TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CHICOLOAPAN

INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

Recuperación del potencial eólico residual de extractores de aire mediante aerogeneradores

TESIS

Autores:

Aguilar Hernández Diana Estephanie

Castro de la Sancha Victor Hugo

Director de Tesis:

Dr. Ríos Urban Eduardo

Fecha: 23 de Julio 2020.

La presente tesis, titulada: “Recuperación del potencial eólico residual de extractores de aire mediante aerogeneradores” realizada por los alumnos Aguilar Hernández Diana Estephanie y Castro de la Sancha Victor Hugo, bajo la dirección del: Dr. Ríos Urban Eduardo, ha sido aprobada y aceptada, como requisito parcial para obtener el grado académico de licenciatura como:

Ingenieros en Energías Renovables

Director de Tesis: _____

Dr. Ríos Urban Eduardo

Revisora de Tesis: _____

Dra. Elisa Sánchez Cruces

Revisor de Tesis: _____

Ing. Kevin Guiseppe Sánchez Peña

_____

M. en E.E.E.R David Sánchez Luna

Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Energías Renovables. TESCH

_____

Mtro. Rodrigo Cepeda Fernández

Subdirección Académica. TESCH

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan (TESCH) por brindar el apoyo y material para realizar el presente trabajo de tesis.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACh), al Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua (IAUIA) y al departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola por brindar apoyo y material para la realización de este trabajo.

Al Dr. Eugenio Romantchik Kriuchkova por aceptar y asesorar este trabajo, su valioso apoyo, su guía y por transmitirme sus conocimientos.

Al Dr. Eduardo Ríos Urban por sus valiosas sugerencias, aportaciones y apoyo para realizar el trabajo.

Al Ing. Kevin Guiseppe Sánchez Peña por sus valiosas sugerencias y aportaciones para este trabajo.

Al Ing. David Sánchez Luna por su valioso apoyo y consejos

A la Profesora Alicia por sus consejos y apoyo en todo momento

DEDICATORIAS

Victor Hugo Castro de la Sancha:

Dedico esta tesis a mis papas Hilda y Victor que siempre me han apoyado en todo momento, por sus palabras de motivación y por tanto cariño que me demuestran.

A mi hermana Alma que me apoyo y me alentó para continuar , cuando parecía que me iba a rendir.

A mi novia Estephanie que ahora es mi esposa por todo el apoyo y cariño incondicional que siempre me ha demostrado.

A mis maestros Kevin, Trujano, Alicia, David, quienes nunca desistieron en enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clases, a ellos que depositaron su esperanza en mí.

Para todos ellos es esta dedicatoria de tesis

Diana Estephanie Aguilar Hernández:

Quiero dedicar este trabajo de tesis a todas esas personas que formaron parte de esta trayectoria llena de obstáculos y victorias que me ayudaron a llegar hasta este momento.

A mis papás, Ana y Aguistin, sin ellos no podría haber tenido todos estos logros, gracias por ser mi ejemplo, por todo su apoyo y por su amor incondicional.

A mis hermanas Jessy, Ari y Gaby, y mis sobrinos, por ser mi fortaleza en todo momento, por darme ese empujoncito que en ocasiones necesitaba, gracias por su amistad y todo el amor que siempre me dan.

A Hugo, por ser el mejor compañero de tesis y de vida, gracias por impulsarme a culminar muchas cosas y comenzar otras, juntos somos un gran equipo.

A mis profesores Alicia, David, Trujano y Kevin, por enseñarnos con vocación, por confiar en mí y por ofrecernos siempre todos sus conocimientos y su tiempo sin esperar recibir algo a cambio.

.

INDICE

I. RESUMEN 10
II. ABSTRACT 11
III. INTRODUCCIÓN 12
IV. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 13
V. JUSTIFICACIÓN 14
VI. OBJETIVOS 15
VII. MARCO TEÓRICO 16
1. ENERGÍA EÓLICA 16
1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS 16
2. MINIEÓLICA 16
3. AEROGENERADORES 17
3.1. TIPOS DE AEROGENERADORES 18
3.2. ELEMENTOS DEL AEROGENERADOR 19
3.2.1. PALAS O ÁLABES 19
3.2.1.1. PERFIL AERODINÁMICO 20
3.2.1.2. CUERDA 21
3.2.1.3. BORDE DE ATAQUE 21
3.2.1.4. BORDE DE SALIDA 22
3.2.1.5. ESPESOR 22
3.2.1.6. CURVATURA 23
3.2.2. ROTOR 23
3.2.3. GENERADOR 24
3.2.4. MULTIPLICADOR 24
3.2.5. GÓNDOLA 25
3.2.6. VELETA, ANEMÓMETRO 25
3.2.7. MÁSTIL DE SOPORTE 26
3.2.8. CIMENTACIÓN 27
4. PARÁMETROS A EVALUAR 28
4.1. COEFICIENTE DE BETZ 28

4.2. COEFICIENTE DE POTENCIA 28
4.3. NUMERO DE REYNOLDS 29
4.4. ENERGÍA 29
4.5. ENERGÍA CINÉTICA 29
4.6. VELOCIDAD 30
4.6.1. VELOCIDAD DE VIENTO 30
4.6.2. VELOCIDAD RELATIVA 30
4.6.3. VELOCIDAD TOTAL 30
4.7. POTENCIA 30
4.7.1. POTENCIA DISPONIBLE DEL AIRE 31
4.7.2. POTENCIA DE AEROGENERADOR 31
4.7.3. POTENCIA MECÁNICA 31
4.8. FUERZA 31
4.8.1. FUERZA dL EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A LA VELOCIDAD RELATIVA 31
4.8.2. FUERZA dD EN LA MISMA DIRECCIÓN QUE LA VELOCIDAD RELATIVA 32
4.8.3. FUERZA TOTAL 32
4.8.4. TORQUE 32
5. EXTRACTORES DE MURO 33
VIII. METODOLOGIA 34
IX. RESULTADOS 48
1. ACME FAN GROUP 48
1.1 POTENCIA ACME FAN GROUP 49
1.2 CAUDAL ACME 52
1.3 EFICIENCIA ACME 54
1.4 RELACIÓN ENTRE LA EFICIENCIA Y CAUDAL 56
1.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD 57
1.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA 58
1.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA 59
1.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO 60
2. SODECA 61
2.1 POTENCIA SODECA 61

2.2 CAUDAL SODECA 64
2.3 EFICIENCIA SODECA 66
2.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL 68
2.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD 68
2.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA 69
2.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA 70
2.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO 70
3. SOLER &PALAU 71
3.1 POTENCIA SOLER & PALAU 72
3.2 CAUDAL SOLER&PALAU 75
3.3 EFICIENCIA SOLER&PALAU 77
3.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL 79
3.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD 79
3.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA 80
3.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA 81
3.8 RELACIÓN EFICIENCA-DIÁMETRO 81
4. VENTDEPOT 83
4.1 POTENCIA VENTDEPOT 83
4.2 CAUDAL VENTDEPOT 85
4.3 EFICIENCIA VENTDEPOT 87
4.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL 89
4.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD 89
4.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA 90
4.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA 91
4.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO 91
X. CONCLUSIONES 95
XI. BIBLIOGRAFIA 96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Coeficiente de Betz 28
Ecuación 2 Coeficiente de potencia 28
Ecuación 3 Número de Reynolds 29
Ecuación 4 Energía 29
Ecuación 5 Energía cinética 29
Ecuación 6 Velocidad de viento 30
Ecuación 7 Velocidad relativa 30
Ecuación 8 Velocidad total 30
Ecuación 9 Potencia 30
Ecuación 10 Potencia disponible en el aire 31
Ecuación 11 Potencia de aerogenerador 31
Ecuación 12 Potencia mecánica 31
Ecuación 13 Fuerza dL en la dirección perpendicular a la velocidad relativa 31
Ecuación 14 Fuerza dD en la misma dirección que la velocidad relativa 32
Ecuación 15 Fuerza total 32
Ecuación 16 Torque 32
Ecuación 17 Área del Círculo 37
Ecuación 18 Potencia Eólica 37
Ecuación 19 Flujo másico 38
Ecuación 20 Línea de tendencia de las potencias en extractores ACME 50
Ecuación 21 Línea de tendencia de los caudales en extractores ACME 52
Ecuación 22 Línea de tendencia de las potencias en extractores SODECA 62
Ecuación 23 Línea de tendencia de los caudales en extractores SODECA 65
Ecuación 24 Línea de tendencia de las potencias en Extractores SOLER&PALAU 73
Ecuación 25 Línea de tendencia de los caudales en los Extractores de la marca SOLER&PALAU 75
Ecuación 26 Línea de tendencia de las potencias en Extractores de la marca VENDEPOT 84
Ecuación 27 Línea de tendencia de los caudales en los Extractores de la marca VENDEPOT 86

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Perfil de Velocidades 38
Gráfica 2 Cantidad de productos por marca. 40
Gráfica 3 Potencia en W de cada modelo de la marca ACME. 49
Gráfica 4 Cantidad de extractores por potencia de la marca ACME 50
Gráfica 5 Caudal en m^3/s de cada modelo de la marca ACME 53
Gráfica 6 Cantidad de extractores por caudal de la marca ACME 54
Gráfica 7 Eficiencia por modelo de la marca ACME 54

Gráfica 8 Estadística de rangos de eficiencia ACME 55
Gráfica 9 Relación Eficiencia- Caudal ACME..... 56
Gráfica 10 Relación eficiencia-velocidad ACME 57
Gráfica 11 Eficiencia- Potencia ACME 58
Gráfica 12 Relación eficiencia-área ACME 59
Gráfica 13 Relación eficiencia-diámetro ACME..... 60
Gráfica 14 Potencia en W de cada modelo de la marca SODECA 61
Gráfica 15 Estadística de extractores por potencia SODECA 63
Gráfica 16 Caudal por modelo de la marca SODECA..... 64
Gráfica 17 Estadística de extractores por caudal SODECA 65
Gráfica 18 Eficiencia por modelo de la marca SODECA..... 66
Gráfica 19 Estadística de rangos de eficiencia SODECA 67
Gráfica 20 Relación eficiencia-caudal SODECA 68
Gráfica 21 Relación Eficiencia-Velocidad SODECA..... 69
Gráfica 22 Relación Eficiencia-potencia SODECA..... 69
Gráfica 23 Relación Eficiencia- área SODECA 70
Gráfica 24 Relación eficiencia-diámetro SODECA..... 71
Gráfica 25 Potencia en W de cada modelo de la marca SOLER&PALAU 73
Gráfica 26 Estadística de extractores por potencia SOLER&PALAU..... 74
Gráfica 27 Caudal por modelo de la marca SOLER&PALAU..... 75
Gráfica 28 Estadística de extractores por caudal SOLER&PALAU..... 76
Gráfica 29 Eficiencia por modelo de la marca SOLER&PALAU..... 77
Gráfica 30 Estadística de rangos de eficiencia SOLER&PALAU 78
Gráfica 31 Relación Eficiencia-caudal SOLER&PALAU..... 79
Gráfica 32Relación Eficiencia-Velocidad SOLER&PALAU 80
Gráfica 33 Relación Eficiencia-potencia SOLER&PALAU..... 80
Gráfica 34 Relación eficiencia-área SOLER&PALAU 81
Gráfica 35 Relación Eficiencia-diámetro SOLER&PALAU 82
Gráfica 36 Potencia en W de cada modelo de la marca VENTDEPOT..... 83
Gráfica 37 Estadística de extractores por potencia VENTDEPOT 85
Gráfica 38 Caudal por modelo de la marca VENDEPOT 85
Gráfica 39 Estadística de extractores por caudal VENTDEPOT 87
Gráfica 40 Eficiencia por modelo de la marca VENDEPOT 87
Gráfica 41 Estadística de rangos de eficiencia VENTDEPOT..... 88
Gráfica 42 Relación eficiencia-caudal VENTDEPOT 89
Gráfica 43 Relación Eficiencia-Velocidad VENTDEPOT..... 90
Gráfica 44 Relación Eficiencia-potencia VENTDEPOT 90
Gráfica 45 Relación Eficiencia-potencia VENTDEPOT 91
Gráfica 46 Relación eficiencia-diámetro VENTDEPOT 92
Gráfica 47 Estadística de rangos de eficiencia total. 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades en diferentes puntos del ventilador 36
Tabla 2 Potencial Eólico 38
Tabla 3 Flujo másico 38
Tabla 4 Estadística de extractores por potencia. 49
Tabla 5 Estadística de extractores por caudal ACME 53
Tabla 6 Estadística de rangos de eficiencia ACME. 55
Tabla 7 Estadística de extractores por potencia SODECA 63
Tabla 8 Estadística de extractores por caudal SODECA 65
Tabla 9 estadística de eficiencia SODECA 67
Tabla 10 Estadística de extractores por potencia SOLER&PALAU 74
Tabla 11 Estadística de extractores por caudal SOLER&PALAU 76
Tabla 12 estadística de rangos de eficiencia SOLER&PALAU 78
Tabla 13 Estadística de extractores por potencia VENTDEPOT 84
Tabla 14 Estadística de extractores por caudal VENTDEPOT 86
Tabla 15 Estadística de rangos de eficiencia VENTDEPOT 88
Tabla 16 ANALISIS COMPARATIVA DE MARCAS 93

I. RESUMEN

La energía eólica es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía del viento puede obtenerse instalando los aerogeneradores tanto en suelo firme como en el suelo marino.

El someter a pruebas los aerogeneradores primero se hace a condiciones específicas, llevándolos a limites o a funcionar con condiciones diseñadas por medio de ventiladores y túneles de viento donde se podrá analizar eficiencia, potencia y el diseño aerodinámico de las alabes o palas donde a una velocidad constante porque en la realidad no será constante la velocidad pero se hace en esas condiciones para poder someterlo a pruebas de resistencia y saber cuál será el voltaje máximo que pueda generar el aerogenerador.

En el siguiente trabajo se considerarán los parámetros a evaluar de un aerogenerador y de un ventilador, la información de cada parámetros y fórmulas que se deberán utilizar para calcular estas características, toda la información relacionada con energía eólica y mini eólica.

II. ABSTRACT

Wind energy is a renewable energy source that uses the power of the wind to generate electricity. The main means of obtaining it are wind turbines, "windmills" of variable size that transform the kinetic energy of the wind into mechanical energy with their blades. Wind energy can be obtained by installing wind turbines on both land and sea.

The testing of the wind turbines is first done under specific conditions, taking them to limits or to operate under conditions designed by means of fans and wind tunnels where it will be possible to analyze efficiency, power and the aerodynamic design of the blades or paddles where at a constant speed because in reality the speed will not be constant but it is done under those conditions to be able to subject it to resistance tests and to know what will be the maximum voltage that the wind turbine can generate.

The following work will consider the parameters to be evaluated of a wind turbine and a fan, the information of each parameter and formulas that should be used to calculate these characteristics, all the information related to wind and mini wind energy.

III. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el 80% de la energía producida en 2008 se obtuvo de combustibles fósiles [(Moriarty & Honnery, 2012), los cuales son los principales generadores de los gases contaminantes que aceleran el proceso de calentamiento global. Existen dos razones por las que se debe buscar una alternativa a la producción de energía; la primera es que en un futuro no muy lejano las reservas de extracción de restos fósiles se terminaran, lo que podría generar una crisis global, y la segunda es que los combustibles fósiles son responsables del 74% de las emisiones de CO_2 (Moriarty & Honnery, 2012).

Hay alternativas viables para generar energía, como es el caso de la energía nuclear. Sin embargo, de la cantidad total de energía que se genera, solo el 5.8% proviene de la energía nuclear de acuerdo con IAEA (International Atomic Energy Agency (IAEA), 2008), además de que ha perdido aprobación debido a los grandes riesgos que implica producir energía de esta forma. Es por esto que las energías limpias representan la opción más amigable con el medio ambiente, y han sido objeto de estudio en las últimas décadas.

Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas**.** Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero causantes del cambio climático ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural.

El crecimiento de las energías limpias es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE): representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, toda vez que se han constituido en la segunda fuente global de electricidad, sólo superada por el carbón.

IV. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día la energía eléctrica es una necesidad de primer orden y no podemos prescindir de ella. El deseo de generar electricidad de cualquier forma ha dado lugar a un impacto medioambiental catastrófico a nivel mundial, es por este motivo que se requiere obtener energía de una manera sostenible para un futuro respetuoso con el medioambiente.

Actualmente no se aprovecha la energía residual de los ventiladores destinados a la ventilación de invernaderos. Por ello, se requiere de un estudio técnico-experimental para determinar el potencial eólico que puede ser aprovechado y transformado en energía eléctrica mediante aerogeneradores de eje horizontal de baja potencia.

V. JUSTIFICACIÓN

La energía renovable ha tomado importancia los últimos años debido a los problemas sobre el cambio climático con los que se enfrenta la sociedad. La contaminación que se produce al generar energía con recursos no renovables ha incrementado este cambio mediante los gases generados acelerando el efecto invernadero. Las energías renovables son energías limpias que no contaminan y que se pueden utilizar repetidamente. En este punto cabe destacar un campo de las energías renovables; la energía eólica, es decir la energía que se obtiene del viento.

Por ello en este trabajo de investigación se propone el aprovechamiento de energía eólica residual a través de aerogeneradores para la producción de energía eléctrica sin contaminar el ambiente. Así mismo, se propicia la eficiencia energética de los procesos. Este proyecto podría aumentar su alcance si se reprodujera a nivel industrial.

Con la siguiente investigación se pretende el aprovechamiento del aire residual generado por extractores de vientos, los cuales tienen un consumo elevado de electricidad por lo cual es un consumo alto generando demasiada contaminación, pretendiendo utilizar el viento generado por este, ya que el aire que extrae no es aprovechado y de esta manera generar energía la cual podría utilizarse en algún otro aspecto.

VI. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el potencial eólico residual de un extractor de aire de invernadero para accionar un aerogenerador de baja potencia de eje horizontal y producir energía eléctrica.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Analizar el comportamiento aerodinámico de un aerogenerador de eje horizontal.
- Desarrollar un análisis de balance de energía del sistema aerogenerador de baja potencia.
- Analizar los parámetros que se deben tomar en cuenta en los aerogeneradores.
- Conocer la estructura, dimensiones, funcionamiento de aerogeneradores de baja potencia.
- Analizar los cálculos para determinar si el aerogenerador de baja potencia abastecerá una casa habitación.
- Analizar las características de las variables de operación de diferentes ventiladores de tipo axial (caudal, velocidad, potencia y área de barrido).
- Realizar pruebas experimentales de medición de potencial eólico de un sistema extractor-aerogenerador.
- Obtener el perfil de velocidad de aire de salida

VII. MARCO TEÓRICO

1. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es la energía obtenida del viento. Es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y es a día de hoy la energía más madura y eficiente de todas las energías renovables. El término "eólico" proviene del latín "aeolicus", perteneciente o relativo a Eolo, Dios de los vientos en la mitología griega (Franquesa, (2009)).

1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Principales ventajas

- ✓ Fuente Inagotable
- ✓ Ocupa poco espacio, además, es reversible
- ✓ No contamina
- ✓ Bajo costo

Principales desventajas

- ❖ El viento no está garantizado
- ❖ Impacto en el paisaje
- ❖ Afecta a las aves

2. MINIEÓLICA

La energía minieólica es el aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia inferior a los 100 kW. De acuerdo con las normas internacionales, los molinos de esta tecnología deben tener un área de barrido que no supere los 200 m^2.

Esta tecnología cuenta con una serie de ventajas:

- ➢ Permite el suministro de electricidad en lugares aislados y alejados de la red eléctrica.

- Genera energía de manera distribuida (micro generación distribuida) reduciendo de este modo las pérdidas de transporte y distribución.
- Produce electricidad en los puntos de consumo, adaptándose a los recursos renovables y a las necesidades energéticas de cada lugar.
- Puede combinarse con fotovoltaica en instalaciones híbridas.

3. AEROGENERADORES

Un aerogenerador es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto, según su tecnología, a una velocidad constante o bien a velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia (ACCIONA, 2018).

Ilustración 1 Aerogeneradores (Ilustración tomada de https://www.iberdrola.com)

3.1. TIPOS DE AEROGENERADORES

- Aerogeneradores de eje horizontal

Los aerogeneradores de eje horizontal son los que más se parecen a los molinos de viento. Por lo general tienen 3 aspas.

Se instalan en lo alto, donde nada obstruye las corrientes de viento. El objetivo es conseguir la mayor velocidad de viento que ayuda a girar las aspas y finalmente generar energía. Este es el tipo de aerogenerador que más se utiliza en la actualidad y es el diseño más común (Aguirre, 2012).

Ilustración 2 Aerogeneradores de eje horizontal (Ilustración tomada de http://www.mantenimientodeaerogeneradores.com/index.php/clasificacion-de-aerogeneradores)

- Aerogeneradores de eje vertical

La mayoría de las veces este aerogenerador tiene la forma de una batidora, las corrientes de aire pegan de lado en las aspas y hacen girar a la turbina en su lugar, como si fuera un trompo. Estos aerogeneradores se diseñaron porque necesitan menos espacio que los de eje horizontal, se pueden instalar en lugares con menos espacio y aun así obtienen excelentes resultados.

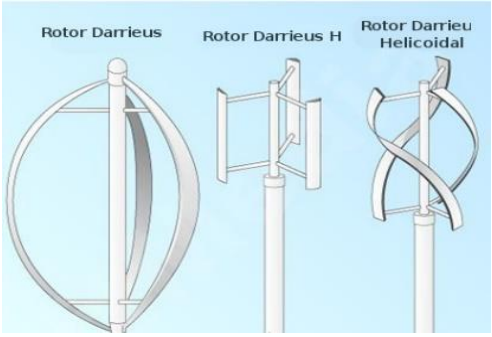
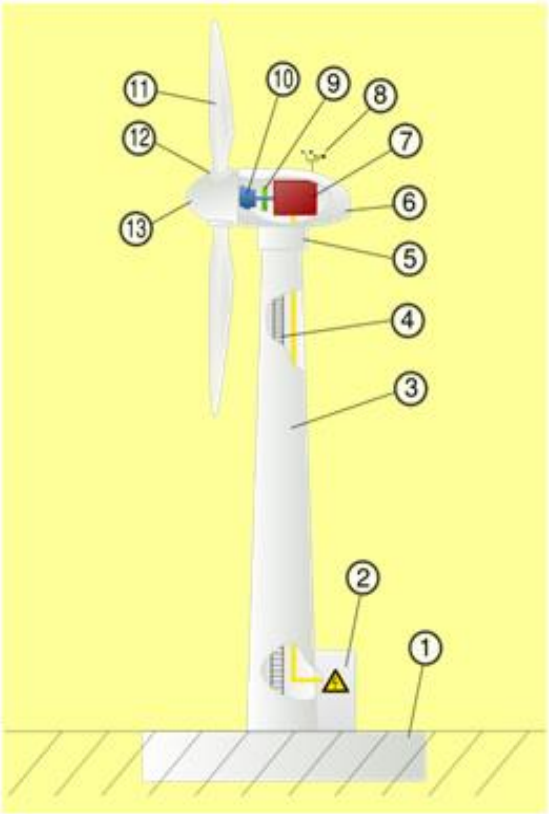


Ilustración 3 Aerogeneradores de eje vertical (Ilustración tomada dehttp://generadoresenergiaeolica.blogspot.com/2013/09/tipos-de-aerogeneradores.html)

3.2. ELEMENTOS DEL AEROGENERADOR



Esquema de una turbina eólica:

1. Cimientos
2. Conexión a la red eléctrica
3. Torre
4. Escalera de acceso
5. Sistema de orientación
6. Góndola
7. Generador
8. Anemómetro
9. Freno
10. Caja de cambios
11. Pala
12. Inclinación de la pala
13. Rueda del rotor

Ilustración 4 Elementos de un aerogenerador (Ilustración tomada de http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1088/html/21_componentes_de_un_aerogenerador.html)

3.2.1. PALAS O ÁLABES

Un álabe es la paleta curva de una turbo máquina o máquina de fluido roto dinámica. Forma parte del rodete y, en su caso, también del difusor o del distribuidor. Los álabes desvían el flujo de corriente, bien para la transformación entre energía cinética y energía de presión por el principio de Bernoulli, o bien para intercambiar cantidad de movimiento del fluido con un momento de fuerza en el eje.

Ilustración 5 Álabes o aspas de un aerogenerador (Ilustración tomada de http://www.ingenieriamantenimiento.org/defectos-alabes-turbinas-eolicas/)

3.2.1.1. PERFIL AERODINÁMICO

En aeronáutica se denomina perfil alar, perfil aerodinámico o simplemente perfil, a la forma del área transversal de un elemento, que al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación. Es una de las consideraciones más importantes en el diseño de superficies sustentadoras como alas, o de otros cuerpos similares como los álabes de una turbina y/o compresor, palas de hélices o de rotores en helicópteros y estabilizadores. Según el propósito que se persiga en el diseño, los perfiles pueden ser más finos o gruesos, curvos o poligonales, simétricos o no, e incluso el perfil puede ir variando a lo largo del ala.

Sin embargo, este concepto no se limita solamente a las aeronaves, ya que todo objeto posee un perfil característico, cuya forma puede:

- Presentar mayor o menor resistencia al avance en un fluido; por lo tanto, una mayor o menor facilidad de movimiento en dicho fluido.
- Generar fuerzas dinámicas sobre el mismo, de mayor o menor intensidad en conjunción al desplazamiento de dicho objeto en el fluido en el que se encuentra

La nomenclatura de un perfil aerodinámico: Cuerda, borde de ataque, borde de salida, espesor y curvatura

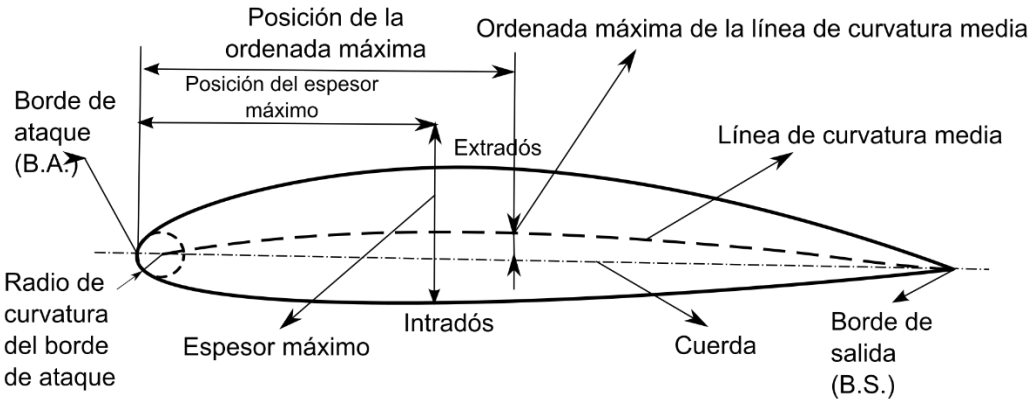


Ilustración 6 Perfil aerodinámico (ilustración tomada de https://greatbustardsflight.blogspot.com/2017/01/el-codigo-naca-de-4-y-5-digitos.html)

3.2.1.2. CUERDA

En la aeronáutica, el término cuerda se refiere a la línea recta imaginaria que une el borde de salida con el centro de la curvatura del borde de ataque de un perfil alar ó álabe cualquiera. La longitud de la cuerda es la distancia entre el borde de salida y el punto del borde de ataque donde la cuerda se interseca con este último.

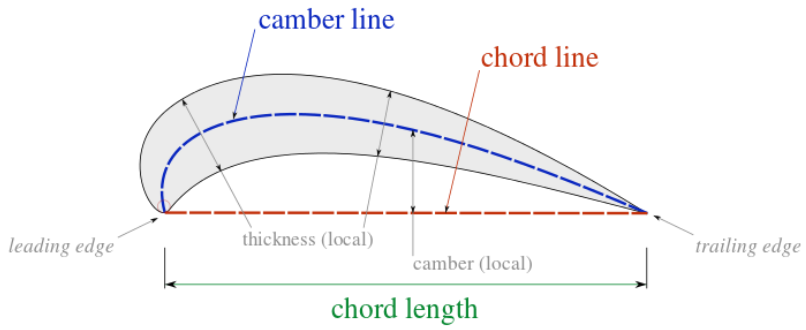


Ilustración 7 Cuerda (Ilustración tomada de http://www.despegamos.es/perfiles-naca/)

3.2.1.3. BORDE DE ATAQUE

El borde de ataque es el borde delantero del ala, o, dicho de otra forma, la parte del ala que primero toma contacto con el flujo de aire. Aplicado en un perfil alar, es el punto en el que primeramente el aire toma contacto para que posteriormente el aire tome dos rumbos; parte del aire pasa por el extradós y la otra parte del aire pasa por el intradós.

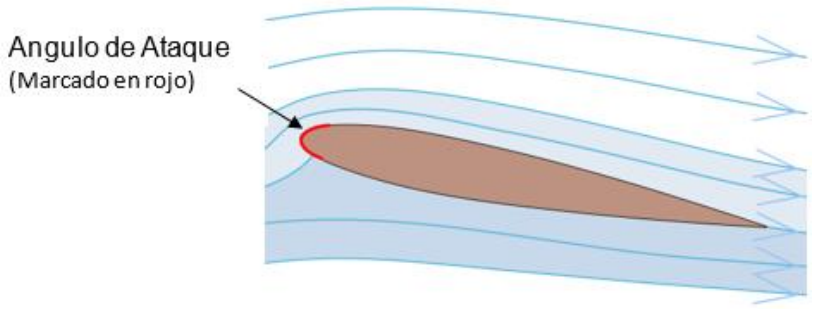


Ilustración 8 ángulo de ataque (Ilustración tomada de http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Fluids/angatt.html)

3.2.1.4. BORDE DE SALIDA

El borde de salida o borde de fuga es el punto del perfil de un ala en el que el aire del extradós y del intradós confluyen y abandonan el contacto con el ala. Es el borde posterior del ala. También se refiere a cualquier punto equivalente en alguna otra superficie aerodinámica cuyo perfil sea similar al alar, por ejemplo, el estabilizador horizontal, el estabilizador vertical o las palas de una hélice.

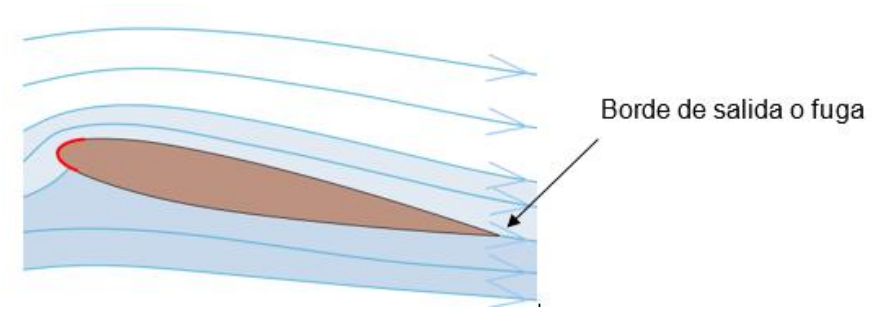


Ilustración 9 Borde de salida (Ilustración tomada de ILLUECA - Estudio de las fuerzas aerodinámicas sobre estructuras de placas sometidas a flameo.pdf)

3.2.1.5. ESPESOR

Se denomina espesor al grosor de un elemento: es decir, a qué tan grueso, abultado o ancho es. En el caso de las palas de un aerogenerador se refiere al grosor de esta para que sea capaz de funcionar eficientemente.

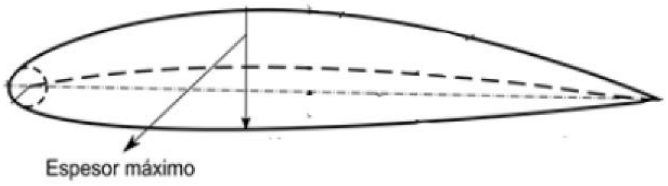


Ilustración 10 Espesor (Ilustración tomada de https://greatbustardsflight.blogspot.com/2017/01/el-codigo-naca-de-4-y-5-digitos.html)

3.2.1.6. CURVATURA

Las palas deben de tener cierta curvatura con la cual permitirá que al paso del aire estas giren, al no contar con esta curvatura el aerogenerador no podrá funcionar o será menos eficiente.

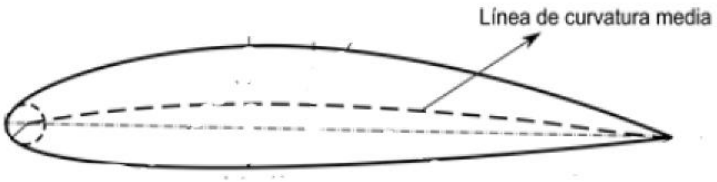


Ilustración 11 Curvatura (Ilustración tomada de https://greatbustardsflight.blogspot.com/2017/01/el-codigo-naca-de-4-y-5-digitos.html)

3.2.2. ROTOR

El rotor es una parte del aerogenerador que está compuesta por las palas, el buje y el mecanismo de cambio de paso de pala.

Ilustración 12 Rotor (Ilustración tomada de https://www.aerogenerador.site/freno-de-seguridad-para-aerogenerador/)

3.2.3. GENERADOR

El Generador de inducción aerogenerador convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Los aerogeneradores son algo inusuales, si se les compara con los otros equipos generadores que suelen encontrarse conectados a la red eléctrica. Una de las razones es que el generador debe trabajar con una fuente de potencia (el rotor de la turbina eólica) que suministra una potencia mecánica muy variable (momento torsor).

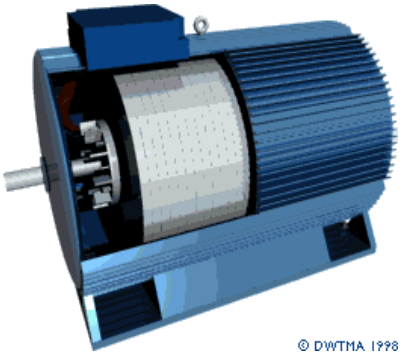


Ilustración 13 Generador (Ilustración tomada de http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/electric.htm)

3.2.4. MULTIPLICADOR

La multiplicadora es el elemento del aerogenerador que multiplica las revoluciones de giro del conjunto buje-aspas y divide en la misma proporción la fuerza de dicho eje. La velocidad de giro del conjunto eje-palas (el elemento que vemos moverse desde el exterior del aerogenerador) suele oscilar entre las 15 y 25 rpm en función del viento y de la forma constructiva del aerogenerador. Pero debido a las frecuencias eléctricas de las redes nacionales e internacionales (50 Hz en Europa y parte del mundo y 60 Hz en Estados Unidos y parte del mundo) esta velocidad de giro es insuficiente teniendo que elevarse a un régimen de giro de en torno a 1200 - 1800 rpm en función del tipo de generador y frecuencia.

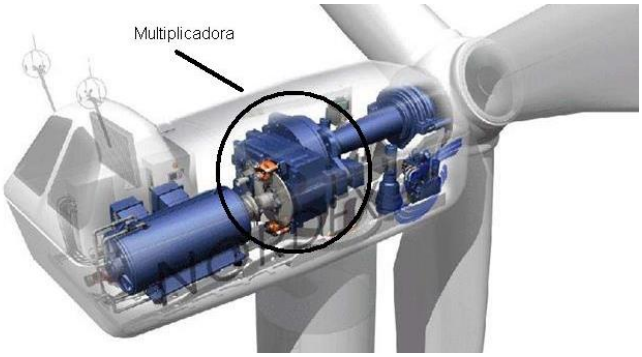


Ilustración 14 Multiplicadora (Ilustración tomada de http://opex-energy.com/eolica/multiplicadoras%20aerogeneradores.html)

3.2.5. GÓNDOLA

Góndola o nacelle: sirve de alojamiento para los elementos mecánicos y eléctricos (multiplicadora, generador, armarios de control, etc.) del aerogenerador.

Ilustración 15 Góndola (Ilustración tomada de https://triplep97.wordpress.com/energia-eolica/aerogeneradores/partes-de-un-aerogenerador/gondola/)

3.2.6. VELETA, ANEMÓMETRO

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.

Ilustración 16 Veleta, Anemómetro (Ilustración tomada de https://triplep97.wordpress.com/energia-eolica/aerogeneradores/partes-de-un-aerogenerador/anemometro-y-la-veleta/)

3.2.7. MÁSTIL DE SOPORTE

La torre del aerogenerador soporta la góndola y el rotor. En los grandes aerogeneradores las torres tubulares pueden ser de acero, de celosía o de hormigón. Las torres tubulares tensadas con vientos sólo se utilizan en aerogeneradores pequeños (cargadores de baterías, etc.). Torres tubulares NEG-Micon La mayoría de los grandes aerogeneradores se entregan con torres tubulares de acero, fabricadas en secciones de 20-30 metros con bridas en cada uno de los extremos, y son unidas con pernos "in situ". Las torres son tronco-cónicas (es decir, con un diámetro creciente hacia la base), con el fin de aumentar su resistencia y al mismo tiempo ahorrar material. (eólica, 2003).

Ilustración 17 Mástil de soporte (Imagen tomada de http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wtrb/tower.htm)

3.2.8. CIMENTACIÓN

Una de las partes fundamentales de un aerogenerador es la forma en que la torre se sujeta al terreno. La selección del tipo de cimiento dependerá fundamentalmente de la ubicación del aerogenerador y las condiciones del terreno. Según la European Wind Energy Association (2013), la cimentación supone aproximadamente el 6,5% del coste total para proyectos onshore y el 34% para proyectos offshore, lo que justifica una optimización de este tipo de estructuras (Horgan, 2013). Hoy en día, construimos la mayoría de las turbinas eólicas en tierra en suelos firmes y rígidos, pero probablemente las futuras torres eólicas se construirán sobre suelos con propiedades menos favorables. El cálculo de la cimentación depende de las cargas producidas por el rotor eólico en diferentes condiciones de operación, por esto la tecnología del aerogenerador juega un papel fundamental. La forma más habitual de cimentar un aerogenerador es una zapata de hormigón (HASSANZADEH, (2012).). Tal y como indica (SVENSSON, 2010), las cimentaciones sobre losas de hormigón podrían dejar de ser adecuadas, pues grandes dimensiones provocan asientos diferenciales inaceptables. La altura de las torres puede variar mucho, entre 40 y 130 m. Cuanta más alta sea la torre, mayor velocidad de viento, y por tanto, mayor generación de energía.

Ilustración 18 Cimentación (imagen tomada de https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/04/27/cimentaciones-prefabricadas-en-aerogeneradores/

4. PARÁMETROS A EVALUAR

4.1. COEFICIENTE DE BETZ

La ley de Betz dice que sólo puede convertirse menos de 16/27 (el 59 %) de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador.

$$C_B = 0.59 \qquad \text{Ec. (1)}$$

Ecuación 1 Coeficiente de Betz

4.2. COEFICIENTE DE POTENCIA

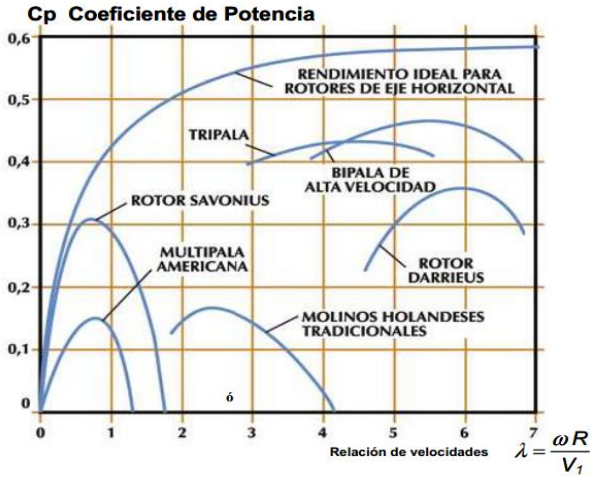


Ilustración 19 Coeficiente de potencia para diferentes aerogeneradores.

Los aerogeneradores tienen diferentes coeficientes de potencia de acuerdo con el tipo de eje y el diseño aerodinámico de las aspas. Este coeficiente sirve para representar las principales características de las aspas, junto con el coeficiente lambda (λ) que representa la relación entre la velocidad de rotación del rotor y la velocidad del aire y es adimensional como se muestra en la Ilustración 20 (Bastianon, 2008).

$$C_P = \frac{P_{aerogenerador}}{P_{aire}} \qquad \text{Ec. (2)}$$

Ecuación 2 Coeficiente de potencia

4.3. NUMERO DE REYNOLDS

Es una medida del tipo de flujo (laminar o turbulento) y para un elemento de aspas está definido por:

$$R_{e=\frac{CV_r}{\gamma}} \qquad \text{Ec. (3)}$$

Ecuación 3 Número de Reynolds

Donde (c) es la curva del elemento de aspa y γ es la viscosidad dinámica del aire (1.45 $E^{-0.5}$ m^2/s, a 20°C, 1 atm)

4.4. ENERGÍA

En física, las ecuaciones de campo de Einstein, ecuaciones de Einstein o ecuaciones de Einstein-Hilbert (conocidas como EFE, por Einstein field equations) son un conjunto de 10 ecuaciones de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein que describen la interacción fundamental de la gravitación como resultado de que el espacio-tiempo está siendo curvado por la materia y la energía.

$$E = mv^2 \qquad \text{Ec. (4)}$$

Ecuación 4 Energía

4.5. ENERGÍA CINÉTICA

En física, la energía cinética de un cuerpo es aquella energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada.

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \text{Ec. (5)}$$

Ecuación 5 Energía cinética

4.6. VELOCIDAD

La velocidad es la magnitud física de carácter vectorial que relaciona el cambio de posición (o desplazamiento) con el tiempo. Se representa con: $V\ o\ \vec{v}$, (en la escritura manuscrita). En análisis dimensional sus dimensiones son: [L]/[t]. Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el metro por segundo (símbolo, m/s).

4.6.1. VELOCIDAD DE VIENTO

Se calcula en un área determinada con una longitud de viento

$$V = A * L \qquad \text{Ec. (6)}$$

Ecuación 6 Velocidad de viento

4.6.2. VELOCIDAD RELATIVA

La velocidad relativa (Vr) es igual a la velocidad de giro (ω_r) de un aerogenerador

$$V_r = \omega_r \qquad \text{Ec. (7)}$$

Ecuación 7 Velocidad relativa

4.6.3. VELOCIDAD TOTAL

Es la suma de las velocidades de viento (V_V) y relativa (Vr)

$$\overrightarrow{V_{total}} = \overrightarrow{V_v} + \overrightarrow{V_r} \quad \Longrightarrow \quad V_{total} = \sqrt{{V_V}^2 + {V_r}^2} \qquad \text{Ec. (8)}$$

Ecuación 8 Velocidad total

4.7. POTENCIA

Es definida como la cantidad de trabajo realizado por unidad tiempo determinado

$$P = W/t \qquad \text{Ec. (9)}$$

Ecuación 9 Potencia

4.7.1. POTENCIA DISPONIBLE DEL AIRE

Se calcula por ½ de la densidad por el área, por la velocidad al cubo con unidad dada en Watts (W)

$$P_{ad} = \frac{1}{2}\rho A V^3 \qquad \text{Ec. (10)}$$

Ecuación 10 Potencia disponible en el aire

4.7.2. POTENCIA DE AEROGENERADOR

Se calcula por ½ del coeficiente de potencia por la densidad, por el área, por la velocidad al cubo con unidad dada en Watts (W)

$$P_{aerogenerador} = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3 \qquad \text{Ec. (11)}$$

Ecuación 11 Potencia de aerogenerador

4.7.3. POTENCIA MECÁNICA

Se calcula al multiplicar el Torque por la velocidad de giro

$$Pm = T * w \qquad \text{Ec. (12)}$$

Ecuación 12
Potencia mecánica

4.8. FUERZA

4.8.1. FUERZA dL EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A LA VELOCIDAD RELATIVA

$$dL = \frac{1}{2} C_L(\alpha) \rho {V_r}^2 c dr \qquad \text{Ec. (13)}$$

Ecuación 13 Fuerza dL en la dirección perpendicular a la velocidad relativa

4.8.2. FUERZA dD EN LA MISMA DIRECCIÓN QUE LA VELOCIDAD RELATIVA

$$dD = \frac{1}{2} C_D(\alpha) \rho {V_r}^2 c dr \qquad \text{Ec. (14)}$$

Ecuación 14 Fuerza dD en la misma dirección que la velocidad relativa

4.8.3. FUERZA TOTAL

$$dF = dL \sin\phi - dD \cos\phi \qquad \text{Ec. (15)}$$

Ecuación 15 Fuerza total

4.8.4. TORQUE

$$T = F * r \qquad \text{Ec. (16)}$$

Ecuación 16 Torque

5. EXTRACTORES DE MURO

Con el objetivo de mantener un espacio cerrado con ventilación adecuada, pero, sobre todo, eliminar el exceso de humedad y combatir malos olores, es necesario conocer los requerimientos de los extractores de aire. (Merelles., Jul 10, 2014.), [24]. Un extractor de aire es un aparato destinado a aspirar y renovar el aire de una estancia. Está compuesto por un ventilador conectado a un motor que le transfiere el movimiento. Tiene dos funciones principales:

- Eliminar el exceso de humedad, la cual puede provocar el deterioro de los espacios y la aparición de moho
- Combatir los malos olores, ya que al absorber los vapores se minimiza la presencia de aromas fuertes y desagradables

Para ventilar un espacio por medio de extractores de aire se requiere conectarlos a través de un conducto o una tubería con mayor o menor longitud. De esta manera, el flujo de aire absorbe energía del ventilador que lo extrae, debido al roce con las paredes o a los diversos “obstáculos” que se presentan.

Al existir un cambio de aire, los extractores presentan una liberación de viento, el cual, puede ser utilizado por aerogeneradores domésticos, para llevar a cabo un proceso de conversión de energía cinética a energía eólica.

VIII. METODOLOGIA

Se participó en Cátedras sobre energía eólica, tomando cursos de especialización sobre energías renovables en la Universidad Autónoma de Chapingo (ilustración 20), principalmente de energía eólica, las cuales sirvieron para determinar la organización de las principales etapas de este proyecto de investigación que se enlistan en el gráfico número 1:

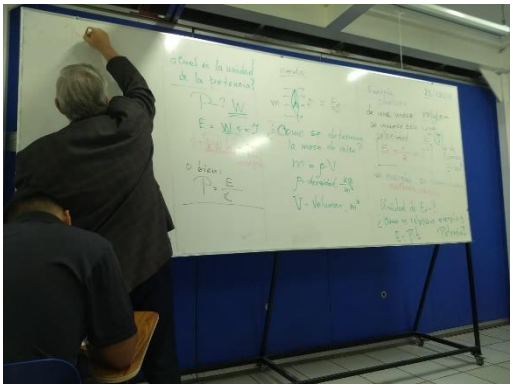


Ilustración 20 Cátedras impartidas por el Dr. Eugenio Romatchik

1) Análisis de la aerodinámica de aerogeneradores de eje horizontal.

2) Análisis de las variables de operación de diferentes ventiladores de tipo axial

3) Diseño experimental para la recolección de datos experimentales.

4) Comparación de las características de los ventiladores disponibles en el mercado.

Las principales técnicas de análisis se describen a continuación:

Para la realización de las primeras tres etapas, se realizó un diseño experimental para la recolección de datos. Para ello, se llevó acabo un perfil aerodinámico de los

ventiladores con los que se realizaron ciertas mediciones; Durante la investigación se tomaron como muestra 2 ventiladores, uno de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y el otro del Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan (TESCH).

Ilustración 21 Mediciones de velocidad de un ventilador en la UACH y en el TESCH

Se utilizaron dos tipos de anemómetros (Ilustración 22) para medir la velocidad de estos a diferentes puntos del ventilador, en el que se encuentra en el TESCH se hicieron medidas de velocidad cada 5 cm desde el centro hasta el límite del borde, unas fueron cerca del ventilador y las otras fueron a 0.5 m separado del ventilador, estas pruebas se hicieron tanto atrás como delante de ventilador, en el ventilador de la UACH se hizo las mismas medidas pero por las dimensiones de este nos permitió hacerlas cada 10 cm. También se tomó las revoluciones por minuto de cada ventilador.

Ilustración 22 Anemómetros digitales

Tabla 1 Velocidades en diferentes puntos del ventilador

VELOCIDADES EN LA SALIDA VERTICAL A 0 m		VELOCIDADES EN LA SALIDA HORIZONTAL A 0m		VELOCIDADES PROMEDIO		Radios de cada Punto de medición (m)	
1	1.5	1	1.5	vi1	1.5	r1	0.1
2	1.5	2	2.2	vi2	1.8	r2	0.2
3	1.0	3	2.7	vi3	1.9	r3	0.3
4	4.8	4	7.5	vi4	6.2	r4	0.4
5	7.5	5	10.2	vi5	8.9	r5	0.5
6	9.1	6	11.5	vi6	10.3	r6	0.6
7	9.6	7	11.5	vi7	10.6	r7	0.7
8	6.0	8	2.7	vi8	4.4	r8	0.7

Así mismo se realizaron mediciones eléctricas. Medidas de voltaje en los ventiladores, se hicieron mediciones de voltaje en los tipos de ventiladores con un multímetro de gancho el cual nos permitió también medir amperaje en ambos ventiladores, nos dimos cuenta que los voltajes si eran como los menciona el fabricante y no varea mucho, esto solo se hizo con el fin de ver que el fabricante diera las características adecuadas.

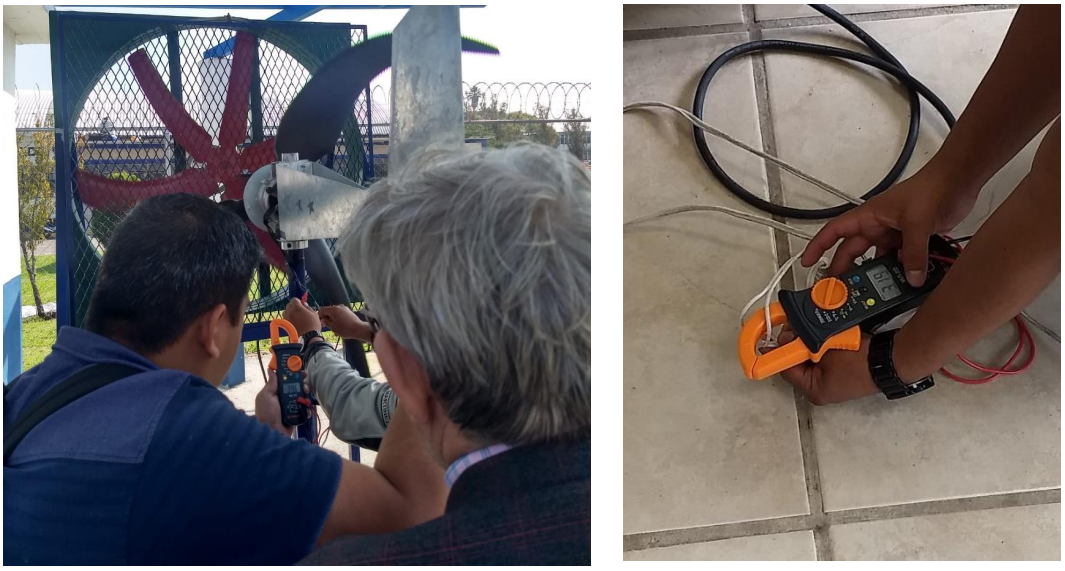


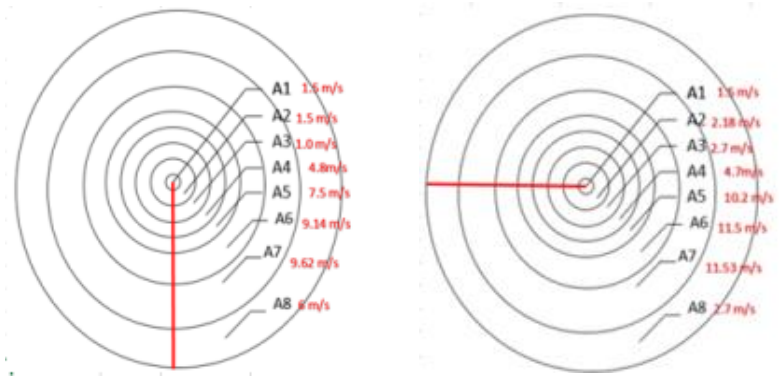
Ilustración 23 Mediciones de voltaje en el ventilador y extractor

Para analizar el funcionamiento de los aerogeneradores domésticos se requiere de los ventiladores, los cuales tienen la función de dar la velocidad de viento que se necesita para andar, de esta manera es posible observar el comportamiento del aerogenerador en distintas condiciones. Por ello es sustancial estudiar y obtener datos necesarios de los ventiladores que se emplearan.

Se dividió el área del ventilador en 8 secciones, con separaciones de 10 cm entre cada punto de referencia, de estos se obtuvo áreas entre sí, las cuales se calcularon para medir la velocidad, esto quiere decir que la velocidad uno se le calculo un área, a la velocidad dos otra área y así, hasta poder obtener un área de barrido diferente a una medición de velocidad, suponiendo que la velocidad en toda el área va a ser la misma se tomó en cuenta la fórmula para calcular el área de un círculo.

$$A = \pi * r^2 \qquad \text{Ec. (17)}$$

Ecuación 17 Área del Círculo



Posteriormente se realizó el cálculo de potencias del ventilador, con las áreas, se hizo una diferencia de éstas, restando el A1 del A2 para poder dejar la medición de velocidad 1 en el centro de estas velocidades, ya establecida el área, se calculó la potencia de cada velocidad para saber la potencia eólica o la potencia de aire disponible que va a ser utilizada en el aerogenerador al momento de ponerlo enfrente del ventilador y este empiece a funcionar, se utilizó la siguiente formula de potencia eólica:

$$P_{eol} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \qquad \text{Ec. (18)}$$

Ecuación 18 Potencia Eólica

Tabla 2 Potencial Eólico

VELOCIDADES EN LA SALIDA VERTICAL A 0 m		VELOCIDADES EN LA SALIDA HORIZONTAL A 0m		VELOCIDADES PROMEDIO		Radios de cada Punto de medición (m)		Área total de cada punto de medición (m^2) $A = \pi * r^2$		ÁREA DEL EXTRACTOR (m^2)		FORMULAS	POTENCIA EÓLICA DE SALIDA VERTICAL A $P_{eol} = \frac{1}{2} \rho * A * v^3$		
1	1.5	1	1.5	vi1	1.5	r1	0.1	A de r1 (m2)	0.0	A1	0.0	Ar1 - 0	P1	0.0	W
2	1.5	2	2.2	vi2	1.8	r2	0.2	A de r2 (m2)	0.1	A2	0.1	Ar2- Ar1	P2	0.2	W
3	1.0	3	2.7	vi3	1.9	r3	0.3	A de r3 (m2)	0.2	A3	0.1	Ar3- Ar2	P3	0.4	W
4	4.8	4	7.5	vi4	6.2	r4	0.4	A de r4 (m2)	0.4	A4	0.2	Ar4- Ar3	P4	21.9	W
5	7.5	5	10.2	vi5	8.9	r5	0.5	A de r5 (m2)	0.6	A5	0.3	Ar5- Ar4	P5	87.1	W
6	9.1	6	11.5	vi6	10.3	r6	0.6	A de r6 (m2)	1.0	A6	0.3	Ar6- Ar5	P6	172.6	W
7	9.6	7	11.5	vi7	10.6	r7	0.7	A de r7 (m2)	1.3	A7	0.4	Ar7 - 6	P7	222.9	W
8	6.0	8	2.7	vi8	4.4	r8	0.7	A de r8 (m2)	1.5	A8	0.2	Ar8 - 7	P8	8.7	w
													P total	513.9	W

Calculo de flujo másico en el ventilador: este cálculo fue más rápido ya que se contaba con los tres datos indispensables para poder calcular el flujo másico los cuales son la densidad, área y velocidad, como se muestra en la siguiente formula:

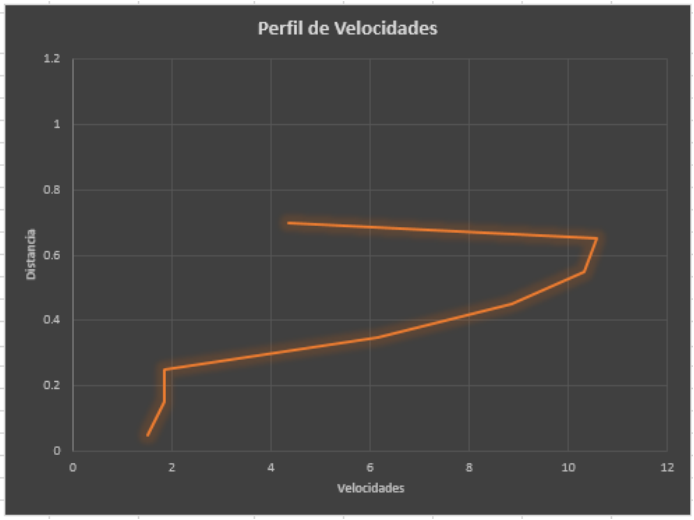
$$\dot{m} = \rho * A * v \qquad \text{Ec. (19)}$$

Ecuación 19 Flujo másico

Tabla 3 Flujo másico

VELOCIDADES EN LA SALIDA VERTICAL A 0 m		VELOCIDADES EN LA SALIDA HORIZONTAL A 0m		VELOCIDADES PROMEDIO		Radios de cada Punto de medición (m)		Área total de cada punto de medición (m^2) $A = \pi * r^2$		ÁREA DEL EXTRACTOR (m^2)		FORMULAS	POTENCIA EÓLICA DE SALIDA VERTICAL A $P_{eol} = \frac{1}{2} \rho * A * v^3$			FLUJO MÁSICO DE SALIDA VERTICAL A 0m $\dot{m} = \rho * A * v$		
1	1.5	1	1.5	vi1	1.5	r1	0.1	A de r1 (m2)	0.0	A1	0.0	Ar1 - 0	P1	0.0	W	0.0	kg/s	
2	1.5	2	2.2	vi2	1.8	r2	0.2	A de r2 (m2)	0.1	A2	0.1	Ar2- Ar1	P2	0.2	W	0.1	kg/s	
3	1.0	3	2.7	vi3	1.9	r3	0.3	A de r3 (m2)	0.2	A3	0.1	Ar3- Ar2	P3	0.4	W	0.2	kg/s	
4	4.8	4	7.5	vi4	6.2	r4	0.4	A de r4 (m2)	0.4	A4	0.2	Ar4- Ar3	P4	21.9	W	1.2	kg/s	
5	7.5	5	10.2	vi5	8.9	r5	0.5	A de r5 (m2)	0.6	A5	0.3	Ar5- Ar4	P5	87.1	W	2.2	kg/s	
6	9.1	6	11.5	vi6	10.3	r6	0.6	A de r6 (m2)	1.0	A6	0.3	Ar6- Ar5	P6	172.6	W	3.2	kg/s	
7	9.6	7	11.5	vi7	10.6	r7	0.7	A de r7 (m2)	1.3	A7	0.4	Ar7 - 6	P7	222.9	W	4.0	kg/s	
8	6.0	8	2.7	vi8	4.4	r8	0.7	A de r8 (m2)	1.5	A8	0.2	Ar8 - 7	P8	8.7	w	0.9	kg/s	
													P total	513.9	W	$\dot{m}$ total	11.9	kg/s

Perfil aerodinámico: con este perfil se puede ver los lugares donde el ventilador tiene más potencia de aire y donde es menor, este perfil se graficó con la distancia y las velocidades calculadas del ventilador.



Gráfica 1 Perfil de Velocidades

Se obtuvo el siguiente perfil de velocidades de las mediciones en diferentes puntos de los ventiladores, analizando que en los bordes de éstos se encuentra la mayor capacidad en cuanto a generación de viento, mientras que en el centro existe una importante depreciación; dicho esto, se puede deducir que se aprovecha más la masa de aire que se expulsa en las orillas, puesto que el aerogenerador funciona hasta que las alabes reciben el mayor potencial de viento dado por el ventilador.

Cálculo de voltaje en el aerogenerador: ya con los cálculos necesarios se puso a funcionar el aerogenerador con el ventilador, donde fue posible apreciar que el aerogenerador domestico genera 40 V constantes, lo cual es un buen voltaje, el aerogenerador con el que se trabajó fue creado y diseñado por la UACH y solo cuenta con el generador.

Ilustración 24 Mediciones de voltaje en el aerogenerador

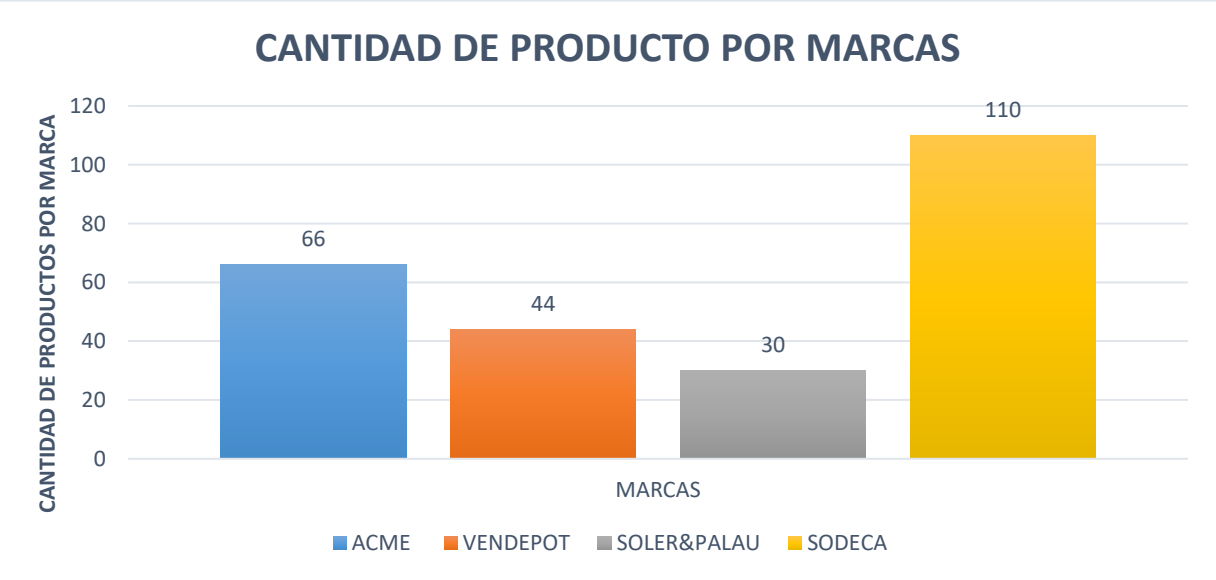
En la etapa 4, se realizó una búsqueda de ventiladores con sus especificaciones para la creación de un catálogo que nos permita comparar cuales son los mejores de las diferentes marcas de acuerdo a sus características. Para ello se llevó a cabo

un análisis dónde se interpretaron las dimensiones, estructura y particularidades dadas por el fabricante, las cuales se muestran a continuación:

Existen diversas marcas en el mercado (Ilustración 21) con un amplio catálogo de productos, por ello, se considera importante valorar cada una de ellas para evaluar cuál es la que ofrece el dispositivo que más se ajuste a las necesidades.

Ilustración 25 Marcas analizadas en el informe

Los principales parámetros que se evalúan para la selección del mejor extractor son el diámetro, la potencia del motor, el caudal, el área, la velocidad y principalmente, la eficiencia que cada uno de los dispositivos aporta.
A continuación, en la (Gráfica 1) se muestran las marcas evaluadas con la cantidad de extractores con las características requeridas para este informe.



Gráfica 2 Cantidad de productos por marca.

CATÁLOGO DE EXTRACTORES												
MARCA:				ACME						PAÍS:	ESTADOS UNIDOS	
REFERENCIA:				http://www.acmefan.com/								
NO.	MODELO	POTENCIA DEL MOTOR		DIÁMETRO		CAUDAL			ÁREA	VELOCIDAD	POTENCIA DEL AIRE	EFICIENCIA
		Hp	W	In	m	CFM	(m^3/h)	(m^3/s)	m2	m/s	W	
1	DC24F-B	0.33	248.6	24.0	0.6	5436.0	9235.8	2.6	0.3	8.8	122.9	0.49
2	DC24G-B	0.50	372.9	24.0	0.6	6079	10328.2	2.9	0.3	9.8	171.9	0.46
3	DC24H-B	0.75	559.3	24.0	0.6	7036	11954.2	3.3	0.3	11.4	266.5	0.48
4	DC30F-B	0.33	248.6	30.0	0.8	7506	12752.7	3.5	0.5	7.8	132.5	0.53
5	DC30G-B	0.50	372.9	30.0	0.8	8712	14801.7	4.1	0.5	9.0	207.2	0.56
6	DC30H-B	0.75	559.3	30.0	0.8	9526	16184.7	4.5	0.5	9.9	270.9	0.48
7	DC36F-B	0.33	248.6	36.0	0.9	9746	16558.5	4.6	0.7	7.0	139.9	0.56
8	DC36G-B	0.50	372.9	36.0	0.9	11157	18955.7	5.3	0.7	8.0	209.9	0.56
9	DC36H-B	0.75	559.3	36.0	0.9	12523	21276.6	5.9	0.7	9.0	296.8	0.53
10	DC36J-B	1	745.7	36.0	0.9	13472.0	22888.9	6.4	0.7	9.7	369.5	0.50
11	DC42G-B	0.50	372.9	42.0	1.1	13129.0	22306.2	6.2	0.9	6.9	184.6	0.50
12	DC42H-B	0.75	559.3	42.0	1.1	14841.0	25214.9	7.0	0.9	7.8	266.6	0.48
13	DC42J-B	1	745.7	42.0	1.1	16399.0	27861.9	7.7	0.9	8.7	359.8	0.48
14	DC48G-B	0.50	372.9	48.0	1.2	16097.0	27348.8	7.6	1.2	6.5	199.4	0.53
15	DC48H-B	0.75	559.3	48.0	1.2	19039.0	32347.3	9.0	1.2	7.7	330.0	0.59
16	DC48J-B	1	745.7	48.0	1.2	20109.0	34165.2	9.5	1.2	8.1	388.8	0.52
17	DC48K-B	1.5	1118.6	48.0	1.2	22985.0	39051.5	10.8	1.2	9.3	580.7	0.52
18	DC54H-B	0.75	559.3	54.0	1.4	20305.0	34498.2	9.6	1.5	6.5	249.9	0.45
19	DC54J-B	1	745.7	54.0	1.4	24594.0	41785.2	11.6	1.5	7.9	444.1	0.60
20	DC54K-B	1.5	1118.6	54.0	1.4	26610.0	45210.4	12.6	1.5	8.5	562.5	0.50
21	DC24F-D	0.33	248.6	24.0	0.6	5700.0	9684.3	2.7	0.3	9.2	141.7	0.57
22	DC24G-D	0.50	372.9	24.0	0.6	6526.0	11087.7	3.1	0.3	10.6	212.6	0.57
23	DC24H-D	0.75	559.3	24.0	0.6	7667.0	13026.2	3.6	0.3	12.4	344.8	0.62
24	DC30F-D	0.33	248.6	30.0	0.8	8126.0	13806.1	3.8	0.5	8.4	168.1	0.68
25	DC30G-D	0.50	372.9	30.0	0.8	9464.0	16079.3	4.5	0.5	9.8	265.6	0.71
26	DC30H-D	0.75	559.3	30.0	0.8	10206.0	17340.0	4.8	0.5	10.6	333.1	0.60
27	DC36F-D	0.33	248.6	36.0	0.9	10235.0	17389.3	4.8	0.7	7.4	162.0	0.65
28	DC36G-D	0.50	372.9	36.0	0.9	11715.0	19903.8	5.5	0.7	8.4	243.0	0.65
29	DC36H-D	0.75	559.3	36.0	0.9	13439.0	22832.9	6.3	0.7	9.7	366.8	0.66
30	DC36J-D	1	745.7	36.0	0.9	14332.0	24350.1	6.8	0.7	10.3	444.9	0.60
31	DC42G-D	0.50	372.9	42.0	1.1	14077.0	23916.8	6.6	0.9	7.4	227.6	0.61
32	DC42H-D	0.75	559.3	42.0	1.1	16020.0	27218.0	7.6	0.9	8.5	335.4	0.60
33	DC42J-D	1	745.7	42.0	1.1	17482.0	29701.9	8.3	0.9	9.2	435.8	0.58

34	DC48G-D	0.50	372.9	48.0	1.2	17840.0	30310.2	8.4	1.2	7.2	271.5	0.73
35	DC48H-D	0.75	559.3	48.0	1.2	20793.0	35327.3	9.8	1.2	8.4	429.9	0.77
36	DC48J-D	1	745.7	48.0	1.2	22026.0	37422.2	10.4	1.2	8.9	511.0	0.69
37	DC48K-D	1.5	1118.6	48.0	1.2	24745.0	42041.8	11.7	1.2	10.0	724.5	0.65
38	DC54-4H-D	0.75	559.3	54.0	1.4	22945.0	38983.6	10.8	1.5	7.3	360.6	0.64
39	DC54-4J-D	1	745.7	54.0	1.4	27200.0	46212.8	12.8	1.5	8.7	600.7	0.81
40	DC54-4K-D	1.5	1118.6	54.0	1.4	30300.0	51479.7	14.3	1.5	9.7	830.4	0.74
41	DC24G-2S-B	0.5	372.9	24	0.6	5656.0	9609.5	2.7	0.3	9.1	138.4	0.37
42	DC24H-2S-B	0.75	559.3	24	0.6	6487.0	11021.4	3.1	0.3	10.5	208.8	0.37
43	DC30G-2S-B	0.5	372.9	30	0.8	7862.0	13357.5	3.7	0.5	8.1	152.3	0.41
44	DC30H-2S-B	0.75	559.3	30	0.8	9090.0	15443.9	4.3	0.5	9.4	235.4	0.42
45	DC36G-2S-B	0.5	372.9	36	0.9	10416.0	17696.8	4.9	0.7	7.5	170.8	0.46
46	DC36H-2S-B	0.75	559.3	36	0.9	11014.0	18712.8	5.2	0.7	7.9	201.9	0.36
47	DC36J-2S-B	1	745.7	36	0.9	13472.0	22888.9	6.4	0.7	9.7	369.5	0.50
48	DC42G-2S-B	0.5	372.9	42	1.1	12140.0	20625.9	5.7	0.9	6.4	146.0	0.39
49	DC42H-2S-B	0.75	559.3	42	1.1	13868.0	23561.7	6.5	0.9	7.3	217.6	0.39
50	DC42J-2S-B	1	745.7	42	1.1	16399.0	27861.9	7.7	0.9	8.7	359.8	0.48
51	DC48G-2S-B	0.3	223.7	48	1.2	14425	24508.1	6.8	1.2	5.8	143.5	0.64
52	DC48H-2S-B	0.75	559.3	48	1.2	16424	27904.4	7.8	1.2	6.6	211.8	0.38
53	DC48J-2S-B	1	745.7	48	1.2	20109	34165.2	9.5	1.2	8.1	388.8	0.52
54	DC54-4J-2S-B	1	745.7	54	1.4	24594	41785.2	11.6	1.5	7.9	444.1	0.60
55	DC24G-2S-D	0.5	372.9	24	0.6	6073	10318.0	2.9	0.3	9.8	171.4	0.46
56	DC24H-2S-D	0.75	559.3	24	0.6	7069	12010.2	3.3	0.3	11.4	270.3	0.48
57	DC30G-2S-D	0.5	372.9	30	0.8	8569	14558.7	4.0	0.5	8.9	197.2	0.53
58	DC30H-2S-D	0.75	559.3	30	0.8	9711	16499.0	4.6	0.5	10.0	287.0	0.51
59	DC36G-2S-D	0.5	372.9	36	0.9	10958	18617.6	5.2	0.7	7.9	198.9	0.53
60	DC36H-2S-D	0.75	559.3	36	0.9	11800	20048.2	5.6	0.7	8.5	248.3	0.44
61	DC36J-2S-D	1	745.7	36	0.9	14332	24350.1	6.8	0.7	10.3	444.9	0.60
62	DC42G-2S-D	0.5	372.9	42	1.1	13017	22115.9	6.1	0.9	6.9	179.9	0.48
63	DC42H-2S-D	0.75	559.3	42	1.1	14970	25434.0	7.1	0.9	7.9	273.7	0.49
64	DC42J-2S-D	1	745.7	42	1.1	17482	29701.9	8.3	0.9	9.2	435.8	0.58
65	DC48J-2S-D	1	745.7	48	1.2	22026	37422.2	10.4	1.2	8.9	511.0	0.69
66	DC54-4J-2S-D	1	745.7	54	1.4	27200	46212.8	12.8	1.5	8.7	600.7	0.81

MARCA:			**SODECA**				**PAÍS:**	**ESPAÑA**	
REFERENCIA:			www.sodeca.com						
NO.	**MODELO**	**POTENCIA DEL MOTOR**	**DIÁMETRO**	**CAUDAL**		**ÁREA**	**VELOCIDAD**	**POTENCIA DEL AIRE**	**EFICIENCIA**
		W	**m**	**(m^3/h)**	**(m^3/s)**	**m2**	**m/s**	**W**	
1	HTP-80-4T-4	3000	0.8	16250	4.5	0.5	9.0	225.7	0.08

2	HTP-80-4T-5.5	4000	0.8	19750	5.5	0.5	10.9	405.2	0.10
3	HTP-80-4T-7.5	5500	0.8	23150	6.4	0.5	12.8	652.5	0.12
4	HTP-80-4T-10	7500	0.8	29600	8.2	0.5	16.4	1364.0	0.18
5	HTP-80-4T-15	11000	0.8	35550	9.9	0.5	19.6	2363.0	0.21
6	HTP-90-4T-7.5	5500	0.9	25400	7.1	0.6	11.1	538.1	0.10
7	HTP-90-4T-10	37500	0.9	29700	8.3	0.6	13.0	860.2	0.02
8	HTP-90-4T-15	11000	0.9	35900	10.0	0.6	15.7	1519.2	0.14
9	HTP-90-4T-20	15000	0.9	45050	12.5	0.6	19.7	3002.0	0.20
10	HTP-90-4T-25	18500	0.9	47850	13.3	0.6	20.9	3597.3	0.19
11	HTP-90-4T-30	22000	0.9	53850	15.0	0.6	23.5	5127.3	0.23
12	HTP-100-4T-15	11000	1	40950	11.4	0.8	14.5	1479.3	0.13
13	HTP-100-4T-20	15000	1	50750	14.1	0.8	17.9	2815.9	0.19
14	HTP-100-4T-25	18500	1	55300	15.4	0.8	19.6	3643.2	0.20
15	HTP-100-4T-30	22000	1	59359	16.5	0.8	21.0	4505.7	0.20
16	HTP-100-4T-40	30000	1	71900	20.0	0.8	25.4	8007.4	0.27
17	HTP-125-4T-40	30000	1.25	69400	19.3	1.2	15.7	2949.4	0.10
18	HTP-125-4T-50	37000	1.25	79650	22.1	1.2	18.0	4458.8	0.12
19	HTP-125-4T-60	45000	1.25	89750	24.9	1.2	20.3	6379.2	0.14
20	HTP-125-4T-75	55000	1.25	97200	27.0	1.2	22.0	8103.3	0.15
21	HTP-125-4T-100	75000	1.25	126050	35.0	1.2	28.5	17672.2	0.24
22	HTP-125-4T-125	90000	1.25	144450	40.1	1.2	32.7	26595.9	0.30
23	HGT/ HGTX-125-4T/3-10	7500	1.25	54400	15.1	1.2	12.3	1420.6	0.19
24	HGT/ HGTX-125-4T/3-15	11000	1.25	62050	17.2	1.2	14.0	2108.1	0.19
25	HGT/ HGTX-125-4T/3-20	15000	1.25	69800	19.4	1.2	15.8	3000.7	0.20
26	HGT/ HGTX-125-4T/3-25	18500	1.25	85200	23.7	1.2	19.3	5457.3	0.29
27	HGT/ HGTX-125-4T/3-30	22000	1.25	29950	8.3	1.2	6.8	237.1	0.01
28	HGT/ HGTX-125-4T/3-30	30000	1.25	118000	32.8	1.2	26.7	14498.0	0.48
29	HGT/ HGTX-125-4T/3-50	37000	1.25	125300	34.8	1.2	28.4	17358.6	0.47
30	HGT/ HGTX-125-4T/3-60	45000	1.25	139900	38.9	1.2	31.7	24161.0	0.54
31	HGT/ HGTX-125-4T/6-20	15000	1.25	77450	21.5	1.2	17.5	4099.5	0.27
32	HGT/ HGTX-125-4T/6-25	18500	1.25	81550	22.7	1.2	18.5	4785.6	0.26
33	HGT/ HGTX-125-4T/6-30	22000	1.25	85750	23.8	1.2	19.4	5563.7	0.25
34	HGT/ HGTX-125-4T/6-40	30000	1.25	102200	28.4	1.2	23.1	9419.2	0.31
35	HGT/ HGTX-125-4T/6-50	37000	1.25	117700	32.7	1.2	26.6	14387.7	0.39
36	HGT/ HGTX-125-4T/6-60	45000	1.25	125000	34.7	1.2	28.3	17234.2	0.38
37	HGT/ HGTX-125-4T/6-75	55000	1.25	140350	39.0	1.2	31.8	24394.9	0.44
38	HGT/ HGTX-125-4T/6-100	75000	1.25	156500	43.5	1.2	35.4	33822.5	0.45
39	HC-80-4/8T/H	3000	0.8	33000	9.2	0.5	18.2	1890.1	0.63
40	HC-80-4T/H	3000	0.8	33000	9.2	0.5	18.2	1890.1	0.63
41	HC-80-4T/L	1500	0.8	25000	6.9	0.5	13.8	821.8	0.55
42	HC-80-6T/H	750	0.8	22000	6.1	0.5	12.2	560.0	0.75

43	HC-80-6/12T/H	750	0.8	22000	6.1	0.5	12.2	560.0	0.75
44	HC-80-6T/L	550	0.8	19200	5.3	0.5	10.6	372.3	0.68
45	HC-90-4T/H	4000	0.9	43500	12.1	0.6	19.0	2702.7	0.68
46	HC-90-4/8T/H	4000	0.9	43500	12.1	0.6	19.0	2702.7	0.68
47	HC-90-4T/L	3000	0.9	33800	9.4	0.6	14.8	1267.9	0.42
48	HC-90-6T/H	1500	0.9	33300	9.3	0.6	14.5	1212.5	0.81
49	HC-90-6/12T/H	1500	0.9	33300	9.3	0.6	14.5	1212.5	0.81
50	HC-90-6T/L	1100	0.9	26200	7.3	0.6	11.4	590.5	0.54
51	HC-90-8T/H	550	0.9	19800	5.5	0.6	8.6	254.9	0.46
52	HC-100-4T/H	5500	1	54000	15.0	0.8	19.1	3392.2	0.62
53	HC-100-4/8T/H	5500	1	54000	15.0	0.8	19.1	3392.2	0.62
54	HC-100-4T/L	4000	1	42500	11.8	0.8	15.0	1653.7	0.41
55	HC-100-6T/H	1500	1	37000	10.3	0.8	13.1	1091.2	0.73
56	HC-100-6/12T/H	1500	1	37000	10.3	0.8	13.1	1091.2	0.73
57	HC-100-6T/L	1100	1	28100	7.8	0.8	9.9	478.0	0.43
58	HC-100-8T/H	750	1	27000	7.5	0.8	9.5	424.0	0.57
59	HCH HFT HCT 80-4T-3	2200	0.8	29500	8.2	0.5	16.3	1350.2	0.61
60	HCH HFT HCT 80-4/8T-3	2200	0.8	29500	8.2	0.5	16.3	1350.2	0.61
61	HCH HFT HCT 80-4T-4	3000	0.8	37000	10.3	0.5	20.4	2664.1	0.89
62	HCH HFT HCT 80-4/8T-4	3000	0.8	37000	10.3	0.5	20.4	2664.1	0.89
63	HCH HFT HCT 80-4T-5.5	4000	0.8	40500	11.3	0.5	22.4	3493.9	0.87
64	HCH HFT HCT 80-6T-1	4000	0.8	40500	11.3	0.5	22.4	3493.9	0.87
65	HCH HFT HCT 80-6/12T-1	750	0.8	23000	6.4	0.5	12.7	639.9	0.85
66	HCH HFT HCT 80-6T-1.5	1100	0.8	26000	7.2	0.5	14.4	924.4	0.84
67	HCH HFT HCT 80-6/12T-1.5	1100	0.8	26000	7.2	0.5	14.4	924.4	0.84
68	HCH HFT HCT 80-6T-2	1500	0.8	29700	8.3	0.5	16.4	1377.9	0.92
69	HCH HFT HCT 80-6/12T-2	1500	0.8	29700	8.3	0.5	16.4	1377.9	0.92
70	HCH HFT HCT 80-6T-3	2200	0.8	33500	9.3	0.5	18.5	1977.3	0.90
71	HCH HFT HCT 80-6/12T-3	2200	0.8	33500	9.3	0.5	18.5	1977.3	0.90
72	HCH HFT HCT 80-8T-0.5	370	0.8	16500	4.6	0.5	9.1	236.3	0.64
73	HCH HFT HCT 80-8T-0.75	550	0.8	19500	5.4	0.5	10.8	390.0	0.71
74	HCH HFT HCT 80-8T-1	750	0.8	22000	6.1	0.5	12.2	560.0	0.75
75	HCH HFT HCT 90-4T-4	3000	0.9	40000	11.1	0.6	17.5	2101.4	0.70
76	HCH HFT HCT 90-4/8T-4	3000	0.9	40000	11.1	0.6	17.5	2101.4	0.70
77	HCH HFT HCT 90-4T-5.5	4000	0.9	46500	12.9	0.6	20.3	3301.3	0.83
78	HCH HFT HCT 90-4/8T-5.5	4000	0.9	46500	12.9	0.6	20.3	3301.3	0.83
79	HCH HFT HCT 90-4T-7.5	5500	0.9	51000	14.2	0.6	22.3	4355.5	0.79
80	HCH HFT HCT 90-4/8T-7.5	5500	0.9	51000	14.2	0.6	22.3	4355.5	0.79
81	HCH HFT HCT 90-4T-10	7500	0.9	54700	15.2	0.6	23.9	5374.0	0.72
82	HCH HFT HCT 90-4/8T-10	7500	0.9	54700	15.2	0.6	23.9	5374.0	0.72
83	HCH HFT HCT 90-6T-2	1500	0.9	34300	9.5	0.6	15.0	1325.0	0.88

84	HCH HFT HCT 90-6/12T-2	1500	0.9	34300	9.5	0.6	15.0	1325.0	0.88
85	HCH HFT HCT 90-6T-3	2200	0.9	38000	10.6	0.6	16.6	1801.7	0.82
86	HCH HFT HCT 90-6/12T-3	2200	0.9	38000	10.6	0.6	16.6	1801.7	0.82
87	HCH HFT HCT 90-6T-4	3000	0.9	42400	11.8	0.6	18.5	2502.8	0.83
88	HCH HFT HCT 90-6/12T-4	3000	0.9	42400	11.8	0.6	18.5	2502.8	0.83
89	HCH HFT HCT 90-8T-1	750	0.9	22500	6.3	0.6	9.8	374.0	0.50
90	HCH HFT HCT 90-8T-1.5	1100	0.9	24000	6.7	0.6	10.5	453.9	0.41
91	HCH HFT HCT 90-8T-2	1500	0.9	26000	7.2	0.6	11.4	577.1	0.38
92	HCH HFT HCT 90-8T-3	2200	0.9	30000	8.3	0.6	13.1	886.5	0.40
93	HCH HFT HCT 100-4T-7.5	5500	1	54000	15.0	0.8	19.1	3392.2	0.62
94	HCH HFT HCT 100-4/8T-7.5	5500	1	54000	15.0	0.8	19.1	3392.2	0.62
95	HCH HFT HCT 100-4T-10	7500	1	63000	17.5	0.8	22.3	5386.7	0.72
96	HCH HFT HCT 100-4/8T-10	7500	1	63000	17.5	0.8	22.3	5386.7	0.72
97	HCH HFT HCT 100-4T-15	11000	1	68000	18.9	0.8	24.1	6773.7	0.62
98	HCH HFT HCT 100-4/8T-15	10500	1	68000	18.9	0.8	24.1	6773.7	0.65
99	HCH HFT HCT 100-4T-20	15000	1	72000	20.0	0.8	25.5	8040.8	0.54
100	HCH HFT HCT 100-4/8T-20	15500	1	72000	20.0	0.8	25.5	8040.8	0.52
101	HCH HFT HCT 100-6T-3	2200	1	43000	11.9	0.8	15.2	1712.8	0.78
102	HCH HFT HCT 100-6/12T-3	2200	1	43000	11.9	0.8	15.2	1712.8	0.78
103	HCH HFT HCT 100-6T-4	3000	1	47000	13.1	0.8	16.6	2236.6	0.75
104	HCH HFT HCT 100-6/12T-4	3000	1	47000	13.1	0.8	16.6	2236.6	0.75
105	HCH HFT HCT 100-6T-5.5	4000	1	53000	14.7	0.8	18.7	3207.2	0.80
106	HCH HFT HCT 100-6/12T-5.5	4000	1	53000	14.7	0.8	18.7	3207.2	0.80
107	HCH HFT HCT 100-8T-1.5	1100	1	32500	9.0	0.8	11.5	739.5	0.67
108	HCH HFT HCT 100-8T-2	1500	1	33900	9.4	0.8	12.0	839.3	0.56
109	HCH HFT HCT 100-8T-3	2200	1	35000	9.7	0.8	12.4	923.6	0.42
110	HCH HFT HCT 100-8T-4	3000	1	38000	10.6	0.8	13.4	1182.1	0.39

CATÁLOGO DE EXTRACTORES									
MARCA:			SOLER&PALAU				PAÍS:	ESPAÑA	
REFERENCIA:			https://www.solerpalau.mx/						
NO.	MODELO	POTENCIA DEL MOTOR	DIÁMETRO	CAUDAL		ÁREA	VELOCIDAD	POTENCIA DEL AIRE	EFICIENCIA
		W	m	(m^3/h)	(m^3/s)	m2	m/s	W	
1	hXA/P-4-800/L0	1118.6	0.8	14500.0	4.0	0.5	8.0	160.3	0.14
2	hXA/P-4-800/L1	1491.4	0.8	16250.0	4.5	0.5	9.0	225.7	0.15
3	hXA/P-4-800/L	2237.1	0.8	24270.0	6.7	0.5	13.4	751.9	0.34
4	hXA/P-4-800/h	3728.5	0.8	31240.0	8.7	0.5	17.3	1603.5	0.43
5	hXA/P-6-800/L	559.3	0.8	19210.0	5.3	0.5	10.6	372.8	0.67
6	hXA/P-6-800/h	745.7	0.8	21086.0	5.9	0.5	11.7	493.1	0.66
7	hXA/P-4-1000/L	3728.5	1.0	39690.0	11.0	0.8	14.0	1346.9	0.36

8	hXA/P-4-1000/h	5592.8	1.0	52500.0	14.6	0.8	18.6	3117.3	0.56
9	hXA/P-6-1000/L	1118.6	1.0	29160.0	8.1	0.8	10.3	534.2	0.48
10	hXA/P-6-1000/h	1491.4	1.0	35970.0	10.0	0.8	12.7	1002.6	0.67
11	hXA/P-8-1000/L	372.9	1.0	21500.0	6.0	0.8	7.6	214.1	0.57
12	hXA/P-8-1000/h	745.7	1.0	25920.0	7.2	0.8	9.2	375.2	0.50
13	HEP 500	372.9	0.5	7800.0	2.2	0.2	11.0	163.6	0.44
14	HEP 630	559.3	0.6	11320.0	3.1	0.3	10.1	198.4	0.35
15	HXB-500/L	372.9	0.5	7630.0	2.1	0.2	10.8	153.1	0.41
16	HXB-500/H	372.9	0.5	10180.0	2.8	0.2	14.4	363.6	0.98
17	HXT-500/L	372.9	0.5	7630.0	2.1	0.2	10.8	153.1	0.41
18	HXT-500/H	372.9	0.5	10180.0	2.8	0.2	14.4	363.6	0.98
19	HXT-630/L	745.7	0.6	13500.0	3.8	0.3	12.0	336.5	0.45
20	HXT-630/H	1118.6	0.6	15930.0	4.4	0.3	14.2	552.8	0.49
21	HXT/6-630/L	372.9	0.6	9180.0	2.6	0.3	8.2	105.8	0.28
22	HXT/6-630/H	559.3	0.6	12590.0	3.5	0.3	11.2	272.9	0.49
23	HIB-630	186.4	0.6	7050.0	2.0	0.3	6.3	47.9	0.26
24	HIT-630	186.4	0.6	7050.0	2.0	0.3	6.3	47.9	0.26
25	HIB-800	246.1	0.8	12110.0	3.4	0.5	6.7	93.4	0.38
26	HIT-800	246.1	0.8	12110.0	3.4	0.5	6.7	93.4	0.38
27	HIB-1000	372.9	1.0	19950.0	5.5	0.8	7.1	171.1	0.46
28	HIT-1000	372.9	1.0	19950.0	5.5	0.8	7.1	171.1	0.46
29	HIB-1250	559.3	1.2	27095.0	7.5	1.1	6.7	206.7	0.37
30	HIT-1250	559.3	1.2	27095.0	7.5	1.1	6.7	206.7	0.37

CATÁLOGO DE EXTRACTORES											
MARCA:				VENDEPOT					PAÍS:	MÉXICO	
REFERENCIA:				http://www.ventdepot.net							
NO.	MODELO	POTENCIA DEL MOTOR		DIÁMETRO		CAUDAL		ÁREA	VELOCIDAD	POTENCIA DEL AIRE	EFICIENCIA
		Hp	W	plg	m	(m^3/h)	(m^3/s)	m2	m/s	W	
1	AXI BREEZE MXBRE-001	0.25	186.4	24.0	0.6	8405.0	2.3	0.3	8.0	92.6	0.50
2	AXI BREEZE MXBRE-003	0.25	186.4	30.0	0.8	11034	3.1	0.5	6.7	85.8	0.46
3	AXI BREEZE MXBRE-004	0.33	246.1	30.0	0.8	11828	3.3	0.5	7.2	105.7	0.43
4	AXI BREEZE MXBRE-005	0.25	186.4	36.0	0.9	15588	4.3	0.7	6.6	116.7	0.63
5	AXI BREEZE MXBRE-006	0.5	372.9	36.0	0.9	18033	5.0	0.7	7.6	180.7	0.48
6	AXI BREEZE MXBRE-007	0.5	372.9	42.0	1.1	22006	6.1	0.9	6.8	177.3	0.48
7	AXI BREEZE MXBRE-008	0.75	559.3	42.0	1.1	25368	7.0	0.9	7.9	271.5	0.49
8	AXI BREEZE MXBRE-009	0.75	559.3	48.0	1.2	29800	8.3	1.2	7.1	258.0	0.46
9	AXI BREEZE MXBRE-010	1	745.7	48.0	1.2	32551	9.0	1.2	7.7	336.3	0.45

10	AEROWING MXAEW-001	0.5	372.9	31.0	0.8	12146.0	3.4	0.5	6.9	100.4	0.27
11	AEROWING MXAEW-003	0.75	559.3	31.0	0.8	16200	4.5	0.5	9.2	238.3	0.43
12	AEROWING MXAEW-004	1	745.7	31.0	0.8	18340	5.1	0.5	10.5	345.7	0.46
13	AEROWING MXAEW-006	0.75	559.3	38.0	1.0	24666	6.9	0.7	9.4	372.5	0.67
14	AEROWING MXAEW-007	1	745.7	38.0	1.0	27630	7.7	0.7	10.5	523.6	0.70
15	AEROWING MXAEW-009	1.5	1118.6	38.0	1.0	31663	8.8	0.7	12.0	787.9	0.70
16	AEROWING MXAEW-010	1	745.7	49.0	1.2	32300	9.0	1.2	7.4	302.5	0.41
17	AEROWING MXAEW-012	1.25	932.1	49.0	1.2	35833	10.0	1.2	8.2	413.1	0.44
18	AEROWING MXAEW-013	2	1491.4	49.0	1.2	38900	10.8	1.2	8.9	528.5	0.35
19	AEROWING MXAEW-015	3	2237.1	49.0	1.2	43750	12.2	1.2	10.0	751.8	0.34
20	AIR VENTURE MXAVR-002	0.5	372.9	18.0	0.5	6456	1.8	0.2	10.9	132.7	0.36
21	AIR VENTURE MXAVR-003	0.5	372.9	22.0	0.6	9463	2.6	0.2	10.7	187.2	0.50
22	AIR VENTURE MXAVR-004	1	745.7	30.0	0.8	20388	5.7	0.5	12.4	541.5	0.73
23	AXIMONSTER MXAMT-001	3	2237.1	59.0	1.5	59400	16.5	1.8	9.4	895.2	0.40
24	AXIMONSTER MXAMT-002	5	3728.5	59.0	1.5	74630	20.7	1.8	11.8	1775.4	0.48
25	AXIMONSTER MXAMT-003	7.5	5592.8	59.0	1.5	85989	23.9	1.8	13.5	2715.7	0.49
26	AXIMONSTER MXAMT-004	10	7457.0	59.0	1.5	92582	25.7	1.8	14.6	3389.5	0.45
27	AXIMONSTER MXAMT-005	7.5	5592.8	72.0	1.8	104445	29.0	2.6	11.0	2194.3	0.39
28	AXIMONSTER MXAMT-006	10	7457.0	72.0	1.8	118340	32.9	2.6	12.5	3191.8	0.43
29	AXIMONSTER MXAMT-007	15	11185.5	72.0	1.8	136875	38.0	2.6	14.5	4938.7	0.44
30	ALMUTEC MXATE-006	0.25	186.4	18.0	0.5	3318	0.9	0.2	5.6	18.0	0.10
31	ALMUTEC MXATE-007	0.25	186.4	20.0	0.5	4888	1.4	0.2	6.7	37.8	0.20
32	ALUMWING MXALW-001	1.5	1118.6	31.0	0.8	14500	4.0	0.5	8.3	170.9	0.15
33	ALUMWING MXALW-002	2	1491.4	31.0	0.8	16250	4.5	0.5	9.3	240.5	0.16
34	ALUMWING MXALW-003	7.5	5592.8	31.0	0.8	19210	5.3	0.5	11.0	397.3	0.07
35	ALUMWING MXALW-004	1	745.7	31.0	0.8	21099	5.9	0.5	12.0	526.4	0.71
36	ALUMWING MXALW-005	0.5	372.9	39	1.0	21500	6.0	0.8	7.7	222.3	0.60
37	ALUMWING MXALW-006	3	2237.1	31	0.8	24270	6.7	0.5	13.8	801.2	0.36
38	ALUMWING MXALW-007	1	745.7	39	1.0	25920	7.2	0.8	9.3	389.6	0.52
39	ALUMWING MXALW-008	1.5	1118.6	39	1.0	29160	8.1	0.8	10.5	554.7	0.50
40	ALUMWING MXALW-009	5	3728.5	31	0.8	31240	8.7	0.5	17.8	1708.7	0.46
41	ALUMWING MXALW-010	2	1491.4	39	1.0	36970	10.3	0.8	13.3	1130.5	0.76
42	ALUMWING MXALW-011	5	3728.5	39	1.0	39690	11.0	0.8	14.3	1398.8	0.38
43	ALUMWING MXALW-012	7	5219.9	39	1.0	52500	14.6	0.8	18.9	3237.3	0.62
44	AXIASPA MXAXA -003	0.25	186.4	20	0.5	6792	1.9	0.2	9.3	101.4	0.54

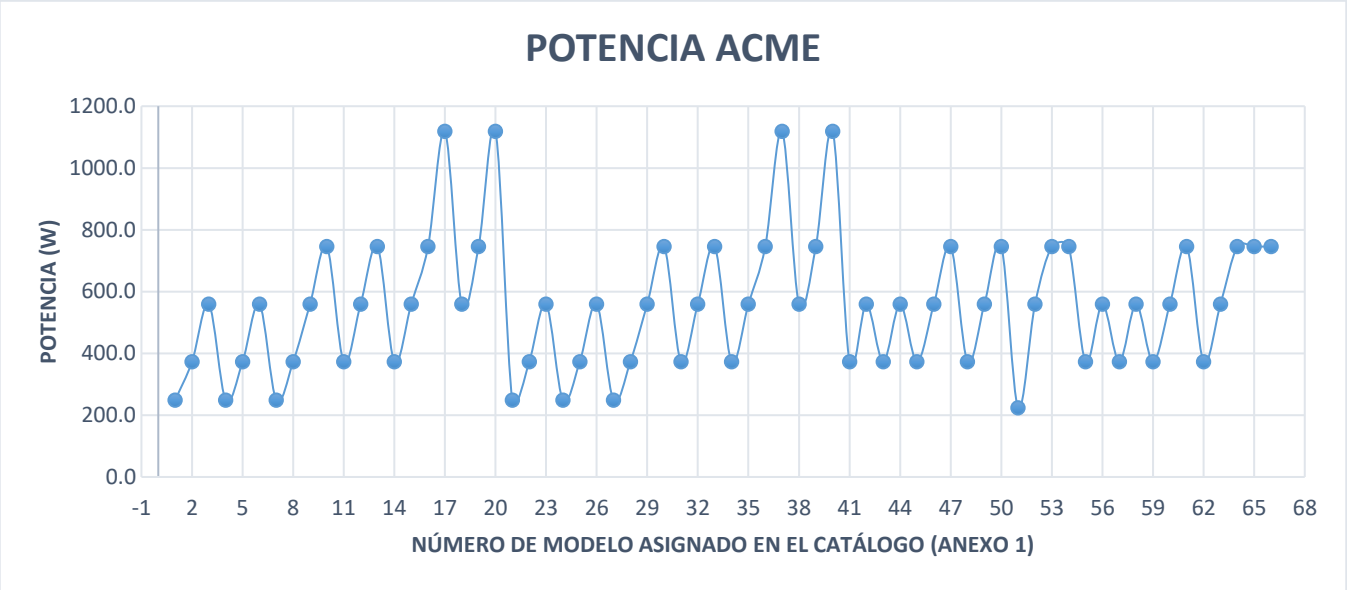
IX. RESULTADOS

1. ACME FAN GROUP

La marca Acme Fan Group, es una empresa familiar de ingeniería, pruebas y fabricación de equipos de ventilación para mercados comerciales, industriales, agrícolas, hortícolas y OEM durante 80 años. Fundada en 1938, Acme Engineering and Manufacturing Corporation es conocida mundialmente como líder en la fabricación de ventiladores, sopladores y equipos de ventilación. El crecimiento de Acme durante el último medio siglo es un tributo a calidad superior, lealtad del cliente y empleados dedicados y representantes de ventas. Hoy, desde su sede en Muskogee, Oklahoma, Acme atiende a clientes de todo el mundo con movimiento de aire de alta calidad y productos de control. (ACMEFAN, 2019).

Con aproximadamente 350,000 pies cuadrados de fabricación espacio, Acme produce una de las líneas de aire más amplias, equipo de mudanza en la industria. La fabricación de equipos y una fuerza laboral bien capacitada y experimentada es la clave para la entrega oportuna de productos de movimiento de aire de calidad.

1.1 POTENCIA ACME FAN GROUP

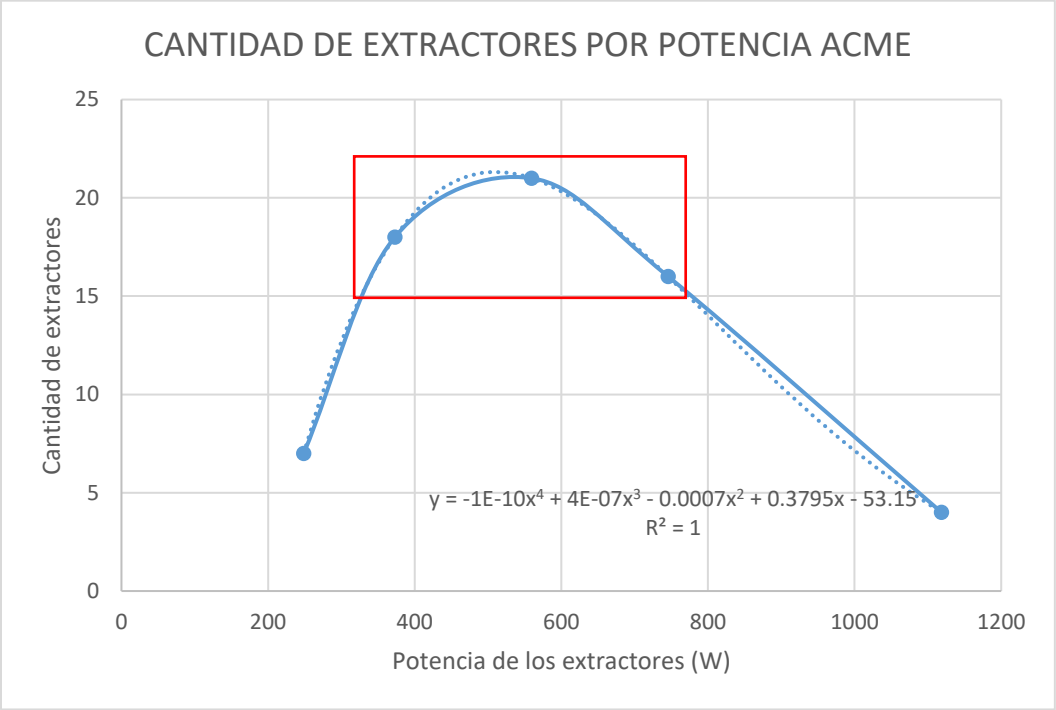


Gráfica 3 Potencia en W de cada modelo de la marca ACME.

De los 66 extractores de la marca ACME (Gráfica 4), la mayor potencia generada es de 1185.5 W o 1.5 Hp, y solamente 4 modelos cuentan con ella, los cuales son: DC54-4K-D, DC48K-D, DC54K-B y DC48K-B. Posteriormente en la (tabla 4) se puede observar con mayor precisión la cantidad exacta de extractores que hay para cada potencia.

Tabla 4 Estadística de extractores por potencia.

Cantidad y porcentaje de extractores		
%	W	N
11	248.6	7
27	372.9	18
32	559.3	21
24	745.7	16
6	1118.6	4
100	TOTAL	66



Gráfica 4 Cantidad de extractores por potencia de la marca ACME

Analizando la potencia de los extractores de la marca ACME se calculó que el 6% de estos son los extractores con mayor potencia los cuales tiene 1118.6 W, el 11% son extractores de 248.6 W de potencia, el 24% son extractores con una potencia de 745.7 W de potencia, el 27% tienen una potencia de 372.9 W y el 32% tienen una potencia de 559.3 W. En el rectángulo rojo de la (Gráfica 3) se puede observar que el 83% de los extractores se encuentran en las potencias que van de 300 a 800 W. dando a conocer que la mayoría de extractores de la marca ACME están diseñados para potencias bajas. Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de las potencias proyecta la siguiente ecuación:

$$y = -1E\text{-}10x^4 + 4E\text{-}07x^3 - 0.0007x^2 + 0.3795x - 53.15 \qquad \text{Ec. (20)}$$

$$R^2 = 1$$

Ecuación 20 Línea de tendencia de las potencias en extractores ACME

Según la línea de tendencia obtenida se aprecia que solo 20 extractores tienen un rango de potencia de entre 200 W a 400 W, 21 extractores entran en el rango de entre 400 W a 600 W, 16 extractores entran en el rango de 600 W a 800 W y solo 4 extractores entran en el rango de 1000 w a 1200 W, llegando a la conclusión de que ACME tiende a fabricar extractores de baja potencia.

1.2 CAUDAL ACME

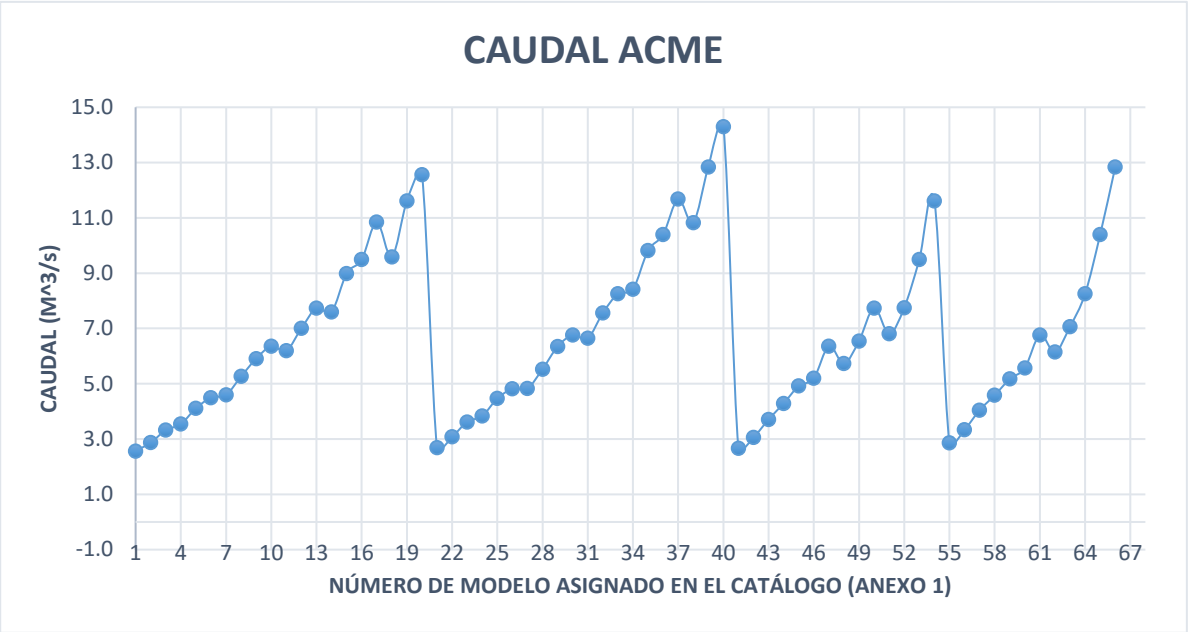
Respecto a los catálogos, se observa que ACME (Gráfica 5), presenta el mayor caudal en su modelo DC54-4K-D cuyo caudal cubre los 14.3 m^3/s.

Analizando el caudal de los extractores de la marca ACME en la (tabla 5) se calculó que el 8% de estos son los extractores con menor caudal, los cuales tienen de 2 a 2.9 m^3/s, el 12% son extractores de3 a 3.9 m^3/s, el 15% son extractores con un caudal de 4 a 4.9 m^3/s, el 11% tienen un caudal de 5 a 5.9 m^3/s, el caudal con un rango que va de 6 a 6.9 m^3/s corresponde al 15%, el 11% es de un caudal de 7 a 7.9 m^3/s, el 8% representa al rango de 9 a 9.9 m^3/s , el 6% son extractores con caudales de 10 a 10.9 m^3/s , mientras que los caudales que van de 8 a 8.9, 11 a 11.9 y 12 a 12.9 m^3/s representan el 5% cada rango, finalmente, el mayor caudal es de 14 a 14.9 m^3/s, el cual representa al 2% del total de extractores. En el rectángulo rojo de la (Gráfica 6) se puede observar que el 64% de los extractores se encuentran en los caudales que van de 3 a 7.9 m^3/s. Lo cual indica que la mayoría de extractores de la marca ACME están diseñados para caudales más pequeños, mientras que el 46% restante, pertenecen a caudales de mayor dimensión.

Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de los caudales proyecta la siguiente ecuación:

$$y = -0.0008x5 + 0.019x4 - 0.086x3 - 0.7386x2 + 5.5245x + 0.3182 \qquad \text{Ec. (21)}$$
$$R^2 = 0.8418$$

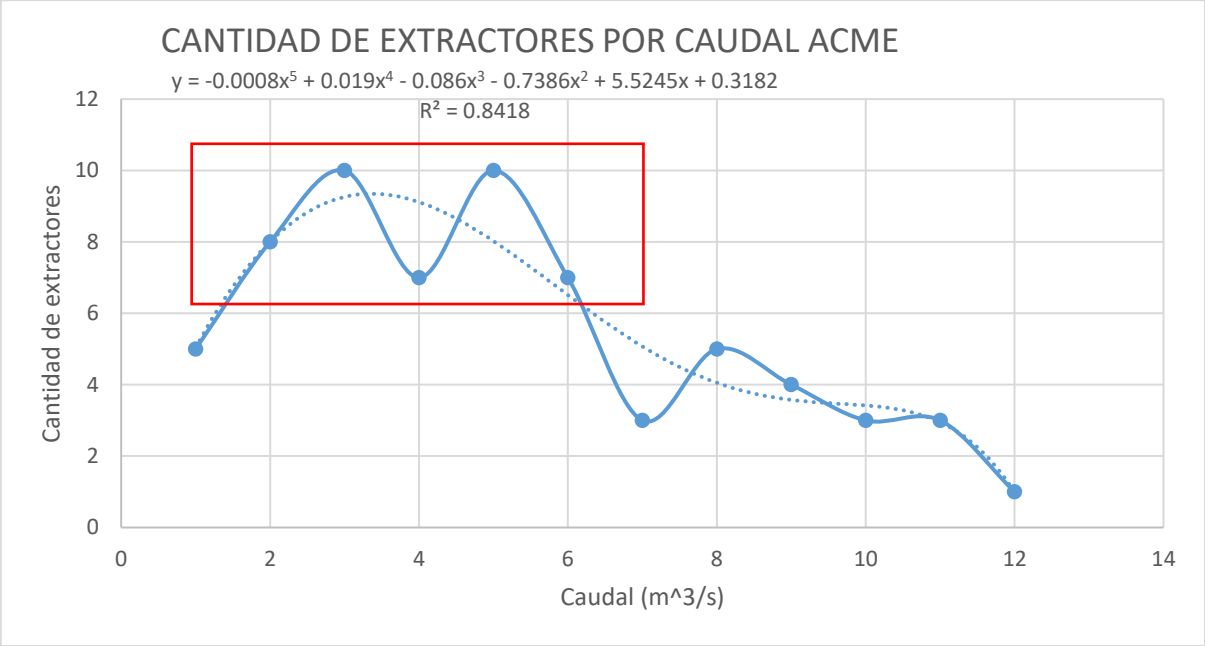
Ecuación 21 Línea de tendencia de los caudales en extractores ACME



Gráfica 5 Caudal en m³/s de cada modelo de la marca ACME

Tabla 5 Estadística de extractores por caudal ACME

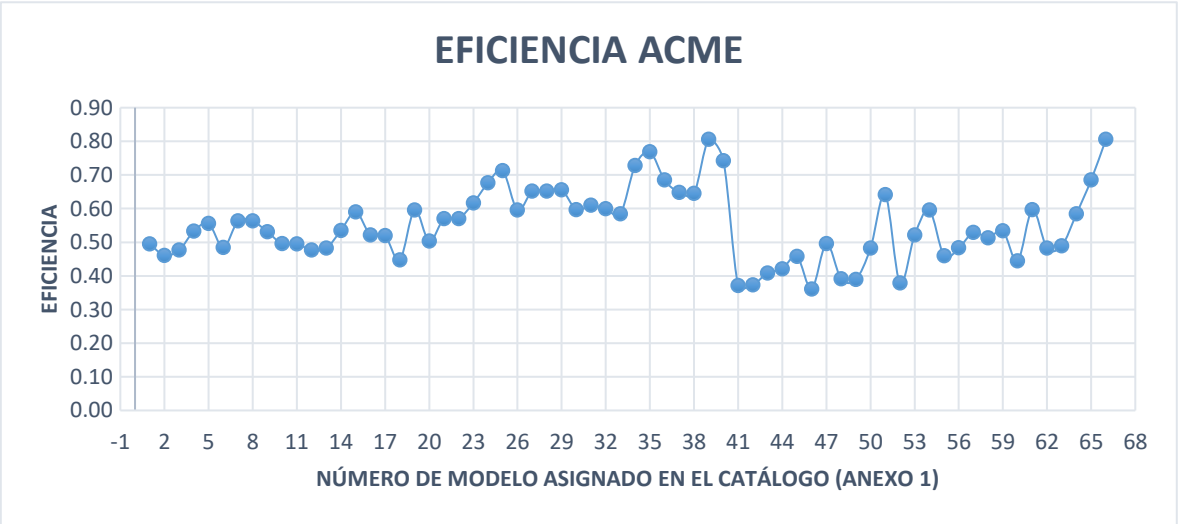
%	(m^3/s)	N
8	2-2.9	5
12	3-3.9	8
15	4-4.9	10
11	5-5.9	7
15	6-6.9	10
11	7-7.9	7
5	8-8.9	3
8	9-9.9	5
6	10-10.9	4
5	11-11.9	3
5	12-12.9	3
2	14-14.9	1
100	TOTAL	66



Gráfica 6 Cantidad de extractores por caudal de la marca ACME

1.3 EFICIENCIA ACME

Dentro de la marca ACME se encuentran 2 modelos que proporciona una eficiencia de 81%, los cuales son DC54-4J-D y DC54-4J-2S-D, los cuales representan la mayor eficiencia de la marca (Gráfica 7).

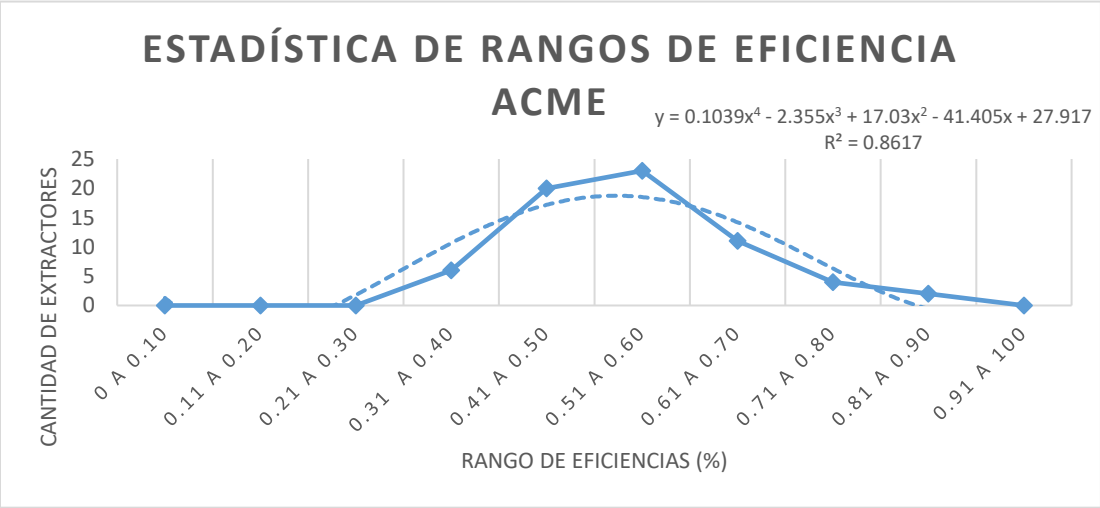


Gráfica 7 Eficiencia por modelo de la marca ACME

En la (Tabla 6) se presenta la cantidad de modelos pertenecientes a la eficiencia, la cual es expuesta en rangos de 10, así mismo se presenta en la (gráfica 8) su estadística, en donde se muestra que de un total de 66 extractores de la marca ACME, solamente 2 de ellos alcanzan una eficiencia de entre 81 y 90%, 4 pertenecen al rango que va de 71 a 80%. 11 extractores tienen eficiencia de 61 a 70%. Todos estos extractores que tienen una eficiencia mayor al 60% representan a las eficiencias más elevadas, las cuales se enlistan en el anexo 5, donde se han organizado por eficiencia de menor a mayor, también se pueden observar las características de cada extractor.

Tabla 6 Estadística de rangos de eficiencia ACME.

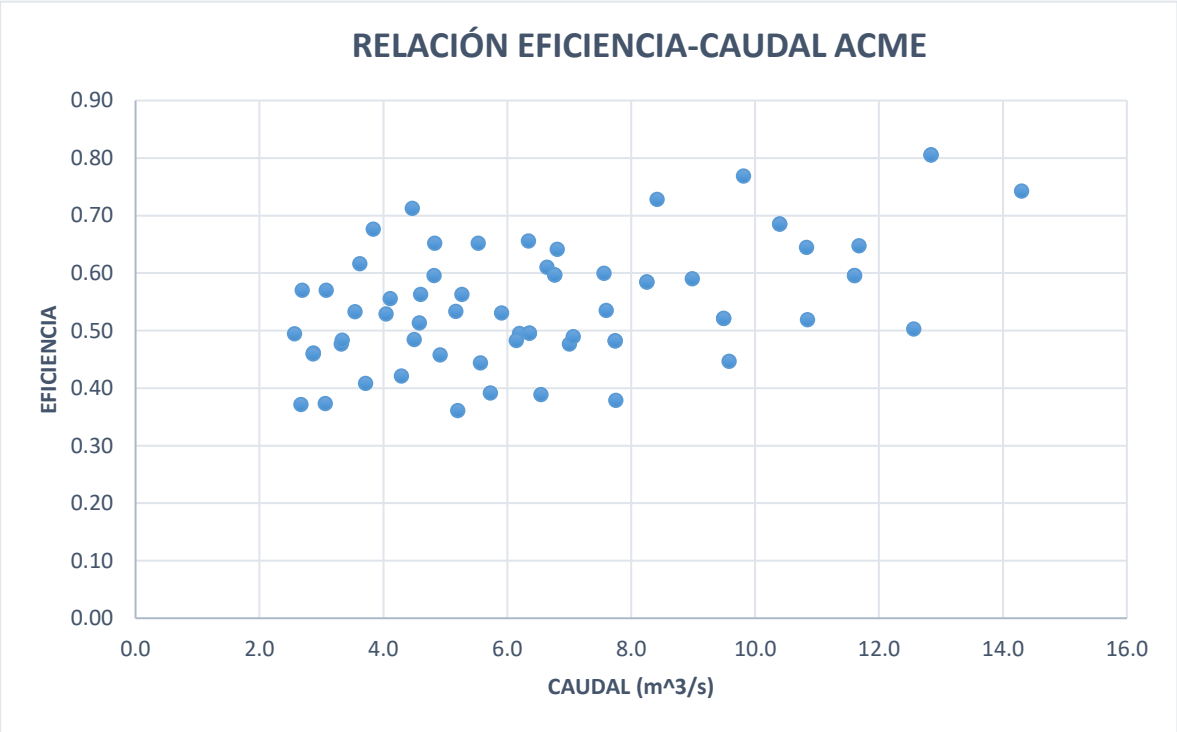
RANGOS DE η	CANTIDAD
0 A 0.10	0
0.11 A 0.20	0
0.21 A 0.30	0
0.31 A 0.40	6
0.41 A 0.50	20
0.51 A 0.60	23
0.61 A 0.70	11
0.71 A 0.80	4
0.81 A 0.90	2
0.91 A 100	0
TOTAL	66



Gráfica 8 Estadística de rangos de eficiencia ACME

1.4 RELACIÓN ENTRE LA EFICIENCIA Y CAUDAL

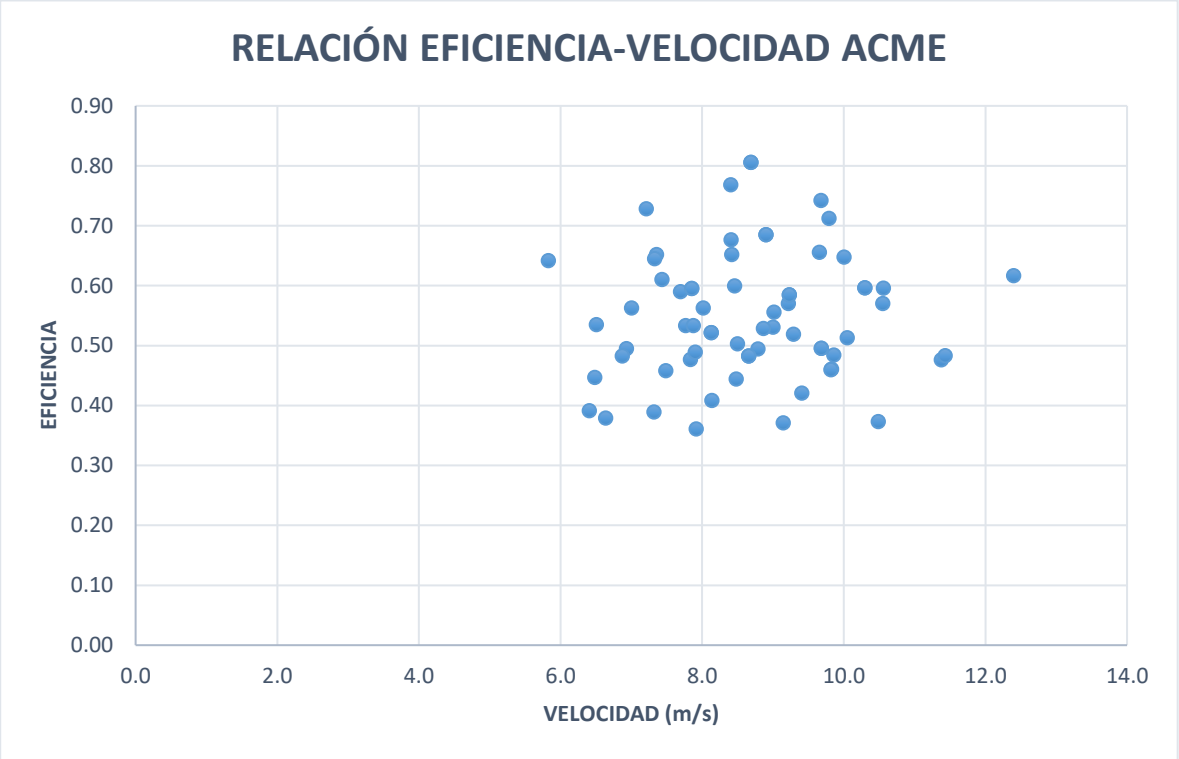
Dentro del análisis de la eficiencia contra el caudal se puede apreciar en la (Gráfica 9) que dependiendo de los diseños de esta marca varía mucho la eficiencia, pero algo que destacar es que la eficiencia de todos sus modelos no es menor del 35%, y la mayor es del 81 % este con un caudal de 12.8 m^3/s que son los modelos DC54-4J-2S-D y el modelo DC54-4J-D, los cuales son los que tienen la mayor eficiencia, por esto si se llega a implementar en un invernadero de pared húmeda con un caudal de 12.8 m^3/s o menor este tendrá una eficiencia del 81%.



Gráfica 9 Relación Eficiencia- Caudal ACME

1.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD

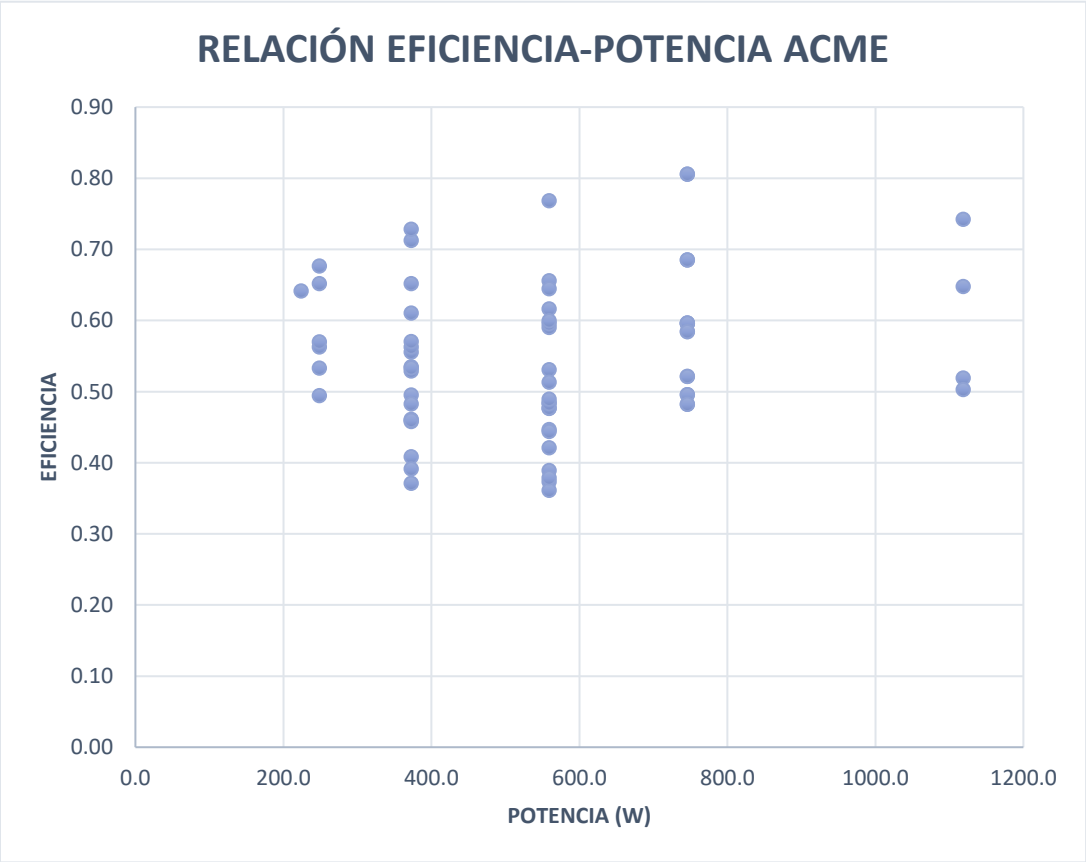
Con el análisis de eficiencia en comparación con la velocidad (Gráfica 10) se puede analizar que no porque tengan la mayor velocidad son más eficientes ya que los modelos DC54-4J-2S-D y el modelo DC54-4J-D que son los más eficientes presentan una velocidad de 8.7 m/s, esto con un caudal de 12.8 m^3/s y aunque hay extractores que alcanzan unas velocidades de hasta 12.4 m/s no son los más eficientes.



Gráfica 10 Relación eficiencia-velocidad ACME

1.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA

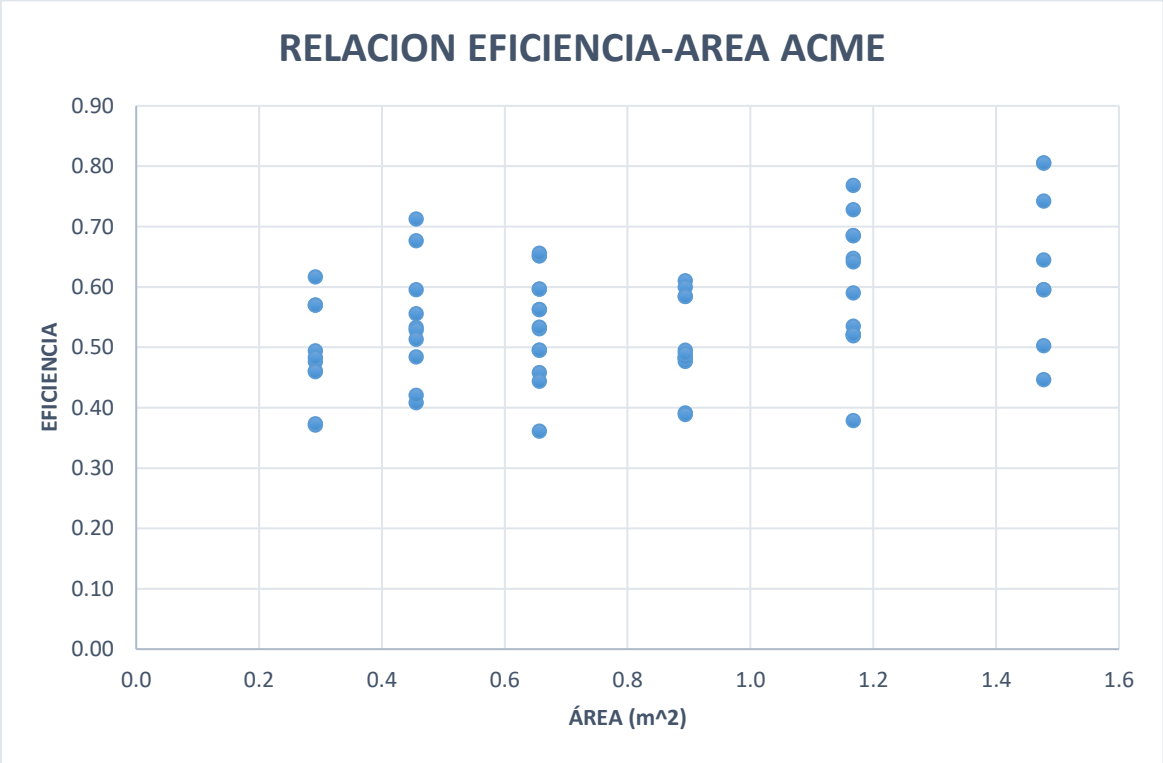
Con el análisis de eficiencia en comparación con la potencia (Gráfica 11) se puede analizar que no porque tengan la mayor potencia son más eficientes ya que los modelos DC54-4J-2S-D y el modelo DC54-4J-D los cuales tienen una potencia de 600.7 W, a una velocidad de 8.7 m/s, esto con un caudal de 12.8 m^3/s, pero dentro de esta marca hay extractores que pueden alcanzar una potencia de hasta 830.4 W, dependerá de las características que se necesiten en el invernadero de pared húmeda para poder elegir si es el más potente o el más eficiente aunque con una menor potencia.



Gráfica 11 Eficiencia- Potencia ACME

1.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA

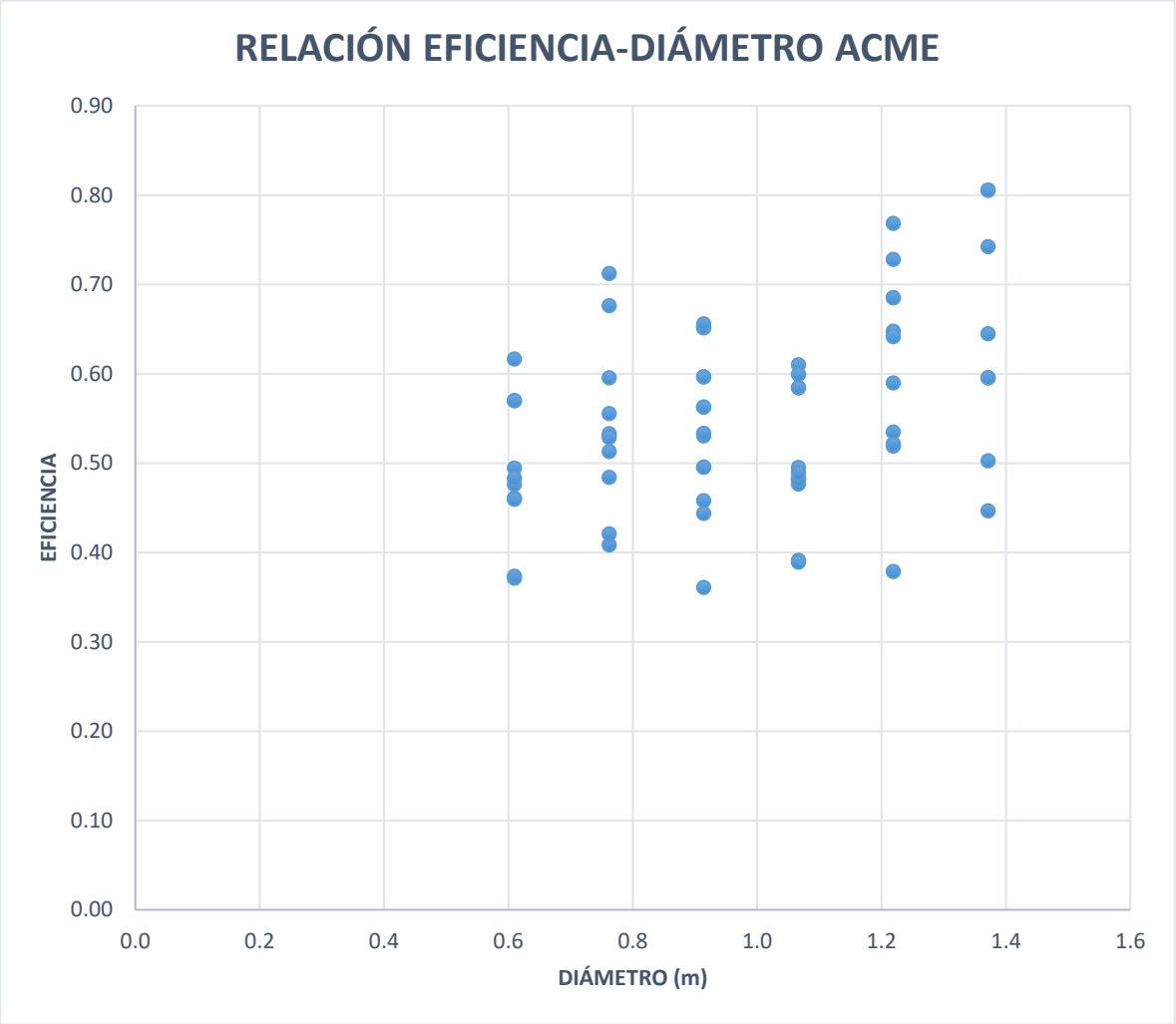
Dentro del análisis de eficiencia en comparación con el área (Gráfica 12), aquí se aprecia que los más eficientes son de los de mayor área de 1.5 m^2 y los extractores de menor área tienen un área de barrido de 0.3 m^2 , de esta marca se puede analizar que los extractores con mayor área de barrido solo tienen 1.5 m^2 y los modelos más eficientes con esta área son los modelos DC54-4J-2S-D y el modelo DC54-4J-D los cuales tienen una potencia de 600.7 W, a una velocidad de 8.7 m/s, esto con un caudal de 12.8 m^3/s



Gráfica 12 Relación eficiencia-área ACME

1.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO

En el análisis de eficiencia en relación con el diámetro (Gráfica 13) aquí podemos encontrar que los extractores con mayor eficiencia son los que tienen un mayor diámetro los cuales son de 1.4 m, los cuales son los modelos DC54-4J-2S-D y el modelo DC54-4J-D los cuales tienen un área de 1.5 m^2 una potencia de 600.7 W, a una velocidad de 8.7 m/s, esto con un caudal de 12.8 m^3/s. estos extractores son los dos mejores de todos los modelos de ACME.



Gráfica 13 Relación eficiencia-diámetro ACME

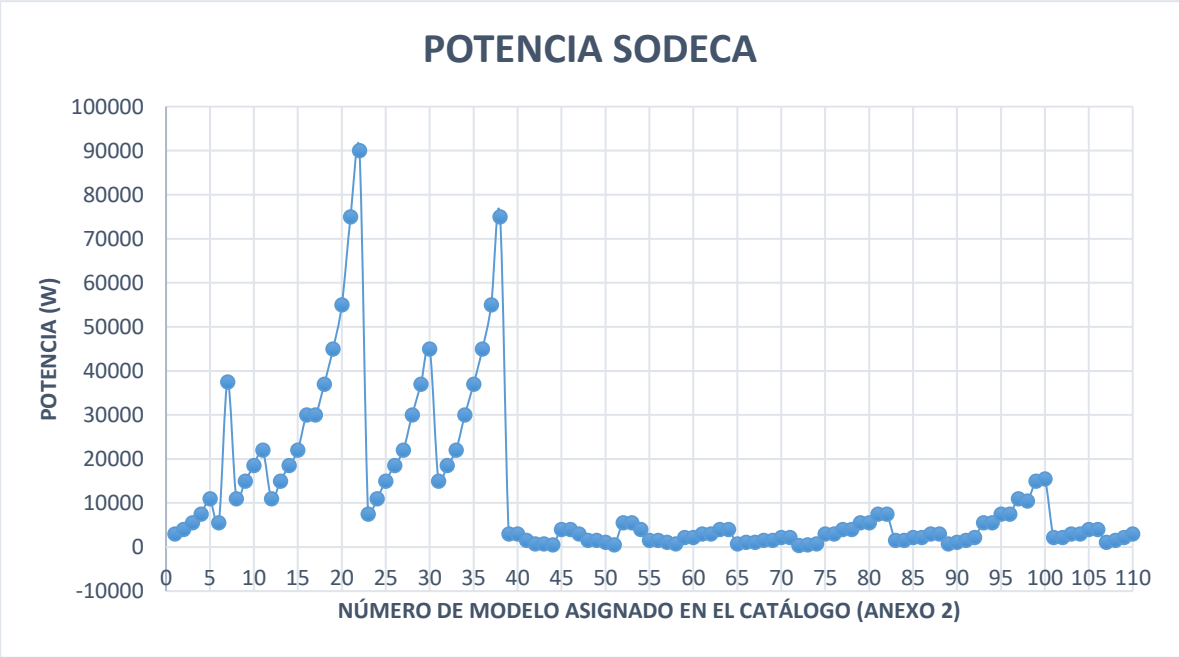
2. SODECA

SODECA centra su actividad en la producción de ventiladores industriales, sistemas de ventilación y extractores para la evacuación de humos, desde 1983 año de su fundación.

Los ventiladores y extractores de SODECA están presentes en todos los países europeos y en gran parte del mundo, gracias a la calidad del producto y a los métodos de investigación y desarrollo utilizados. Sus procedimientos de calidad utilizados y certificados por BUREAU VERITAS (compañía global de servicios de ensayo, inspección y certificación), según ISO 9001:2015, son otra de las razones que sitúan a SODECA como uno de los mejores y más reconocidos fabricantes de ventiladores de Europa. (SODECA, 2019).

2.1 POTENCIA SODECA

Para la marca SODECA, el modelo HTP-125-4T-125 con un diámetro de 1.25 m, tiene una potencia de 90000 W, entre los 110 diferentes productos, este dispositivo es el que cuenta con una mayor potencia. (Gráfica 14).



Gráfica 14 Potencia en W de cada modelo de la marca SODECA

De las 4 marcas el extractor más potente pertenece a SODECA con el modelo HTP-125-4T-125 con una potencia de 90000 w y un diámetro de 1.25 m, se puede observar que el tamaño o diámetro del extractor no se relaciona con su capacidad de potencia, todo depende del motor y las especificaciones que se desean, este en general es el más potente y no muy grande, con estas características puede ser la mejor opción para la implementación en invernaderos de pared húmeda.

Analizando la potencia de los extractores de la marca SODECA se observa en la (tabla 7) que existen 66 extractores con la potencia más baja, la cual va de 0 a 4.9 KW y representa al 60% del total de extractores, el 7% son extractores de 5 a 9.9 KW de potencia, el rango de potencia de 10 a 14.9 KW representa el 5%, el 9% tienen una potencia de 15 a 19.9 KW, mientras que los rangos de potencia que van de 20 a 24.9 KW, 30 a 34.9 KW, 35 a 39.9 KW representan el 4% respectivamente, el 3% tiene potencias de 45 a 49.9 KW, los rangos de potencias que tienen entre 55 a 59.9 KW y de 75 a 79.9 KW representan el 2% de extractores, y finalmente el 1% es representado por la potencia que va de 85 a 90 KW, la cual es la potencia más alta registrada en esta marca.

En el rectángulo rojo de la (Gráfica 15) se puede observar que el 60% de los extractores se encuentran en las potencias que no superan los 5 KW. Lo cual indica que, de 110 extractores, 44 de ellos o el 40% son de potencias más altas.

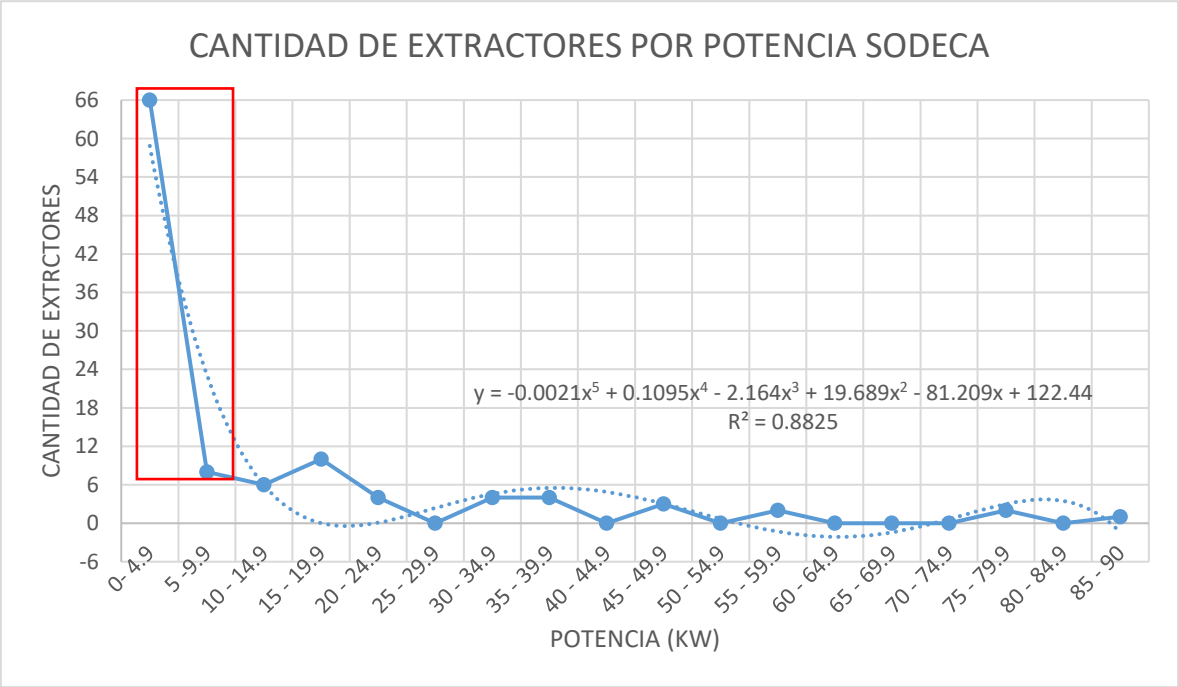
Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de las potencias proyecta la siguiente ecuación:

$$y = -0.0021x^5 + 0.1095x^4 - 2.164x^3 + 19.689x^2 - 81.209x + 122.44 \qquad R^2 = 0.8825 \qquad \text{Ec. (22)}$$

Ecuación 22 Línea de tendencia de las potencias en extractores SODECA

Tabla 7 Estadística de extractores por potencia SODECA

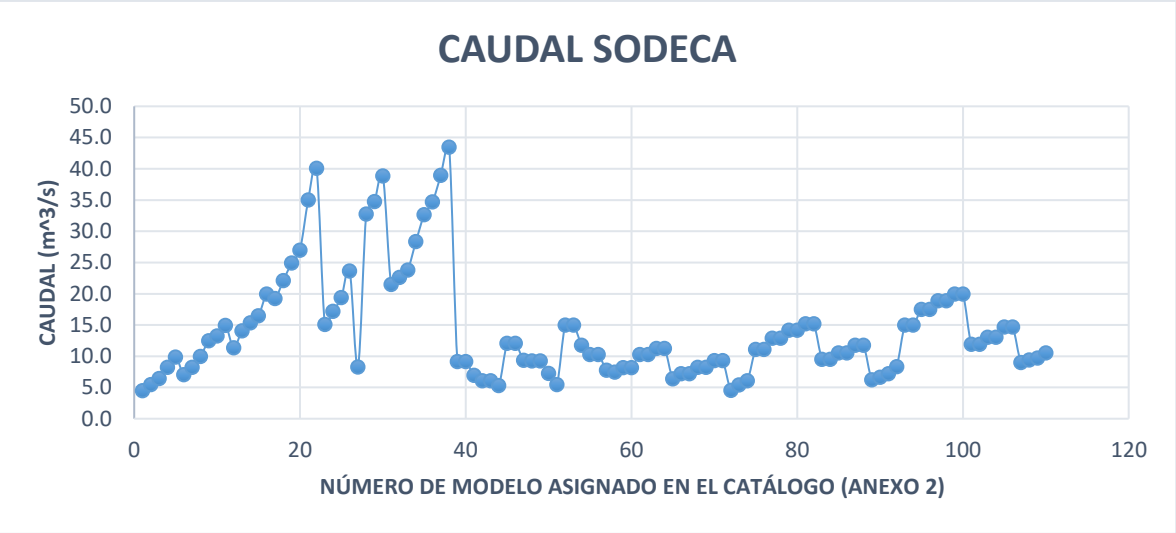
%	KW	N
60	0- 4.9	66
7	5 -9.9	8
5	10 - 14.9	6
9	15 - 19.9	10
4	20 - 24.9	4
0	25 - 29.9	0
4	30 - 34.9	4
4	35 - 39.9	4
0	40 - 44.9	0
3	45 - 49.9	3
0	50 - 54.9	0
2	55 - 59.9	2
0	60 - 64.9	0
0	65 - 69.9	0
0	70 - 74.9	0
2	75 - 79.9	2
0	80 - 84.9	0
1	85 - 90	1
100	TOTAL	110



Gráfica 15 Estadística de extractores por potencia SODECA

2.2 CAUDAL SODECA

En la (Gráfica 16) se puede observar que la marca SODECA cuenta con una mayor cantidad de dispositivos con el diámetro requerido, sin embargo, pocos son los que cuentan con un caudal grande, específicamente, el modelo HGT/ HGTX-125-4T/6-100, ya que cuenta con 43.5 m^3/s.



Gráfica 16 Caudal por modelo de la marca SODECA

Analizando el caudal de los extractores de la marca SODECA en la (Tabla 8) se observa que el 2% de los extractores tienen un menor caudal que corresponde a un rango de 0 a 4.9 m^3/s, el 36% son extractores de 5 a 9.9 m^3/s, el 28% son extractores con un caudal de 10 a 14.9 m^3/s, el 15% tienen un caudal de 15 a 19.9 m^3/s, los caudales con un rango que va de 20 a 24.9 representan el 9% y los de 25 a 29.9 m^3/s corresponde al 1%, los caudales más grandes van de 30 a 34.9 m^3/s los cuales abarcan el 4%, los caudales de 35 a 39.9 m^3/s son el 3% y los de 40 a 45 m^3/s representan el 2% del total de 110 extractores. En el rectángulo rojo de la (Gráfica 17) se puede observar que el 90% de los extractores se encuentran en los caudales que van de 0 a 24.9 m^3/s. Lo cual indica que la mayoría de extractores de la marca SODECA están diseñados para caudales más pequeños, mientras que el 10% restante, pertenecen a caudales de mayor dimensión, los cuales van de 25 a 45 m^3/s.

Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de los caudales proyecta la siguiente ecuación:

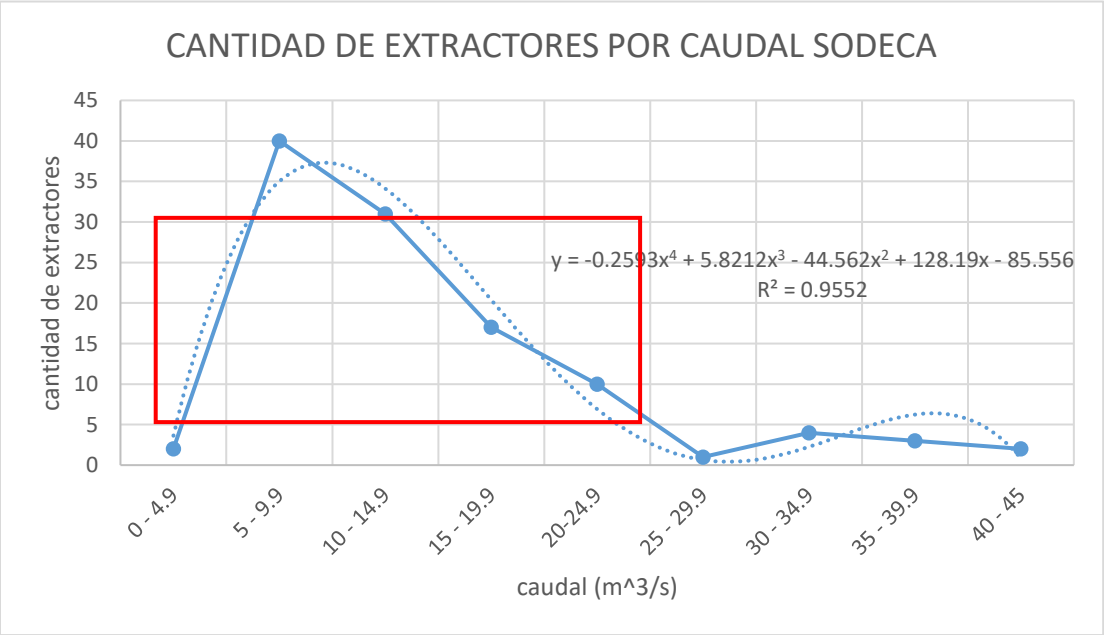
$$y = -0.2593x^4 + 5.8212x^3 - 44.562x^2 + 128.19x - 85.556 \qquad \text{Ec. (23)}$$

$$R^2 = 0.9552$$

Ecuación 23 Línea de tendencia de los caudales en extractores SODECA

Tabla 8 Estadística de extractores por caudal SODECA

%	(m^3/s)	N
2	0 - 4.9	2
36	5 - 9.9	40
28	10 - 14.9	31
15	15 - 19.9	17
9	20-24.9	10
1	25 - 29.9	1
4	30 - 34.9	4
3	35 - 39.9	3
2	40 - 45	2
100	TOTAL	110



Gráfica 17 Estadística de extractores por caudal SODECA

Es importante mencionar que en este informe se establece el modelo con el caudal más grande, sin embargo, el caudal deberá elegirse en referencia a las medidas del lugar en el cual será instalado el extractor, así como el volumen de aire que sea desea renovar.

2.3 EFICIENCIA SODECA

La marca SODECA (Gráfica 18), cuenta con dos modelos que proporcionan una eficiencia del 92%, los cuales son “HCH HFT HCT 80-6T-2” y “HCH HFT HCT 80-6/12T-2”. Ambos cuentan con las mismas características (diámetro de 0.8m, caudal de 8.3 m^3 y potencia de 1500 W) la diferencia entre ellos es el número de polos del motor, en la (ilustración 26) se muestra el significado de cada código en el modelo, en la cual, se puede analizar la discordancia entre los modelos anteriormente mencionados.

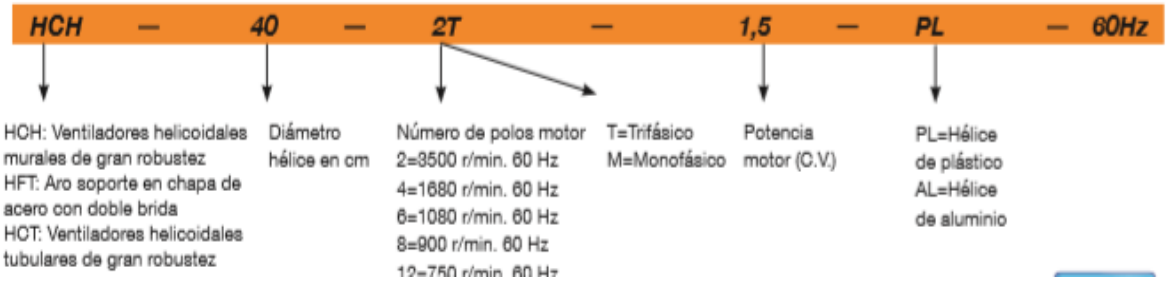
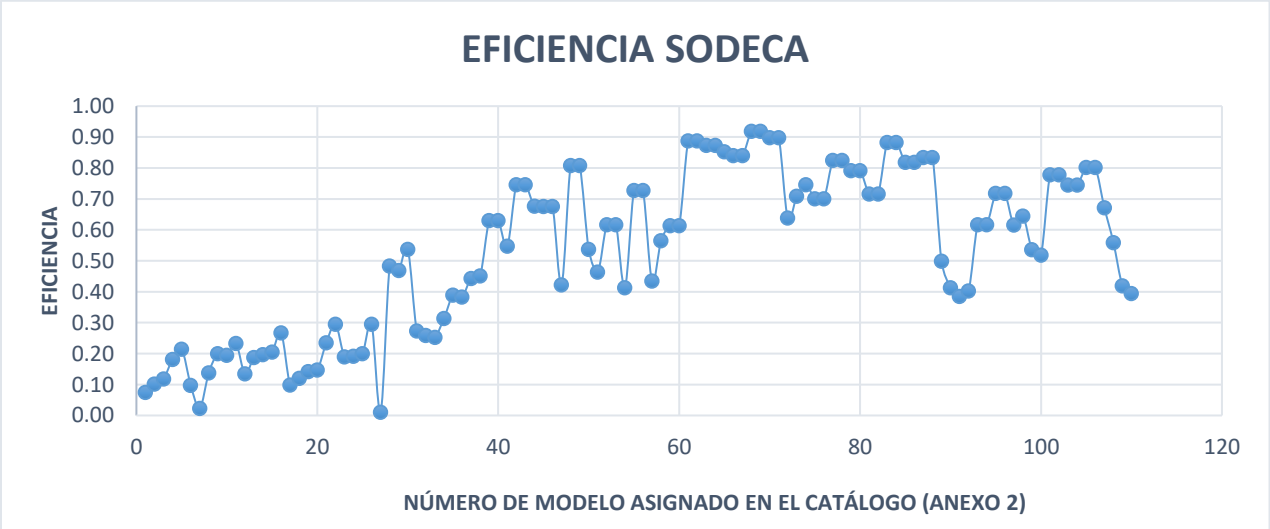


Ilustración 26 Representación de códigos SODECA

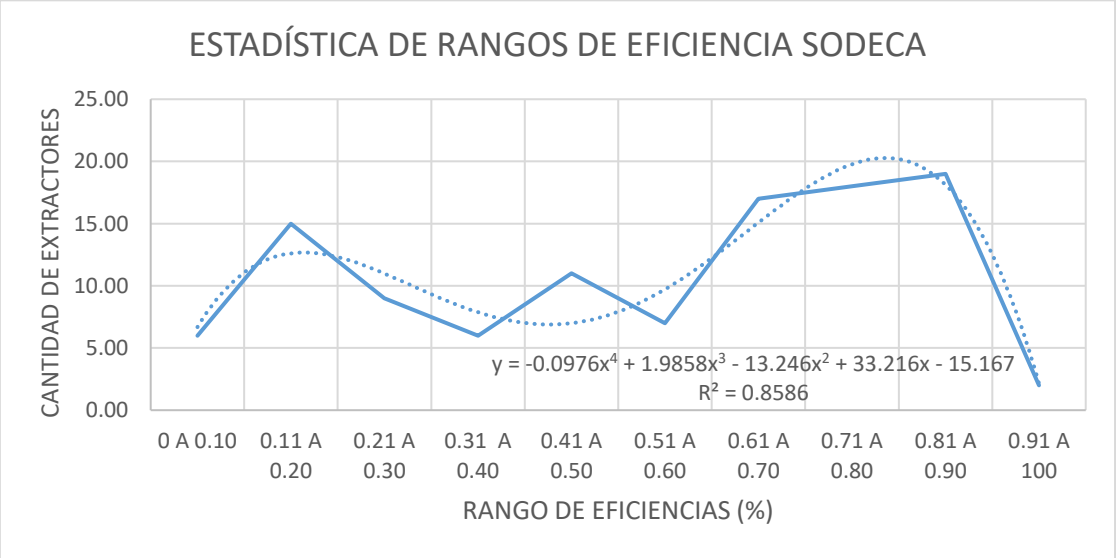


Gráfica 18 Eficiencia por modelo de la marca SODECA

Siguiendo con este razonamiento, se presenta en la (Tabla 9) la cantidad de modelos pertenecientes a la eficiencia, la cual es expuesta en rangos de 10, así mismo se presenta en la (Gráfica 19) su estadística, en donde se muestra que de un total de 110 extractores de la marca Sodeca, solamente 2 de ellos cuentan con una eficiencia de entre 91 y 100%, 19 pertenecen al rango que va de 81 a 90%. 18 extractores tienen eficiencia de 71 a 80%. Todos estos extractores que tienen una eficiencia mayor al 60% representan a las eficiencias más elevadas, las cuales se enlistan en el anexo 5, donde se han organizado por eficiencia de menor a mayor, también se pueden observar las características de cada extractor.

Tabla 9 estadística de eficiencia SODECA

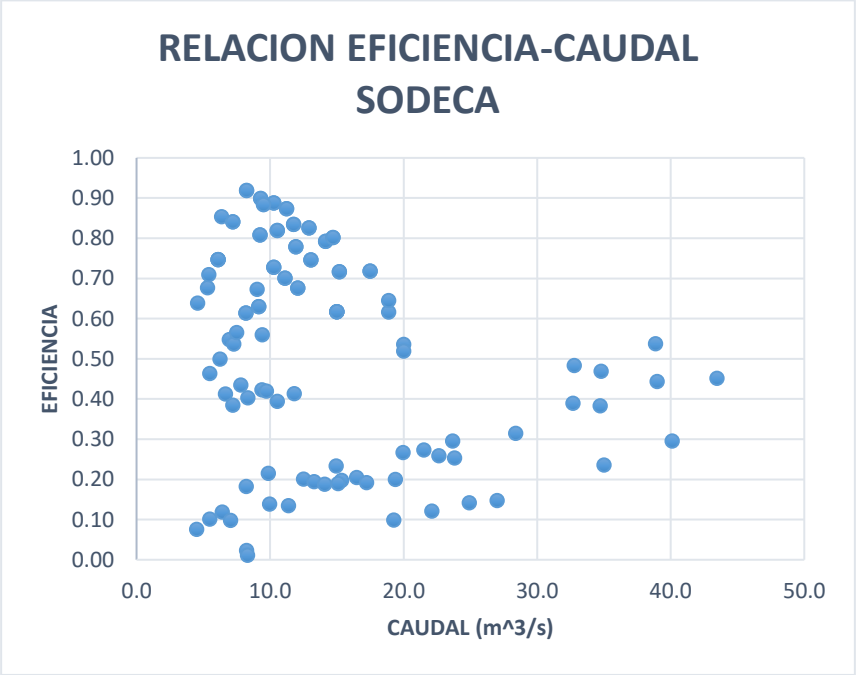
RANGOS DE η	CANTIDAD
0 A 0.10	6
0.11 A 0.20	15
0.21 A 0.30	9
0.31 A 0.40	6
0.41 A 0.50	11
0.51 A 0.60	7
0.61 A 0.70	17
0.71 A 0.80	18
0.81 A 0.90	19
0.91 A 100	2
TOTAL	110.00



Gráfica 19 Estadística de rangos de eficiencia SODECA

2.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL

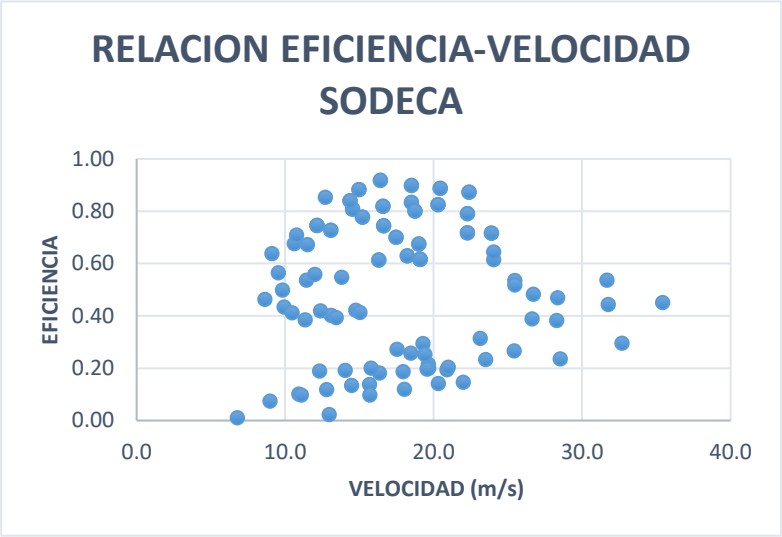
Para el caso de la relación entre la eficiencia y el caudal (Gráfica 20) se observa que el caudal más grande es de 43.5 m3/s, sin embargo, su eficiencia corresponde solamente al 45% dichas características pertenecen al modelo HGT/ HGTX-125-4T/6-100. Para el caso de la eficiencia más alta la cual es de 92%, su caudal es de 8.3 m3/s y son los modelos “HCH HFT HCT 80-6/12T-2” y “HCH HFT HCT 80-6T-2”.



Gráfica 20 Relación eficiencia-caudal SODECA

2.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD

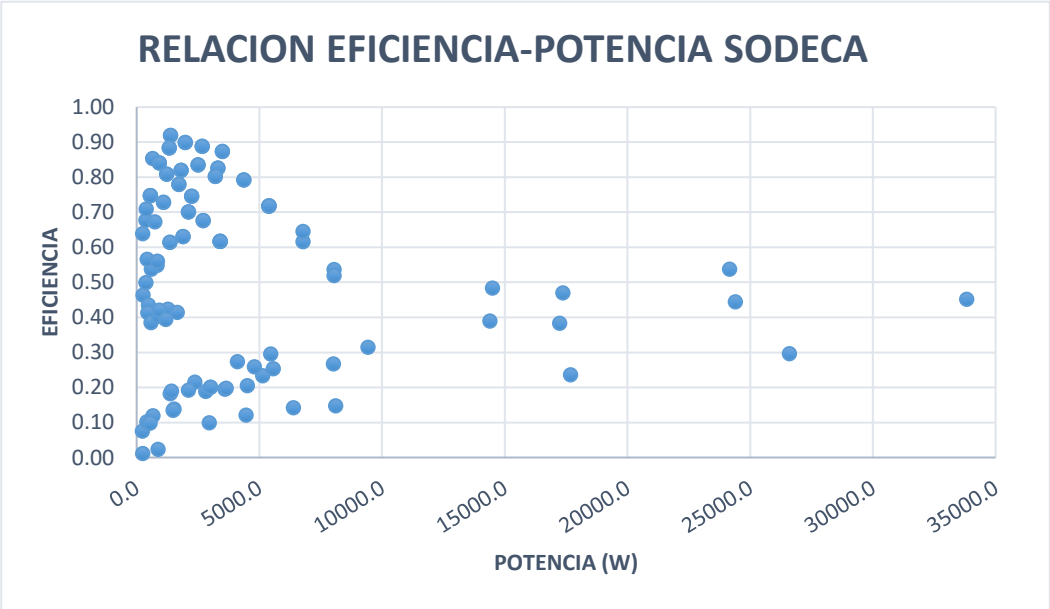
La relación entre eficiencia y velocidad (Gráfica 21) muestra que la mayor eficiencia con 92% tiene una velocidad de 16.4 m/s, mientras que la velocidad más alta corresponde al modelo HGT/ HGTX-125-4T/6-100. El cual tiene una velocidad de 35.4, sin embargo, su eficiencia es de 45%.



Gráfica 21 Relación Eficiencia-Velocidad SODECA

2.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA

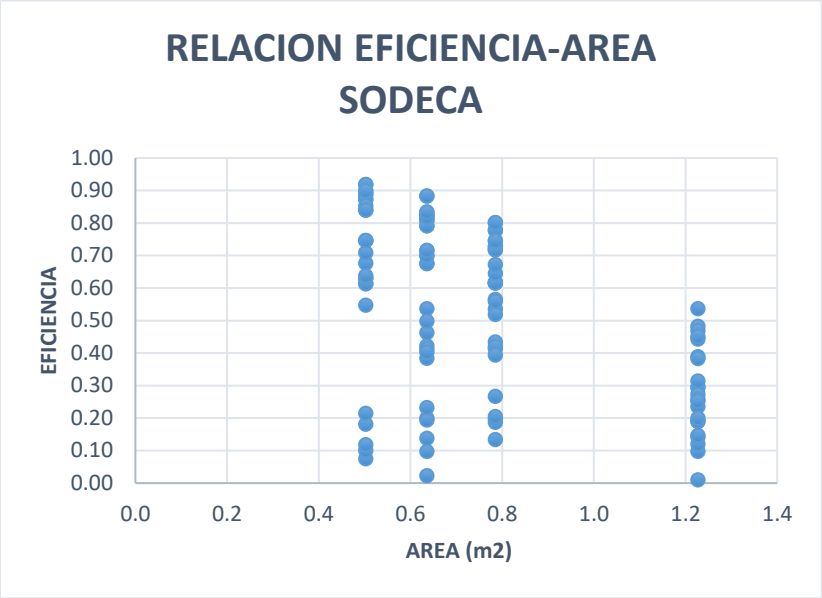
La relación de la eficiencia con la potencia para los extractores de la marca SODECA (Gráfica 22), indican que la eficiencia más alta corresponde a 92%, sin embargo, la potencia es de las más bajas con 1377.9 W, y para el caso del modelo HGT/ HGTX-125-4T/6-100 tiene la potencia más alta de 33822.5 W y su eficiencia corresponde al 45%.



Gráfica 22 Relación Eficiencia-potencia SODECA

2.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA

La relación de la eficiencia con el área para los extractores de la marca SODECA (Gráfica 23), indican que la eficiencia más alta corresponde a 92%, sin embargo, el área es de las más pequeñas con 0.5 m^2, y para el caso del modelo que tiene el área más grande de 1.2 m^2 y su eficiencia corresponde al 54%.



Gráfica 23 Relación Eficiencia- área SODECA

2.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO

En la relación que existe entre la eficiencia y el diámetro de los extractores de la marca SODECA (Gráfica 24) se puede observar que un diámetro mayor no es sinónimo de una eficiencia elevada, en este caso pasa lo contrario, los modelos que tienen una mayor eficiencia son aquellos que cuentan con un diámetro de 0.8 (“HCH HFT HCT 80-6/12T-2” y “HCH HFT HCT 80-6T-2”). Por otra parte, el modelo que tiene el diámetro más grande corresponde al “HGT/ HGTX-125-4T/3-30” el cual, tiene un diámetro de 1.2 m y una eficiencia del 0.01%.

Gráfica 24 Relación eficiencia-diámetro SODECA

3. SOLER &PALAU

La marca S&P ha alcanzado reconocimiento mundial gracias a su equipo humano, a la calidad, fiabilidad y a una férrea apuesta por la innovación. Soler & Palau Ventilation Group ha basado su proyecto en una serie de preceptos que han pautado el pasado, presente y futuro de la empresa:

- Tecnología propia: Si el proyecto de S&P debía ser fuerte y consolidarse en el tiempo, era necesario basarse en la creatividad y aportar productos diferenciales, evitando imitar lo que hacían los demás. S&P ha registrado, a lo largo de su historia, 80 patentes propias, más de 20 modelos industriales y más de 120 modelos de utilidad.
- Internacionalización y Crecimiento: S&P tuvo claro que la garantía de futuro de la empresa pasaba por abrirse al mundo y entrar en nuevos mercados con elevados niveles de competitividad. Ello obligaba a una constante mejora del producto. Actualmente S&P es un líder mundial en ventilación, con centros productivos en Europa, América y Asia. Una potente estructura de distribución, mediante filiales y distribuidores exclusivos, permite que S&P esté presente en todos los mercados mundiales, dando cobertura y servicio.

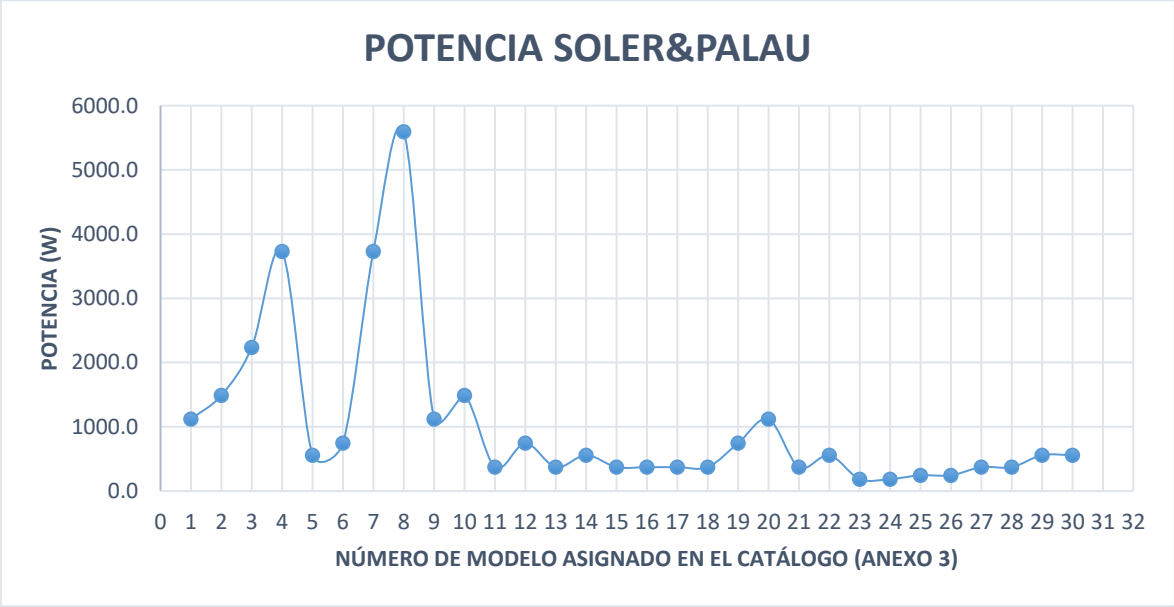
- Autofinanciación: Una de las fortalezas de S&P ha sido el crecimiento constante y la política de reinversión de beneficios, tanto en el campo de investigación como de producción y comercialización. Esto ha permitido que S&P sea una empresa autofinanciada, lo que le proporciona una total independencia en la toma de decisiones.

Soler & Palau fue creada en 1951. En estos primeros años de historia de la empresa, han trabajado con firmeza y determinación para conseguir que Soler & Palau Ventilation Group sobrepase nuestras fronteras y alcance una dimensión global.

Las marcas evaluadas tienen como principal objetivo satisfacer las necesidades de sus clientes a través de los productos que ofrecen, así mismo, brindan asesoría técnica, de instalación y reparación, garantía en todos los dispositivos, manuales y certificaciones correspondientes.
Cabe destacar que las marca que ofrece una mayor eficiencia para este informe es Soler&Palau. (SOLER&PALAU, 2019).

3.1 POTENCIA SOLER & PALAU

De la marca SOLER&PALAU el modelo con mayor potencia es hXA/P-4-1000/h con un diámetro de 1 m, generando una potencia de 5592.8 W, dentro de todos los productos de esta marca este dispositivo es el que cuenta con una mayor potencia, y con las características adecuadas para los invernaderos de pared húmeda (Gráfica 25).



Gráfica 25 Potencia en W de cada modelo de la marca SOLER&PALAU

En la (Tabla 10) la potencia de los extractores de la marca SOLER & PALAU se puede notar que solamente existe un extractor con mayor potencia el cual tiene 5592.8 W y representa el 3% del total de los extractores, el 14% son extractores que tienen potencias entre 180 y 250 W de potencia, el 30% son extractores con una potencia de 372.9 W de potencia, el 16% tienen una potencia de 559.3 W, el 20% tienen una potencia que van de los 745.7 W a 1118.6 W. Y el 17% pertenece a potencias desde 1491.4 W hasta 3728.5 W En el rectángulo rojo del (Gráfica 26) se puede observar que el 60% de los extractores se encuentran en las potencias que van de 180 a 560 W aproximadamente, por otra parte, el 40% de los extractores representan el área de potencias mayores, que van de 745.7 W a 5592.8 W.

Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de las potencias proyecta la siguiente ecuación:

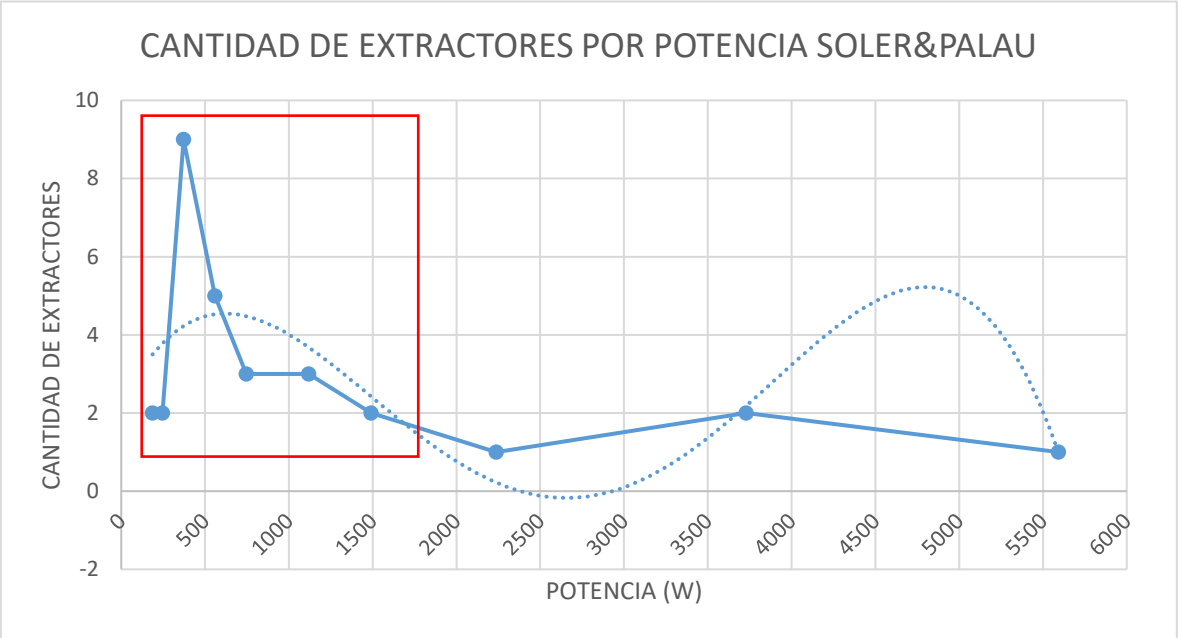
$$y = -3E\text{-}13x^4 + 3E\text{-}09x^3 - 9E\text{-}06x^2 + 0.0084x + 2.2305 \qquad \text{Ec. (24)}$$

$$R^2 = 0.387$$

Ecuación 24 Línea de tendencia de las potencias en Extractores SOLER&PALAU

Tabla 10 Estadística de extractores por potencia SOLER&PALAU

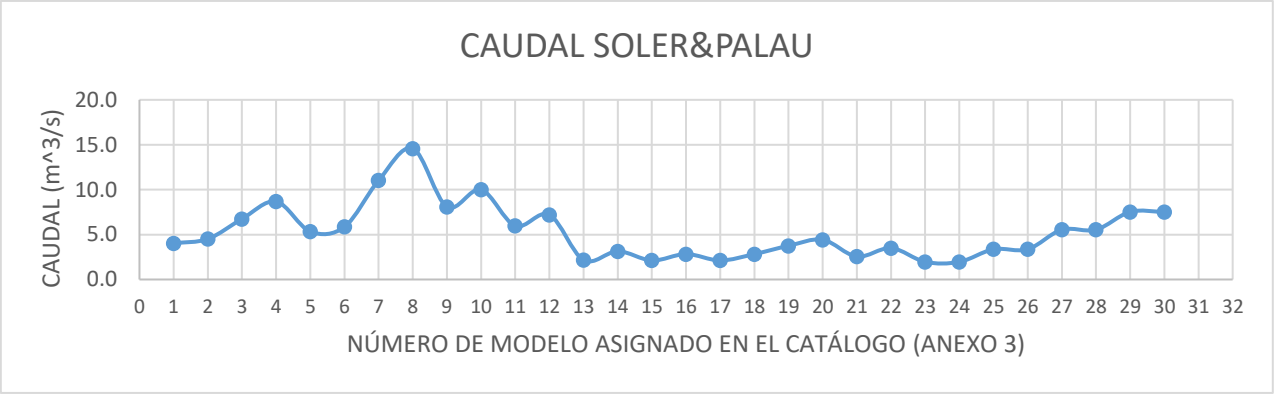
%	W	N
7	186.4	2
7	246.1	2
30	372.9	9
16	559.3	5
10	745.7	3
10	1118.6	3
7	1491.4	2
3	2237.1	1
7	3728.5	2
3	5592.8	1
100	TOTAL	30



Gráfica 26 Estadística de extractores por potencia SOLER&PALAU

3.2 CAUDAL SOLER&PALAU

La marca SOLER&PALAU ofrece el modelo hXA/P-4-1000/h, el cual, es el que se encuentra diseñado para un mayor caudal con 14.6 m^3/s (Gráfica 27).



Gráfica 27 Caudal por modelo de la marca SOLER&PALAU

Analizando el caudal de los extractores de la marca SOLER&PALAU en la (Tabla 11) se observa que el 27% de los extractores tienen un menor caudal que corresponde a un rango de 2 a 2.9 m^3/s, el 17% son extractores de 3 a 3.9 m^3/s, el 10% son extractores con un caudal de 4 a 4.9 m^3/s, el 13% tienen un caudal de 5 a 5.9 m^3/s, el caudal con un rango que va de 6 a 6.9 m^3/s corresponde al 7%, el 10% es de un caudal de 7 a 7.9 m^3/s, el 7% representa al rango de 8 a 8.9 m^3/s , el 3% son extractores con caudales de 10 a 10.9 m^3/s, finalmente, el mayor caudal es de 14 a 15 m^3/s, el cual representa al 3% del total de extractores. En el rectángulo rojo del (Gráfica 28) se puede observar que el 74% de los extractores se encuentran en los caudales que van de 2 a 8.9 m^3/s. Lo cual indica que la mayoría de extractores de la marca ACME están diseñados para caudales más pequeños, mientras que el 26% restante, pertenecen a caudales de mayor dimensión.

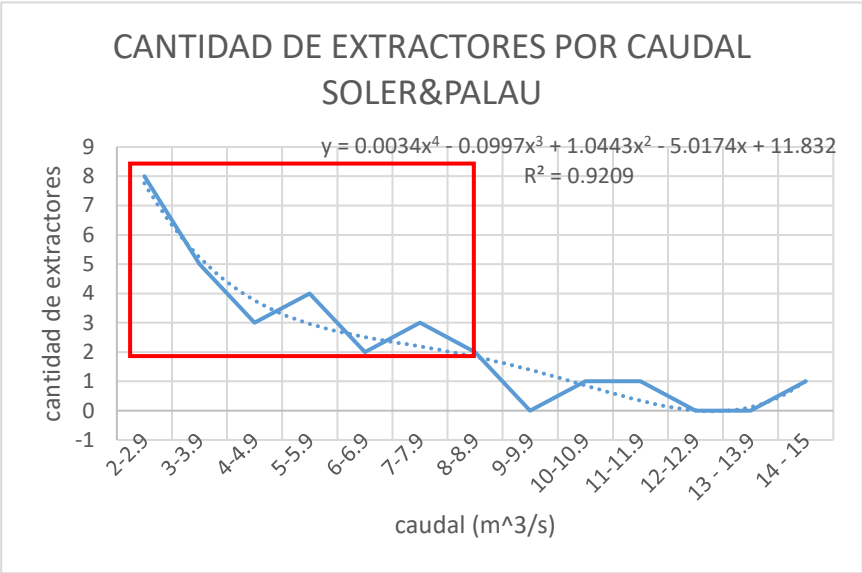
Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de los caudales proyecta la siguiente ecuación:

$$y = 0.0034x^4 - 0.0997x^3 + 1.0443x^2 - 5.0174x + 11.832 \qquad R^2 = 0.9209 \qquad \text{Ec. (25)}$$

Ecuación 25 Línea de tendencia de los caudales en los Extractores de la marca SOLER&PALAU

Tabla 11 Estadística de extractores por caudal SOLER&PALAU

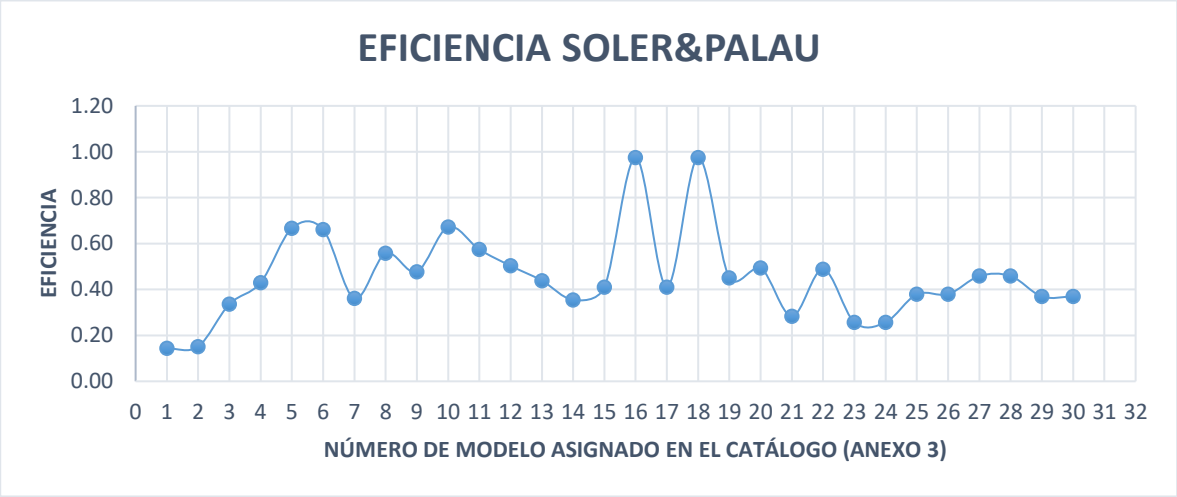
%	(m^3/s)	N
27	2-2.9	8
17	3-3.9	5
10	4-4.9	3
13	5-5.9	4
7	6-6.9	2
10	7-7.9	3
7	8-8.9	2
0	9-9.9	0
3	10-10.9	1
0	11-11.9	1
0	12-12.9	0
0	13 - 13.9	0
3	14 - 15	1
97	TOTAL	30



Gráfica 28 Estadística de extractores por caudal SOLER&PALAU

3.3 EFICIENCIA SOLER&PALAU

La marca SOLER&PALAU cuenta con 2 modelos HXB-500/H y HXT-500/H, que resultan muy eficientes, pues ambos cuentan con un 98% de eficiencia, las características de estos modelos son iguales, lo que los hace diferentes es la tensión, ya que para el primer modelo se maneja una tensión de 127 V, y para el segundo de 230 V. (Gráfica 29).

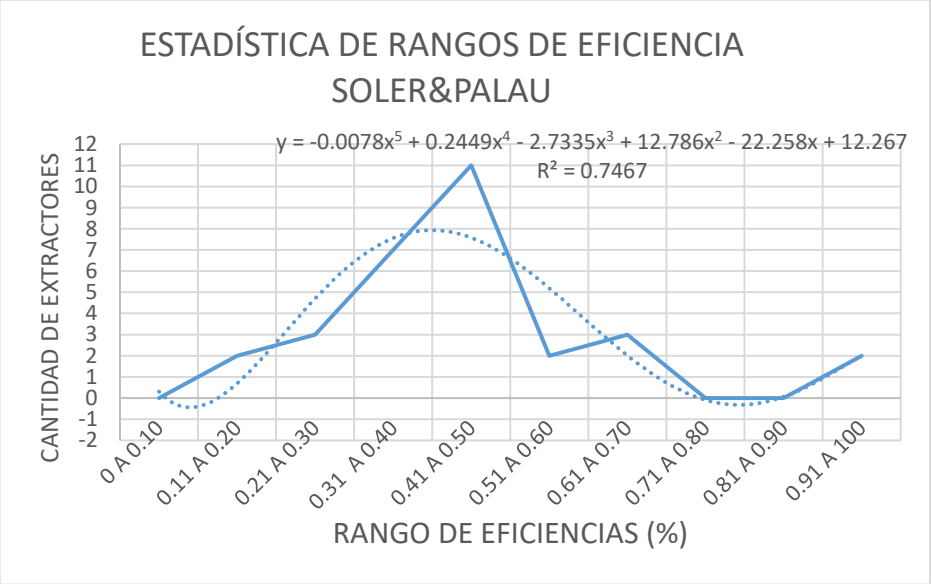


Gráfica 29 Eficiencia por modelo de la marca SOLER&PALAU

En la (Tabla 12) se presenta la cantidad de modelos pertenecientes a la eficiencia, la cual es expuesta en rangos de 10, así mismo se presenta en la (Gráfica 30) su estadística, en donde se muestra que de un total de 30 extractores de la marca SOLER&PALAU, solamente 2 de ellos alcanzan una eficiencia de entre 91 y 100%, 3 pertenecen al rango que va de 61 a 70%. 2 extractores tienen eficiencia de 51 a 60%. Todos estos extractores que tienen una eficiencia mayor al 60% representan a las eficiencias más elevadas, las cuales se enlistan en el anexo 5, donde se han organizado por eficiencia de menor a mayor, también se pueden observar las características de cada extractor.

Tabla 12 estadística de rangos de eficiencia SOLER&PALAU

ESTADÍSTICA DE RANGOS DE EFICIENCIA	
RANGOS DE η	CANTIDAD
0 A 0.10	0
0.11 A 0.20	2
0.21 A 0.30	3
0.31 A 0.40	7
0.41 A 0.50	11
0.51 A 0.60	2
0.61 A 0.70	3
0.71 A 0.80	0
0.81 A 0.90	0
0.91 A 100	2
TOTAL	30.00

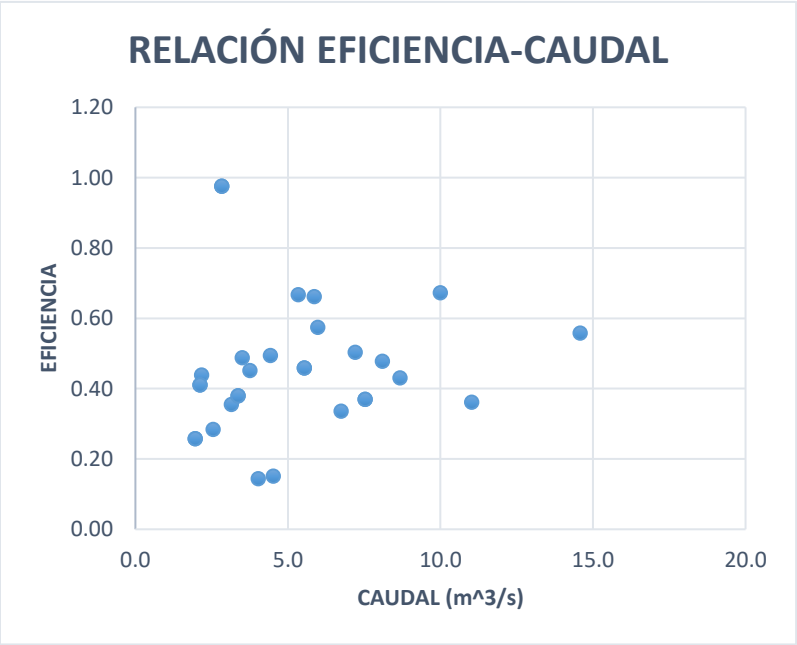


Gráfica 30 Estadística de rangos de eficiencia SOLER&PALAU

3.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL

Para el caso de la relación entre la eficiencia y el caudal de la marca SOLER&PALAU (Gráfica 31) se observa que el caudal más grande es de 14.6 m^3/s, sin embargo, su eficiencia corresponde solamente al 56% dichas características pertenecen al modelo hXA/P-4-1000/h.

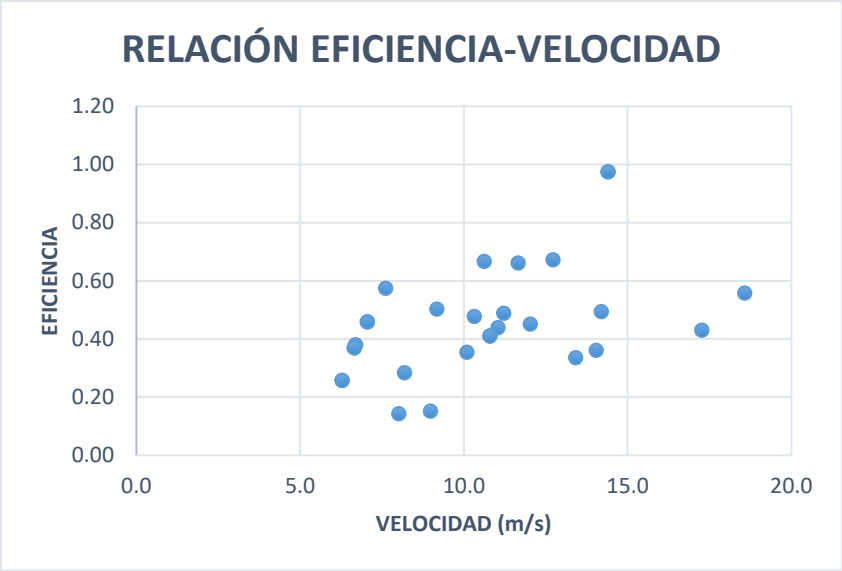
Para el caso de la eficiencia más alta la cual es de 98%, su caudal es de 2.8 m^3/s y es el modelo HXB-500/H.



Gráfica 31 Relación Eficiencia-caudal SOLER&PALAU

3.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD

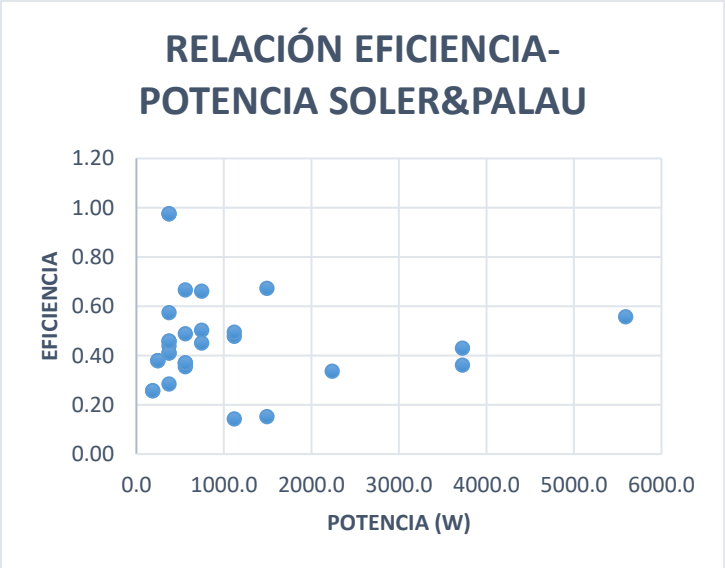
La relación entre eficiencia y velocidad (Gráfica 32) muestra que la mayor eficiencia con 98% tiene una velocidad de 14.4 m/s, mientras que la velocidad más alta corresponde al modelo hXA/P-4-1000/h. El cual tiene una velocidad de 18.6 m/s, sin embargo, su eficiencia es de 56%.



Gráfica 32Relación Eficiencia-Velocidad SOLER&PALAU

3.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA

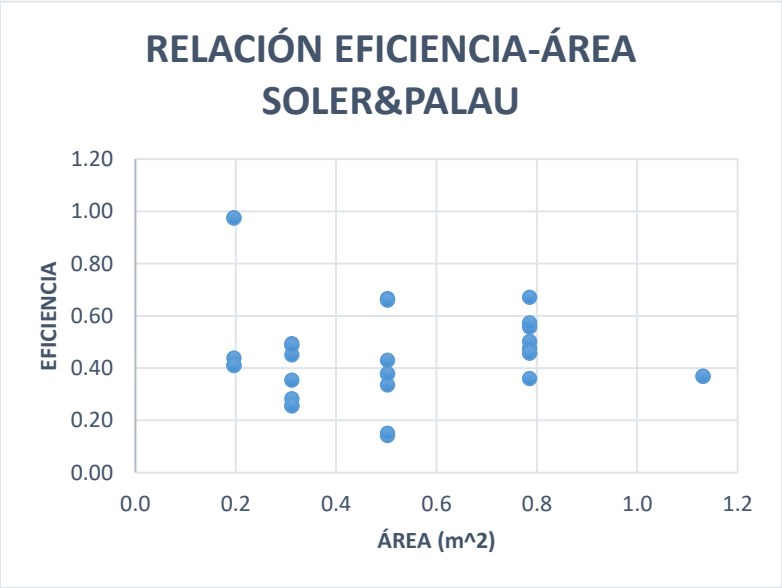
La relación de la eficiencia con la potencia para los extractores de la marca SOLER&PALAU (Gráfica 33), indican que la eficiencia más alta corresponde a 98%, sin embargo, su potencia es de las más bajas con 372.9 W, y para el caso del modelo hXA/P-4-1000/h tiene la potencia más alta de 5592.8 W y su eficiencia corresponde al 56%.



Gráfica 33 Relación Eficiencia-potencia SOLER&PALAU

3.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA

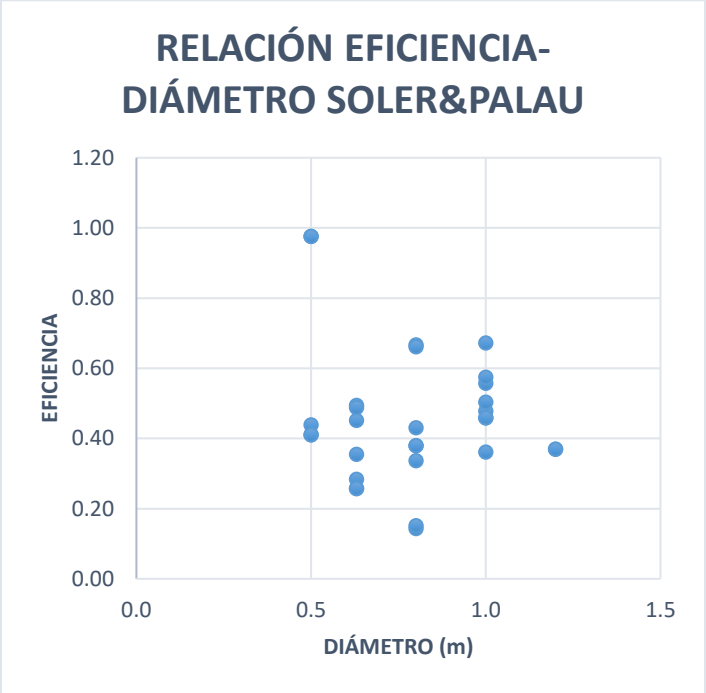
La relación de la eficiencia con el área para los extractores de la marca SOLER&PALAU (Gráfica 34), indican que la eficiencia más alta corresponde a 98%, sin embargo, el área es de las más pequeñas con 0.2 m^2, y para el caso del modelo que tiene el área más grande de 1.1 m^2 y su eficiencia corresponde al 37%.



Gráfica 34 Relación eficiencia-área SOLER&PALAU

3.8 RELACIÓN EFICIENCA-DIÁMETRO

En la relación que existe entre la eficiencia y el diámetro de los extractores de la marca SOLER&PALAU (Gráfica 35) se puede observar que un diámetro mayor no es sinónimo de una eficiencia elevada, en este caso pasa lo contrario, los modelos que tienen una mayor eficiencia (98%) son aquellos que cuentan con un diámetro de 0.5 m “HXB-500/H”. Por otra parte, el modelo que tiene el diámetro más grande corresponde al “HIT-1250” el cual, tiene un diámetro de 1.2 m y una eficiencia del 37%.



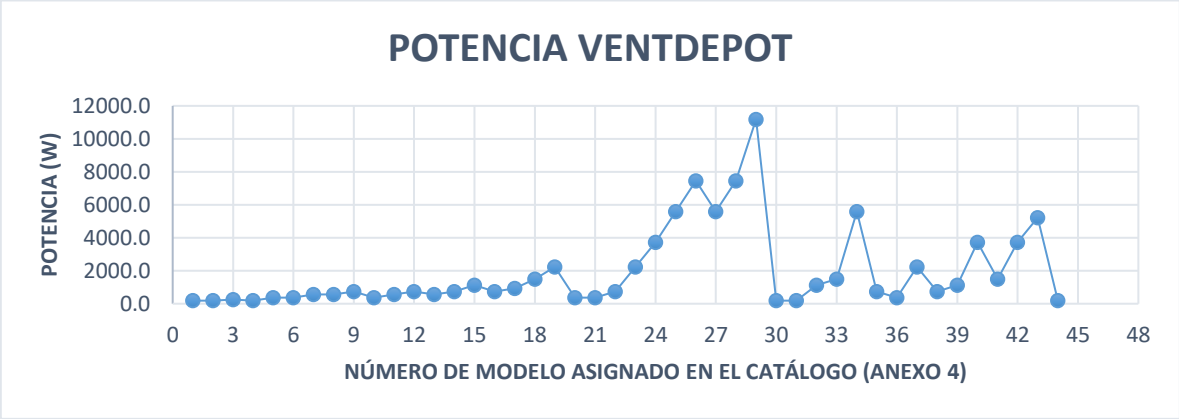
Gráfica 35 Relación Eficiencia-diámetro SOLER&PALAU

4. VENTDEPOT

La marca Ventdepot es una empresa mexicana con más de 20 años de experiencia participando en la industrialización de nuestro país. Colaborando con empresas líderes en la consecución de sus nuevos proyectos HVAC/R (Heating/Calefacción, Ventilation/Ventilación, Air Conditioning/ Aire Acondicionado and Refrigeration /Refrigeración). Tienen capacidad de respuesta a las necesidades de sus clientes, siendo en su inicio enfocada a proyectos de Ventilación Industrial, sin embargo, al ir capitalizando experiencias se agregaron otros servicios como: Aire Acondicionado, Transportación Neumática, Captaciones Localizadas, Sistemas de Filtración de Aire. Esto los ha convertido en una empresa dinámica, con un crecimiento constante y una integración de recursos que les permite brindar un excelente servicio y suministro de equipos (VENTDEPOT, 2019).

4.1 POTENCIA VENTDEPOT

En la marca VENTDEPOT el extractor con mayor potencia es el modelo AXIMONSTER MXAMT-007, ya que genera una potencia de 11185.5 W y cuenta con un diámetro de 3.6m, por esta razón es considerado uno de los mejores productos para su instalación en los invernaderos. (Gráfica 36)



Gráfica 36 Potencia en W de cada modelo de la marca VENTDEPOT

Analizando la potencia de los extractores de la marca VENTDEPOT se observa en la (Tabla 13) que hay sólo un extractor con la potencia más alta, la cual es de 11,185.5 W y representa al 2% del total de extractores, el 5% son extractores de 7457 W de potencia, al igual que estos, la potencia de 5592.8 W representa el 5%, el 2% tienen una potencia de 5219.9 W y las potencias de 3728.5 W, 2237.1 W, 1491.4 W, y 1118.6 W representan el 7% respectivamente. El 16 % corresponde a 715.7 W de potencia, el 9% es de una potencia de 559.3 W, el 14% es de 372.9 W, el 2% tiene potencia de 241.1 W, y finalmente el 16% corresponde a 186.4 W de potencia.

En el rectángulo rojo del (Gráfica 37) se puede observar que el 42% de los extractores se encuentran en las potencias que superan los 1000 W. Lo cual indica que, de 44 extractores, 26 de ellos o el 58% son de baja potencia.

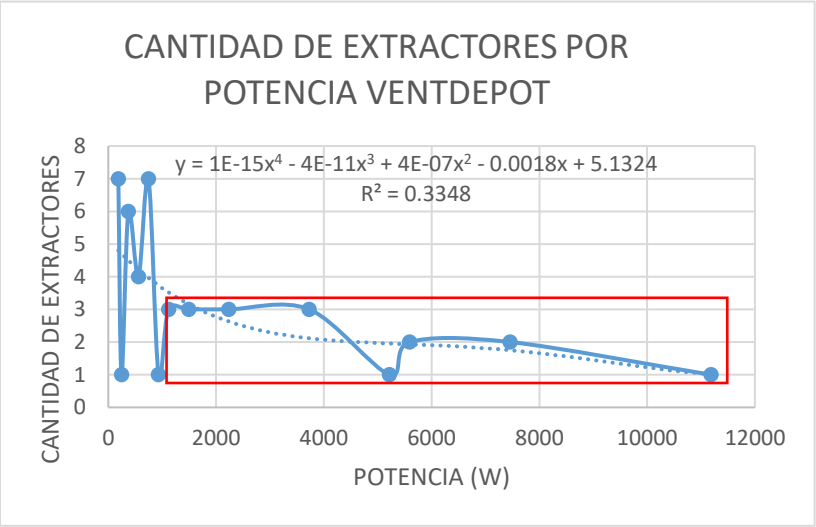
Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de las potencias proyecta la siguiente ecuación:

$$y = 1E\text{-}15x^4 - 4E\text{-}11x^3 + 4E\text{-}07x^2 - 0.0018x + 5.1324 \qquad \text{Ec. (26)}$$

Ecuación 26 Línea de tendencia de las potencias en Extractores de la marca VENDEPOT

Tabla 13 Estadística de extractores por potencia VENTDEPOT

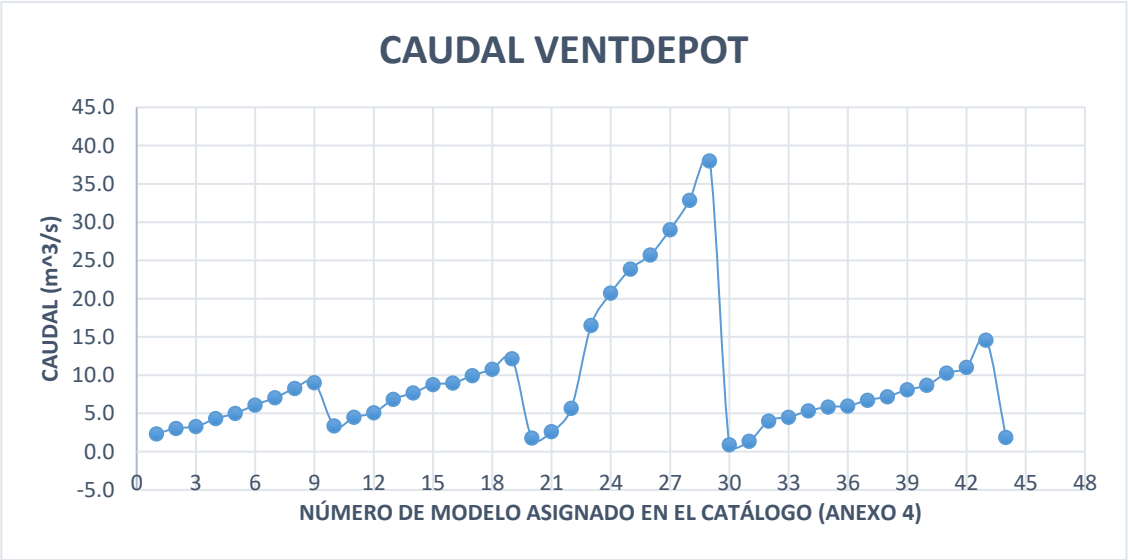
%	W	N
16	186.4	7
2	246.1	1
14	372.9	6
9	559.3	4
16	745.7	7
2	932.1	1
7	1118.6	3
7	1491.4	3
7	2237.1	3
7	3728.5	3
2	5219.9	1
5	5592.8	2
5	7457	2
2	11185.5	1
100	TOTAL	44



Gráfica 37 Estadística de extractores por potencia VENTDEPOT

4.2 CAUDAL VENTDEPOT

Por otro lado, la marca VENTDEPOT tiene a la venta 44 modelos diferentes con diámetro mayor o igual a 0.8m, de los cuales se puede observar que mayor caudal corresponde al modelo AXIMONSTER MXAMT-007 con 38 m^3/s (Gráfica 38)



Gráfica 38 Caudal por modelo de la marca VENDEPOT

Analizando el caudal de los extractores de la marca VENTDEPOT en la (Tabla 14) se observa que el 30% de los extractores tienen un menor caudal que corresponde a un rango de 0 a 4.9 m^3/s, el 41% son extractores de 5 a 9.9 m^3/s, el 14% son extractores con un caudal de 10 a 14.9 m^3/s, el 2% tienen un caudal de 15 a 19.9 m^3/s, los caudales con un rango que va de 20 a 24.9 y de 25 a 29.9 m^3/s corresponde al 5% respectivamente, finalmente, los caudales más grandes van de 30 a 40 m^3/s, los cuales representan al 4% del total de 44 extractores. En el rectángulo rojo de la (Gráfica 39) se puede observar que el 85% de los extractores se encuentran en los caudales que van de 0 a 14.9 m^3/s. Lo cual indica que la mayoría de extractores de la marca VENTDEPOT están diseñados para caudales más pequeños, mientras que el 15% restante, pertenecen a caudales de mayor dimensión.

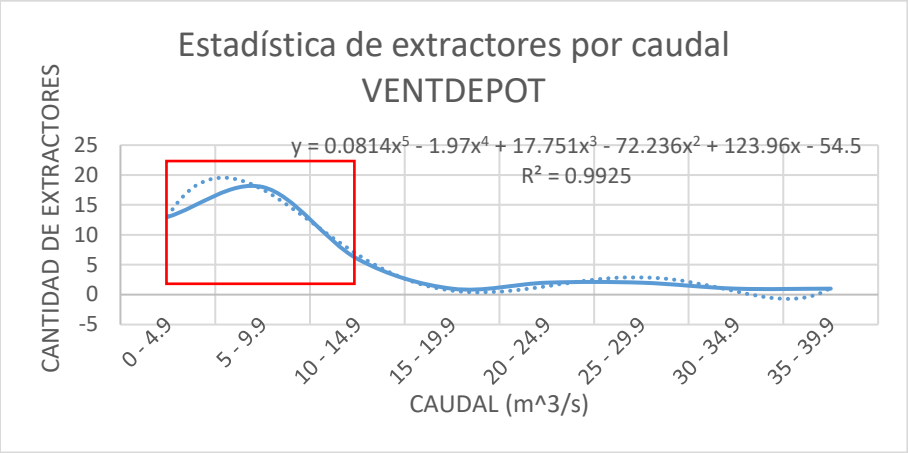
Graficando estos datos se puede observar que la línea de tendencia de los caudales proyecta la siguiente ecuación:

$$y = 0.0814x^5 - 1.97x^4 + 17.751x^3 - 72.236x^2 + 123.96x - 54.5 \qquad \text{Ec. (27)}$$

Ecuación 27 Línea de tendencia de los caudales en los Extractores de la marca VENDEPOT

Tabla 14 Estadística de extractores por caudal VENTDEPOT

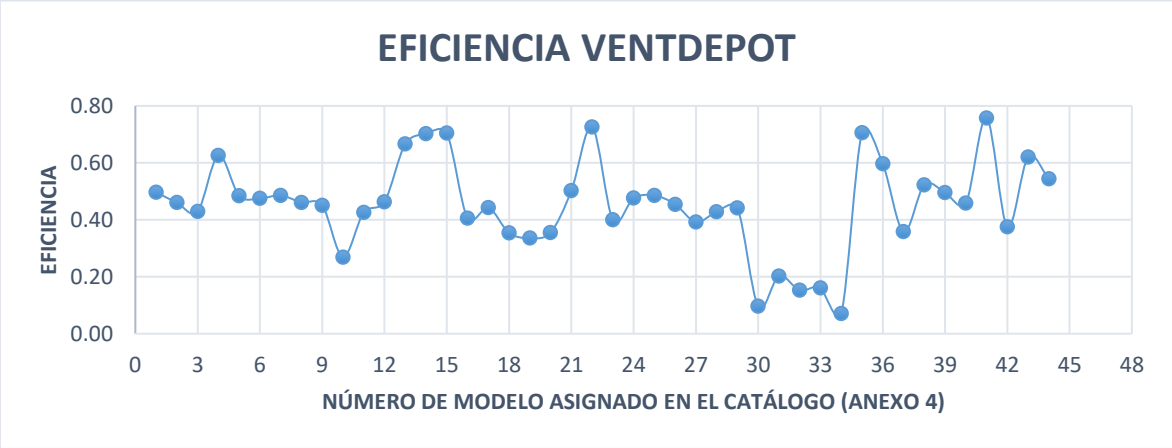
%	(m^3/s)	N
30	0 - 4.9	13
41	5 - 9.9	18
14	10 - 14.9	6
2	15 - 19.9	1
5	20 - 24.9	2
5	25 - 29.9	2
2	30 - 34.9	1
2	35 - 39.9	1
100	TOTAL	44



Gráfica 39 Estadística de extractores por caudal VENTDEPOT

4.3 EFICIENCIA VENTDEPOT

En la (Gráfica 40), se puede observar la eficiencia de los productos de la marca Ventdepot, de los cuales, solamente tres modelos que se mencionaran a continuación proporcionan una eficiencia de mayor al 70 %, los cuales son: ALUMWING MXALW-010 con una eficiencia del 76%, AIR VENTURE MXAVR-004 con una eficiencia del 73% y ALUMWING MXALW-004 con eficiencia del 71%.



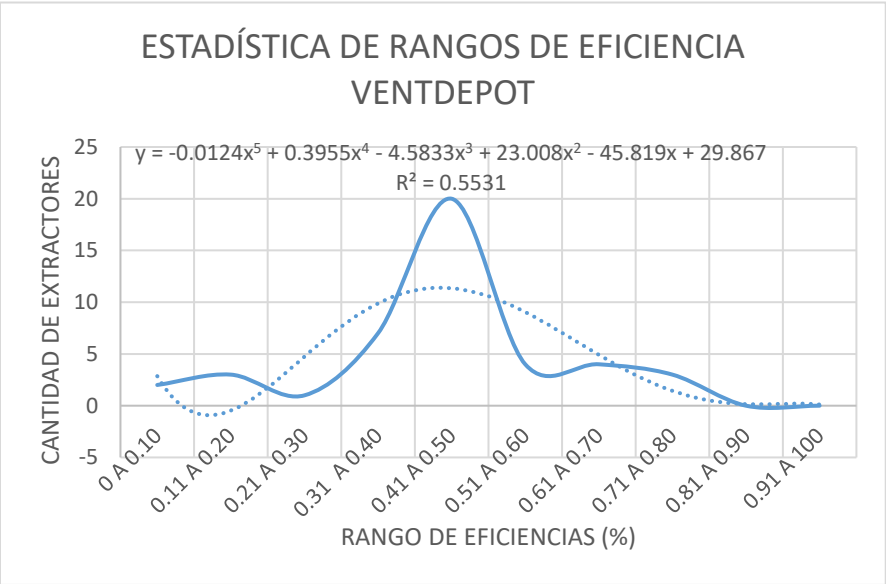
Gráfica 40 Eficiencia por modelo de la marca VENDEPOT

En la (Tabla 15) se presenta la cantidad de modelos pertenecientes a la eficiencia, la cual es expuesta en rangos de 10, así mismo se presenta en la (Gráfica 41) su estadística, en donde se muestra que de un total de 44 extractores de la marca Ventdepot, solamente 3 de ellos alcanzan una eficiencia de entre 71 y 80%, 4 pertenecen al rango que va de 61 a 70%. 4 extractores tienen eficiencia de 51 a

60%. Todos estos extractores que tienen una eficiencia mayor al 60% representan a las eficiencias más elevadas, las cuales se enlistan en el anexo 5, donde se han organizado por eficiencia de menor a mayor, también se pueden observar las características de cada extractor.

Tabla 15 Estadística de rangos de eficiencia VENTDEPOT

ESTADÍSTICA DE RANGOS DE EFICIENCIA	
RANGOS DE η	CANTIDAD
0 A 0.10	2
0.11 A 0.20	3
0.21 A 0.30	1
0.31 A 0.40	7
0.41 A 0.50	20
0.51 A 0.60	4
0.61 A 0.70	4
0.71 A 0.80	3
0.81 A 0.90	0
0.91 A 100	0
TOTAL	44.00

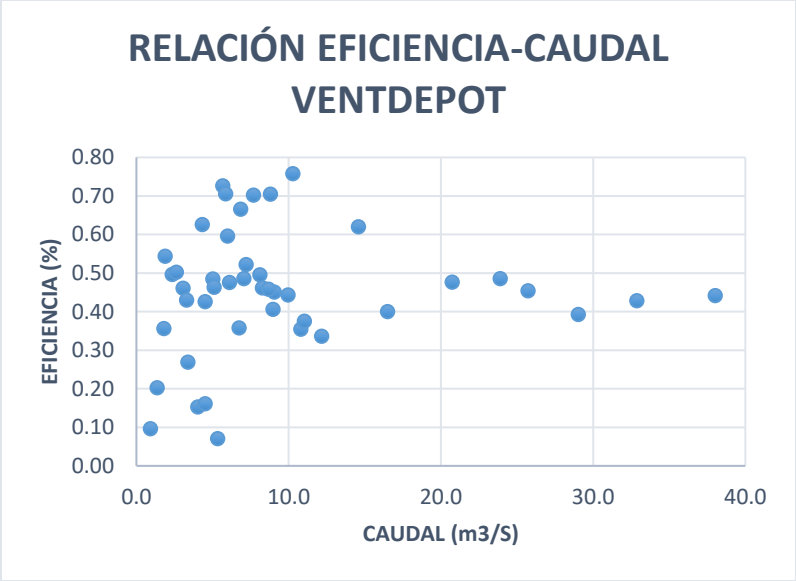


Gráfica 41 Estadística de rangos de eficiencia VENTDEPOT

4.4 RELACIÓN EFICIENCIA-CAUDAL

Para el caso de la relación entre la eficiencia y el caudal (Gráfica 42) se observa que el caudal más grande es de 38 m^3/s, sin embargo, su eficiencia corresponde solamente al 44% dichas características pertenecen al modelo AXIMONSTER MXAMT-007

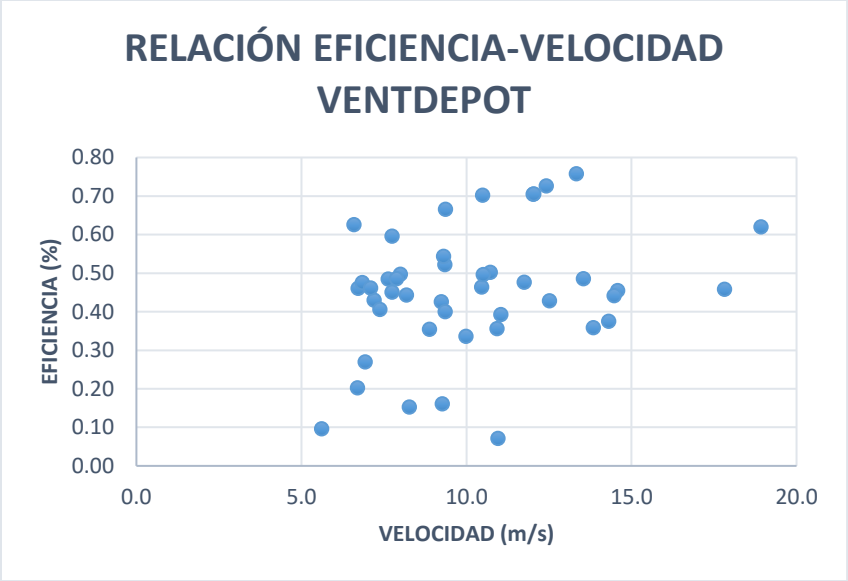
Para el caso de la eficiencia más alta la cual es de 76%, su caudal es de 10.3 m^3/s y es el modelo ALUMWING MXALW-010



Gráfica 42 Relación eficiencia-caudal VENTDEPOT

4.5 RELACIÓN EFICIENCIA-VELOCIDAD

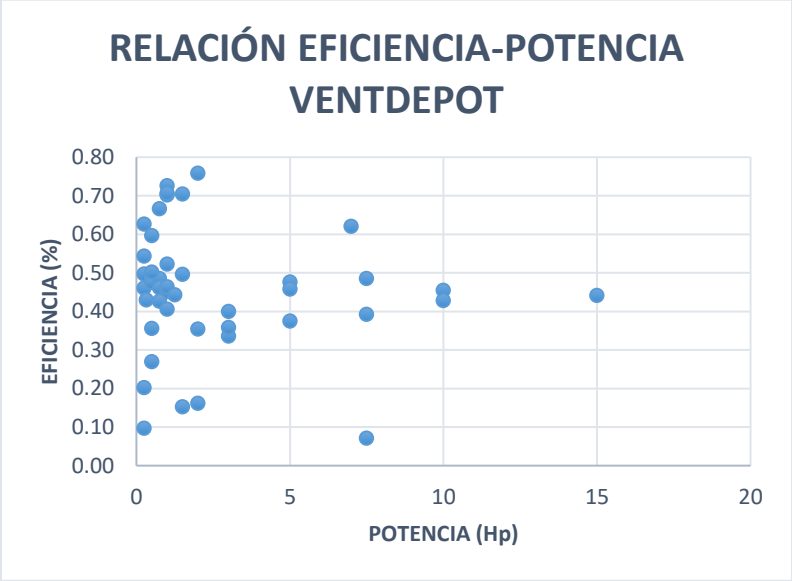
La relación entre eficiencia y velocidad (Gráfica 43) muestra que la mayor eficiencia con 76% tiene una velocidad de 13.3 m/s, mientras que la velocidad más alta corresponde al modelo ALUMWING MXALW-012, el cual tiene una velocidad de 18.9 m/s, sin embargo, su eficiencia es de 62%.



Gráfica 43 Relación Eficiencia-Velocidad VENTDEPOT

4.6 RELACIÓN EFICIENCIA-POTENCIA

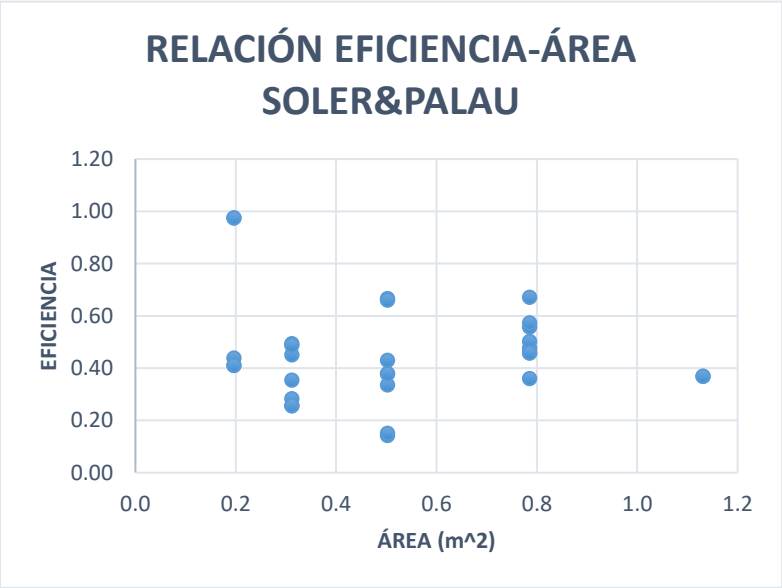
La relación de la eficiencia con la potencia para los extractores de la marca VENTDEPOT (Gráfica 44), indican que la eficiencia más alta corresponde a 76%, sin embargo, su potencia cuenta con 2 Hp, y para el caso del modelo AXIMONSTER MXAMT-007 tiene la potencia más alta de 15 Hp y su eficiencia corresponde al 44%.



Gráfica 44 Relación Eficiencia-potencia VENTDEPOT

4.7 RELACIÓN EFICIENCIA-ÁREA

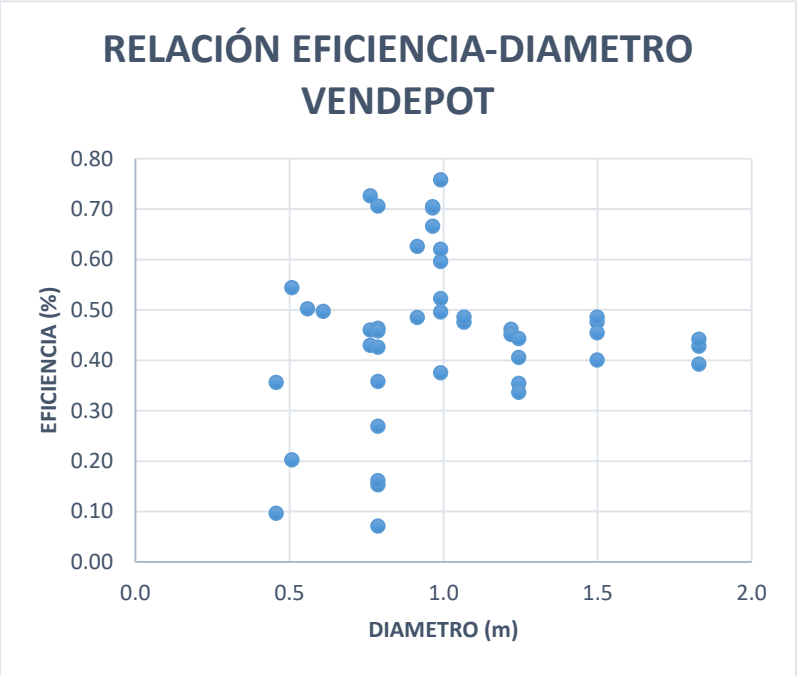
La relación de la eficiencia con el área para los extractores de la marca SOLER&PALAU (Gráfica 45), indican que la eficiencia más alta corresponde a 98%, sin embargo, el área es de las más pequeñas con 0.2 m^2, y para el caso del modelo que tiene el área más grande de 1.1 m^2 y su eficiencia corresponde al 37%.



Gráfica 45 Relación Eficiencia-potencia VENTDEPOT

4.8 RELACIÓN EFICIENCIA-DIÁMETRO

En la relación que existe entre la eficiencia y el diámetro de los extractores de la marca VENTDEPOT (Gráfica 46) se puede observar que los modelos que tienen una mayor eficiencia (76%) son aquellos que cuentan con un diámetro de 1 m "ALUMWING MXALW-010". Por otra parte, el modelo que tiene el diámetro más grande corresponde al "AXIMONSTER MXAMT-007" el cual, tiene un diámetro de 1.8 m y una eficiencia del 44%.



Gráfica 46 Relación eficiencia-diámetro VENTDEPOT

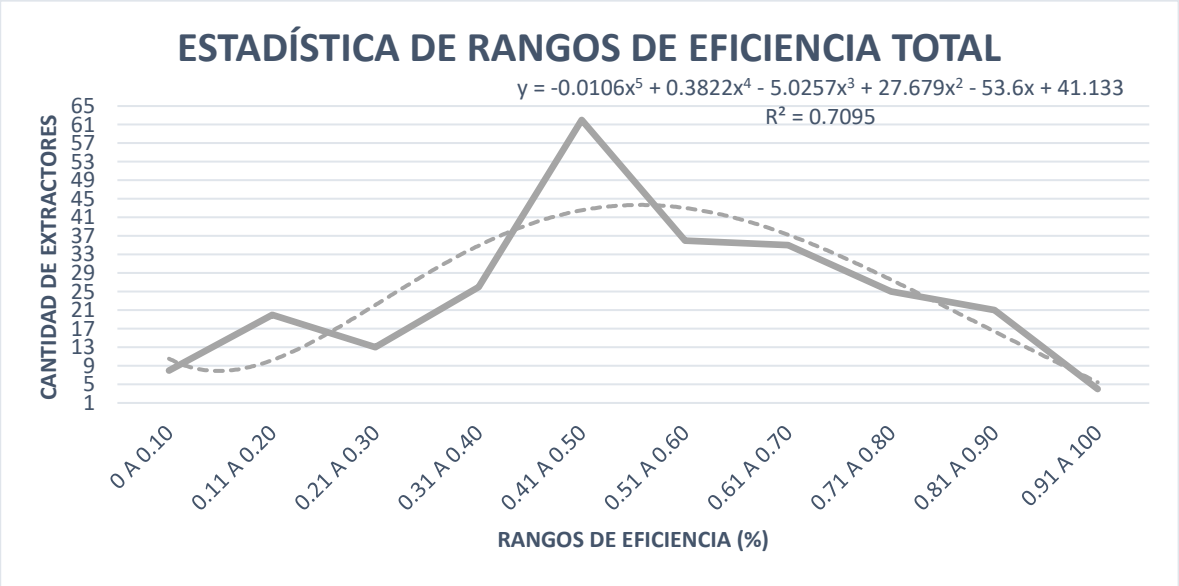
Existen diversos tipos de extractores en el mercado, con características y especificaciones que se ajustan a cualquier necesidad, esta investigación se realizó en base a cuatro marcas, de las cuales se puede comparar lo siguiente:

Tabla 16 ANALISIS COMPARATIVA DE MARCAS

MARCA	POTENCIA	CAUDAL	EFICIENCIA
ACME	Esta marca cuenta con un total de 66 modelos, Los modelos que tienen una mayor potencia en el motor son DC48K-B, DC54K-B, DC54-4K-D y DC48K-D, generan una potencia de 1,118.5W, tienen un diámetro mayor a 1 m, un caudal mayor de 10 m^3/s, su área es mayor de 1m^2, su velocidad sobrepasa los 8.5 m/s y la potencia de aire es mayor de los 550W, por lo cual su eficiencia varía entre el 0.50 al 0.74%.	el modelo con el mayor caudales el DC54K-B, ya que cuanta con un caudal de 12.6 m^3/s una potencia va de 1118.6 W, tiene un diámetro de 1.4m, su área es de 1.5m^2, su velocidad va de 8.5 m/s y la potencia de aire es de 562.5 W, por lo cual su eficiencia es de 0.50%.	el dispositivo que resulta más eficiente es el DC54-4J-2S-D. Ya que su eficiencia es de 0.81%, tienen una potencia de 1118.6 W, un diámetro de 1.4m, caudal de 12.8 m^3/s, área de 1.5 m^2, velocidad de 8.7 m/s y la potencia del aire de 600.7 W.
SODE-CA	Esta marca cuenta con un total de 110 modelos, el modelo que tiene una mayor potencia en el motor es el HTP-125-4T-125, ya que genera una potencia de 90,000W, tiene un diámetro de 1.25m, un caudal de 40.1m^3/s, su área es de 1.2m^2, su velocidad corresponde a 32.7m/s y la potencia de aire es de 26,595.9 W, por lo cual su eficiencia es del 30%.	el modelo con el mayor caudal es el HGT/ HGTX-125-4T/6-100, ya que cuanta con un caudal de 43.5 m^3/s una potencia de 75,000 W, tiene un diámetro de 1.25m, su área es de 1.2m^2, su velocidad corresponde a 35.4m/s y la potencia de aire es de 33,822.5 W, por lo cual su eficiencia es del 45%.	el dispositivo que resulta más eficiente es el HCH HFT HCT 80-6T-2 y el HCH HFT HCT 80-6/12T-2. Ya que su eficiencia es de 92%, tienen una potencia de 1,500 W, un diámetro de 0.8m, caudal de 8.3 m^3/s, área de 0.5 m^2, velocidad de 16.4 m/s y la potencia del aire de 1377 W.
SOLER &PALAU	Esta marca cuenta con un total de 30 modelos, el modelo que tiene una mayor potencia en el motor es el hXA/P-4-1000/h, ya que genera una potencia de 5592.8W, tiene un diámetro de 1m, un caudal de 14.6m^3/s, su área es de 0.8m^2, su velocidad corresponde a 18.6m/s y la potencia de aire es de 3,117.3 W, por lo cual su eficiencia es del 56%.	El modelo con el mayor caudal es el hXA/P-4-1000/h, ya que cuanta con un caudal de 14.6 m^3/s, una potencia de 5,592.8 W, tiene un diámetro de 1m, su área es de 0.8m^2, su velocidad corresponde a 18.6m/s y la potencia de aire es de 3,117.3 W, por lo cual su eficiencia es del 56%.	El dispositivo que resulta más eficiente es el HXB-500/H y el HXT-500/H. Ya que su eficiencia es de 98%, tienen una potencia de 372.9 W, un diámetro de 0.5m, caudal de 2.8 m^3/s, área de 0.2 m^2, velocidad de 14.4 m/s y la potencia del aire de 363.6 W.
VENT-DEPOT	Esta marca cuenta con un total de 44 modelos, el modelo que tiene una mayor potencia en el motor es el AXIMONSTER MXAMT-007, ya que genera una potencia de 11,185.5 W, tiene un diámetro de 1.8m, un caudal de 38m^3/s, su área es de 2.6 m^2, su velocidad corresponde a 14.5 m/s y la potencia de aire es de 4938.7 W, por lo cual su eficiencia es del 0.44%.	Al igual que la potencia, el modelo con el mayor caudal es el AXIMONSTER MXAMT-007 ya que cuanta con un caudal de 38 m^3/s una potencia de 11,185.5 W, tiene un diámetro de 1.8 m, su área es de 2.6 m^2, su velocidad corresponde a 14.5m/s y la potencia de aire es de 4938.7 W, por lo cual su eficiencia es del 0.44%.	Sin embargo, el dispositivo que resulta más eficiente es el ALUMWING MXALW-010. Ya que su eficiencia es de 0.76%, tiene una potencia de 1,491.4 W, un diámetro de 1m, caudal de 10.3 m^3/s, área de 0.8 m^2, y la potencia del aire de 1130.5 W.

A continuación, en la gráfica 46, se muestra la estadística de rangos de eficiencia total, la cual, engloba los extractores de las cuatro marcas, e indica cuantos extractores hay para cada intervalo de eficiencia, la cual se muestra en rangos de 10.

La estadística muestra que, de un total de 250 dispositivos, solamente 4 de ellos muestran una eficiencia de entre 91% y 100%, los cuales pertenecen a la marca SODECA y SOLER&PALAU. Mientras que 21 de 250 extractores forman parte del rango que va del 81 al 90% de eficiencia las marcas que encabezan este rango son SODECA y ACME. Para el caso del 71% al 80% existen 25 extractores de las marcas SODECA, ACME y VENTDEPOT. Todos los extractores que tienen una eficiencia mayor al 60% representan a las eficiencias más elevadas, las cuales se enlistan en el anexo 5, donde se han organizado por eficiencia de menor a mayor, también se pueden observar las características de cada extractor.



Gráfica 47 Estadística de rangos de eficiencia total.

X. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la medición de velocidad de viento, potencia y voltaje de los ventiladores que sirvieron como muestra, comparando con las especificaciones dadas por los fabricantes, con lo cual fue posible apreciar que los datos eran muy similares, poniendo a prueba un prototipo de aerogenerador creado por estudiantes de la UACH, colocándolo frente a la salida de aire, dando como resultado un voltaje de 40 VCD, con lo cual se llegó a la conclusión que sí es aprovechable el viento que es extraído mediante ventiladores y extractores en la industria.

Por el momento es un voltaje bajo, pero se tiene que considerar que sólo es el voltaje que se obtuvo por las aspas conectadas a un rotor, no tenía todas las características y partes de un aerogenerador de baja potencia comercial, con el cual podría alcanzar un mejor aprovechamiento, y adaptando un inversor y un banco de baterías para poder aprovechar y almacenar esta electricidad y dirigirla a otros procesos de la industria o donde se encuentre ubicado el extractor o ventilador.

Utilizando un recurso que simplemente no era aprovechado, todo lo que se obtenía con el extractor eran pérdidas, pero con esta investigación, se llega a la conclusión que puede ser aprovechado para la generación de electricidad.

XI. BIBLIOGRAFIA

[1] Air Movement and Control Association International, Inc. (2010). *Norma AMCA 205-10. Clasificación de eficiencia energética para ventiladores.* Illinois: AMCA International.

[2] Asociación danesa de la industria eólica, Actualizado el 31 de julio 2003 http://www.windpower.org/es/tour/wtrb/tower.htm

[3] Badii, M. H., Guillen, L. A., Araiza, E., Cerna, J., Valenzuela, J., & Landeros. (2012). Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *International Journal of Good Conscience*, 132-155.

[4] Bastianon, R. (2008). *Cálculo y diseño de la helice óptima para turbinas eólicas.* Buenos Aires.

[5] Berenda, R. (1996). *EXHAUSTAR RECOVERY SYSTEM. US005512788A.* US: United States Patent.

[6] Betz, A. (1926). *Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen.* Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

[7] Bucklin, R. A., Leary, J. D., McConnell, D. B., & Wilkerson, E. G. (2004). Fan and Pad Greenhouse Evaporative Cooling Systems. *IFAS Extension*, 1-7.

[8] Chapingo, U. A. (2018). *Universidad Autonoma de Chapingo*. Obtenido de UACh: http://web.chapingo.mx/

[9] Chauhan, S., & Singh, R. (2014). Design of Domestic Helix Vertical Axis Wind Turbine to Extract Energy from Exhaust Fans. *Innovative Systems Design and Engineering*, 23-28.

[10] Cohen, L. J. (2002). *ELECTRICITY GENERATION FROM AIR CONDITIONING EXHAUST. US006365985B1.* RI (US) : United States Patent.

[11] De Battista, H. (2000). *Control de la calidad de potencia en sistemas de conversión de energía eólica.* Universidad Nacional de La Plata.

[12] De Oliveira, E., Salviano, T., Albiero, D., Castro, A., & De Almeida, L. (2014). Curvas de potencia de aerogeneradores para baja velocidad del viento en la generación de energia electríca para agriultura familiar. *Energía na agricultura*, 190-196.

[13] DeLuca Jr, R. A. (2012). *ENERGY PRODUCINGWINDTURBINE FOR laboratory exhaust systems. Us 20120070273a1.* Ny (us): patent Application Publication.

[14] Escoda, S. (2002). *Manual práctico de ventilación* (Segunda edición ed.). Barcelona: Catálogo técnico.

[15] Franquesa, M. (2009). *Introducción a la teoría de las turbinas eólicas.* Berlín: Bauverlag.

[16] *GUÍA COMPLETA DE LA ENERGÍA EÓLICA (2ª Edición). Teresa Gallardo Flores y José María Fernández*

[17] HASSANZADEH, M. (2012). Cracks in onshore wind power foundations. Causes and consequences. Stockholm: Elforsk (Elforsk Rapport, 11.56).

[18] HORGAN, C. (2013). Using energy payback time to optimise onshore and offshore wind turbine foundations. Renewable Energy, 53:287-298.

[19] *http://www.acmefan.com/ (2019)*

[20] *https://www.sodeca.com/ (2019)*

[21] *https://www.solerpalau.mx/ (2019)*

[22] *https://www.ventdepot.com/ (2019)*

[23] International Atomic Energy Agency (IAEA). (2008). *Energy, electricity and nuclear powerestimates forthe period up to 2030.* Vienna: IAEA-RDS-1/29.

[24] Karemm Danel y Manuel Merelles. "Extractores de aire" Jul 10, 2014. Recuperado de https://0grados.com.mx/

[25] Khakpour, H., & Half, J. F. (2018). Modeling and Design Method for an Adaptive Wind Turbine Blade With Out-of-Plane Twist. *Journal of Solar Energy Engineering*, 051010.1-051010.9.

[26] Kosasih, B., & Tondelli, A. (2012). Experimental study of shrouded micro-wind turbine. *Procedia Engineering 49*, 92-98.

[27] Medina, R. (2011). *Cálculo y diseño de la pala (ehecamani) de un aerogenerador.* México: Instituto Politécnico Nacional.

[28] Moriarty, P., & Honnery, D. (2012). What is the global potential for renewable energy? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 244-252.

[29] Oliva, R. (2006). *Medición de curva de potencia-Pequeños aerogeneradores.* Chubut: Aerowind S. A.

[30] Patnaik, A., & Ali, S. M. (2013). INDUSTRIAL EXHAUST FANS AS SOURCE OF POWER. *International Journal ofElectrical, Electronics and Data Communication*, 38-41.

[31] Romantchik, E., & Rios, E. (2017). *Invernadero con sistema de enfriamiento de pared húmeda que integra un equipo de aprovechamiento de energía*

[32] Schaeffer, R., Salem Szklo, A., Pereira de Lucena, A. F., Soares Moreira, B., Pinheiro Pupo Nogueira, L., Pereira Fleming, F., . . . Sadeck Boulahya, M. (2012). Energy sector vulnerability to climate change: A review. *Energy*, 1-12.

[33]SECRETARÍA DE ENERGÍA. (2017). *Reporte de avances de energías limpias 2017.* México: SENER.

[34] SODECA, S.L.U., 2019, Barcelona C.I.F.: B-08851321. Recuperado de https://www.sodeca.com/es/

[35] Soler & Palau. (2015). *Hojas técnicas: La climatización de invernaderos.* Soler & Palau.

[36] Soler & Palau. (2018). *Acoplamiento de ventiladores.* Recuperado de https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-acoplamiento-de-ventiladores/: Soler & Palau Sistemas de Ventilación.

[37] S&P Sistemas de Ventilación SLU. MAR 07, 2018., México, Colombia, Perú. Recuperado de https://www.solerpalau.com/

[38] Sociedad anónima privada "Sistemas de ventilación" (o PrJSC "VENTOS"). Junio 201. 01030 Kiev. Ucrania. Recuperado de *https://ventilation-system.com/*

[39] Southwest Windpower. (2002). *Manual de usuario Air X.* Arizona: Southwest Windpower, Inc.

[40] SVENSSON, H. (2010). Design of foundations for wind turbines. Master's Dissertation, Department of Construction Sciences, Lund University, Sweden.

[41] Tipos de Aerogeneradores. Angeles Aguirre (2012). GRUPO EDITORIAL STRIATUM

[42] Tiwari, G. N. (2003). *Greenhouse technology for controlled environment.* New Delhi: Alpha Science Int'l Ltd.

[43] (2018). *Ventiladores Axiales.* Recuperado el 12 de Septiembre de 2018, de https://www.extractores.net/axiales.htm

[44] 2014 Air Master|Sitio implementado por Espacios de México, recuperado de http://www.airmaster.com.mx/

[45] (ACCIONA, 2018) https://www.acciona.com/es/energias-renovables/