relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno debe ser igual o menor a uno.	La lámina de agua no debe superar el 90% de la altura interna del Box culvert.	N.A
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas.	10 años	La relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno debe ser igual o menor a uno.	La lámina de agua no debe superar el 90% de la altura interna del Box culvert.	N.A
Canalizaciones abiertas, adecuación de cauces de ríos y quebradas en cualquier zona con áreas tributarias hasta de 80 hectáreas.	25 años	N.A	N.A	Flujo Sub-crítico: $0.3 + V^2/2g$ Flujo Supercrítico: $0.2 + 0.025 \frac{V^2}{2g} y^{1/3}$ ó $\max \left[\frac{1}{6} \left(y + \frac{V^2}{2g} \right); 0.9 \right]$

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo de las características del proyecto el periodo de retorno proyectado será de 5 años.

Tiempo de concentración.

Es el tiempo requerido, después del comienzo de la lluvia, para que la escorrentía superficial de toda el área contribuya en el punto en consideración. Para determinarlo se tendrán en cuenta un tiempo mínimo inicial de 8 minutos, más el tiempo de recorrido, función de la velocidad de la corriente en las zonas montañosas, en la zona urbana el tiempo de recorrido de las hondonadas y zanjas sobre el terreno, cunetas, colectores y canales. El tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales será de 15 minutos. Es necesario justificar el método de cálculo del tiempo de concentración e indicar las ecuaciones de cálculo utilizadas.

El valor de t_c se obtiene mediante la suma del tiempo de concentración inicial y el tiempo de recorrido.

$$t_c = t_i + t_r$$

Dónde:

t_i : Tiempo inicial (minutos)

t_r : Tiempo de recorrido (minutos)

Para el cálculo del tiempo inicial utiliza la ecuación de Kirpich

$$t_i = \frac{0.0195 \times (L)^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Dónde:

t_i : tiempo de concentración inicial (minutos)

L : Longitud del cauce principal (metros)

S : Pendiente entre el punto más alejado y la primera entrada del alcantarillado (m/m en decimales)

Para la revisión hidráulica se estimara lo propuesto por la NS-085.

$t_i = 8$ minutos

El tiempo de recorrido en el colector se expresa en minutos, para que el agua fluya en la alcantarilla desde la primera boca hasta el punto donde se desea determinar el tamaño de la misma.

Para el cálculo de este tiempo se empleará las siguientes expresiones, derivada de la ecuación propuesta por la SCS:

$$t_r = \frac{L}{60 \times V}$$

Donde:

tr: Tiempo de recorrido (minutos)

L: Longitud del tramo (metros)

V: Velocidad real del agua en el alcantarillado (m/s)

$$V_s = a S^{1/2}$$

Donde:

Vs: Velocidad real del agua en el alcantarillado (m/s)

S: Pendiente del tramo (m/m)

a: Constante de la velocidad superficial

Esta constante a se determina mediante la tabla

Tabla 2. Constante de la velocidad superficial en la ecuación del SCS.

TIPO DE SUPERFICIE	a
Bosques con sotobosque denso	0.7
Pastos y patios	2
Áreas cultivada en surcos	2.7
Suelos sin cobertura	3.15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6.5

Fuente. Elaboración propia

Sin embargo existe una velocidad mínima recomendada, la cual garantiza auto limpieza de la tubería por esta razón el cálculo de la velocidad no podrá ser inferior a 0.75 m/s., es así como se tiene que el tiempo de recorrido recomendado 7 min, así las cosas el tiempo de concentración total será de:

$$T_c = T_i + T_r = 8 + 7 = 15 \text{ minutos}$$

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Luego el tiempo de concentración es de 15 minutos.

Áreas que tributan.

El análisis de las áreas pluviales aferentes se realizó tomando como base la información consignada en los planos del predio- Las áreas pluviales aferentes se presentan a continuación.

Tabla 3. Análisis de áreas pluviales.

TRAMO AL QUE ATRIBUTA	SECTOR	AREA Ha
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	CUBIERTA	0,0072
	ANDEN CONCRETO	0,0040
	ZONA VERDE	0,0050

Fuente: Elaboración propia.

Análisis hidráulico.

Los colectores deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad.

El flujo de aguas pluviales para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, el dimensionamiento hidráulico de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Esto es válido en particular para colectores de diámetro pequeño (Ministerio de Desarrollo Económico; Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, pág. 23). En la presente norma se especifica realizar el análisis hidráulico utilizando la fórmula de Manning:

$$V = \left(\frac{1}{n} \right) \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m/s})$$

V: Velocidad del flujo en m/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

R: Radio Hidráulico en m $R=A/P$

A: Área de la sección transversal del conducto en m²

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

P: Perímetro mojado en m

S: Pendiente del conducto en m/m

Por continuidad:

$$Q = A \times V \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

De donde:

Q: Caudal en (m³/s).

A: Área de la sección transversal del conducto en m²

V: Velocidad del flujo en m/seg.

Análisis resultados.

De acuerdo con todos los parámetros y criterios mencionados a lo largo del presente documento, se elaboró la memoria de cálculo con la cual se podran tomar decisiones y concluir sobre estos. De acuerdo a la memoria de cálculo el tanque será llenado en 20.41 min donde se presente la mayor precipitación.

Tabla 4. Calculo de alcantarillado pluvial.

PROYECTO: _____

NOTA: POR FAVOR UTILICE ÚNICAMENTE LAS CASILLAS QUE SE ENCUENTRAN EN COLOR ROJO.

I = C1 * (X0 + Tc)^C2

DISEÑO: _____

Volver al menú

Inicial	Tramo		Area Tributaria		Tiempo Concentración		Diseño Hidráulico																				
	De	A	Area Propia	Otras	Area Acum	Tipo de superficie	Tiempo Entrada		Tiempo Transito	Tiempo Conc.	Tr	Intensidad	Coef. Escorr	Coef. Escorr Prom.	q	Long	Pend	Diam Nom min 315mm	Diam. Interior	V >=1	Q	q/Q	v	Y	Y/D	Fuerza Tractiva	
							Te	Incr																			Años
1	1	2	0.0162		0.082	1	15.00	0.10	15.10	5	273.29	0.665	0.665	2.94	5.00	1.50	110-S8	0.099	0.010	1.04	8.01	0.370	0.82	0.05	47.76	1.36	0.36
							15.10																				

Fuente: Modelo de cálculo pluvial a través de plantilla de Excel.

De acuerdo a la memoria de cálculo el tanque será llenado en 20.41 min donde se presente la mayor precipitación.

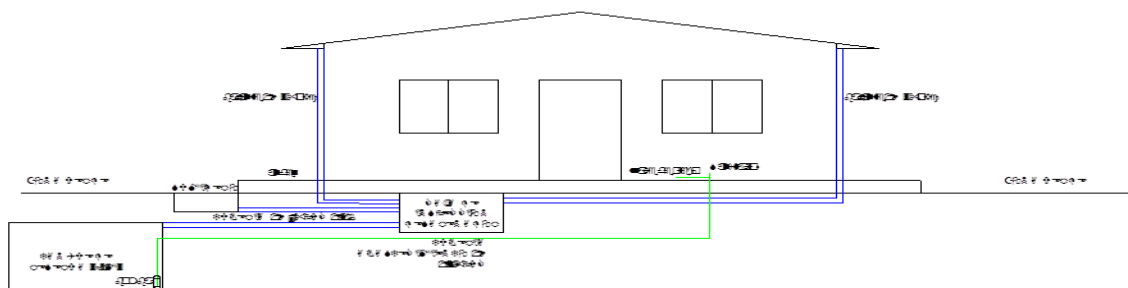
Conclusiones de las actividades preliminares.

Para la captación de aguas lluvias para el predio de las características analizadas se requiere de un tanque de 3.6m³ para un consumo de 2 meses, la tubería de desagüe de las

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

cubiertas que conducen el agua al tanque de reserva pueden ser 2 tubos de 3" PVC, uno a cada lado de la cubierta, igualmente la tubería que va de los sumideros a la caja de inspección y de esta a el tanque de reserva debe ser de 4" pvc con una pendiente no menor del 1.5%, teniendo en cuenta que se debe garantizar la auto limpieza del mismo.

Ilustración 5. Captación de agua lluvia con tubería de desagüe.



Fuente: (Isla Urbana, s.f.).

Determinaciones para Cálculos de Incógnitas

Para desarrollar el diseño del proyecto se definieron los siguientes aspectos: (a) demanda del agua, (b) oferta teniendo en cuenta la precipitación de la zona, (c) Volumen de almacenamiento, (d) interceptor de aguas lluvias y la red de distribución. A continuación se determinan las siguientes incógnitas con sus debida formula.

Demanda de agua al mes.

Para calcular la demanda de agua que se necesita en el predio se implementa la fórmula:

$$D_i = \frac{N_u \cdot N_d \cdot \dot{D}}{1000}$$

Donde se entiende que:

D_i : demanda mensual (m³)

N_u : número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

N_d : número de días del mes analizado

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Dot: dotación (L/persona/día)

$$Di = \frac{30 \text{ (días)} * 20 \text{ (personas)} * 6 \text{ (Lts)}}{1000} = \frac{36000}{1000}$$

$$Di = 3.6 \text{ M3}$$

Se utiliza esta fórmula para determinar la cantidad de agua que se necesita en el sistema sanitario para el predio.

Oferta de agua al mes.

El cálculo de la oferta está basado en los estudios pluviales de los últimos diez años, el tipo de material del que se encuentra la cubierta y el coeficiente de la escorrentía para así aplicar la siguiente fórmula:

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000}$$

Donde se entiende que:

Ai: oferta de agua en el mes “i” (m3)

Ppi: precipitación promedio mensual (L/m2)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m2)

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000}$$

Demanda agua acumulada.

Se realiza estudio de los aportes y consumo de los aparatos sanitarios para contemplar la demanda del agua lluvia en un predio con las variables que esta implica adicionalmente se hace referencia del diámetro de la tubería a la que llega a cada aparato sanitario.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Tabla 5. Calculo de agua acumulada

APARATO	CAUDAL, Qi (L/s)	DIÁMETRO (Pulgadas)
Bañera	0,30	$\frac{3}{4}$
Calentador	0,30	$\frac{3}{4}$
Ducha	0,25	$\frac{1}{2}$
Inodoro Tanque	0,15	$\frac{1}{2}$
Inodoro	2,50	$1\frac{1}{2}$
Fluxómetro		
Lavadero	0,20	$\frac{1}{2}$
Lava-escobas	0,30	$\frac{1}{2}$
Lavamanos	0,10	$\frac{1}{2}$
Lavaplatos	0,20	$\frac{1}{2}$
Lavadora	0,25	$\frac{1}{2}$
Orinal sencillo	0,15	$\frac{1}{2}$
Orinal	1,50	$\frac{3}{4}$
fluxómetro		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadros de aportes y consumo del predio según condiciones propias del estudio.**Tabla 6. Retorno diario estimado cocina.**

RETORNO DIARIO ESTIMADO (LAVAMANOS)		
Tiempo Descarga	6	segundos
Caudal	0.85	Lt/seg
Área	72	M2
No ocupantes	20	Personas
No de usos diarios	4	Usos
No se usos sucesivos	5	Usos
Volumen Total	80	M3
RETORNO DIARIO ESTIMADO (LAVAPLATOS)		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Retorno diario estimado sanitario.

RETORNO DIARIO ESTIMADO (SANITARIOS)		
Tiempo Descarga	4,00	segundos
Caudal	0.85	Lt/seg
Área	72	M2
No ocupantes	20	Personas
No de usos diarios	20	Usos
No se usos sucesivos	10	Usos
Volumen Total	60	Litros/día
RETORNO DIARIO ESTIMADO (ORINAL)		
Tiempo Descarga	3	segundos
Caudal	0.85	Lt/seg
Área	72	M2
No ocupantes	20	Personas
No de usos diarios	20	Usos
No se usos sucesivos	10	Usos
Volumen Total	20	M3

Fuente: Elaboración propia

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D_{ai} = D_{ai(i-1)} + D_1$$

$$1000$$

D_{ai} : demanda acumulada al mes “i” (m3).

$D_{ai(i-1)}$: demanda acumulada al mes anterior “i-1” (m3).

D_1 : demanda del mes “i” (m3)

Volumen almacenamiento.

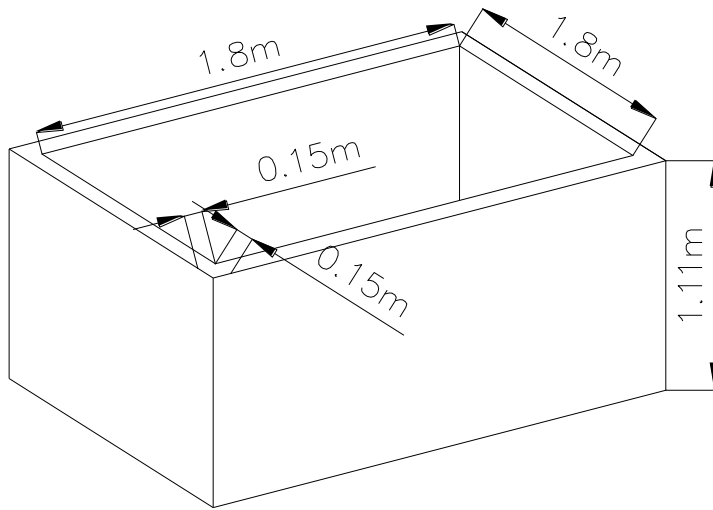
Teniendo en cuenta que el diseño del tanque es para uso de sanitarios y riego y lavado, y que el predio es para aproximadamente 20 personas, que se alojaran los fines de semana, y los sanitarios son de aproximadamente 4litros por descarga, se determina un consumo de 160L/día, igualmente para lavado y riego de zonas verdes y un promedio de 20L/día, donde el predio será habitado los fines de semana teniendo en total un consumo de 1800L/mes, con este datos se procede a determinar el tanque de almacenamiento para 2 meses de consumo, de acuerdo a la intensidad de lluvia y a los estándares sugeridos por (Organización Panamericana de la Salud [OMS], 2004).

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

1800L/mes * 2 meses total de 3.6m^3

Para lo cual el tanque podrá ser de $1.8*1.8*1.11\text{m}$

Ilustración 6. Modelo de tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

Tanto las paredes como la placa de fondo podrán ser de 15cm

Sistema de Captación Aguas Lluvias

En la captación de aguas lluvias para la cubierta se implementa en material de PVC, con una pendiente de 30 %. Por tal motivo se realiza el estudio del coeficiente de escurrimiento la cual arroja el desplazamiento y la velocidad que tiene el agua al caer en la cubierta.

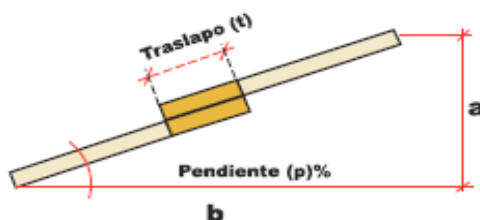
De esta forma se calcula el agua que tiene que recolectar el sistema de canaletas de PVC.

Tipos de cubierta.

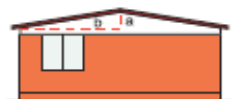
Ilustración 7. Pendientes, cruces y traslapos.

Para calcular la pendiente use la fórmula:

$$p = \frac{a}{b} \times 100$$

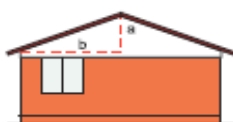


$p = 10\%$ o 15%



Zona sin lluvias

$p = 20\%$ o 30%



Zona con lluvias moderadas

$p = 30\%$ o 40%



Zona con lluvias fuertes

Fuente: (Registro tecnico de materiales, s.f.)

Coefficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía está en función del tipo de suelo, de la impermeabilidad de la zona y de la pendiente del terreno. Éstas características determinan la fracción de lluvia que se convierte en escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. Para áreas de drenaje que incluyan sub áreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{(\sum C \cdot A)}{\sum A}$$

Para la adopción del valor del coeficiente de escorrentía C, se presenta los siguientes valores a continuación como guía para su selección.

Tabla 8. Valores de referencia del coeficiente de escorrentía NS-085

TIPO DE SUPERFICIES	C
ZONAS URBACEDRITOSDAS (Áreas residenciales, comerciales, industriales, vías, andenes, etc....)	
Cubiertas	0.85
superficies en asfalto	0.80
Superficies en concreto	0.85
Superficies adoquinadas	0.75
Vías no pavimentadas y superficies con suelos compactados	0.60
ZONAS VERDES (Jardines, parques, etc....)	
Terreno plano (pendiente menor al 2%)	0.25
Terreno promedio (pendiente entre el 2% y el 7%)	0.35
Terreno de alta pendiente (Pendiente superior al 7%)	0.40

Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de lluvias.

La intensidad de la lluvia se determinará a partir del periodo de retorno, frecuencia y duración de la tormenta de diseño, los datos para los diferentes períodos de retorno serán asumidos, a partir de los cuales se obtiene la intensidad, utilizando la siguiente expresión:

$$INTENSIDAD = C_1 (DURACIÓN + X_0)^{C_2}$$

Dentro de la información suministrada, están los valores C1, X0, C2., una vez aplicada la ecuación los resultados obtenidos se encuentran expresados en milímetros por hora (mm/hr/Ha), para obtener el valor de la intensidad en l/s/Ha se debe multiplicar por 2.77.

Tabla 9. Calculo del coeficiente de escorrentía para el proyecto

TRAMO AL QUE ATRIBUTA	SECTOR	AREA Ha	C	TIPO	C*A	TOTAL C*A	TOTAL A	C PROMEDIO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	CUBIERTA	0,0072	0,85	CONCRETO PVC	0,00612	0,011	0,016	0,665
	ANDEN CONCRETO	0,0040	0,85	CONCRETO	0,0034			
	ZONA VERDE	0,0050	0,25	PENDIENTE MENOR AL 2%	0,00125			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Intensidad de lluvia para el proyecto aproximado

$I = C1 * (X0 + Tc)^{C2}$	T_r	$C1$	$X0$	$C2$
	3	6754,19	34,30	-1,14
	5	7353,21	34,50	-1,13
	10	7502,69	3,30	-1,11

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de rugosidad.

En general el valor del coeficiente de rugosidad depende de las condiciones de servicio del alcantarillado que depende de factores como el material del conducto, profundidad de flujo, tipo de uniones, número de uniones por unidad de longitud, desalineamiento horizontal del conducto, desalineamiento vertical del conducto por efecto de las uniones, depósitos de material en el conducto, entrada de flujos laterales puntuales al conducto, penetración de raíces, crecimiento de biofilmes en el interior del conducto y la deformación del colector. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los coeficientes de rugosidad exigidos superan los valores ofrecidos por los fabricantes. A continuación se presentan los valores de "n" aceptados por la Empresa para los diseños:

Tabla 11. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning N para Conductos Cerrados

	n
Interior Liso	0.010
Interior Semirugoso	0.013
Interior Rugoso	0.015

Nota: Coeficiente de rugosidad de Manning EAAB

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento de la sección.

Sistema pluvial.

El dimensionamiento de la sección en tuberías para alcantarillado pluvial, se debe determinar asumiendo que el caudal a tubo lleno sea igual o mayor que el caudal de diseño.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Presupuesto sistema recolector.

A continuación se relaciona en el cuadro de cantidades y presupuestos del sistema recolector de aguas lluvias, el uso del canal raingo con sus respectivos accesorios. Las cantidades relacionadas están contempladas con las dimensiones de la cubierta y del predio.

Tabla 12. Sistema de recolección para una cubierta de un área de 72 m2

SISTEMA DE RECOLECCION PARA UNA CUBIERTA DE UN AREA DE 72 M2					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	SISTEMA DE RECOLECCION Y CONDUCCION				
1.1	Canal raingo blanca 3 metros Pavco	ML	7	\$32,400.00	\$226,800.00
1.2	Unión bajante-canal raingo Pavco	UN	2	\$19,300.00	\$38,600.00
1.3	Tapa externa Izquierda canal raingo Pavco	UN	2	\$5,400.00	\$10,800.00
1.4	Soporte canal pvc raingo	UN		\$1,850.00	\$0.00
1.5	Unión Canal Raingo	UN	8	\$14,300.00	\$114,400.00
1.9	Tapa Externa Derecha	UN	2	\$5,400.00	\$10,800.00
2	BAJANTES	UN	3	\$32,400.00	\$97,200.00
2.1	Semicodo de Bajante	UN	2	\$5,250.00	\$10,500.00
2.2	Soporte de Bajante	UN	20	\$1,950.00	\$39,000.00
2.3	Unión Bajante	UN	32	\$3,700.00	\$118,400.00
2.4	Codo de Bajante	UN	2	\$6,100.00	\$12,200.00
2.5	Soldadura PVC	UN	2	\$50,900.00	\$101,800.00
VALOR TOTAL					\$780,500.00
VALOR TOTAL SUMINSTRO MAS IVA					\$905,380.00

Fuente: Elaboración propia

Diseño de Prototipos de Sistema Eólico

Sistema Eólico

En el sistema eólico que se generó inicialmente fue pensado en crear un diseño el cual aprovechara al máximo el barrido del viento, por lo que se pensó en dos marcos de aluminio 1 mts X 0.50 cmt, los cuales serían forrados con tela impermeable, estos dos marcos ya forrados estarían agarrados a un perfil de 2mts de un extremo. Cuando se tuvo la estructura se consiguió un motor pequeño de una máquina de coser para que este tuviera la función de ser el generador de electricidad.

Primer prototipo.

Se realizaron varios laboratorios en la terraza de una vivienda de tres pisos para aprovechar los vientos a una determinada altura (9metros) y se encontraron los siguientes problemas:

1. El problema inicial se presentaba en el eje del motor, por lo que este era muy corto, entonces se decidió solucionarlo, soldando una varilla de 12 cms al eje para tener una mayor distancia y mayor aprovechamiento en la rotación.
2. La estructura de los marcos era muy débil y estructuralmente no funcionaba.
3. Se tuvieron problemas de equilibrio en el perfil metálico que se encontraba conectado al motor

En las imágenes se muestra el primer prototipo eólico el cual giro bastante bien, sin embargo el resultado de energía de fue de tan solo 5 voltios.

Imagen 5. Modelación del 1er prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

Segundo prototipo.

En este diseño se construyó con una característica similar al primero, solo que esta vez se la estructura se realizó en tubería PVC de 1/2" y adicional se utilizó en cada extremo guayas con el fin de poder graduar las palas las cuales a veces tenían problemas de equilibrio.

En tanto al material de forrado se utilizó el mismo ya que tiene un excelente comportamiento en el momento de capturar los vientos.

Imagen 6. Modelación de segundo prototipo.

Fuente: Elaboración propia

En este se presentaron problemas:

1. El peso fue una variable que influyo demasiado ya que al estar la estructura en PVC lo hacía muy liviano por lo que a determinada velocidad se doblaba y perdía estabilidad.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

2. La conexión del eje del motor al tubo horizontal presentó inconvenientes, se solucionó soldando temporalmente una varilla al eje, sin embargo fue inútil ya que al estar girando 10 k/h se dobló y luego se desprendió la varilla del eje.

Tercer prototipo (propuesta).

En el tercer prototipo se propone un modelo el cual pudiera aprovechar al máximo la captura del viento, por lo que se pensó en tener un sistema con paneles diagonales los cuales serían ubicados en el centro y en los lados del modelo.

Imagen 7. Modelación de tercer prototipo.



Fuente: Elaboración propia

Para la construcción del tercer prototipo se trabajó en el volumen de este, ya que al ser mayor este sería directamente proporcional en el momento de capturar y generar fuerza y a si mover la turbina de tal forma que girara de forma constante. Otro factor a trabajar fue el peso ya que este sería el primer problema que se evidenció fue tener un modelo con tales dimensiones, para esto se pensó en una estructura en malla la cual sería forrada.

Beneficios.

- Su comportamiento al girar fue balanceado y constante.
- No se obtuvo problemas de peso.
- Los materiales utilizados para su construcción son adecuados para el exterior (lluvias)
- El amperaje fue el adecuado (8-12) para mover la motobomba.
- Los materiales son de fácil acceso.

Problemas.

- Se encontraron problemas en el momento de acoplar el motor con el eje del prototipo, ya que el primer motor era muy pequeño, pero se resolvió adecuando el motor de una motobomba de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza.
- El prototipo no giraba con fuerza ya que los laboratorios realizándose hicieron a alturas inferiores a los tres metros. (Este se resolvió incrementando su altura a 5 - 6 metros.

Imagen 8. Pruebas del tercer prototipo.

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía.

Se tomó la decisión de implementar el sistema eólico (molino de viento) como generador de energía, para que esta alimente con energía a la motobomba y a su vez esta bombee el agua lluvia por medio de la red de suministro de aguas lluvias, llegando así a cada aparato sanitario y de riego.

Adicionalmente se plantea que allá una red eléctrica que ilumine las zonas comunes del predio, esto será posible por medio de la generación de energía que produzca el molino de viento. Con esta idea se pretende que se reduzca el consumo de energía en un promedio del 40% a 50%.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Se comprende que la cantidad de electricidad que una turbina puede producir está determinada por el diámetro del rotor. Este principio se define en los sistemas eólicos como “área de barrido” lo que se explica como la cantidad de viento que es interceptado por la turbina

Todo esto será posible si se cumple con las normas técnicas eléctricas, en donde se contempla todos materiales y accesorios para su correcto funcionamiento.

En la implementación de una turbina pequeña se evidencia que es posible obtener corriente directa por lo que se utilizará un inversor que rectifique la corriente directa de las baterías a corriente alterna, sin embargo esto no permitirá que se tome la instalación eléctrica como un sistema diseñado para corriente alterna.

Baterías (sistemas aislados).

La batería se implementó pensando en los momentos en que no se tendrá buenos vientos, por lo que la turbina estará quieta. Entonces se debe aprovechar al máximo los vientos y para esto se implementa una batería, la cual tendrá la función de almacenar toda esa energía producida.

Se pensó en utilizar la batería de un carro para que esta almacenara la energía producida, pero se encontró que esta no cumplía con los ciclos de recarga y descarga por lo que su vida útil será muy corta.

En el momento de escoger la batería se evidencio que existen muchas clases, unas liquidas o tras secas, otra características es que existen baterías de ciclo profundo y otras no, esto se refiere a que las baterías cumplen con un porcentaje de carga y descarga por lo que se optó por la batería de ciclo profundo la cual cumple con la necesidad que tiene el modelo de sistema eólico propuesto.

Ya teniendo la batería, se realiza la conexión de un controlador de carga esto con el fin de protegerla de sobre cargas.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

La ubicación de la batería debe estar aislada de equipos electrónicos debido a que contiene sustancias corrosivas y explosivas por lo que se pensó en realizar la construcción de una caja donde estará aislada.

Ficha Técnica

Atributos	Detalle
Garantía	1 año
Tipo	Baterías baja mantención
Amperaje	40

CaracterísticasBatería con altos estándares de calidad y elementos de alta tecnología que potencian y protegen los componentes eléctricos del automotor, regula y electrifica en muy poco tiempo.

Material	Componentes eléctricos y líquidos conductores
Voltaje	12 v

Imagen 9. Batería Extrema Willard 24BD-750.



Fuente: (Peláez Hermanos. Baterías y autopartes, s.f.)

Condiciones para sistemas eólicos.

En el proyecto se implementación un sistema eólico pequeño lo que implica cumplir con las condiciones mínimas para que este funcione de una forma segura y eficiente.

El sistema propuesto funcionara si:

- a) La zona debe contar con buenos vientos
- b) Autorización de instalación de torres (normas de la localidad)
- c) Contar con suficiente espacio en el área donde se realizara la instalación
- d) Determinar la demanda y la que se necesita generar
- e) Es viable su instalación teniendo en cuenta la zona y presupuesto

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores se pueden indicar que:

- a) La velocidad del viento que se encuentra en el municipio de Chía es suministrada por la alcaldía municipal, la cual informa de las condiciones climáticas diarias de la zona.
- b) Antes de realizar cualquier intervención en la zona, se debe informar sobre el permiso de instalación de torres en sitios residenciales y rurales, estas solicitudes se hacen directamente en la alcaldía donde el inspector local de construcciones de la zona realiza la visita técnica al predio en donde se piensa instalar la torre.

Características de la turbina.

Las características que se tienen para una turbina pequeña varían según su implementación, de esta manera cada una cumple con un rango en lo que se refiere a la potencia, muchas de estas se encuentran con potencia de 20 watts y los 1000 kilowatts y las más pequeñas denominadas “micro” están consideradas en (20 a 500watts).

Por otro lado para pensar en alumbrado hay que definir las necesidades de consumo para el alumbrado en la parte externa del predio. Esto quiere decir que se debe contemplar la motobomba y la cantidad de bombillos que hay que suministrar, y de acuerdo a esto tener una turbina que cumpla con la cantidad de energía que se necesita para que funcione.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

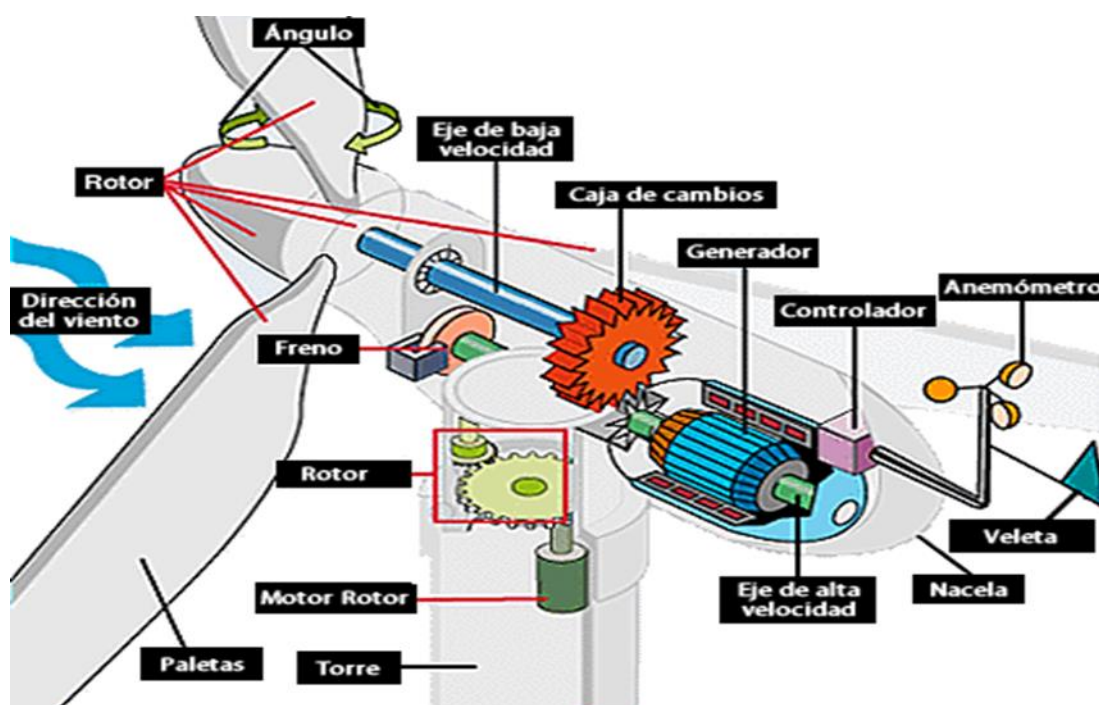
Con la información que proporciona la potencia de cada turbina se concluye que para el sistema de bombeo solo se requiere de 1 a 10 kilowatts la cual es la medida para el bombeo de agua.

Componentes de la turbina.

Este sistema está compuesto por un rotor, un generador o alternador montados en una estructura, una cola (si se considera), una torre, el cableado y los aparatos reguladores (controladores, inversores y la batería). el funcionamiento de estos componentes consiste en el giro de los albes (aspas), de la turbina convierte la anergia cinética del viento en un movimiento rotatorio que acciona el generador.

En tanto a los diseños se observan los más usados los cuales constan de tres aspas de materiales compuestos de fibra de vidrio y PVC.

Ilustración 8. Esquema de un aerogenerador.



Fuente: (Teleobjetivo, s.f.) .

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

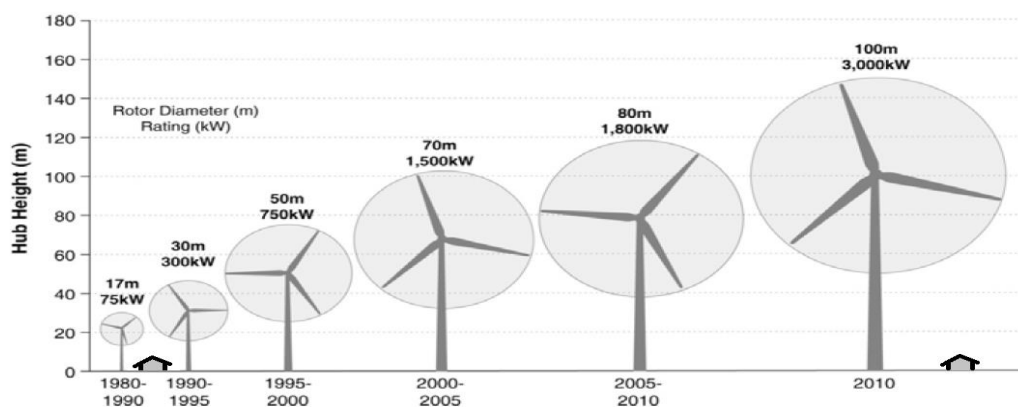
Altura sistema eólicos.

Se habla de una torre en el momento de implementar un sistema eólico por el solo hecho de tener vientos más intensos en donde se comprende que a mayor altura se produce mayor cantidad de energía.

La torre también tendría la función de aislar la turbina de turbulencias producidas en el suelo como lo son las construcciones y la proximidad de árboles.

Existe una regla en el momento de la instalación la cual sugiere que la parte inferior de la turbina se encuentre a una altura de 9 metros (300 pies)

Ilustración 9. Altura de las turbinas.



Fuente: (Quenchnj, 2015).

Mantenimiento.

El sistema requiere un mantenimiento preventivo cada dos meses a cada una de los elementos como lo son las tuercas y conexiones eléctricas deben ser revisadas y si es necesario apretarlas. Debe verificarse que no exista corrosión y que los cables de las retenidas se encuentran a la tensión correcta. Además debe revisarse y en su caso reemplazar cualquier borde desgastado en las aspas de la turbina. Los rodamientos tendrán un mantenimiento cada tres meses, en este mantenimiento se verificara que se encuentren girando de forma correcta, qué este engrasadas para así evitar sonidos molestos.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Componentes sistema eléctrico.

Regulador.

Imagen 10. Regulador de energía.



Fuente: (HomeCenter, s.f.).

Ficha Técnica - Atributos - Uso - Estabilizadores

Recomendaciones: Se recomienda que la instalación sea realizada por un electricista. Tenga en cuenta que los receptáculos de la base ni los cables de conexión no deben entrar en contacto directo con líquidos, humedad o temperaturas elevadas. No modifique o altere los cables y contactos de la base ya que puede producir corto eléctrico causando perdida de la garantía. Si se conecta de forma invertida o errónea la fotocelda a la base, esto causará corto interno y pérdida automática de la garantía.

Inversor.

Imagen 11. 500W de potencia del inversor con los cables de la batería - CA 220V de salida.



Fuente: (Shopyfil.com, s.f.).

FICHA TÉCNICA

Construcción: PC + ABS

DC Voltaje de entrada: 10V ~ 15V

AC Voltaje de salida: 220V/50HZ

Frecuencia de salida: 50 + / - 2 Hz

Potencia: 500W

Salida USB: 5V

Protección de sobre voltaje: 15V + / - 0,5 V

Bajo la protección del voltaje: 10V + / - 0,5 V

Protección de sobrecarga: > 500W

Protección del cortocircuito

Uso de temperatura: -5 a 50 grados C

Fuente de alimentación: batería de coche o encendedor de cigarrillos

Recurso eólico (Chía).

El recurso del viento del municipio de chía, se evaluó un promedio de vientos en donde la velocidad mínima es 12km/h se y la más alta 19km/h esta información fue obtenida a través de la página de la alcaldía de chía, que indica la información semanal de vientos, lluvia, humedad, presión atmosférica etc.

Tipos de viento.

Existen tres tipos de vientos:

Vientos globales.

Son proveniente que la elevación del aire caliente en el ecuador se mueva demasiado lejos en ambos hemisferios a una latitud de 30 grados, el aire se comienza a enfriar formando una zona alta de presión cerca del nivel del suelo, debido a la elevación del aire caliente y a los polos, hay un área de alta presión por el enfriamiento del aire (Cnrs. SagaScience, s.f.).

Vientos de superficie.

Dependen principalmente de las diferencias de temperatura sobre la tierra, no están afectados en forma notable por la superficie irregular de la tierra, para alturas menores de 100 mts la rugosidad y los obstáculos de la superficie de la tierra entran en juego.

Vientos locales.

Estos juegan también en la determinación de la dirección del viento en el área dada. La dirección del viento en cualquier localidad es la combinación de los vientos globales prevalentes y los vientos locales en esta área.

Diseño del sistema eólico para el aprovechamiento de agua lluvia

En el proceso de investigación se evidencian diversos diseños para llevar a cabo el proyecto, inicialmente se tiene en cuenta un molino de viento como prototipo, para este se realizaron laboratorios en los cuales se probarían factores (rotación, fuerza, estabilidad, constancia, peso y generación de energía), indispensables en la investigación.

Al primer modelo se le realizó un laboratorio tomo como diseño el molino de viento, en este se observó que su comportamiento en el momento de capturar el viento era optimo y constante, así que se procedió adaptarle una red de anergia la cual encendería un bombillo led, todo esto con definir la cantidad de energía que se obtendría al hacer girar el molino. Los resultados que se obtuvieron no fueron 1.2 amperios estos no fueron los deseados ya que no cumplía con los amperios que se requerían.; por otra parte se dificulto adaptar el motor al sistema giratorio, por lo que volumen y el peso dificultaban adaptarlo, además de esto se tendría que elaborar un cajón para guardar el motor con el fin de aislarla de cualquier factor que la pueda alterar (agua).

En el segundo prototipo se pensó en más que usar fue innovar el diseño de los modelos eólicos que existían en el mercado así que estructura un diseño que tuviera un eje y sobre este ubicar un perfil, el cual tendría en cada costado un panel forado. A lo anterior se infiere que permite traer un nuevo modelo usando los principios básicos como un eje giratorio ayudado de dos costados. Este segundo prototipo no fue exitoso ya que presento diversos problemas entre los que se hace referencia a:

1. Problemas de estabilidad debido a su estructura
2. No giraba contantemente
3. El motor no se adaptó ya que siempre que se conectaba al eje del modelos este tendía a partirse
4. Los amperios obtenidos fueron 2.3 (no cumplían con los requerimientos)

Imagen 12. Pruebas de laboratorio del segundo prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda de resolver los problemas del prototipo 2, nace el siguiente modelo en este se resuelven problemas de estructura, parte de sus materiales son más livianos y se trabaja con uno tuviera una guaya para así poderla graduar en el momento de captar los vientos; el segundo prototipo fue elaborado con el principio de una cometa, así que en su construcción se elaboró con tubos de pvc y telas impermeables como se muestra en la fotografía.

Los resultados no fueron los esperados ya que en su mayoría copio los rasgos del anterior diseño, solo que en este caso se justaron sus aletas con una guaya la cual facilitaría los ángulos de inclinación de estas. En tanto a la producción de amperios no se notó ninguna mejora, por lo que el resultado fue similar 1.8 amperios.

Imagen 13. Prueba laboratorio segundo prototipo modelo 2.

Fuente: Elaboración propia.

Para este prototipo tres surge de las mejores de los anteriores diseños solo que en este se piensa en aprovechar cada uno los componentes del diseño, por lo que se pensó en crear un molino de viento con un diseño en particular, el cual consta de dos costados ubicados en forma diagonal y conforma de la grima adicional a esto se le adapto un panel en diagonal este ubicado en el centro del eje.

Los primero laboratorios fueron exitosos ya que con la mínima cantidad de viento este tendía a girar fácilmente y lo mejor mantenía un giro constante. Adicionalmente una de las mejoras fue su estabilidad en el momento de girar, ya que al girar rápidamente, no presentaba declinaciones en ninguno de sus costados. Es así que se llega a la conclusión que el modelo giratorio ya se tenía solo faltaría la prueba más importante la cual sería el laboratorio eléctrico, en el cual se analizaría los amperios que se necesitan para que este se pueda implementar en definitiva.

El primer laboratorio eléctrico realizado se dificulto mucho debido a que no se contaba con un motor definido por lo que el motor que selecciono era muy pesado y su volumen por consiguiente generaría problemas en el momento de acoplarlos; solo se requería un motor pequeño que cumpliera con las especificaciones de potencia adecuadas (4000watts), para sí poder generar los 12 amperios requeridos, de allí que la solución la encontrada con el motor de una pulidora la cual cumplía en un 98 % con los requerimientos que se necesitaban. Así que se procedió a adaptar tal motor al prototipo 3 siendo este una mejor opción ya que el volumen ayudo bastante en el momento de instalarlo en el eje principal.

Durante el último laboratorio se definiría únicamente la producción de energía que se requerida para hacer funcionar la motobomba. La prueba se realizó a una altura de 8 metros ya que se requería la mayor velocidad del viento para así poder aprovechar al máximo el recuro del viento. Los resultados fueron los mejores ya que en la tabla de amperios requeridos para encender una motobomba eran 10 y el regulado de este era de 10 a 12 amperios.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Por esta razón el prototipo 3 fue el modelo que mejor se desempeñó tanto al girar, producción de energía y lo mejor se innovo en su diseño.

Imagen 14. Pruebas de laboratorio del tercer prototipo.



Fuente: Elaboración propia.

Construcción prototipo 3.

Materiales para el Prototipo 3.

Dimensiones Prototipo Volumen 1.20 X .60 X .70

Tabla 13. Materiales para el diseño del tercer prototipo.

	Lamina de MDF (2) Laminas 1.20 x.40cms (6) Moldes en forma de lagrima de .60cm x .12cms Función Estructura
--	---

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

	Malla Plástica negra (1) Malla de 3mts x 5 mts Función recubrimiento aletas
	Tornillos y tuercas (6) Tornillos de .80cms (24) Tuercas (48) Arandelas Función unión entre las láminas en MDF
	Lamina policarbonato (2) Laminas de .60x.60 cms Función recubrimiento en lagrima central
	Tubo Dimensiones 1"x.1.00 mts Función Eje del sistema

	Rodamiento Dimensiones de 1" medida interna Facilitar el giro
	Tela impermeable Rollo de tela verde impermeable Función recubrimiento

Fuente: Elaboración propia

Proceso constructivo.

Etapas del proceso constructivo de un sistema eólico.

Imagen 15. Partes estructurales del proceso constructivo



Fuente: Elaboración propia.

En el proceso constructivo del prototipo se inició con las tapas inferiores y superiores, las cuales se elaboraron en MDF, el cual permite un peso adecuado y un mejor manejo en el momento de realizar los recortes de acuerdo al diseño establecido.

Imagen 16. Montaje de las piezas iniciales del tercer prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

En el segundo proceso se tomó el MDF de las dimensiones .60 x .10 cms (Lágrimas) y se atornillaron en la parte superior de la lámina de MDF de 1.20 x .60 cms, y la otra lamina se realizó el proceso igual pero esta vez las lágrimas se colocaron en la parte inferior de la lámina.

Imagen 17. Unión de las láminas

Fuente: Elaboración propia.

3. Teniendo las tapas se procedió a realizar la estructura, donde se incrustaron tres (3) tornillos de rosca fina de una longitud de .80 cms en cada lágrima como se muestra en la imagen.

Imagen 18. Unión de la estructura del prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

4. En este punto se pensó en darle un volumen a la lágrima, por lo que se tomó la decisión de comprar una malla plástica, la que se envolvió desde el molde inferior y superior.

Imagen 19. Modelado de volumen del prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

5. Luego de tener el volumen de la lágrima, se procede a forrarla con tela verde impermeable, esta ala tiene la función de capturar el viento para que así cumpla con su objetivo que es impulsar el prototipo. (Esto se hace en las dos lágrimas).

Imagen 20. Proceso de forrado de las alas del prototipo.



Fuente: Elaboración propia.

6. Se remata y se tiempla la tela impermeable

Imagen 21. Acabado del proceso de forrado del prototipo.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 22. Prototipo forrado.



Fuente: Elaboración propia.

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

7. En este paso realiza un corte circular de 1” en donde se colocó el eje giratorio del prototipo.

Imagen 23. Corte del eje giratorio.



Fuente: Elaboración propia.

8. Se implementa una guía para el tubo que va a servir como eje, este tiene la función de no dejar salir el tubo en el momento que se encuentre girando. Dimensiones lamina de .35x .15

Imagen 24. Implementación de guías para el eje giratorio.



Fuente: Elaboración propia.

9. Se coloca en tubo en la parte centro de la lamina, la parte superior se colocó la guía y en la parte inferior se colocó la balinera lo que la hace girar mu fácil. Por otro lado se forra con acrílico la parte centro la cual tiene dos moldes en forma de lágrimas.

Imagen 25. Armado completo del tercer prototipo.



Fuente: Elaboración propia.

10. Se termina prototipo eólico y se procede a realizar laboratorio en la terraza de una vivienda de 3 niveles, los resultados fueron muy buenos ya que giro con la mínima cantidad de viento, no tuvo problemas de estabilidad y su peso fue adecuado en los momentos que soplo con mayor fuerza.

Análisis de los resultados del prototipo 3

El prototipo 3 presentó un mejor comportamiento en estabilidad y respecto a la rotación, además posee la cualidad que es más pesado que el modelo 1-2, por lo tanto se define con los nuevos materiales y el nuevo diseño puede ser utilizado en el proyecto.

Conclusiones

Para hablar del **Sistema Eólico** como fuente de energía para el bombeo de aguas lluvias primero se requiere especificar que es necesario establecer un diseño y un sistema de recolección que de inicio a esta propuesta. Aprovechando los recursos naturales (viento) y los prototipos eólicos. Aquí se observa la ventaja ambiental como fuente para el proceso de fabricación de un molino de viento que puede ser implementado como sistema alternativo y así identificando proceso constructivo, análisis técnico, propiedades y características, por tanto se concluye lo siguiente:

1. Se conoció los componentes de un generador eólico y se logró establecer que los materiales para su construcción son de fácil acceso, bajo presupuesto y larga vida útil.
2. Se elaboró satisfactoriamente el prototipo **eólico** concluyendo que se comporta de manera óptima capaz de mantener un balance y velocidad constante.
3. Se diseñó el prototipo que innova y se construye con las bases establecidas para hacer más efectivo el sistema.
4. El proyecto que se presenta significa un gran logro personal y profesional demostrando las capacidades que se adquirieron durante el curso del programa de tecnología en construcciones arquitectónicas.
5. Con el desarrollo de una nueva alternativa para generar energía utilizando materiales de fácil acceso se demuestra que aún existen métodos y materiales por explorar teniendo en cuenta el respeto por el medio ambiente.

Luego de analizar el proceso y comportamiento de los materiales propuestos para la impermeabilización del prototipo se concluye que por efectividad, estética y costo es más factible la impermeabilización con la pintura de bases y costados los cuales son en MDF y tienden a ser materiales absorbentes de agua.

Referencias Bibliográficas

- Abc. Color. (20 de septiembre de 2010). *Cómo almacenar agua de lluvia*. Recuperado de <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/como-almacenar-agua-de-lluvia-162342.html>
- Alcaldía de Chía. (noviembre de 2015). *Modelo de ocupación del territorio*. Recuperado de <https://goo.gl/R72ZTk>
- Ammonit. (s.f.). *¿Qué es la energía eólica?* Recuperado de <http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica>
- Arquitectura y comercio. (s.f.). *Facultad De Arquitectura 5 De Mayo U.A.B.J.O. Taller De Proyectos-Diseño de un Mercado Municipal III-B-A*. Recuperado de <http://a5m-eric19.blogspot.com.co/2009/11/fase-4-elaboracion-de-anteproyecto.html>
- Barbero, A. . (2012). *Energía Eólica (tema 6). Curso de física ambiental*. Recuperado de https://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/FAA/EEOLICA_Febrero2012_G9.pdf
- Benitez, M., & Ambiental, I. C. (04 de 01 de 2012). *Diseños detallados del interceptor Boitá – Timiza - Producto 6 “Diseño detallado de la alternativa seleccionada”*. Recuperado de <https://goo.gl/aYZ3rG>
- Cnrs. SagaScience. (s.f.). *El clima de la tierra*. Recuperado de http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclimS/contenu/alternative/alter_etape3.html
- El Oficial. Información que construye. (28 de mayo de 2014). *Desalojo de aguas lluvias eficiente y decorativo*. Recuperado de <http://www.eloficial.ec/tag/casa-ideal/>
- Guttersupply. A division of rain trade corporation . (s.f.). *K Style Aluminum Gutters .* Recuperado de <https://www.guttersupply.com/m-aluminum-gutters-k-style.gstml>

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

HomeCenter. (s.f.). *Regulador Voltaje 2000va/1200w 115vac*. Recuperado de <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/256697/Regulador-Voltaje-2000va-1200w-115vac/256697>

Isaza, J. (2008). *Conurbación y desarrollo sustentable: una estrategia de intervención para la integración regional*. (Para Optar al Título de Magister en Planeación Urbana y Regional). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Arquitectura y Diseño. Maestría en Planeación Urbana y Regional. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/arquitectura/tesis20.pdf>

Isla Urbana. (s.f.). *Productos y Servicios para la Captación de Lluvia*. Recuperado de <http://islaurbana.mx/#>

La Voz. Casa & Diseño. (12 de enero de 2014). *Tanques de agua domiciliarios*.

Ministerio de Desarrollo Económico; Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (noviembre de 2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico ras - 2000. Seccion ii. Título d. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales*. Recuperado de http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/6._Sistemas_de_recoleccion_de_aguas.pdf

Municipio de chía. (s.f.). *Análisis de riesgo Municipio de Chía*. Recuperado de <https://goo.gl/ejf7an>

Organi-k Econolgia en acción. (s.f.). Recuperado de http://organi-k.org.mx/nsp/viewpage.php?page_id=11

Organización Panamericana de la Salud [OMS]. (2004). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Palacio, N. (2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia*. (Monografía para optar el título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua). Bogotá, Colombia: Universidad de Antioquia Escuela Ambiental. Especialización en Manejo y Gestión del Agua. Recuperado de <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>

Peláez Hermanos. Baterías y autopartes. (s.f.). *Batería Extrema Willard 24BD-750*. Recuperado de <http://pelaezhermanos.com/baterias/25-Bateria-Extrema-Willard-24BD-750.html>

Pino, F., & Explora, @. (s.f.). *Energía eólica casera*. Recuperado de <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2010/09/05/energia-eolica-casera>

Quenchnj. (29 de march de 2015). *New Funding Opportunity to Develop Larger Wind Turbine Blades*. Recuperado de <https://quenchnj.com/environmental-news/new-funding-opportunity-to-develop-larger-wind-turbine-blades/>

Registro tecnico de materiales. (s.f.). Recuperado de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=690>

Reyes, M., & Rubio, J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Bogotá D.C., Colombia: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>

Rojas, J. (23 de 05 de 2012). *Prepare su hogar para el invierno*. Recuperado de <http://www.diarioeldia.cl/tendencias/prepare-su-hogar-para-invierno>

BOMBEO Y DISTRIBUCION DE AGUAS LUVIAS (SISTEMA EÓLICO)

Shopyfil.com. (s.f.). *500W de potencia del inversor con los cables de la batería - CA 220V de salida*. Recuperado de <http://www.rakuten.es/tienda/shopify/producto/500W-a-la-CA-220V-Power-Inverter-Pu/>

Teleobjetivo. (s.f.). *Esquema de un aerogenerador*. Recuperado de <http://www.teleobjetivo.org/blog/esquema-de-un-aerogenerador.html>