



**DESARROLLO DE UNA TURBINA EÓLICA HÍBRIDA VERTICAL DE BAJA
POTENCIA**

**IVAN DANIEL FRANCO TABARES
BRAYAN MONCADA MELGAREJO**

**Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela De Ingenierías
Facultad De Ingeniería Mecánica
Floridablanca, Colombia
2020**

**DESARROLLO DE UNA TURBINA EÓLICA HÍBRIDA VERTICAL DE BAJA
POTENCIA**

**IVAN DANIEL FRANCO TABARES
BRAYAN MONCADA MELGAREJO**

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Directora: Dr. Agr. SANDRA PATRICIA CUERVO ANDRADE

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
FLORIDABLANCA, COLOMBIA
2020**

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por darnos la sabiduría necesaria para sacar adelante este proyecto.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, el esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que sembraron en mí.

A mi tía, hermano, amigos y compañeros, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal de la Universidad Pontificia Bolivariana y la DIT por la financiación del proyecto y por brindarme su profundidad amabilidad y gran colaboración, con sus valiosos conocimientos me hicieron crecer día a día como un mejor profesional.

Brayan Moncada Melgarejo

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y familia por ser un pilar fundamental para mi crecimiento personal y profesional, además de brindarme el apoyo económico y emocional durante todo mi proceso para ser el profesional y persona que soy hoy en día.

A mis abuelos, tíos y amigos por estar siempre dispuestos a colaborarme en cualquier situación y brindarme consejos y buenos deseos que fortalecieron mi motivación para ser ingeniero.

Agradecer a la profesora Sandra Patricia Cuervo por su alto nivel de exigencia y preocupación por que el proyecto se desarrollara de manera correcta y por su interés de demostrar que con el proyecto se impactaba de manera positiva a la sociedad.

A todo el personal de laboratorio y docentes que estuvieron dispuestos a brindar un poco de su tiempo para colaborarnos con todas las inquietudes y procesos que el proyecto necesitó.

Adicionalmente, agradecer a la DIT y todo su personal por la financiación del proyecto y por su disponibilidad y amabilidad durante todo el proceso de documentación y formatos, sin la ayuda y rápida gestión este proyecto no hubiera sido posible.

Iván Daniel Franco Tabares

CONTENIDO

CONTENIDO	6
INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. OBJETIVOS	24
4.1.1 General:.....	24
4.1.2 Específicos:	24
5. ALCANCE	25
6. MARCO TEÓRICO	26
6.1 Historia de la energía eólica	26
6.2 Aspectos generales de las turbinas eólicas verticales	29
6.2.1 Diseño Savonius.....	29
6.2.2 Diseño Darrieus.....	29
6.3 Componentes de una turbina eólica	30
6.3.1 Subsistema de captación	30
6.3.2 Subsistema de transmisión	30
6.3.3 Subsistema de generación eléctrica.....	30
6.3.4 Batería.....	31
6.3.5 Inversor	31
6.3.6 Controlador.....	31
6.4 El aire y su naturaleza	31
6.4.1 Qué es el viento.....	32
6.4.2 Dirección y velocidad del viento	32
6.4.3 Medición de la dirección y velocidad del viento.....	32
6.5 Cálculos aerodinámicos de las turbinas	33
6.5.1 Potencia disponible	33
6.5.2 Límite de Betz	33
6.5.3 Rendimiento de las turbinas eólicas	33
6.6 Norma técnica colombiana: NTC 5725	34
7. METODOLOGÍA	38
7.1 Objetivo 1. Determinar las condiciones de diseño para que opere a partir de 2m/s de la energía eléctrica diaria consumida por una familia promedio.	38
7.1.1 Nivel de investigación.....	38
7.1.2 Diseño	38

7.2	Objetivo 2. Diseñar una turbina eólica de baja potencia utilizando las ecuaciones de mecánica de fluidos, la norma NTC 5725 y las relaciones dadas por Paraschivoiu y Sandia Laboratories.	39
7.2.1	Nivel de investigación y desarrollo	39
7.3	Objetivo 3. Evaluar el diseño, mediante pruebas experimentales variando el flujo del aire, utilizando el rotor fabricado.....	39
7.3.1	Desarrollo	39
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
8.1	Objetivo 1. Determinar las condiciones de diseño para que la turbina (aerogenerador) opere a partir de 2m/s aportando al consumo diario energético de una familia promedio colombiana.....	41
8.1.1	Nivel de investigación.....	41
8.2	Objetivo 2. Diseñar una turbina eólica de baja potencia utilizando las ecuaciones de mecánica de fluidos, la norma NTC 5725 y las relaciones dadas por Paraschivoiu y Sandia Laboratories.	47
8.2.1	Nivel de diseño e investigación	47
8.2.2	Cálculo del Potencial Eólico	51
8.2.3	Selección de materiales para los álabes	52
8.2.4	Cálculo de otros parámetros	54
8.2.5	Diseño del eje del rotor.....	57
8.2.6	Soporte de la turbina y análisis del sistema	64
	<i>Representación gráfica del rotor en SolidWorks</i>	<i>67</i>
8.3	Objetivo 3. Evaluar el prototipo, mediante pruebas experimentales, variando flujos de aire utilizando el rotor fabricado....	68
8.3.1	Fabricación turbinas, rotor y base	68
8.3.2	Ensamble de la turbina.....	77
8.3.3	Proceso de fabricación base para rotor.....	78
8.3.4	Pruebas experimentales.....	81
8.4	Configuración y procedimiento de medición	83
9.	CONCLUSIONES	90
10.	RECOMENDACIONES	91
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	92
12.	ANEXOS	95
12.1	RECALCULO DISEÑO DEL EJE DEL ROTOR.....	95
12.2	HISTORIAL DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN LA VEREDA HOLANDA.....	101
12.3	PRESUPUESTO	172
12.4	PLANOS COMPONENTES ROTOR HÍBRIDO TIPO VERTICAL... 	174

LISTA DE SIMBOLOS

SIMBOLO	Término	UNIDADES SI
P_d	Potencia disponible	W
$P_{extraida}$	Potencia extraída	W
A	Área	m^2
v	Velocidad	$\frac{m}{s}$
$P_{m\acute{a}x}$	Potencia máxima	W
TSR	Relación de velocidad tangencial	
n	Revoluciones	RPM
r	Radio	m
ρ_{sitio}	Densidad del lugar	$\frac{kg}{m^3}$
$P_{est\acute{a}ndar}$	Presión estandar	Pa
T	Torque	$N * m$
H	Altura	m
D	Diámetro de barrido	m
S	Traslapo de alabes	m
d	Diámetro del alabe	m
c_p	Coefficiente de potencia	
ρ	Densidad	$\frac{kg^3}{m}$
η_m	Eficiencia mecánica	
η_t	Eficiencia de transmisión	
η_r	Eficiencia de rodamientos	

η_g	Eficiencia del generador	
ω	Velocidad de angular	rad/s
F_v	Fuerza del viento	N
F_c	Fuerza centrífuga	N
m	Masa del álabe	kg
r_{cg}	Radio de rotación	m
X_{CG}	Centro de giro eje X	m
r_{CG}	Radio centro de giro	m
Y_{CG}	Centro de giro eje Y	m
η_s	Factor de seguridad	
S_y	Resistencia a la fluencia	MPa
τ	Esfuerzo cortante	MPa
$\sum F_x$	Sumatoria de fuerzas en el eje X	N
$\sum M_A$	Sumatoria de momentos en A	$N * m$
$\sum M_B$	Sumatoria de momentos en B	$N * m$
R_B	Reacción en el punto B	N
R_A	Reacción en el punto A	N
d_m	Diámetro mínimo	m
σ_{ea}	Esfuerzo equivalente alternante	MPa
σ_{em}	Esfuerzo equivalente medio	MPa
S_e	Resistencia a la fatiga	MPa
S_{ut}	Resistencia última	MPa
σ_a	Esfuerzo alternante	MPa
$\sigma_{m\acute{a}x,m\acute{i}n}$	Esfuerzos máximos y mínimos	MPa
σ_{em}	Esfuerzo equivalente medio	MPa
S'_e	Esfuerzo a la fatiga corregido	MPa

K_s	Factor de tamaño	
K_r	Factor de confiabilidad	
K_t	Factor de temperatura	
K_m	Factores de efectos diversos	
W_x	Modulo resistente	cm^3
$\delta_{m\acute{a}x}$	Deflexi3n m\acute{a}xima	m
L	Longitud de la viga	m
E	M3dulo de elasticidad de la viga	GPa
I	Momento de inercia	m^4
P	Carga sobre la viga	N

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Turbina eólica de eje horizontal.....	26
Figura 2. Turbina Eólica Darrieus y Tipo H.....	27
Figura 3. Geometría Savonius clásica.....	27
Figura 4. Modelo comercial turbinas savonius.	28
Figura 5. Primeras Turbinas Eólicas de Eje Vertical.....	29
Figura 6. Ruta de Decisión para Diseño de una Turbina Eólica	35
Figura 7. Esquema de la metodología.....	40
Figura 8. Ubicación geográfica zona de estudio - Vereda Holanda, Los Santos, Santander.....	41
Figura 9. Temperatura media de la zona de estudio.	42
Figura 10. Potencial eólico disponible en Colombia	43
Figura 11. Velocidades promedio del viento a una altura de 10 metros.	43
Figura 12. Gráfica de frecuencias de las velocidades.	44
Figura 13. Probabilidad de las velocidades.....	45
Figura 14. Distribución Weibull.....	45
Figura 15. Consumo Energético en Colombia.....	47
Figura 16. Dimensiones en milímetros y tipo de rotor Savonius.....	49
Figura 17. Curvas de rendimiento perfiles NACA, Re=50000.	50
Figura 18. Geometría perfiles NACA.....	51
Figura 19. Distancia centro de gravedad rotor Savonius (Dimensiones en mm)	56
Figura 20. Diagrama de fuerzas sobre el rotor.....	58
Figura 21. Diagrama de momentos y reacciones del rotor.....	59
Figura 22. Diagrama de deflexión del rotor.....	63
Figura 23. Estructura del soporte del rotor.	64
Figura 24. Fuerzas que actúan sobre el sistema.....	65
Figura 25. Mallado del sistema eólico.	65
Figura 26. Diagrama de Tensión de von Mises	66
Figura 27. Tensión axial y de flexión soporte de rotores.....	66
Figura 28. Factor de seguridad del sistema.	67
Figura 29. Ensamble turbina híbrida.	68
Figura 30. Geometría del álabe Savonius	69
Figura 31. Eje provisional de madera.....	69
Figura 32. Guías de acero para los álabes.	70
Figura 33. Rotor Savonius Helicoidal 180°	70
Figura 34. Ensamble de piezas de unión y eje provisional.....	71
Figura 35. Rotor Savonius helicoidal 90°	72
Figura 36. Prototipo final rotor Savonius helicoidal 90°	72
Figura 37. Curvatura guía de álabe Darrieus	73
Figura 38. Guías de acero para los álabes	74
Figura 39. Ensamble de piezas de unión al eje guía.....	74
Figura 40. Mezcla componentes para el poliuretano.....	75

Figura 41. Molde para los perfiles	75
Figura 42. Obtención del perfil NACA 0018.....	76
Figura 43. Recubrimiento en fibra de vidrio.....	76
Figura 44. Piezas de unión.....	77
Figura 45. Prototipo rotor Savonius.....	77
Figura 46. Turbina final.....	78
Figura 47. Corte de perfil a 90° con sierra sin fin de cinta.....	78
Figura 48. Cortes de perfil para la estructura base.	79
Figura 49. Soldadura de perfiles.	79
Figura 50. Estructura del soporte del rotor.	80
Figura 51. Estructura recubierta con láminas de acero.....	80
Figura 52. Instalación de puerta y proceso de pintura.....	81
Figura 53. Anemómetro de álabes.	81
Figura 54. Tacómetro digital de láser	82
Figura 55. Prototipo de rotor evaluado.....	82
Figura 56. Coeficiente de potencia turbina híbrida Savonius - Darrieus.....	85
Figura 57. Curvas de relación de velocidad de punta para el rotor Darrieus y Savonius.....	87
Figura 58. Coeficiente de potencia vs relación velocidad de punta para perfil NACA 0018.....	86
Figura 59. Generador FLD-5375	88
Figura 60. Curva de rendimiento del generador.	89
Figura 61. Diagrama de fuerzas sobre el rotor.	95
Figura 62. Diagrama de momentos y reacciones del rotor.....	96
Figura 63. Diagrama de deflexión del rotor.	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ecuaciones para cálculos de diseño.....	37
Tabla 2. Condiciones ambientales de la zona de instalación.	46
Tabla 3. Relaciones geométricas rotor Savonius.....	48
Tabla 4. Relaciones geométricas rotor Darrieus.....	48
Tabla 5. Dimensiones rotor Savonius - Geometría Savonius	49
Tabla 6. Dimensiones rotor Darrieus - Geometría Darrieus.....	49
Tabla 7. Potencia y eficiencias para rotor Darrieus y Savonius	52
Tabla 8. Características de materiales para los álabes Savonius.....	52
Tabla 9. Características de materiales para los álabes Darrieus.....	53
Tabla 10. Matriz de selección de materiales para álabes	53
Tabla 11. Velocidad, torque y fuerza del viento rotor Savonius	55
Tabla 12. Velocidad, torque y fuerza del viento rotor Darrieus	55
Tabla 13. Cálculo de áreas y masas de cada álabe Savonius.....	55
Tabla 14. Cálculo de áreas y masas de cada álabe Darrieus.....	56
Tabla 15. Fuerzas sobre los álabes.....	56
Tabla 16. Revoluciones registradas para el rotor Híbrido a diferentes velocidades del viento.	83
Tabla 17. Características Motor FLD-5375.....	88
Tabla 18. Registro de velocidades del viento en la vereda Holanda - Los Santos.	101

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Desarrollo De Una Turbina Eólica Híbrida Vertical De Baja Potencia

AUTOR(ES): Iván Daniel Franco Tabares
Brayan Moncada Melgarejo

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): Sandra Patricia Cuervo Andrade

RESUMEN

En este proyecto se ha elaborado el diseño de una turbina eólica híbrida de baja potencia, fusionando dos tipos de geometría la Savonius y la Darrieus. Su principal objetivo se basa en facilitar la obtención de energía limpia con un potencial eólico bajo, favoreciéndose de los diferentes rangos de velocidades encontrados en el país; además, se destaca su bajo costo de fabricación, fácil instalación y poco mantenimiento. En el desarrollo del proyecto, se analizaron varios conceptos teóricos, artículos y experimentos realizados por ingenieros en el campo de la energía eólica; tomando así parámetros como el área de barrido, el coeficiente de potencia, las diferentes condiciones ambientales de la zona como densidad, altura de la zona, velocidad del viento, altura de la instalación y área disponible para la instalación; para el estudio de la geometría del alabe, se realizó un alabe helicoidal de 90° para la turbina Savonius y un perfil NACA 0018 para la turbina Darrieus, seleccionando materiales livianos, resistentes y de fácil manipulación para garantizar mayor eficiencia y coeficiente de potencia. Consecutivamente se determinaron las características del sistema para su respectivo dimensionamiento, procediendo así en la fabricación del prototipo de la turbina híbrida con el fin de realizar pruebas y evaluar su comportamiento, obteniendo como resultado las curvas de rendimiento.

PALABRAS CLAVE:

Turbina Eólica Híbrida, área de barrido, Savonius helicoidal, NACA 0018

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Development of Hybrid Vertical Axis Wind turbine

AUTHOR(S): Iván Daniel Franco Tabares
Brayan Moncada Melgarejo

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Sandra Patricia Cuervo Andrade

ABSTRACT

In this project, the design of a hybrid vertical axis wind turbine has been developed, merging two wind turbine geometries, Savonius and Darrieus. Its main objective is based on making easy access to clean energy with a low wind potential, taking advantage of the different wind speed ranges found in the country; Besides, its low manufacturing cost, easy installation and low maintenance stand out. In the development of the project, different theoretical concepts, scientific articles and various experiments carried out by engineers' experts in the field of wind energy were combined, parameters like swept area, power coefficient and environmental conditions (density, zone height, wind speed, installation height, and available installation area) were considered. Furthermore, for the study of the blade geometry, a 90° helical blade was made for the Savonius turbine and a NACA 0018 profile for the Darrieus turbine, selecting light, resistant and easy to handle materials to guarantee greater efficiency and power coefficient. Consecutively, the system characteristics were determined for their respective sizing, thus proceeding into the manufacturing stage of the hybrid turbine prototype to perform tests and evaluate its behavior, obtaining, as a result, the performance curves of the hybrid rotor.

KEYWORDS:

Hybrid Vertical Axis Wind Turbine, swept area, NACA, helical Savonius

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El proyecto que se mostrará durante toda la lectura ha sido financiado por el DIT con número BIS-002-M, perteneciente a la línea de procesos agroindustriales y energía del semillero de investigación de ingeniería mecánica (SIIM). Este proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una turbina eólica híbrida tipo vertical la cual aprovechara un mayor rango de velocidades del aire en zonas que no están conectadas a la red eléctrica. Esta turbina aportará una parte de la energía consumida por una familia colombiana utilizando un diseño híbrido que combina dos tipos de turbinas eólicas: el tipo Savonius cuya principal ventaja es el arranque a bajas velocidades y el tipo Darrieus cuya ventaja es un torque de arranque muy pequeño. El diseño busca, al poseer una mayor área de barrido y mayor rango de velocidades, tener un mayor potencial eólico disponible; sin dejar de lado aspectos como eficiencia, seguridad, poco invasivo, fácil montaje, escaso mantenimiento y fácil acceso.

La geometría del rotor dependerá de las relaciones suministradas por las investigaciones de Sandia Laboratories, Paraschivoiu y otras investigaciones, además de las condiciones ambientales de la zona, a su vez, los materiales que se utilizarán serán livianos, moldeables y económicos puesto que se piensa instalar inicialmente en zonas alejadas de la ciudad con difícil acceso debido a su ubicación geográfica y un escaso desarrollo económico. El proyecto no sólo busca aportar energía para el consumo energético diario de las familias colombianas a partir de velocidades bajas, sino también de economizar los gastos que presentan las familias en el campo, puesto que las alternativas utilizadas para obtener energía son con combustible diésel, componente con un mayor impacto ambiental y costo elevado.

El proceso de fabricación se realizará en su mayoría en el laboratorio de procesos aprovechando las herramientas que la universidad ofrece y procesos como el doblado de láminas para el rotor Savonius y fabricación de los álabes del rotor Darrieus se realizará por fuera de la universidad a causa de su complejidad de manufactura.

Finalizada la investigación se desea fomentar y mejorar el uso de la tecnología e infraestructura para contar con energía limpia en todo el país y a su vez, iniciar un proceso de concientización para obtener energía limpia, eficiente y amigable con el medio ambiente, ayudando a incrementar la emisión de gases que aumentan el cambio climático mundial.

1. ANTECEDENTES

Durante los últimos años se han realizado varias investigaciones sobre las turbinas eólicas donde se tiene en cuenta los conceptos anteriormente mencionados, según Barbero. A [1], en su estudio y diseño de una turbina eólica, podemos observar que hay que tener en cuenta el efecto Magnus para entender la rotación de la turbina que se ve afectada por el aire. En este estudio se tienen en cuenta modelos matemáticos hechos en Matlab donde se analizan el número de hélices y su fricción.

Andrés Escobar y Luis Efrén (2009) [2], realizan una investigación basada en un modelo físico para representar una turbina eólica. Se muestran las partes de la turbina, las variables a utilizar, la linealización de relación entre el torque y la velocidad del rotor y del viento.

Los investigadores N.H. Mahmood, A.A. El-Haroun, E. Wahba y M.H. Nasef (2012) [3], este documento revisa varias configuraciones de VAWT junto con sus méritos y deméritos. Además, las técnicas de diseño empleadas para el diseño de VAWT también han sido revisadas junto con sus resultados. Se aprendió que el coeficiente de potencia (CP) para varias configuraciones es diferente y se puede optimizar con referencia a la relación de velocidad de la punta.

En el 2014, R. D. Maldonado, E. Huerta, J. E. Corona, O. Ceh, A. I. León-Castillo, M. P. Gómez-Acosta y E. Mendoza-Andrade [4], realizaron un diseño a partir de un software CAD de una turbina eólica Savonius para casas subsidiadas de México con características óptimas. En este trabajo se investigó un estudio detallado del rotor Savonius con el fin de obtener las características óptimas. El ensamblaje del rotor Savonius fue desarrollado en software CAD. Las simulaciones de la interacción entre el flujo de aire y las cuchillas se desarrollaron a través del análisis de elementos finitos. Como resultado de estas simulaciones se muestra la distribución del perfil de velocidad para los álabes.

W.A. El-Askary, M.H. Nasef, A.A. AbdEL-hamid, H.E. Gad en el 2015 [5], investigan métodos para controlar la dirección del viento y así mejorar el rendimiento del rotor. En este trabajo tres métodos para controlar el viento son utilizados para mejorar el rendimiento del rotor Savonius. La idea de crear nuevos diseños para mejorar la captación del viento a la entrada para así generar una corriente de viento en la parte cóncava del alabe para evitar direcciones en contraflujo.

En ese mismo año los investigadores Frederikus Wenehenubun, Andy Saputra, Hadi Sutanto [6], realizan un estudio que tiene como objetivo investigar el efecto del número de álabes en el rendimiento del modelo de la turbina eólica Savonius. Los experimentos suelen comparar turbinas de 2,3 y cuatro álabes para mostrar

la relación de velocidad de punta (TSR), torque y coeficiente de potencia relacionados con la velocidad del viento. Al finalizar, llegan a la conclusión de que una turbina eólica de tres aspas tiene mejor rendimiento.

Daniela Torres (2015) [7], estudiante de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, realiza un diseño de una turbina eólica Savonius de baja potencia para aprovechar el potencial eólico de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde ubica el dispositivo. La turbina, entrega la energía suficiente para cargar una batería de 12V, la cual utilizada en dispositivos tales como UPS, equipos médicos y de comunicación, entre otros.

Sergio Montelpare, Valerio D' Alessandro, Andrea Zoppi, Renato Ricci en el 2016 [8], investigan el rendimiento aerodinámico de una turbina eólica Savonius para ser utilizada en una farola innovadora. El generador eólico estudiado es la parte principal de un sistema de alumbrado público (una farola) alimentado por fuentes de energía eólica y solar renovable. Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos de las diferentes soluciones de construcción en el rendimiento del rotor.

En el 2017 se realizó el cuarto congreso internacional de ingeniería de energía y sistemas energéticos en donde los ingenieros marroquíes M. Zemamou, M. Aggour, a. Toumi [9], describen los conceptos básicos y parámetros que afectan la eficiencia de un rotor para su óptimo diseño y comparan su diseño que tiene un coeficiente de potencia de 27.3% superior al coeficiente de potencia de un rotor promedio. En este mismo congreso los ingenieros de Argelia, H. Belmili y sus colegas realizaron el estudio, diseño y fabricación de un sistema pequeño de energía renovable residencial basado principalmente en una turbina Savonius, equipado con panel fotovoltaico y un sistema de almacenamiento (Batería) [10].

En el 2018 los ingenieros del departamento de ingeniería civil y ambiental de la universidad de Hong Kong realizan una optimización de la forma geométrica de los álabes de un rotor Savonius basados en un algoritmo genético para mejorar aún más su coeficiente de potencia. Un algoritmo genético basado en la evolución (GA) se incorpora en simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD), lo que acopla la definición de geometría de la hoja con la generación de malla y la evaluación de la función de aptitud en un proceso iterativo [11].

Ingenieros de la universidad de ingeniería mecánica e industrial de Toronto por su parte, realizan una reseña del uso de las turbinas eólicas para uso residencial, Rakesh Kumar, Kaamran Raahemifar y Alan S. Fung [12], se encargan de hacer una revisión de algunos de los principales acontecimientos de las turbinas eólicas dentro de la zona urbana. Como su información es nueva es bastante relevante a la hora de enfocarse en futuros estudios sobre este tema.

Ingenieros de la Universidad Menoufia en Egipto, realizaron una investigación que tiene como objetivo estudiar experimental y numéricamente el rendimiento de un rotor Savonius modificado retorcido en varios ángulos de torsión. Los experimentos se llevan a cabo frente a un chorro de aire libre. Los cálculos realizados por El-Askary y otros colegas ingenieros mecánicos se realizan utilizando las ecuaciones tridimensionales incompresibles de Reynolds Average Navier Stokes (RANS) junto con el modelo de turbulencia RNG k- ϵ [13].

En este último año, las investigaciones no han disminuido, investigadores de India y Singapur se han centrado en la recolección de energía eólica a partir de ráfagas producidas por los trenes, que se mueven dentro de túneles mediante la colocación de rotores Savonius junto a los trenes. La simulación numérica muestra que el rotor Savonius en forma de S no cosecha energía en tales condiciones y, por lo tanto, se propone un nuevo diseño para generar energía útil sin comprometer la eficiencia de los trenes en movimiento [14].

Joe Jacob, Dhiman Chatterjee, ingenieros del Instituto Tecnológico Madras, India, han propuesto una metodología de diseño para un sistema híbrido que busca la mejora en la captación de energía, en este trabajo se llevan a cabo estudios sistemáticos de turbinas independientes Savonius y Darrieus utilizando técnicas experimentales y numéricas para estudiar sus funciones en la configuración híbrida. Se deriva una expresión para una relación de radio óptima y se propone una metodología para diseñar turbinas híbridas [15].

Alqurashi Faris y Mohamed M. H, realizan un análisis sobre las fuerzas que actúan en las partes principales del rotor Darrieus durante la rotación y en condición estático a partir de simulaciones CFD. Se evaluaron 3 formas de pala diferentes (perfiles no simétricos y simétricos) utilizando los perfiles NACA 0021, LS413 y S1046. Los resultados indicaron que la cuchilla simétrica S1046 tiene mayores fuerzas durante la rotación y condiciones estáticas. Además, se concluyó que la capacidad de auto arranque del perfil NACA 0021 es mejor que la S1046 debido a la baja torsión aerodinámica en las cuchillas S1046 [16].

A. Pallotta, D. Pietrogiacomi y G.P. Romano, ingenieros de la Universidad La Sapienza, Italia, patentan un diseño de un rotor híbrido que combina las geometrías Savonius y Darrieus, cuyo nombre es Hybri. El rotor tiene como objetivo optimizar el rendimiento en regímenes de viento medio-bajo, mediante el uso de un diseño cuidadoso de la forma, el tamaño y las posiciones relativas de las palas Savonius y Darrieus. Con este fin, el rotor es puesto a prueba en un túnel utilizando un modelo escalado, donde se obtienen buenos rendimientos (coeficiente de potencia igual o muy cercano a 0.2), en un rango extendido de condiciones operacionales, presentando auto arranque a una velocidad de 3m/s [17].

Para finalizar, investigadores de la Universidad de Maryland, Estados Unidos, diseñan una turbina eólica híbrida Darrieus-Savonius modificada que es probada numéricamente utilizando el modelo de interacción fluido-estructura basados en un software CFD de alta fidelidad. Se lleva a cabo un estudio sistemático para analizar los efectos del momento de inercia, la estructura de la turbina y la carga externa en la capacidad de arranque automático y la eficiencia energética. Se encuentra que en comparación con el rotor Darrieus normal, el diseño híbrido tiene una mejor capacidad de autoarranque debido al par proporcionado por el rotor MS en pequeñas relaciones de velocidad de punta (TSR) [18].

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país que posee una gran cantidad de zonas que no tienen acceso a la energía eléctrica, debido a que están ubicadas en lugares en donde las condiciones geográficas o largas distancias de las subestaciones, hacen muy difícil el acceso a este servicio. Según estudios de la Unidad de planeación minero-energética (UPME), departamentos como Vichada, Guainía, Amazonas, Vaupés, Putumayo, Caquetá, entre otros, no se encuentran comunicados a una subestación que les suministre el servicio de la energía eléctrica. Sin embargo, la misma UPME en otros estudios realizados, muestra que en estas zonas del llano y de la costa se puede obtener energía eólica en un rango de velocidades bajas (2 m/s - 5 m/s) que no están siendo aprovechadas, debido a que el diseño de turbinas eólicas actuales no satisface los requisitos de estas zonas.

Las zonas no interconectadas a la red eléctrica con alto potencial eólico están en un proceso de expansión poblacional, es decir, las zonas están necesitando una mayor cantidad de energía para desarrollarse, energía que lastimosamente, por su economía es incapaz de sostener ya que el costo para la obtención de energía en estas zonas es alto. Por esa razón, se busca una alternativa que sea económica y limpia con el medio ambiente, dándole una alta importancia a ser ecológica y no invasiva a la fauna y flora de la zona puesto que las otras alternativas que se han implementado son con combustible fósil, que contamina y emite gases que producen efecto invernadero.

En el municipio de los Santos, Santander, Colombia, una vereda llamada Holanda presenta condiciones similares a las que se mencionaron anteriormente, es una zona que muestra un buen potencial eólico pero que no está interconectado, además, está empezando a presentar crecimiento poblacional debido a proyectos urbanos que se están desarrollando.

Al fabricar una turbina eólica de baja potencia, que abarque las velocidades promedio de esta zona (entre 2 y 8m/s) y que sea económica y de fácil instalación, aportará un porcentaje de la energía necesaria para satisfacer las necesidades básicas de un hogar, además, se promueve el crecimiento económico sostenible e inclusivo junto con el empleo pleno y productivo de la energía renovable y de fácil acceso.

¿Cómo suministrar energía eléctrica en zonas con bajo potencial eólico que se encuentren aisladas del sistema de transmisión nacional de energía?

¿Qué diseño es el mejor para obtener el mayor potencial eólico en zonas donde la velocidad del aire es baja?

¿Qué tipo de sistema eólico garantiza una energía constante para el consumo diario?

3. JUSTIFICACIÓN

Entre 1990 y 2010, la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica aumentó en 1700 millones, consecuencia por el crecimiento de la población mundial. Actualmente, la economía global depende en su mayoría de los combustibles fósiles para suplir la necesidad energética de la sociedad. Como es de conocimiento, los combustibles fósiles son los principales causantes de la emisión de gases del efecto invernadero, sino se buscan nuevas alternativas para generar energía, el aumento en las emisiones de gases será mucho más elevado que el que actualmente se registra, que es un 50% superior respecto al nivel en 1990. El momento de tomar iniciativas ecológicas es ahora, antes de causar mayores cambios drásticos en medio ambiente, cambios, cuyas consecuencias podrán ser irreversibles si no se toman medidas urgentes [19].

Para evitar la contaminación excesiva en las ciudades, debido a la mala gestión de los desechos generados por la sobrepoblación e industrialización, varios países desarrollados han iniciado el proceso de crear ciudades nuevas para potenciar la economía de regiones que no están siendo aprovechadas, zonas que en su mayoría son rurales. Colombia que es un país en vía de desarrollo presenta una cobertura eléctrica del 99.72% en áreas urbanas y 87.83% en áreas rurales, dejando así un promedio de 425.212 viviendas sin acceso a electricidad [20].

Entendiendo la información y proyectándose al continuo consumo, se deduce la necesidad de generar nuevas energías para la subsistencia del ser humano, energías ecológicas que reduzcan el presente desbalance ambiental mundial. El Programa de Asistencia en Gestión del Sector Energético del Banco Mundial (ESMAP), expone el gran potencial eólico del país, que del ser explotado podría cubrir más de la totalidad de las necesidades actuales de energía [21].

Actualmente el país cuenta con una capacidad de energía eólica promediada en 28.1 MW; en consecuencia, el gobierno colombiano cuenta con una ambiciosa agenda de reforma del sector energético, que pretende fomentar la inversión extranjera, simplificar modalidades para proyectos de energía en pequeña escala y renovar el interés en tecnologías de energía renovables no tradicionales con un marco regulatorio que facilite un cambio gradual en la matriz energética. Es así como la Ley 697 promotora del uso de energías alternas, eficientes y racionales es establecida; dicha ley contempla aspectos importantes tales como el estímulo a la educación e investigación en fuentes de energía renovable (FER) [22].

El diseño del aerogenerador híbrido busca facilitar la obtención de la energía gracias a un bajo costo de fabricación, instalación y mantenimiento, además

posee la ventaja de no estar limitado a sólo una velocidad lo que favorece la producción de energía con diferentes rangos de velocidad. Este diseño ayudará a las familias emprendedoras dándoles la oportunidad de utilizar la energía para ahorrar dinero desde sus casas, sin la preocupación de exceder los costos debido al sobreconsumo. Además, el diseño busca ser lo menos invasivo para no afectar el bienestar de la comunidad debido a que a pesar de ser ecológico el aerogenerador tiene dimensiones grandes que puede incomodar la visión de la población.

4. OBJETIVOS

4.1.1 General:

- Desarrollar una turbina híbrida tipo vertical para que opere a partir de 2 m/s, ampliando su uso en zonas no interconectadas al Sistema de Transmisión Nacional de Energía, aportando al consumo diario energético de una familia promedio colombiana, utilizando los parámetros de diseño de la Norma Técnica (NTC) 5725.

4.1.2 Específicos:

- Determinar las condiciones de diseño necesarias para que el sistema opere a partir de 2m/s, analizando el potencial eólico disponible en zonas no interconectadas tomando la información de la UPME, NASA, y el consumo energético de una familia promedio. Resultado: Parámetros de diseño necesarios para el dimensionamiento de la turbina. Indicador: Datos estadísticos de la velocidad del viento y consumo promedio energético familiar en Colombia.
- Diseñar una turbina eólica de baja potencia, utilizando las ecuaciones de mecánica de fluidos, las relaciones dadas por Paraschivoiu, Sandia Laboratories, la NTC 5725 y otras investigaciones a fines. Resultado: Planos de los componentes. Indicador: que opere a partir de los 2m/s.
- Evaluar el prototipo, mediante pruebas experimentales, variando flujos de aire utilizando el rotor fabricado. Resultados: Curvas de rendimiento de turbina eólica. Indicadores: Comparación entre datos teóricos y experimentales (Coeficiente de potencia y TSR).

5. ALCANCE

Se diseñará una turbina eólica con un diseño híbrido tipo vertical que funcione a bajas velocidades fusionando la turbina tipo Savonius con la turbina tipo Darrieus, se entregará un informe comprendido por el estudio del análisis de cargas, esfuerzos estáticos y dinámicos, conjunto al diseño de los planos de cada componente de la turbina y planos de ensamble, para su posterior materialización y caracterización del rotor. Finalmente se espera que la turbina se estandarice como una alternativa para tener en cuenta en las familias colombianas como principal generador de energía limpia y económica; maximizando su uso tanto en zonas rurales como urbanas, a su vez en los diferentes sectores de la economía colombiana como lo son el sector agropecuario, sector de servicios, sector industrial, sector de comercio, sector minero y energético.

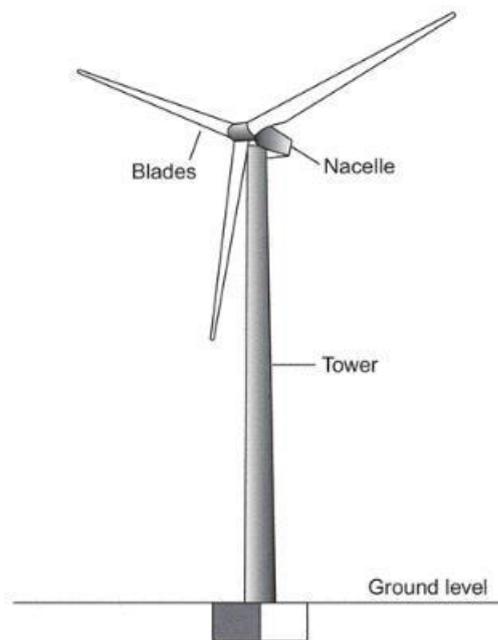
El proyecto se limitó a diseñar una turbina eólica híbrida de baja potencia aprovechando el potencial eólico del país, se realizó el análisis estático junto al análisis de fatiga con el fin de verificar que el eje y la base no sufrieran deformaciones debido a las fuerzas provocadas por el viento y el peso de la turbina, posteriormente se construyó el prototipo de la turbina con el fin de realizar pruebas y evaluar su comportamiento, finalmente se realizaron las pruebas experimentales utilizando ventiladores como simuladores de las diferentes velocidades del viento, logrando obtener como resultado las diferentes curvas de rendimiento las cuales nos indican la eficiencia del proyecto.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Historia de la energía eólica

La historia de la generación de la energía eólica a nivel industrial a partir de turbinas eólicas surgió en la década de los 70 durante la crisis de las petroleras. Durante los inicios del desarrollo de la industria eólica, muchos tipos de turbinas fueron probados. La mayoría de estos eran turbinas eólicas de eje horizontal con un rotor en un extremo de un eje y un generador en el otro, todo montado en la parte más alta de una torre.

Figura 1. Turbina eólica de eje



Adaptado de "Power Generation Technologies" [23]

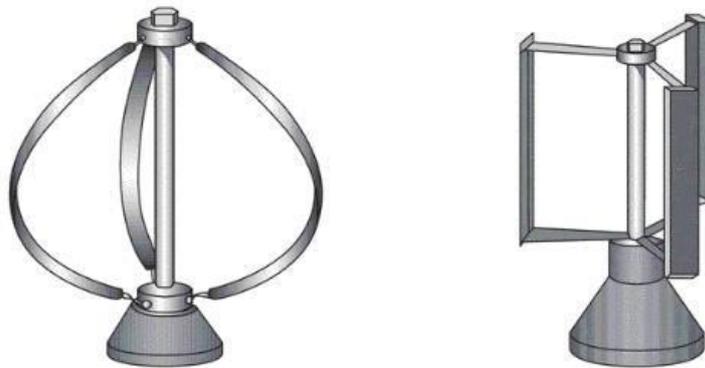
Este tipo de turbinas eran equipadas con una, dos, tres o más alabes. Disponían de diseños de viento ascendente, los cuales tenían el rotor de cara al viento y el generador detrás, o de viento descendente que tenían la disposición inversa. Todos estos diseños usaban cajas de cambios para sincronizar la velocidad del rotor con la del generador y así acoplarse con la red eléctrica para su control.

Por otro lado, el diseño de turbinas eólicas de tipo vertical también se desarrolló. El más común de ellos era la turbina Darrieus o batidor de huevos, llamado así porque sus cuchillas tenían la forma de un batidor de huevos. Este tipo de turbina eólica fue patentado por G. Darrieus en 1931 y se desarrollaron por el Laboratorio Sandia en los años 70. Su estructura básica consta de dos o tres palas de forma ovalada de perfil aerodinámico y tienen características parecidas a las de eje horizontal, cuya ventaja es un torque de arranque muy pequeño. El laboratorio Sandia construyó en 1974 un primer prototipo de 5 m de diámetro

cuya potencia era pequeña. Aunque su aplicación es similar a las turbinas rápidas de eje horizontal, están poco implantados debido a que produce baja potencia.

Otros diseños de cuchillas probados incluyeron una configuración de eje vertical en forma de H. Las principales ventajas que poseían este tipo de turbinas de eje vertical están en no tener que direccionar el rotor hacia el viento y que sus componentes mecánicos como la caja de cambios y el generador se podían colocar en el suelo [23].

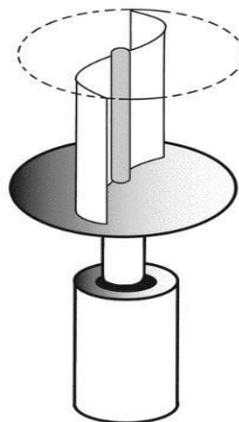
Figura 2. Turbina Eólica Darrieus y Tipo H



Fuente: Adaptado de "Power Generation Technologies" [23]

Aunque el diseño más común fue el Darrieus, previamente un ingeniero finlandés en 1920 inventó la turbina eólica Savonius (llamado así por su apellido), basado principalmente en la fuerza de arrastre del viento. Su diseño es el más simple y económico de todas las turbinas eólicas pero su velocidad es de las más bajas, por lo general consiste en dos medios cilindros que se ubican en contra, formando casi una forma de "S".

Figura 3. Geometría Savonius clásica.



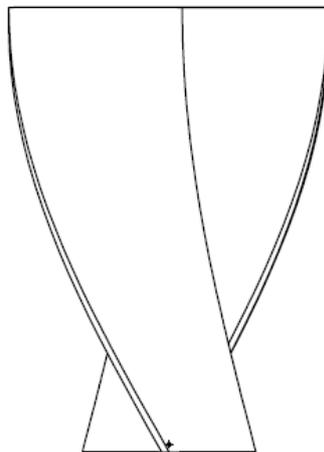
Fuente: Adaptado de "Future Energy - Opportunities and Challenges" [24]

Sin embargo, la mayor desventaja de este diseño es el bajo rendimiento aerodinámico en comparación con otras turbinas debido a su baja velocidad [25]. Este sistema presenta buenas características aerodinámicas para el autoarranque y la autorregulación. El mayor campo de aplicación de estas turbinas eólicas es la producción de electricidad o para el bombeo de agua.

A pesar de estas ventajas, las turbinas eólicas nunca prosperaron debido a su bajo nivel de producción de energía. Mientras que las turbinas eólicas horizontales producen energía en magnitudes de kilovatios hasta megavatios; en la década de los 80 una turbina promedio generaba 30kW, con el tiempo estas máquinas llegaron al rango de 2-3 MW; los verticales, producen energía en un orden menor a los 100kW.

En la actualidad existe un mercado para turbina eólicas pequeñas que frecuentemente se usan para suministrar energía en lugares remotos, para el suministro de energía domestica no conectada a la red o para una gama de pequeñas aplicaciones de generación distribuida. Estados unidos es uno de los países con mayor mercado de turbinas pequeñas.

Figura 4. Modelo comercial turbinas savonius.

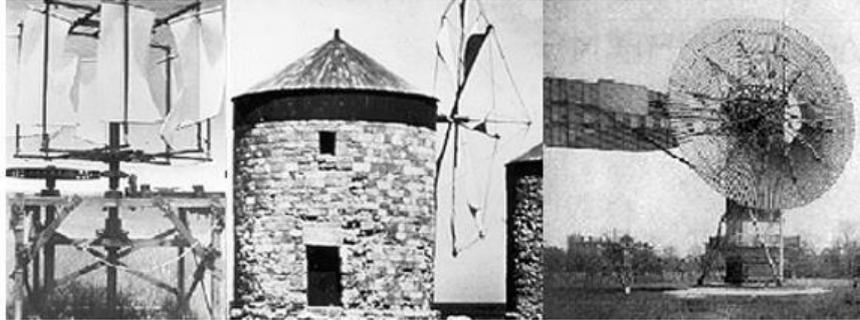


Fuente: Autor

A pesar de su situación actual en el mercado comercial, las turbinas eólicas verticales tienen un lugar bastante importante en la historia de las turbinas eólicas. De hecho, las turbinas eólicas verticales fueron las primeras en ser construidas, anteriormente eran conocidos como los molinos de viento y su uso principal era el de moler el grano o bombear agua, como ejemplo se encuentran ruinas que datan del 200 a.C en Persia (actualmente Irán) [26].

Además, se deduce que los primeros diseños para sus alabes estaban basados en la tela de velas en lugar de materiales rígidos. Por lo tanto, a pesar de su situación actual, las persistencias de las turbinas eólicas verticales a lo largo de la historia suponen un gran desafío para los diseñadores con respecto a su potencial [27].

Figura 5. Primeras Turbinas Eólicas de Eje Vertical



Fuente: Adaptado de “The wind energy (r)evolution: A short review of a long history” [26]

6.2 Aspectos generales de las turbinas eólicas verticales

6.2.1 Diseño Savonius

Las turbinas eólicas Savonius tienen una baja velocidad de corte y pueden operar con vientos de tan solo 2 m/s. Esto hace que el sistema sea adecuado para la generación de electricidad en aplicaciones de baja potencia, como instalaciones domésticas individuales. La máquina es especialmente adecuada para ubicaciones de dirección variable del viento. Una empresa suiza comercializa una versión de 6 kW de la Savonius. La eficiencia máxima de esta se aproxima al 30% (ver) y la relación punta velocidad es baja (TSR). Una desventaja de este diseño es su factor de alta solidez debido a que el material de construcción preferido es de metal, lo que implica peso y ruido [27].

6.2.2 Diseño Darrieus

A diferencia del rotor Savonius, la Darrieus no arranca por sí misma. El rotor de paso fijo debe estar en rotación antes de que el viento ejerza una fuerza motriz sobre él. En diseños prácticos, un rotor Savonius se incorpora a menudo en el eje Darrieus para proporcionar un par de arranque. A altas velocidades, la Darrieus produce más potencia que la Savonius y tiene una razón de punta mucho más alta.

Las máquinas Darrieus tienen un factor de baja solidez, comparable con el de un sistema de hélice de eje horizontal, lo que representa economía en los materiales del alabe. Las fuerzas en las cuchillas son similares en algunos aspectos a las fuerzas aerodinámicas en una sección del ala de un avión o

aeroplano. Las fuerzas centrífugas de rotación ejercen tensiones de tracción en las cuchillas, que pueden ser metálicas o hechas de fibra de vidrio [27].

6.3 Componentes de una turbina eólica

Como se ha mencionado anteriormente, las turbinas eólicas o aerogeneradores son capaces de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de flecha para hacer girar un rotor gracias a un sistema de transmisión que puede aumentar las revoluciones recibidas por el generador transformando el movimiento rotatorio en energía eléctrica. Mencionado lo anterior, se describirán a continuación los principales elementos que componen una turbina eólica de tipo vertical.

6.3.1 Subsistema de captación

Es el encargado de recibir el flujo del viento y transformarlo en energía mecánica, básicamente se compone del eje, los álabes y las tapas.

En este sistema el elemento más importante son los álabes pues a ser los encargados de convertir la fuerza del aire en un momento torsor que permite mover el eje. La geometría y el diseño son un campo de estudio bastante amplio como son los que reciben toda la fuerza, un excelente diseño y geometría implican un aumento en la eficiencia y captación de potencia útil.

6.3.2 Subsistema de transmisión

Está conformado por el sistema de poleas, correas, engranes, cajas multiplicadoras o cadenas que se encarguen de transferir la rotación que genera el rotor hacia el generador. Su función principal es aumentar las revoluciones del sistema para que el generador produzca la energía necesaria.

6.3.3 Subsistema de generación eléctrica

Su componente principal es el generador eléctrico, aspectos para tener en cuenta para la selección del dispositivo es saber cuántas revoluciones necesita para generar la potencia deseada, además de qué tipo de corriente se desea manejar (AC o DC).

La mayoría de los sistemas de generación eléctrica se basan en dos tipos de generadores, los de inducción y los síncronos. Los inductivos que son máquinas comparativamente simples y de bajo costo, que tienen la ventaja de poder ser motores o generadores, y los síncronos o alternadores, que son los más comunes para generar la parte de la energía AC en la actualidad [28].

6.3.4 Batería

Es un artefacto en el cual se almacena energía química que posteriormente se convierte en corriente eléctrica como resultado de varios procedimientos electroquímicos, en su interior se encuentran varias celdas con polo positivo y otro negativo las cuales proporcionan un movimiento continuo hacia los electrolitos encargados de expulsar la corriente continua de manera controlado, su capacidad varía de acuerdo a la naturaleza de su composición la cual se puede medir tanto en voltios, vatios, amperios o mAh.

6.3.5 Inversor

Es un dispositivo que transforma una tensión de entrada de corriente continua a corriente alterna, por medio de circuitos electrónicos los cuales hacen que el flujo de la corriente continua cambie de dirección de forma periódica. También puede modificar el voltaje de entrada por un voltaje de salida deseado para el uso cotidiano.

6.3.6 Controlador

La función del controlador de carga es suministrar la energía del generador al banco de baterías de una manera controlada. En los generadores de imanes permanentes comúnmente utilizados, el proceso se hace generalmente mediante el uso de rectificadores controlados. El controlador debe estar diseñado para limitar la corriente máxima en la batería, reducir la corriente de carga para el SOC (Estado de carga) de batería alta y mantener una carga de goteo durante los períodos completos de SOC [29].

6.4 El aire y su naturaleza

La energía que se puede obtener del aire varía en función del cubo de su velocidad, por lo que la comprensión de las características del viento es fundamental para todos los aspectos de explotación de energía eólica, desde la identificación de los lugares más adecuados y viabilidad económica hasta el diseño de las turbinas eólicas y la comprensión de su efecto no solo positivo a las redes de distribución sino ambientales también.

Desde el punto de vista de la energía eólica, la característica más llamativa del recurso eólico es su variabilidad. El viento es muy variable, tanto geográfica como temporalmente. Además, esta persiste en una amplia gama de escalas, tanto en el espacio como en el tiempo. La importancia de esto se amplifica por la relación cúbica con la energía disponible.

Este factor puede describirse a gran escala, donde aspectos como la latitud y geografía influye en el comportamiento del aire, o a pequeña escala donde los aspectos como el tipo de vegetación, altura, cantidad de montañas y obstáculos como árboles o edificios reducen las velocidades del viento [30].

6.4.1 Qué es el viento

El viento es aire en movimiento y aunque en general su movimiento es tridimensional, normalmente sólo se considera la velocidad y dirección horizontal puesto que a ser la que entra en contacto con la superficie de la turbina y es el causante del giro. En general para tratar aspectos de energía eólica se emplean criterios a nivel de meso escala y de escala pequeña, que en pocas palabras se refiere a los fenómenos conocidos como turbulencias, tormentas y brisas.

6.4.2 Dirección y velocidad del viento

La dirección del viento está determinada por el punto del horizonte del espectador desde el cual sopla. Actualmente, internacionalmente se usa la rosa dividida en 360°. El cálculo se realiza tomando como origen el norte y contando los grados en el sentido de giro del reloj. Para medir la velocidad del viento, en náutica lo mejor es utilizar la escala en nudos y con la escala Beaufort. La escala comprende 12 grados de intensidad creciente que describen el viento a partir del estado de la mar. Sin embargo, esta descripción es inexacta pues varía en función del tipo de aguas donde se manifiesta el viento. Pero con la llegada de anemómetros modernizados, a cada grado de la escala se le ha asignado una banda de velocidades medidas por lo menos durante 10 minutos a 10 metros de altura sobre el nivel del mar. En la meteorología sinóptica moderna, la escala Beaufort tiende a sustituirse por las mediciones precisas en nudos. Para análisis de viento dirigidos a su utilización energética se emplea como unidad de velocidad m/s [31].

6.4.3 Medición de la dirección y velocidad del viento

El dispositivo que tradicionalmente se utiliza para medir la dirección del viento es la veleta, que marca la dirección en grados en la propia rosa. Debe instalarse de acuerdo con los procedimientos internacionales vigentes (a partir de 10 m de altura las perturbaciones son insignificantes) para evitar las perturbaciones. La velocidad del viento se mide con el anemómetro, que es un molinillo de tres brazos, separados por ángulos de 120°, que se mueven alrededor de un eje vertical. Los brazos giran con el viento y permiten medir su velocidad [31].

6.5 Cálculos aerodinámicos de las turbinas

6.5.1 Potencia disponible

La potencia disponible en el viento varía con el cubo de la velocidad del viento, y depende también de la densidad del aire. Para calcular el potencial eólico se utilizan las ecuaciones de mecánica de fluidos, concretamente, la de conservación de la masa (ecuación de continuidad) y la de conservación de energía (ecuación de Bernoulli). Debido a la ley de Betz, es imposible extraer toda la energía cinética existente en una corriente de aire. La potencia eólica disponible a través de una superficie de sección A, perpendicular al flujo de viento, v, viene dada por el flujo de la energía cinética por unidad de tiempo [32] como lo muestra la ecuación 6-1.

$$P_d = \frac{1}{2} * A * v^3 \quad 6-1$$

6.5.2 Límite de Betz

De todo el potencial eólico disponible, solo se extraerá y convertirá una parte. El límite de extracción teórico máximo fue calculado por Albert Betz (1885-1968), un físico alemán que participó en la elaboración de las bases teóricas de los modernos aerogeneradores, quién publicó en 1919 una teoría, conocida como ley de Betz. Según esta ley no puede convertirse más del 59,26% de la energía cinética del viento en energía mecánica mediante una turbina eólica. El físico alemán creó un modelo que permite calcular la potencia y la fuerza de empuje que produce el viento sobre el rotor, utilizando un modelo unidimensional muy simplificado [22].

$$P_{max} = 0.5926 * P_d \quad 6-2$$

6.5.3 Rendimiento de las turbinas eólicas

Para determinar el rendimiento es necesario conocer la relación de velocidad tangencial o TSR, la cual sirve para comparar el funcionamiento de máquinas eólicas diferentes, por lo que también se le suele denominar velocidad específica. Para la turbina eólica Savonius, se tiene un rendimiento, o coeficiente de potencia cercano al 20% y para el Darrieus 35% aproximadamente. Es un valor para tener en cuenta ya que, si este valor es mayor a 1, significa que la turbina empezará a sentir fuerzas de levantamiento [23].

$$TSR = \frac{2\pi * n * r}{60 * v} \quad 6-3$$

$$C_p = \frac{P_{extraida}}{P_d}$$

6-4

6.6 Norma técnica colombiana: NTC 5725

Icontec fue creada en 1963 con la necesidad de responder a cada uno de los sectores económicos eficientemente por medio de los servicios de calidad, los cuales contribuyen al desarrollo de cada organización en el país; se fundamentó como una organización privada sin ánimo de lucro, la cual hoy en día tiene cobertura nacional e internacional, prestando servicios de normalización, educación, servicios de evaluación de la conformidad como certificación sistemas de gestión y producto e inspección, servicios de evaluación para el cambio climático, acreditación en salud, metrología y finalmente consulta y venta de normas y publicaciones. Siempre basados bajo los principios de la ética y la integridad, junto a los valores del servicio, eficiencia, confiabilidad, respeto, flexibilidad, compromiso y comunicación.

Su conformación se realiza bajo la vinculación voluntaria de representantes del Gobierno Nacional, representantes de los sectores privados de la producción, distribución y consumo, representantes del sector tecnológico en sus diferentes ramas y por todas aquellas personas jurídicas y naturales que tengan interés en pertenecer a él.

Al ser el Organismo Nacional de Normalización (ONN) representa a Colombia ante organismos de normalización tanto regionales como internacionales, entre los cuales se encuentran la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

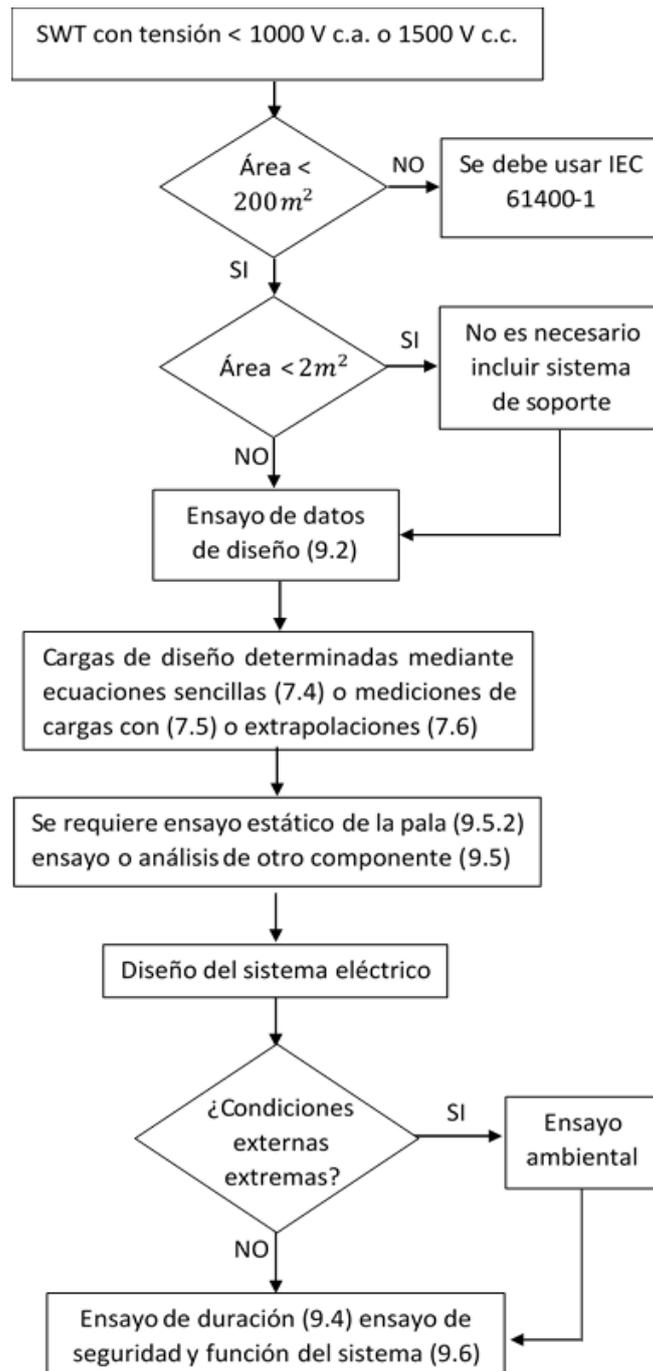
Además, es soporte del Gobierno Nacional en los grupos de negociación para la Comunidad Andina como lo son, el Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA) y el Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos, por lo que, al contar con una participación, están siempre en la renovación constante de las definiciones y el desarrollo de normas internacionales y regionales, por lo que siempre están a la vanguardia en información y tecnología.

La norma NTC 5725 define los requisitos para el diseño de turbinas eólicas o aerogeneradores pequeños con un área de barrido del rotor inferior a 200 m² (8 metros de radio) y que generan una tensión inferior a 1 000 V C.A o a 1 500 V C.C.; dicha norma se basa a mantener la filosofía de la seguridad, desde su fase inicial hasta la final, empezando por el diseño, la instalación, el mantenimiento y su operación en condiciones extremas; cada una sin dejar de un lado la calidad

y la integridad de la ingeniería. Siempre con el propósito principal de brindar un grado óptimo de protección contra los daños por los posibles peligros que produzca durante su vida útil planifica, dándonos finalmente la seguridad de calidad en dicho sistema.

En el método de diseño de la norma NTC 5725 se encuentra la ruta de decisión según IEC 61400-2, la cual se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Ruta de Decisión para Diseño de una Turbina Eólica



Fuente: Adaptación de NTC572. IEC 61400-2 [33]

Además, se deben verificar las condiciones ambientales del sistema, ya que dichos aspectos pueden afectar la integridad y seguridad de la turbina. El viento, temperatura; humedad; densidad de aire; radiación solar; sustancias químicamente activas; partículas mecánicamente activas; descargas atmosféricas; ambiente marino (corrosión) y lluvia, granizo, nieve o hielo pueden producir daños mediante una acción térmica, fotoquímica, corrosiva, mecánica, eléctrica u otras acciones físicas. Todo esto entendiendo que las condiciones ambientales normales que debemos tener en cuenta están en un rango de temperatura ambiente de funcionamiento normal del sistema de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$; humedad relativa hasta un 95 %; intensidad de la radiación solar de $1\ 000\ \text{W/m}^2$ y densidad de aire de $1,225\ \text{kg/m}^3$.

Las cargas sobre el aerogenerador son otro aspecto a considerar, causadas por el transporte, el montaje, la instalación, el mantenimiento y la reparación del mismo, entre los cuales, cargas de la gravedad sobre la turbina durante el transporte en posición diferente a la vertical; cargas producidas por herramientas especiales de instalación; cargas del viento durante la instalación; cargas introducidas por el izamiento de la turbina en la cimentación; cargas en la inclinación de la torre durante el izamiento y carga en una estructura de soporte debido a su escalada. También están las cargas aerodinámicas que se subdividen en cargas estáticas y dinámicas que son causadas por el flujo de aire y su interacción con las partes estáticas y móviles de la turbina.

En consecuencia, se encuentra el punto a tratar tomando como base los esfuerzos del sistema, los cuales se deben calcular en cada uno de los componentes que soportan las cargas importantes y en el caso de carga de diseño se deben combinar para obtener esfuerzos equivalentes, calculándolas a partir de fuerzas y momentos individuales, por lo que los esfuerzos equivalentes resultantes se deben comparar con los valores de diseño para los esfuerzos del material; teniendo en cuenta aspectos como variaciones de esfuerzo; concentraciones de esfuerzo; magnitud y dirección de las cargas resultantes; dimensiones del componente y variaciones en el espesor del material; rugosidad de la superficie del componente, tratamiento de la superficie; tipo de carga (flexión, tracción, torsión, etc.) y soldadura, fundición, maquinado, acabado final de la construcción, etc.

La Tabla 1 proporciona una guía para el cálculo de los esfuerzos equivalentes a partir de los valores unidireccionales.

Tabla 1. Ecuaciones para cálculos de diseño.

	BASE DE PALA CIRCULAR	BASE DE PALA RECTAGUNLAR	EJE DE ROTOR
Carga axial	$\sigma_{zB} = \frac{F_{zB}}{A_B}$	$\sigma_{zB} = \frac{F_{zB}}{A_B}$	$\sigma_{x-shaft} = \frac{F_{x-shaft}}{A_{shaft}}$
Flexión	$\sigma_{MB} = \frac{\sqrt{M_{xB}^2 + M_{yB}^2}}{W_B}$	$\sigma_{MB} = \frac{M_{xB}}{W_{xB}} + \frac{M_{yB}}{W_{yB}}$	$\sigma_{M-shaft} = \frac{M_{shaft}}{W_{shaft}}$
Cizallamiento	Insignificante	Insignificante	$\tau_{M-shaft} = \frac{M_{x-shaft}}{2W_{shaft}}$
Combinado (axial + flexión)	$\sigma_{eqB} = \sigma_{zB} + \sigma_{MB}$		$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{x-shaft} + \sigma_{M-shaft})^2 + 3\tau_{M-shaft}^2}$

Adaptación de la Norma NTC 5725 [33]

7. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto se divide en tres fases: Investigación y diseño, manufactura y pruebas del rotor y, por último, ensamble completo de la turbina eólica.

7.1 Objetivo 1. Determinar las condiciones de diseño para que opere a partir de 2m/s de la energía eléctrica diaria consumida por una familia promedio.

7.1.1 Nivel de investigación

La primera fase del proyecto es realizar una profunda investigación en libros, proyectos realizados sobre el diseño y fabricación de las turbinas eólicas (aerogeneradores) híbridos, para tener conceptos claros, funcionamiento de cada elemento que compone la turbina eólica y parámetros a evaluar en la zona que se quiera instalar este.

7.1.2 Diseño

Para la fase de diseño, se tomarán como referencia las normas técnicas colombianas para el diseño de turbinas eólicas e instalación publicadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), específicamente, se tomará en cuenta la NTC 5725 (Aerogeneradores. Requisitos de diseño para aerogeneradores pequeños) puesto que dicha norma mencionada, aborda los componentes de seguridad, calidad e integridad de la ingeniería. Además, detalla los requisitos de seguridad, diseño, instalación, mantenimiento y operación en condiciones externas específicas que el gobierno exige al momento de construir una turbina eólica.

Los datos a obtener para el aire se conseguirán de bases de datos de la NASA, CODAZZI, UPME, entre otros, donde la velocidad promedio del viento, velocidad de arranque del viento (velocidad mínima media del viento a la altura del rodamiento en la que el aerogenerador empieza a producir energía), velocidad máxima del viento, dirección dominante del viento, altitud, temperatura, presión, densidad del viento y humedad serán las variables para determinar los límites de diseño en las zonas de interés implicadas en el estudio. Una vez realizada esta actividad, se procederá hacer un estudio teórico del consumo energético de las zonas, donde se tendrá como parámetro de diseño una potencia nominal que representa el 5% del consumo promedio diario de las áreas del estudio.

7.2 Objetivo 2. Diseñar una turbina eólica de baja potencia utilizando las ecuaciones de mecánica de fluidos, la norma NTC 5725 y las relaciones dadas por Paraschivoiu y Sandia Laboratories.

7.2.1 Nivel de investigación y desarrollo

La fase de diseño se desarrollará tomando como base los resultados del análisis previo donde la potencia y la velocidad son los parámetros importantes. Esta fase consiste en el diseño de la turbina eólica a partir de la teoría de mecánica de fluidos, investigaciones en los diseños de rotores y la norma NTC 5725 para los cálculos de diseño. A partir de los estudios realizados, se obtendrán las dimensiones del rotor y los coeficientes de potencia, relación de velocidad de punta (TSR) y coeficiente mecánico de la turbina basados en las relaciones suministradas por Paraschivoiu y Sandia Laboratories. Para la selección de los materiales de la turbina, se tendrá en cuenta la NTC 5725 para calcular todos los esfuerzos presentes en la turbina. Se considerará la resistencia a la fluencia, a la fatiga, a la corrosión, entre otros. Después, con la geometría de la turbina obtenida se realizará un diseño de las piezas y componentes en un software CAD, estas piezas se ensamblarán y serán sometidas a una simulación de cargas estáticas y dinámicas para verificar los cálculos de esfuerzos realizados a partir de las ecuaciones de diseño de máquinas.

7.3 Objetivo 3. Evaluar el diseño, mediante pruebas experimentales variando el flujo del aire, utilizando el rotor fabricado.

7.3.1 Desarrollo

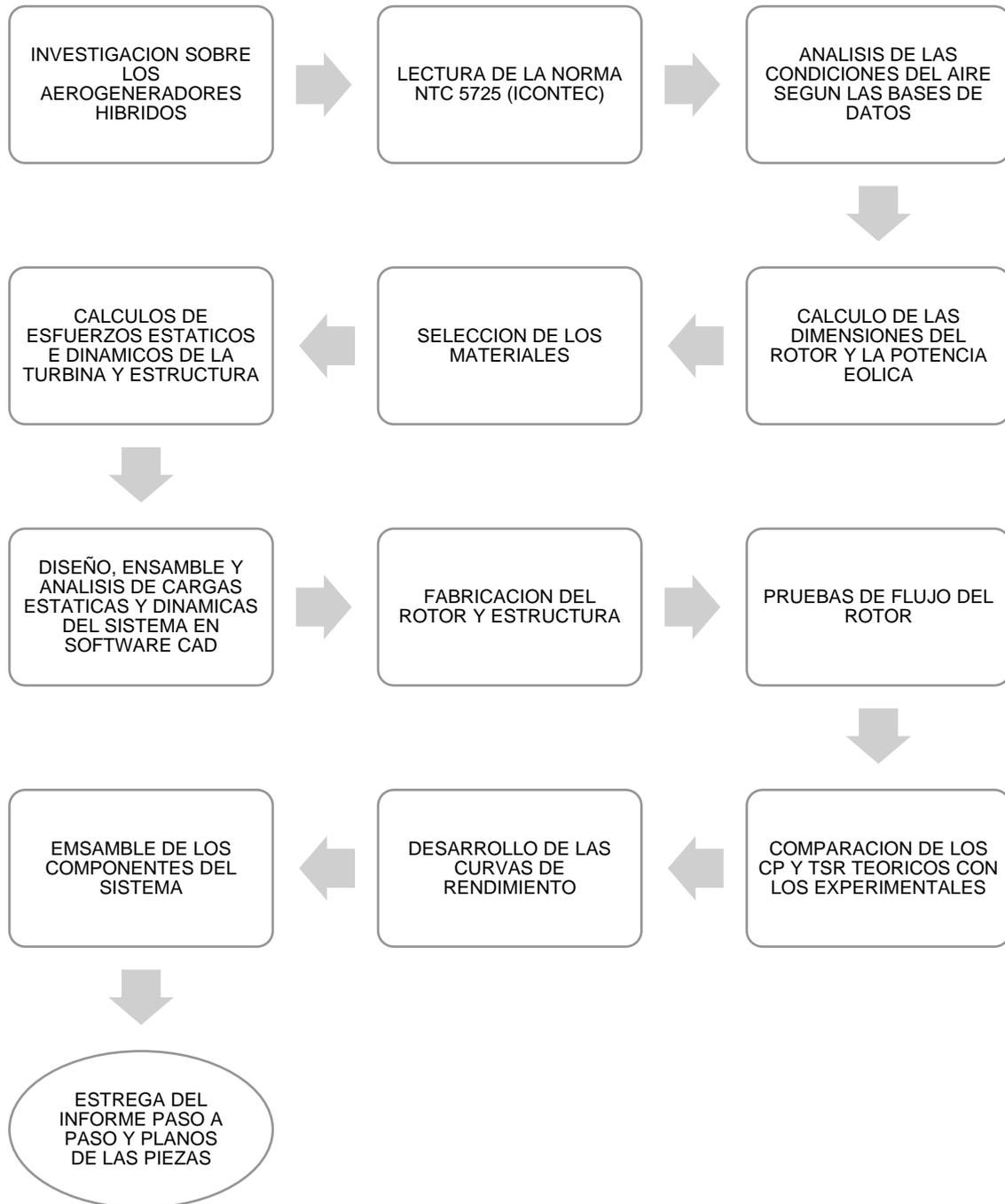
Para la evaluación del diseño, se construirá el rotor que será sometido a pruebas con variaciones del flujo del aire en el laboratorio de procesos donde se dispone de ventiladores que suministran vientos máximos de 20 m/s; con el propósito de determinar los datos de torque, velocidad y coeficiente de potencia y compararlos con los parámetros obtenidos en la fase de diseño y ver la confiabilidad del diseño. A partir de las pruebas realizadas en este prototipo se obtendrá: la potencia de diseño y las curvas de rendimiento.

El rotor será fabricado en su mayoría en las instalaciones de la universidad, específicamente en la zona de procesos industriales, en donde actividades como la fabricación de la estructura, la instalación del sistema de transmisión, acople, generador y el ensamble de componentes serán realizadas. Para el proceso de manufactura de los álabes del rotor, debido a su complejidad en los doblados, se dispondrá de ayuda externa (técnicos en la industria) que tenga mayor conocimiento y las herramientas necesarias para efectuar la actividad correcta.

Por último, se realiza un diagrama de flujo con el fin de mostrar cómo se va a desarrollar la metodología, para lograr el cumplimiento de los objetivos

planteados, la Figura 7 muestra de manera práctica y visual el procedimiento para obtener el aerogenerador híbrido.

Figura 7. Esquema de la metodología



8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 Objetivo 1. Determinar las condiciones de diseño para que la turbina (aerogenerador) opere a partir de 2m/s aportando al consumo diario energético de una familia promedio colombiana.

8.1.1 Nivel de investigación

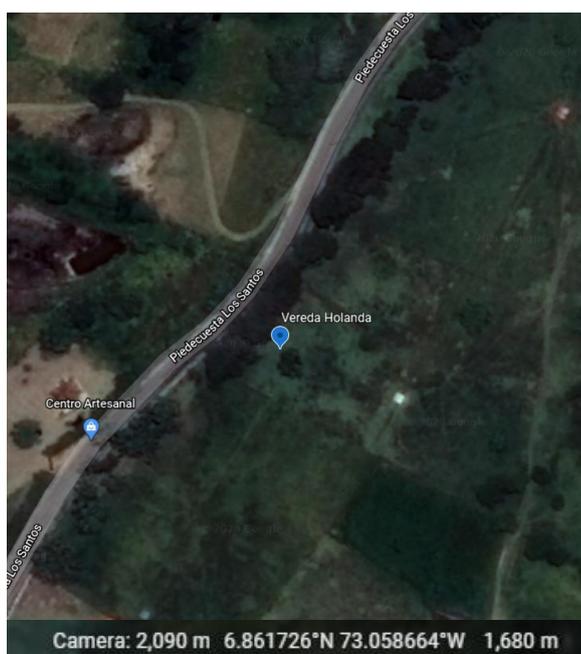
Para determinar las condiciones de diseño se seleccionará primero la zona de estudio. El lugar seleccionado será la vereda Holanda del municipio de los Santos, lugar en el que se tomarán datos de las velocidades del viento para el diseño del rotor.

Condiciones del viento en la zona de estudio

Se analizaron los parámetros ambientales de la zona, tales como: altitud, temperatura, densidad del aire, presión del sitio, potencial eólico disponible y velocidad del viento.

Para el obtener el dato de la altitud, se utilizaron los mapas de navegación suministrados por Google Earths como herramienta, que utilizan la tecnología satelital de Maxar Technologies, CNES/Airbus y Landsat/Copernicus como se muestra en la Figura 8.

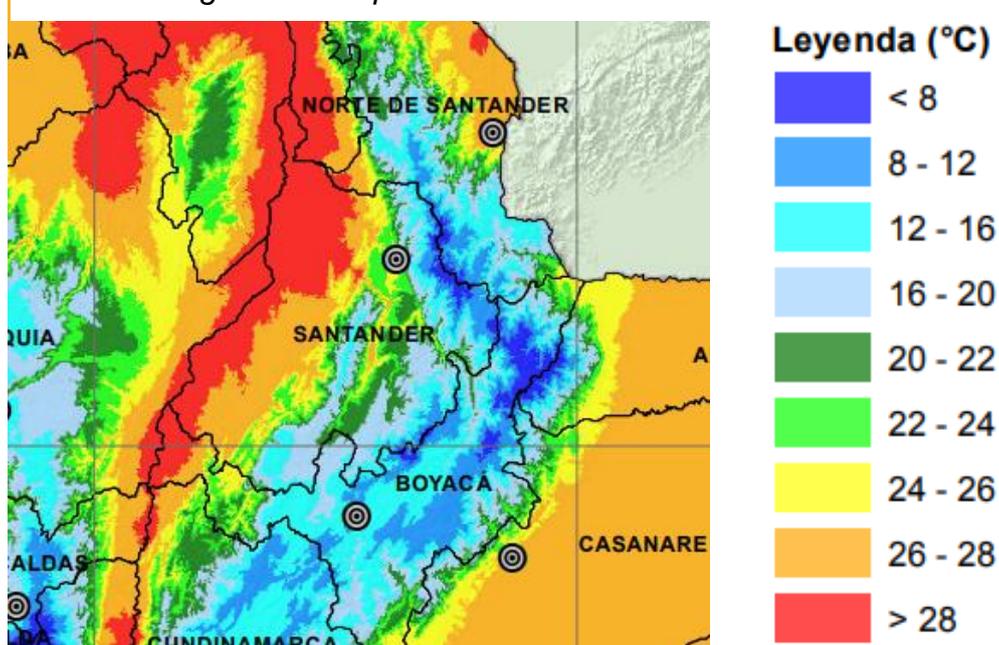
Figura 8. Ubicación geográfica zona de estudio - Vereda Holanda, Los Santos, Santander



Fuente: Autor

La temperatura que se tomó para realizar los cálculos de densidad y presión fue de 23 °C, dato obtenido a partir de los registros del IDEAM, que se muestran en la Figura 9.

Figura 9. Temperatura media de la zona de estudio.



Fuente: IDEAM [34]

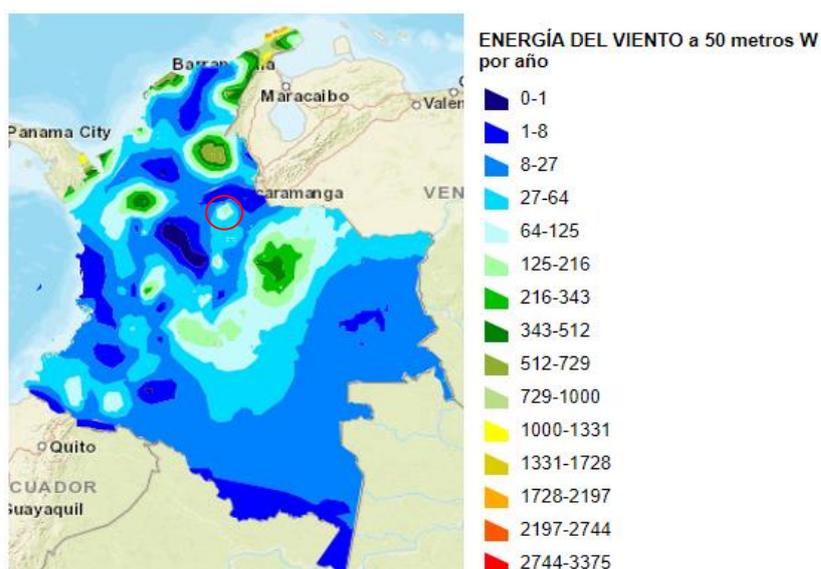
Con los datos obtenidos se utilizaron las ecuaciones 8-1 y 8-2 que se muestran a continuación, obteniendo una presión de 101.3 kPa y una densidad de 1.19 kg/m³.

$$P_{sitio} [Pa] = P_{estandar} * e^{\frac{-\mu_{aire} * h * g}{k_{aire} * T}} \quad 8-1$$

$$\rho_{sitio} \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \frac{P_{sitio}}{K_{aire} * T} \quad 8-2$$

El potencial eólico disponible se determinó con la ayuda del mapa eólico de la UPME mostrado en la Figura 10 más adelante, de donde se observa que la vereda Holanda se encuentra en una zona cuyo potencial eólico disponible es de 64 – 125 W/m² al año.

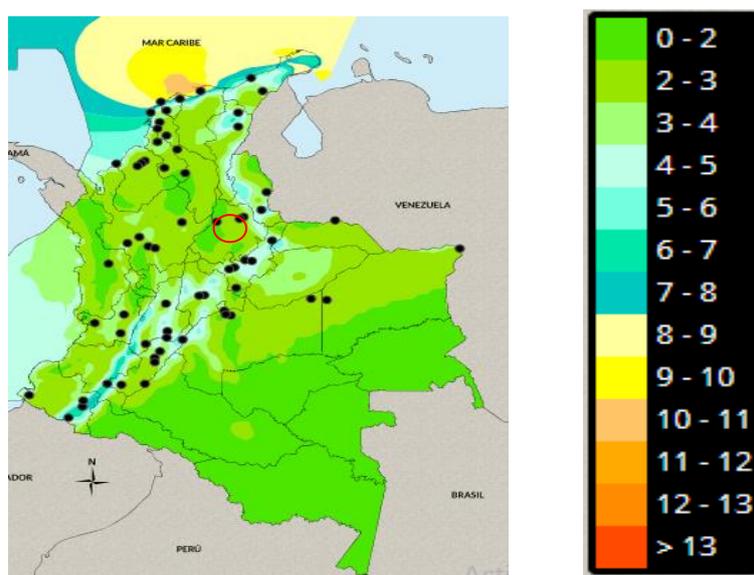
Figura 10. Potencial eólico disponible en Colombia



Fuente: UPME [35]

Para obtener el valor de la velocidad media del viento se utilizó nuevamente el mapa interactivo del IDEAM que representa de manera visual los datos recopilados por la UPME de las velocidades promedio del país. Para el caso de estudio, el mapa presentó una velocidad media de 2 – 3 m/s como se observa en la Figura 11. Sin embargo, para verificar este valor se utilizó también la herramienta de ArcGIS que es un software libre que recopila toda la información meteorológica de la NASA y tiene la ventaja de suministrar los históricos de vientos anuales y mensuales de una zona en específico.

Figura 11. Velocidades promedio del viento a una altura de 10 metros.



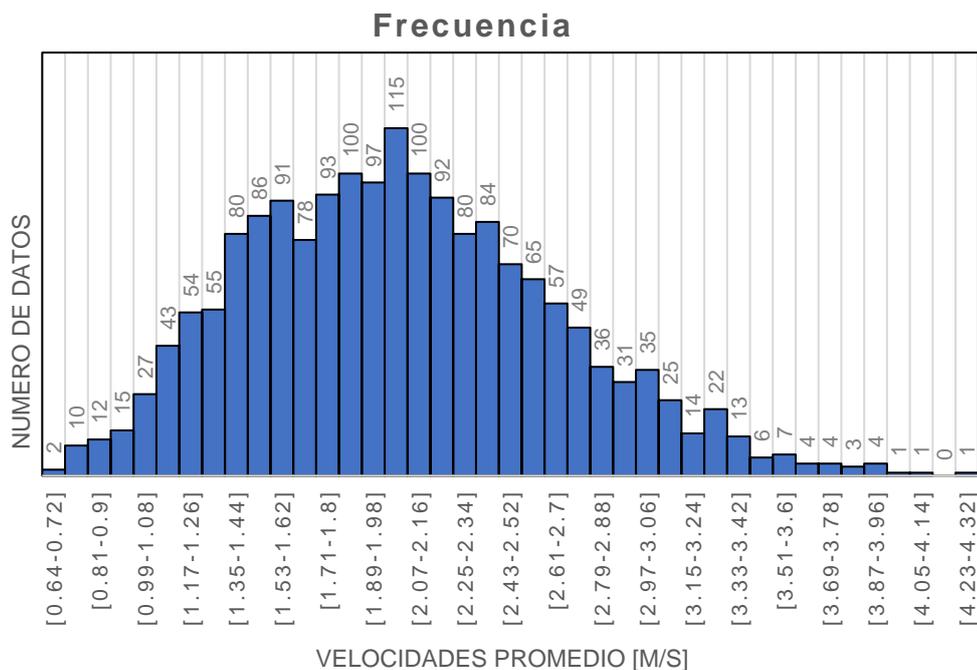
Fuente: IDEAM [36]

Una vez recopilada la información de la base de datos de la NASA, se realizó la distribución Weibull para determinar el comportamiento del viento en la vereda Holanda durante el día. Para el estudio, se tomaron los datos entregados por el software ArcGIS debido a que brindaba valores más exactos de la vereda Holanda, en el que se lograron recopilar 1784 datos que datan del año 2015 hasta el 31 de octubre de 2019, Tabla 18 (ver anexos).

Analizando los datos se desarrollaron las gráficas de: Frecuencias (Figura 12), frecuencias relativas (Figura 13) y función Weibull (Figura 14) cuyo objetivo es explicar de manera práctica y ordenada el comportamiento del viento.

La Figura 12 muestra de manera práctica la distribución de los diferentes rangos de velocidad de la zona. Se puede observar que el rango que tiene mayor valor registrado es el de 1.98 – 2.07 m/s con un total de 115 datos registrados.

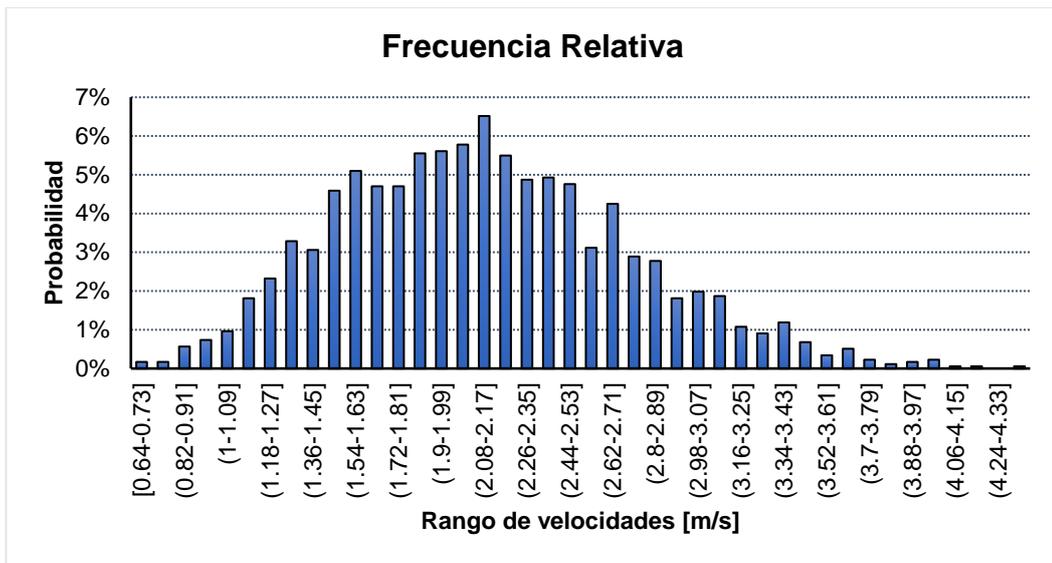
Figura 12. Gráfica de frecuencias de las velocidades.



Adaptado de "IDEAM"

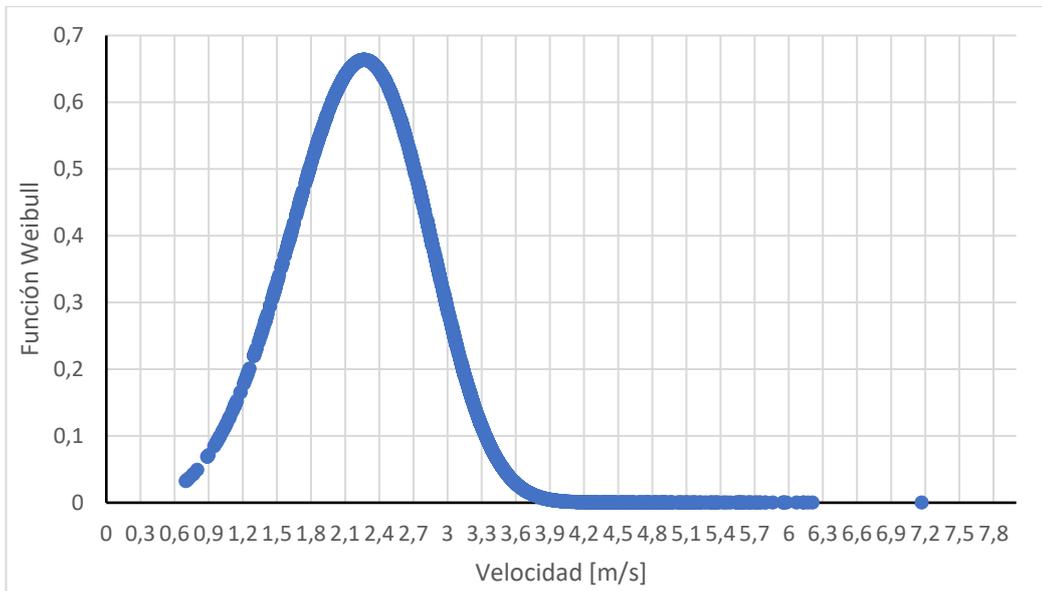
La Figura 13 de frecuencia relativa se observan las distintas probabilidades de las velocidades del viento durante un día. A partir de esta gráfica se concluye que las probabilidades más altas se encuentran entre el rango de 1.9 a 2.35 m/s.

Figura 13. Probabilidad de las velocidades



La Figura 14 muestra la función Weibull, que garantiza que todos los datos recopilados se comportan como se muestran en las gráficas de distribuciones.

Figura 14. Distribución Weibull



Como se observa en la gráfica los valores más altos de la función se encuentran entre 1.8 y 2.4 m/s, datos que, comparados con las gráficas anteriores, presentan una gran similitud. A partir de los datos analizados se confirma que la velocidad nominal de 2m/s para el arranque del aerogenerador en la vereda Holanda es probable y cumple con los requisitos de diseño.

Además, se comprueba que las velocidades promedio suministradas por la UPME y por el IDEAM son coherentes y similares a los determinados a partir del análisis con la distribución Weibull.

A partir de la información previamente mostrada y calculada se obtienen los principales parámetros ambientales de la zona de estudio que se visualizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones ambientales de la zona de instalación.

Altura [m.s.n.m]	1680	
Temperatura media [°C]/[K]	23.0	296.15
Velocidad del viento [m/s] - Diseño/Crítico	2	13
Masa molar del aire terrestre μ [kg/mol]	0.0289644	
Presión estándar (P) [Pa]/[mmHg]	101325	760
Constante del aire [J/kg-K] / N·m/(mol·K)	287.000	8.31
Aceleración gravedad [m/s ²]	9.81	
Presión en el sitio [Pa]	100758	
Densidad (ρ) [kg/m ³]	1.1855	

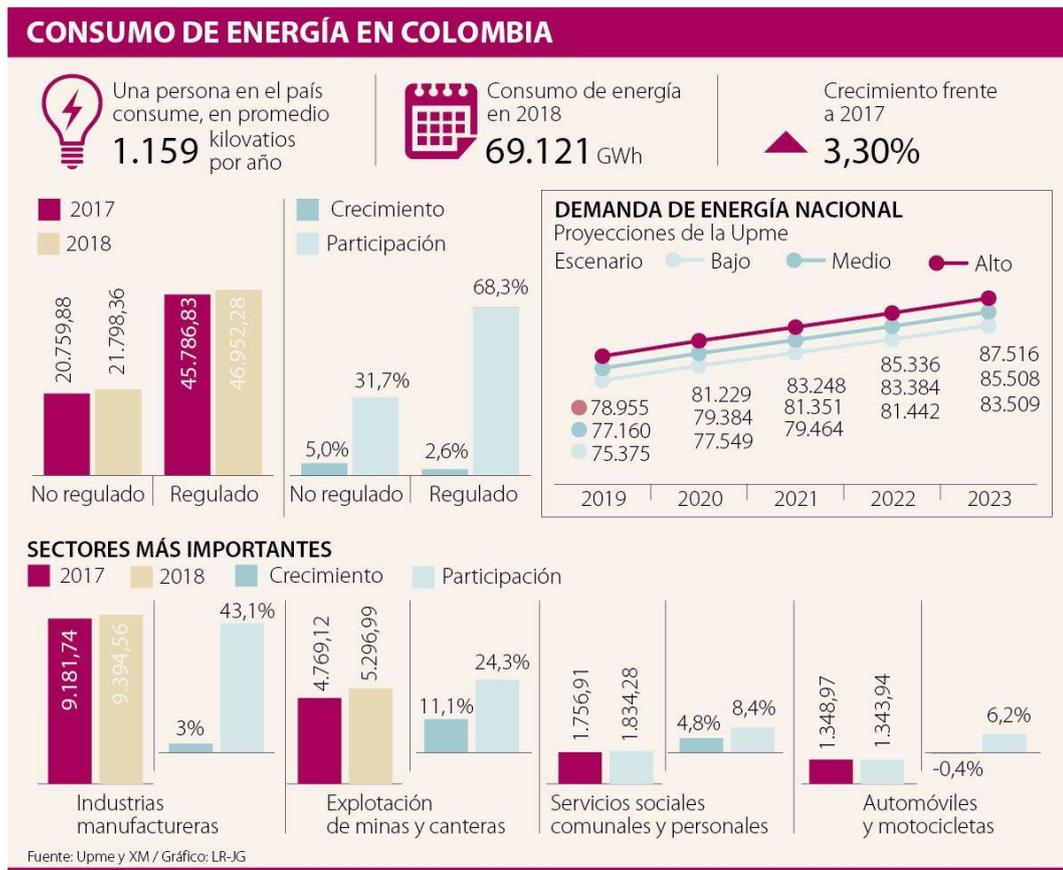
Fuente: Autor

Consumo energético promedio de una familia colombiana

De acuerdo a la Figura 15, que muestra el consumo promedio por persona en el año 2019 junto a las proyecciones esperadas en los siguientes años [37] según la UPME, el consumo promedio de una persona es de aproximadamente 133 Wh. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), actualmente el tamaño promedio del hogar en América Latina es de 3,6 personas, por lo cual una familia promedio colombiana en el año 2018 consumió 4.172 kilovatios [38].

Al aproximar el tamaño de un hogar a 4 personas y teniendo en cuenta el consumo diario por una persona, se obtiene que el consumo promedio de una familia colombiana al día es de 12.8 kW. Con este valor en mente se procederá a determinar más adelante cuánta energía aporta el rotor diseñado a una familia colombiana.

Figura 15. Consumo Energético en Colombia



Fuente: Adaptado de Revista La Republica [37]

8.2 Objetivo 2. Diseñar una turbina eólica de baja potencia utilizando las ecuaciones de mecánica de fluidos, la norma NTC 5725 y las relaciones dadas por Paraschivoiu y Sandia Laboratories.

8.2.1 Nivel de diseño e investigación

Para el diseño del aerogenerador se tomaron los siguientes criterios:

- El rotor no debe superar los 2 m² debido a que no se incluirá el sistema de soporte en los cálculos por recomendación de la NTC 5725. Se toma como referencia un diámetro de 1 m para el rotor Darrieus.
- El rotor Darrieus tendrá condición de autoarranque gracias al par de arranque generado por el rotor Savonius que girará con una velocidad mínima de 2 m/s, velocidad que se muestra en la Tabla 2. El rotor operará en un rango de velocidades de 2m/s a 13 m/s.
- Con los datos brindados por las investigaciones de Paraschivoiu, Sandia Laboratories y otros, que se muestran en la Tabla 3 y la Tabla 4 se lograron calcular las dimensiones de los rotores que componen la turbina.

- El material de construcción de los álabes deberá tener una baja densidad para que a bajas velocidades presente un par de torsión suficiente para arrancar el generador.

Para el diseño de la geometría de los rotores se realizó una profunda investigación en libros, proyectos y artículos de investigación en donde turbinas eólicas híbridas fueron evaluadas. En base a estas investigaciones, se desarrollaron las Tabla 3 y Tabla 4 que muestran las mejores relaciones para que los rotores presentes un alto desempeño al ser evaluados en túneles de viento.

Tabla 3. Relaciones geométricas rotor Savonius

Relaciones Geométricas	Fuente
$\frac{H}{D} = 1.5$	Wind tunnel performance data for two - and three - bucket Savonius rotors. (Sandia National Laboratories)[39].
$\frac{S}{d} = 0.15$	Wind tunnel performance data for two - and three - bucket Savonius rotors. (Sandia National Laboratorio)[39].
$TSR = (0.8 - 1)$	A review on the performance of Savonius wind turbines. (J. Vicente, H. Antonio, A. Prisco)[40].
$C_p = 0.22$	Review of Savonius wind turbine design and performance. (M. Zemamou, M. Aggour, A. Toumi)[9].

Tabla 4. Relaciones geométricas rotor Darrieus

Relaciones Geométricas	Fuente
$\frac{H}{D} = 1.5$	Wind turbine design with emphasis on Darrieus concept. Presses internationales poytechnique. (Paraschivoiu) [41].
$TSR = 3.3$	On the use of gurney flaps for the aerodynamic performance augmentation of Darrieus wins turbines. (A. Bianchini, F. Balduzzi, D. Di Rosa) [42].
$C_p = 0.3$	Darrieus wind turbine prototype: Dynamic modeling parameter identification and control analysis. (T. Pereira, N. Batista, A. Fonseca) [43].
Dimensiones NACA 0018 [44].	

Con las relaciones obtenidas de literatura se realizó la Tabla 5 y la Tabla 6 que muestran las dimensiones principales de los rotores a ser fabricados.

Tabla 5. Dimensiones rotor Savonius - Geometría Savonius

Área de barrido - A [m ²]	0.24	Ancho de álabe - β [m]	0.22
Diámetro del rotor - Dr [m]	0.48	Traslapo horizontal - s [m]	0.032
Altura del rotor - h [m]	0.6	Traslapo vertical - e [m]	0
Altura del álabe [m]	0.6	Diámetro de las tapas - Dt [m]	0.00

Tabla 6. Dimensiones rotor Darrieus - Geometría Darrieus

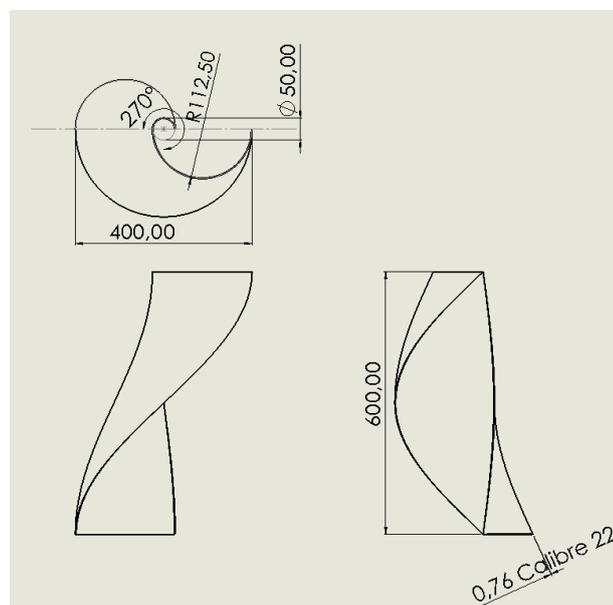
Área de barrido - A [m ²]	1.50	Ancho de álabe - β [m]	1.00E-01
Diámetro del rotor - Dr [m]	1	Longitud - L [m]	2
Altura del rotor - h [m]	1.5	Ángulo de ataque [α]	0
Altura del álabe [m]	1.5		

Según los estudios del Dr. X. Liang [45], se concluye que la relación más eficiente entre los radios de un aerogenerador Savonius y un Darrieus es la siguiente:

$$R_{savonius} / R_{Darrieus} = \frac{1}{3} \quad 8-3$$

La ecuación 8-3 muestra que una relación de radios de 0.33 (m) es la más eficiente, pero se aumenta esta relación a 0.4 (m) debido al pequeño tamaño del rotor Savonius, logrando así las dimensiones del rotor Savonius que se muestran en la Figura 16.

Figura 16. Dimensiones en milímetros y tipo de rotor Savonius

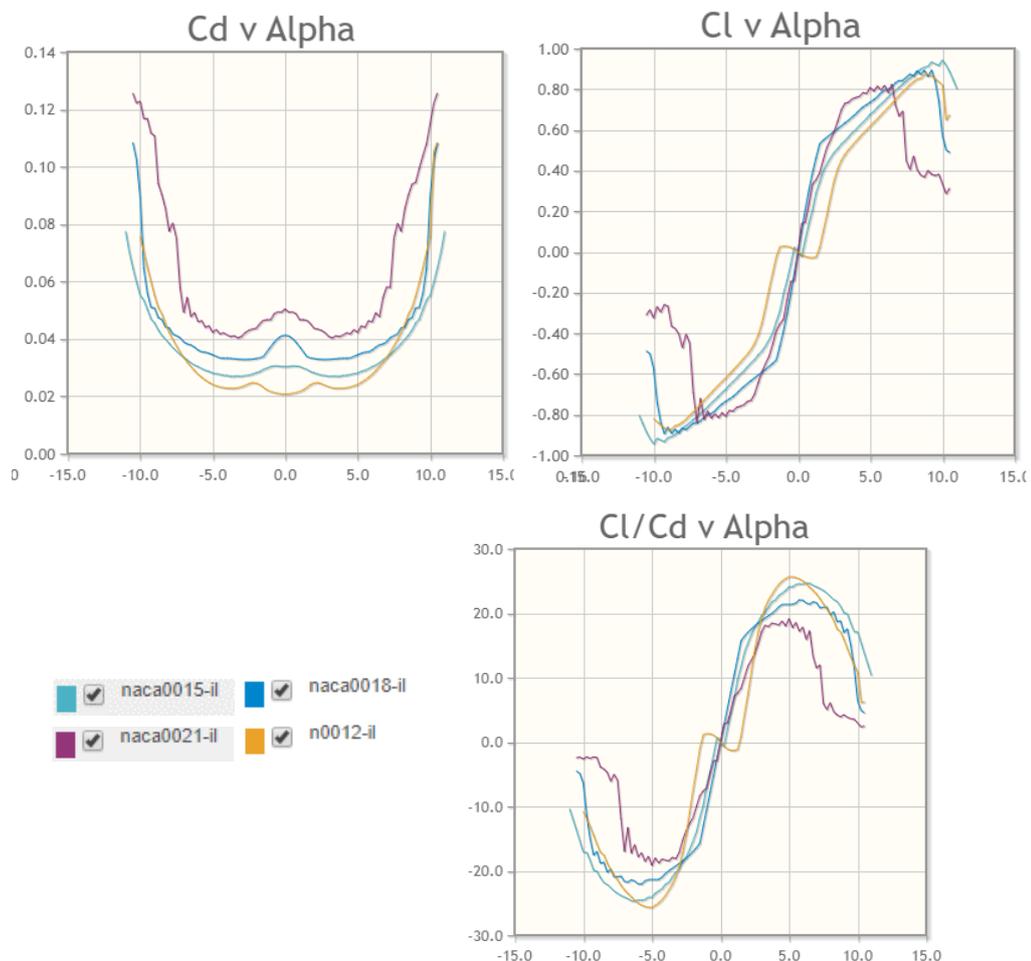


Fuente: Autor

Con las dimensiones de radio y altura del rotor Darrieus calculadas, se realizó la selección del perfil aerodinámico, se compararon varios perfiles aerodinámicos con ayuda del software libre AirfoilTools, el perfil NACA 0018, NACA 0012, NACA 0015 y NACA 0021 fueron analizados.

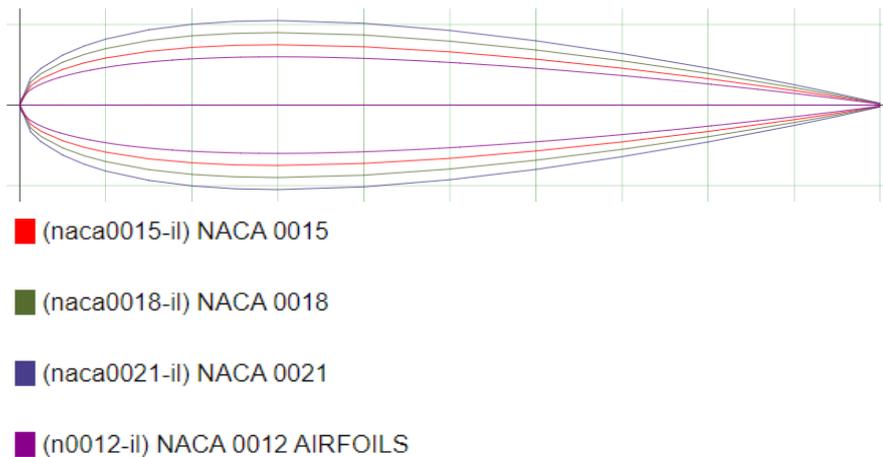
La Figura 17 y Figura 18 muestran sus curvas de desempeño y su respectivo perfil geométrico. Considerando los perfiles y sus rendimientos se seleccionó el perfil NACA 0018 puesto que es un perfil que presenta una alta relación entre el coeficiente de arrastre y de elevación en rangos bajos de ángulos de ataque, además de que su desempeño fue evaluado en un rotor Darrieus tipo H presentando un torque positivo para generar auto arranque, según Sengupta, A. R. [44].

Figura 17. Curvas de rendimiento perfiles NACA, $Re=50000$.



Fuente: Adaptado "Airfoiltools"

Figura 18. Geometría perfiles NACA



Fuente: Adaptado "Airfoiltools"

8.2.2 Cálculo del Potencial Eólico

Para obtener el potencial eólico se debe saber la eficiencia mecánica como lo muestra la ecuación 8-4, la cual consiste en la multiplicación de la eficiencia de la transmisión y de los rodamientos, este dato se obtuvo de la literatura suministrada por Ocampo [46] quien estipula que la eficiencia tanto de transmisión y de rodamientos son de 92% y 99% respectivamente. Para el valor de la eficiencia del generador, se trabajó con una eficiencia de 90% según fabricantes encontrada en varias páginas web [47].

La Tabla 7 muestra los resultados de las potencias para la velocidad de diseño y velocidad crítica, también se muestran los valores de las eficiencias de cada componente del sistema, como también los valores del coeficiente de potencia y de TSR tomados de la literatura.

Hay que resaltar que la potencia generada es a una velocidad muy baja, en el diseño realizado se busca obtener un torque de arranque bajo, suministrado por el Savonius para que el rotor Darrieus y el generador funcionen.

$$P_{extraida} = \frac{1}{2} * A * V^3 * \rho * Cp * \eta_m * \eta_t * \eta_r * \eta_g \quad 8-4$$

Tabla 7. Potencia y eficiencias para rotor Darrieus y Savonius

Potencia total extraída [W]	Savonius		Darrieus	
	Diseño	Crítico	Diseño	Crítico
	0.21	205.2	1.75	1749
Eficiencia mecánica - η_m	0.91			
Eficiencia de transmisión - η_t	0.92			
Eficiencia de rodamientos - η_r	0.99			
Eficiencia generador - η_g	0.9			
Coefficiente de potencia - C_p	0.22			
Relación velocidad tangencial - TSR	0.8			

8.2.3 Selección de materiales para los álabes

Según los criterios mencionados al inicio del objetivo se realizaron la Tabla 8 y la Tabla 9 que muestran los principales materiales que se tenían en mente para la fabricación de los álabes. Se tuvieron en cuenta la disponibilidad en el comercio, el costo y el peso para la selección del mejor material de cada rotor.

Tabla 8. Características de materiales para los álabes Savonius.

Material	Costo por álabes (COP)	Peso por álabes (Kg)	Espesor (mm)
Lámina de aluminio calibre 28	23000	0.65	0.352
Lámina de acero calibre 16	16000	1.88	1.52
Acrílico	35000	0.29	1.5
Poliestireno de alto impacto	12000	0.25	1
Fibra de vidrio	100000	0.60	1

Tabla 9. Características de materiales para los álabes Darrieus.

Material	Costo por álabes (COP)	Peso por álabes (Kg)	Espesor (mm)
Lámina de aluminio calibre 28	26000	21.60	0.352
Lámina de acero calibre 16	32000	62.80	1.52
Acrílico	70000	9.52	1.5
Poliestireno de alto impacto	24000	8.32	1
Fibra de vidrio	150000	19.84	1

Se elaboró una matriz de decisión con el fin de seleccionar el mejor material para la construcción de los alabes del aerogenerador híbrido, calificando los parámetros para tener en cuenta en una escala entre 1 a 10, representándose así:

Comercialización. 1 fácil adquisición - 10 difícil adquisición.

Costo. 1 alto valor - 10 bajo valor.

Densidad. 1 muy denso - 10 poco denso.

Tabla 10. Matriz de selección de materiales para álabes

	Oferta	Costo	Densidad	Rango
Factor de ponderación	0.33	0.33	0.34	1.00
Lámina de aluminio calibre 28	5 1.65	6 1.98	6 2.04	5.67

Lámina de acero calibre 16	3 0.99	7 2.31	2 0.68	3.98
Acrílico	3 0.99	3 0.99	8 2.72	4.7
Poliestireno de alto impacto	3 0.99	9 2.97	9 3.06	7.02
Fibra de vidrio	8 2.64	1 0.33	8 2.72	5.69

Tomando como referencia la matriz de selección mostrada en la Tabla 10, se consideró que el material de los álabes Savonius y Darrieus serían de poliestireno gracias a su baja densidad y altas propiedades mecánicas. Su densidad es de 1040 Kg/m³, módulo de elasticidad = 2100 MPa y 27MPa de resistencia a la tensión.

8.2.4 Cálculo de otros parámetros

Velocidad de rotación

Según los estudios y recomendaciones de J. Vicente, H. Antonio, A. Prisco [40], la relación de velocidad tangencial es de 0.8, con lo que se procede a calcular las revoluciones por minuto que se obtienen con el diseño híbrido:

$$\omega = \frac{TSR \cdot v}{r} \quad 8-5$$

Determinación del torque

El torque es igual a la razón entre la potencia nominal y la velocidad de rotación (rad/s) siendo así:

$$T = \frac{P_{extraida}}{\omega} \quad 8-6$$

Fuerzas que soportan los álabes

Los álabes soportarán dos fuerzas directamente, la fuerza del viento y la fuerza centrífuga. La fuerza del viento viene dada por la siguiente expresión:

$$F_v = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \quad 8-7$$

Y la fuerza centrífuga se relaciona de la siguiente manera:

$$F_c = m \cdot \omega \cdot r_{cg} \quad 8-8$$

Al resolver las ecuaciones 8-5, 8-6, 8-7 y 8-8 se obtienen la Tabla 11 y Tabla 12, que muestran la velocidad de rotación, torque y fuerza del viento para ambos rotores en condiciones de diseño (2m/s) y en condiciones críticas (13 m/s), velocidad que más adelante se tendrá en cuenta para los cálculos del diseño del eje:

Tabla 11. Velocidad, torque y fuerza del viento rotor Savonius

Velocidad de rotación - ω [rad/s]/[RPM]	8.00	76.39	80.00	763.94
Torque [N-m]	0.0254		2.5368	
Fuerza del viento - F_v [N]	2.344		234.444	

Tabla 12. Velocidad, torque y fuerza del viento rotor Darrieus

Velocidad de rotación - ω [rad/s]/[RPM]	13.2	126.1	132	1260.5
Torque [N-m]	0.13		13.1	
Fuerza del viento - F_v [N]	2.34		234.4	

Tomando como material el poliestireno de alto impacto las Tabla 13 y Tabla 14, muestran las áreas, densidades y masas de cada álabe:

Tabla 13. Cálculo de áreas y masas de cada álabe Savonius

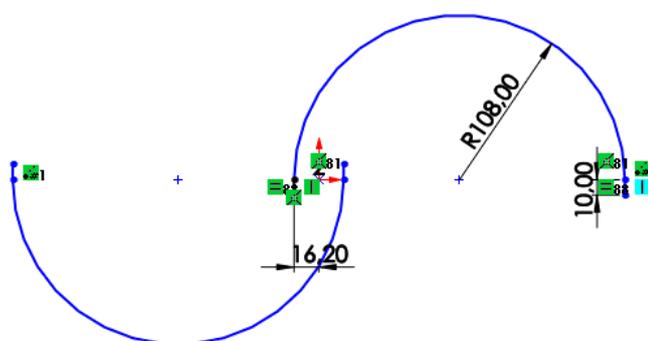
Área de álabe [m ²]	0.24
Densidad álabe [kg/m ³]	1040
Densidad tapa [kg/m ³]	1040
Masa de álabe [kg]	0.25
Peso Álabe [N]	2.45

Tabla 14. Cálculo de áreas y masas de cada álabe Darrieus

Área de álabe [m ²]	1.50
Densidad álabe [kg/m ³]	1040
Densidad tapa [kg/m ³]	1040
Masa de álabe [kg]	8.32
Peso Álabe [N]	81.62

Para calcular la fuerza centrífuga se realizó el siguiente procedimiento primero calcular las coordenadas del centro de giro en X y en Y como se muestra en la Figura 19:

Figura 19. Distancia centro de gravedad rotor Savonius (Dimensiones en mm)



$$X_{CG} = r - \frac{s}{2} = \frac{0.216 \text{ m}}{2} - \frac{0.03 \text{ m}}{2} = 0.093 \text{ m}$$

$$Y_{CG} = \frac{4 \cdot r}{3\pi} = \frac{4 \cdot 0.108 \text{ m}}{3 \cdot \pi} = 0.046 \text{ m}$$

$$r_{CG} = \sqrt{X_{CG}^2 + Y_{CG}^2} = \sqrt{0.093^2 + 0.046^2} = 0.1027 \text{ m}$$

Debido a la geometría totalmente circular del rotor Darrieus no fue necesario determinar radio de giro, por lo tanto, la fuerza centrífuga fue de 724.85 N en la condición de diseño como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Fuerzas sobre los álabes.

Savonius	Fuerza centrífuga - Fc [N]	1.641	69.3
Darrieus	Fuerza centrífuga - Fc [N]	724.84	30.6 x10 ³

8.2.5 Diseño del eje del rotor

Para el diseño se utilizarán los siguientes parámetros:

- La longitud del eje será de 2 m ya que se necesita una zona medianamente grande para instalar en la parte inferior una estructura que además de soportar el rotor incluya el sistema de transmisión y el generador.
- El material del eje será un tubo de aluminio EN-AW 6063 T6 laminado en caliente de ½ pulgada cuyo peso será de 1.7 kg, y resistencia a la fluencia es de 240 MPa y resistencia última de 290 MPa [48].
- La velocidad de diseño en este caso será la velocidad crítica de 13 m/s que representa el número 7 en la escala Beaufort para un viento fuerte, esta velocidad es muy poco común en la zona, pero se tomará en cuenta como un caso particular y desfavorable que el rotor deberá soportar.

Bajo estas condiciones se define el diámetro previo del eje que soportará la torsión generada por el viento. Para esto se utilizó la ecuación 8-9 del esfuerzo cortante.

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \quad 8-9$$

Tomando un factor de seguridad de 2 se tiene un esfuerzo admisible de 120 MPa:

$$\eta_s = \frac{S_y}{S_{diseño}} \rightarrow S_{diseño} = \frac{240 \text{ MPa}}{2} = 120 \text{ MPa}$$

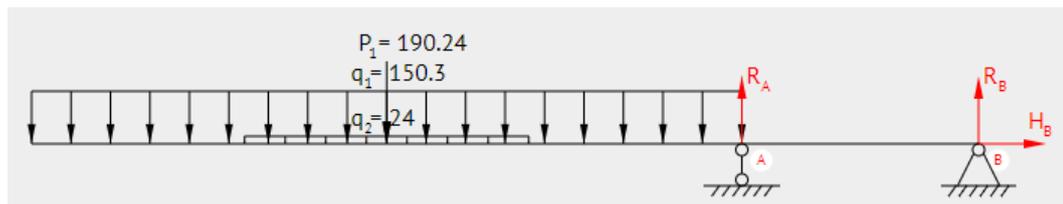
Con el esfuerzo admisible se calculó el diámetro necesario para soportar las cargas en las condiciones críticas:

$$d = \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau} \right)^{1/3} = \left(\frac{16 \cdot 5.6 \text{ N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot 120 \times 10^6} \right)^{1/3} = 6.19 \times 10^{-3} = 6.19 \text{ mm}$$

Análisis del diagrama de cuerpo libre y momento flector

La Figura 20 y Figura 21 muestran los diagramas de cuerpo libre y de momentos del rotor utilizando una herramienta libre llamada Beamguru.

Figura 20. Diagrama de fuerzas sobre el rotor



Fuente: Autor

Al realizar sumatorias de fuerzas y momentos se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow q_1 * 1.5 * \left(\frac{1.5}{2}\right) + q_2 * 0.6 * \left(1.05 - \frac{0.6}{2}\right) + P_1 * 0.75 + R_B * 0.5 = 0$$

$$\sum M_B = q_1 * 1.5 * \left(2 - \frac{1.5}{2}\right) + q_2 * 0.6 * \left(1.55 - \frac{0.6}{2}\right) + P_1 * 1.25 - R_A * 0.5 = 0$$

$$R_B = \frac{-150.3 * 1.5 * \left(1.5 - \frac{1.5}{2}\right) - 24 * 0.6 * \left(1.05 - \frac{0.6}{2}\right) - 190.24 * 0.75}{0.5}$$

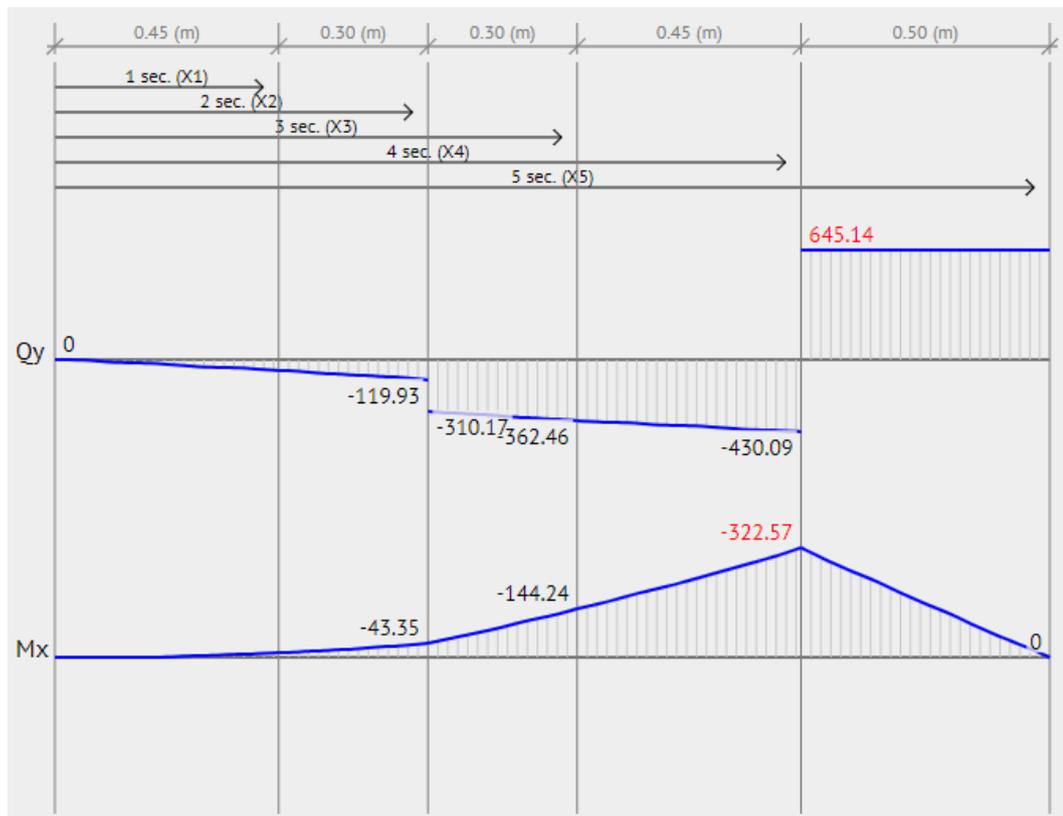
$$= -645.14 (N)$$

$$R_A = \frac{\left(150.3 * 1.5 * \left(2 - \frac{1.5}{2}\right) + 24 * 0.6 * \left(1.55 - \frac{0.6}{2}\right) + 190.24 * 1.25\right)}{0.5}$$

$$= 1075.23 (N)$$

Con estas reacciones se procede a determinar la sección crítica del sistema realizando así los diagramas de momentos que se muestran en la Figura 21.

Figura 21. Diagrama de momentos y reacciones del rotor



Fuente: Autor

A partir del análisis se muestra que la sección crítica se halla en el punto A, lugar en el que va el rodamiento, ya que en esta se encuentra un momento máximo de 322.57 N · m y un par de torsión de 5.6 N · m.

Análisis estático

En el estudio estático se debe comprobar que el diámetro de eje seleccionado no falle cuando se presente las cargas. Para este cálculo se utiliza la ecuación 8-10 suministrada por el ingeniero Libardo Vanegas [49], la cual relaciona los esfuerzos principales que hay en la sección con el diámetro del eje.

$$d_m = \left[\frac{16 \cdot n_s}{\pi \cdot S_y} \cdot (4 \cdot M^2 + 3 \cdot T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad 8-10$$

$$d_m = \left[\frac{16 \cdot 2}{\pi \cdot 240 \cdot 10^6 Pa} \cdot (4 \cdot (177.12 N \cdot m)^2 + 3 \cdot (13.1031 N \cdot m)^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$= 30.14 \cdot 10^{-3} m = 30.14 mm$$

Como resultado, se comprueba que el eje no soportará estas cargas puesto que el diámetro es mayor que el teórico. En consecuencia, se decide tomar un diámetro de 1.25 pulgadas que es mayor al mínimo calculado.

Análisis por fatiga

Debido a que los esfuerzos mínimos se consideran despreciables, se tomará en cuenta como esfuerzo alternante el generado por el momento flector máximo (177.12 Nm) y como esfuerzo medio el generado por el par de torsión máximo (13.10 Nm). Para este análisis se utiliza la línea de Goodman, mostrada en la ecuación 8-11 para determinar el radio del eje.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_e} + \frac{\sigma_{em}}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta_s} \quad 8-11$$

Para realizar el cálculo primero se deben obtener los esfuerzos alternantes y medios, para luego calcular los esfuerzos principales que muestran a continuación:

$$\sigma_a = \frac{M * c}{I} = \frac{322.57 * r}{\frac{\pi}{4} * r^4} = \frac{410.71}{r^3}$$

$$\sigma_m = \frac{T * c}{J} = \frac{5.6 * r}{\frac{\pi}{2} * r^4} = \frac{3.57}{r^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x,m\acute{i}n} = \frac{\sigma_a}{2} \pm \sqrt{\sigma_a^2 + \tau_a^2} = \frac{\frac{410.71}{r^3}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{410.71}{r^3}\right)^2} = \sigma_{a1} = \frac{616.1}{r^3} ;$$

$$\sigma_{a2} = -\frac{205.4}{r^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x,m\acute{i}n} = \frac{\sigma_m}{2} \pm \sqrt{\sigma_m^2 + \tau_m^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{3.57}{r^3}\right)^2} = \sigma_{a1} = -\frac{3.57}{r^3} ; \sigma_{a2} = \frac{3.57}{r^3}$$

Luego de obtener los esfuerzos, se calcularon los esfuerzos de Von Mises para cada uno de los dos tipos de esfuerzos (alternantes y medios) que son:

$$\text{Esfuerzos medios} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{em} = \left[\left(-\frac{3.57}{r^3} \right)^2 + \left(\frac{3.57}{r^3} \right)^2 - \left(-\frac{3.57}{r^3} \right) \left(\frac{3.57}{r^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \\ \sigma_{em} = \frac{3.57}{r^3} \end{array} \right\}$$

$$\text{Esfuerzos alternos} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{ea} = \left[\left(\frac{616.1}{r^3} \right)^2 + \left(-\frac{205.4}{r^3} \right)^2 - \left(\frac{616.1}{r^3} \right) \left(-\frac{205.4}{r^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ = \sigma_{ea} = \frac{740.48}{r^3} \end{array} \right\}$$

Para determinar el radio del eje se utiliza la línea de Goodman conociendo ya los valores de los esfuerzos equivalentes sólo hace falta conocer la resistencia a la fatiga modificada (ecuación 8-12) que se obtiene de la siguiente manera:

$$S_e = K_s * K_r * K_t * K_m * S'_e \quad 8-12$$

Estos factores se pueden calcular por medio de varias tablas y ecuaciones suministradas por literatura, en el diseño del eje, se tomarán como factores importantes el de tamaño y el de confiabilidad, siendo $1.189 * d^{-0.112}$ y 0.897 respectivamente.

El valor del límite a la fatiga para condiciones ideales es de $0.45 S_{ut}$ para aleaciones de aluminio. Se procede a calcular el valor del esfuerzo de fatiga modificado:

$$S_e = 1.189 * d^{-0.112} * 0.897 * 0.45 * 290 * 10^6$$

Como se observa, tanto los esfuerzos principales y la resistencia a la fatiga quedan en función del radio del eje, que es el dato que se quiere conocer. Se utiliza así, la línea de Goodman para obtener el radio mínimo del eje:

$$\frac{740.48}{r^3 * 0.897 * 1.189(2 * r)^{-0.112} * 107.84 * 10^6} + \frac{3.57}{r^3 * 290 * 10^6} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow r = 0.0208 \text{ m} \approx 21 \text{ mm} \rightarrow d_{\min} = 42 \text{ mm}$$

Análisis por deflexión

Para el cálculo de la deflexión que tendrá el eje, Se comprueba si este soporta la máxima deflexión que se representa en la ecuación 8-13:

$$\frac{M}{W_x} \leq \frac{S_y}{n_s} \quad \text{donde} \quad W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad 8-13$$

Para que el eje soporte el momento flector máximo se debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{M}{W_x} \leq \frac{S_y}{\eta_s} \rightarrow W_x = \frac{M * \eta_s}{S_y} \rightarrow \frac{177.12 * 2}{240 \text{ MPa}} = 1.476 \times 10^6 \text{ m}^3 = 1.48 \text{ cm}^3$$

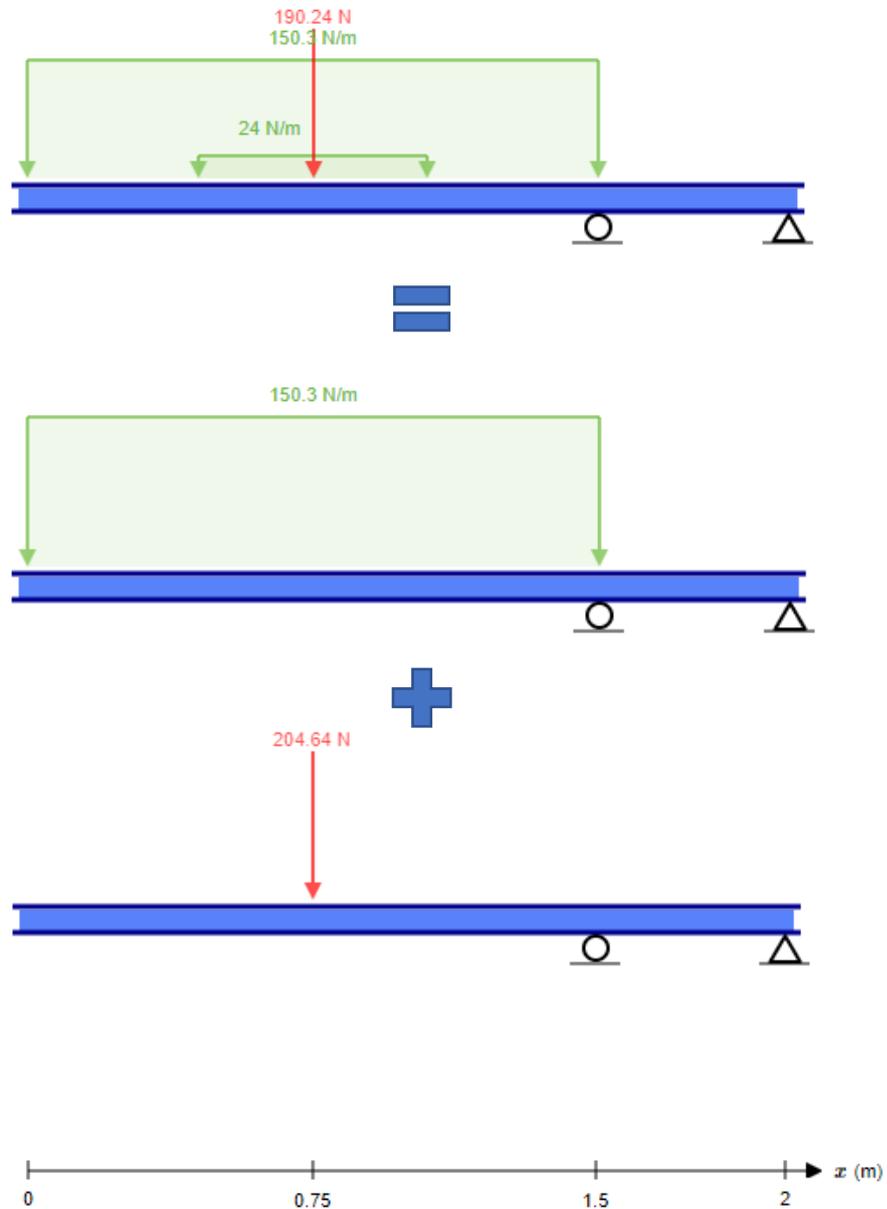
Al analizar el resultado se observa que el módulo resistente depende de la geometría del eje que, para este caso, será una sección tubular redonda. A partir de las tablas de perfiles de la ASTM A500 o NTC 4226, se obtiene un perfil de 1.25 in con un módulo resistente de 3.95 cm³ cuyo diámetro externo es de 4.22cm y espesor de 2.50 mm.

Una vez seleccionado el perfil se verifica que el diámetro seleccionado sea mayor al teórico:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 1.48 \text{ cm}^3}{\pi}} = 2.47 \text{ cm} \approx 24.7 \text{ mm}$$

Al cumplir la condición se calcula la máxima deflexión del sistema, en este caso, se analizará como una viga en voladizo debido al diseño y posición de los rodamientos, el sistema soportará una carga distribuida y una carga puntual, para el análisis se utilizó la herramienta web libre SkyCiv, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Diagrama de deflexión del rotor



Fuente: Adaptado "Skyciv"

La fuerza que se aplica en el sistema es la del viento, además se observa que el sistema se parte en dos. A partir de la tabla de deflexiones y pendientes de vigas se procede a realizar los siguientes cálculos:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{q * L^4}{8 * E * I} + \frac{P * a^2}{6 * E * I} (3 * L - a) \quad (1)$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{150.3 \text{ N} * m * (1.5 \text{ m})^4}{8 * 69 * 10^9 \text{ Pa} * 6.17 * 10^{-8} \text{ m}^4 * (3 * 1.5 \text{ m} - 0.75 \text{ m})} + \frac{204.64 \text{ N} * (0.75 \text{ m})^2}{6 * 69 * 10^9 \text{ Pa} * 6.17 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$= 0.022 + 0.017 = 0.039 = 3.9 \text{ cm}$$

Los datos del m3dulo de elasticidad son tomados de fichas t3echnicas de varios proveedores para el aluminio EN – AW 6061 T6, cabe resaltar que esta deflexi3n es bastante significativa pero s3lo ocurre en el caso de que la velocidad llegue a una magnitud de 13 m/s.

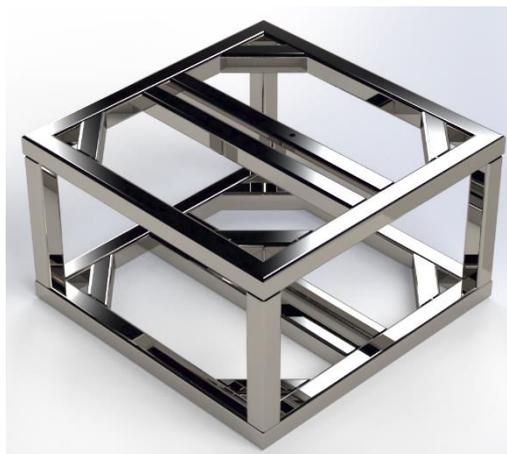
8.2.6 Soporte de la turbina y an3lisis del sistema

Al finalizar el proceso de dise1no de los dos rotores y el eje, se dise1n3 la estructura que se encargará de mantener el rotor fijo en posici3n vertical pivotando entre dos rodamientos. La estructura deber3 cumplir con dos funciones:

- Mantener el rotor en posici3n vertical en todo momento, sin importar las fuerzas que se presenten sobre el rotor.
- Cumplir la funci3n de caja protectora para ubicar los componentes electr3nicos del sistema como el generador, bater3a, controlador e inversor.

La geometr3a planteada para la estructura fue la de una jaula cuadrada utilizando un perfil tubular de 50x50 mm calibre 16 como se muestra en la Figura 23.

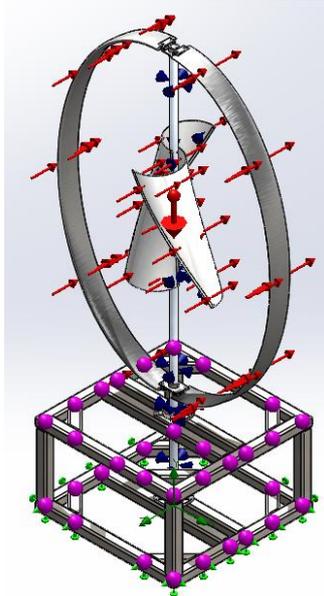
Figura 23. Estructura del soporte del rotor.



Luego de dise1nar los principales componentes de la turbina con ayuda del software CAD SolidWorks se realiz3 un an3lisis de deformaciones y esfuerzos. El primer paso para la verificaci3n de esfuerzos y deformaci3n sobre la estructura

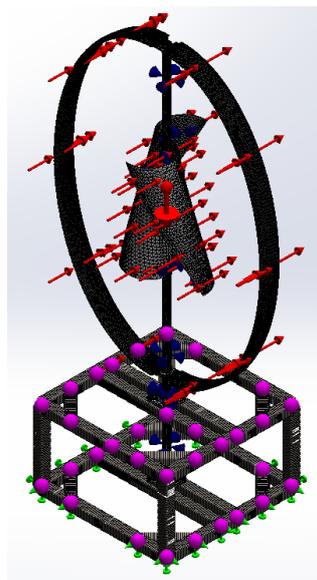
fue la definición de cargas y conexiones del sistema como se muestra en la Figura 24, después, se definió la malla de todo el sistema como lo muestra la Figura 25. Al finalizar el proceso de acondicionamiento del sistema para el análisis estático, se procedió a ejecutar la simulación obteniendo los resultados que se muestran en las figuras Figura 26, Figura 27 y Figura 28.

Figura 24. Fuerzas que actúan sobre el sistema.



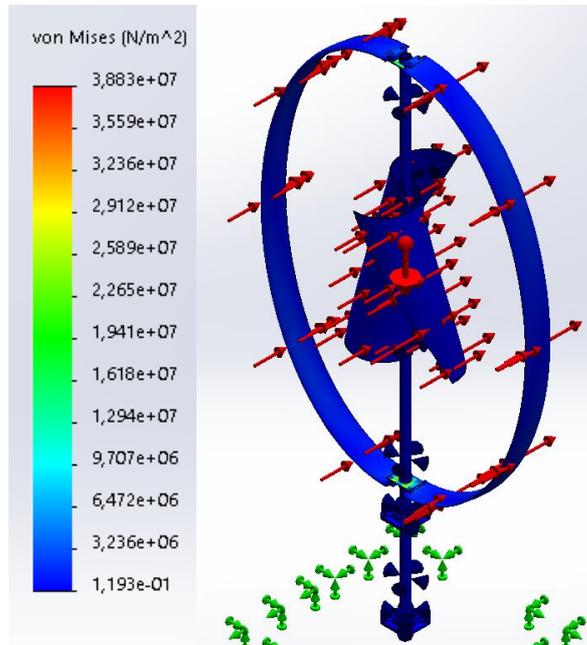
Las cargas que se tomaron para el análisis del sistema fueron la gravedad y la fuerza del viento sobre el rotor, calculado previamente en la sección 8.2.4. Además, el proceso de conexiones, relaciones de los rodamientos, soportes para rodamientos, uniones rígidas y demás relaciones fueron realizadas.

Figura 25. Mallado del sistema eólico.



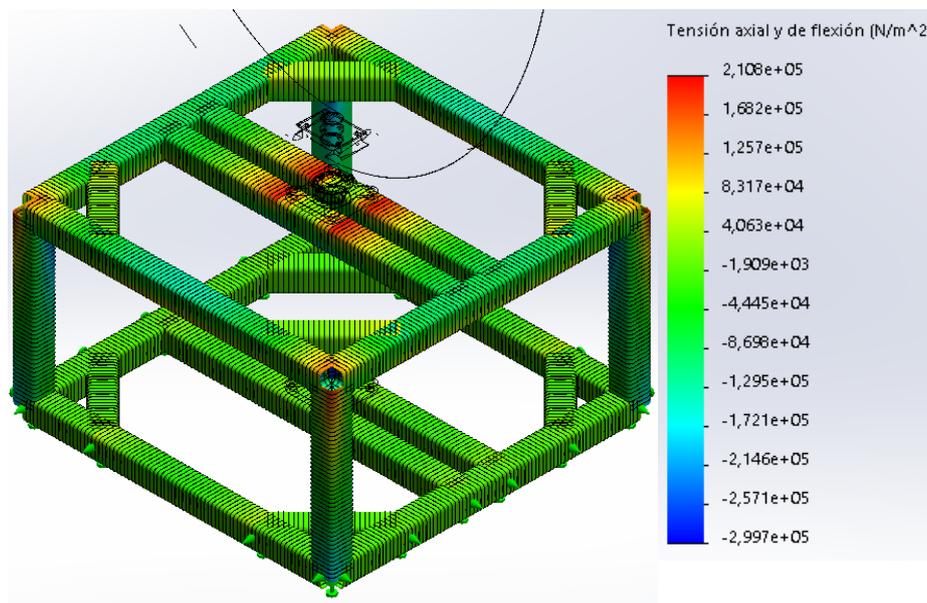
La malla utilizada para evaluar el sistema fue de tipo mixta basada en curvatura, tomando 4 puntos jacobianos como parámetro para la comprobación de la distorsión de los elementos. Se realizaron control de mallado para el eje y los rodamientos para tener un resultado más aproximado en estos componentes.

Figura 26. Diagrama de Tensión de von Mises



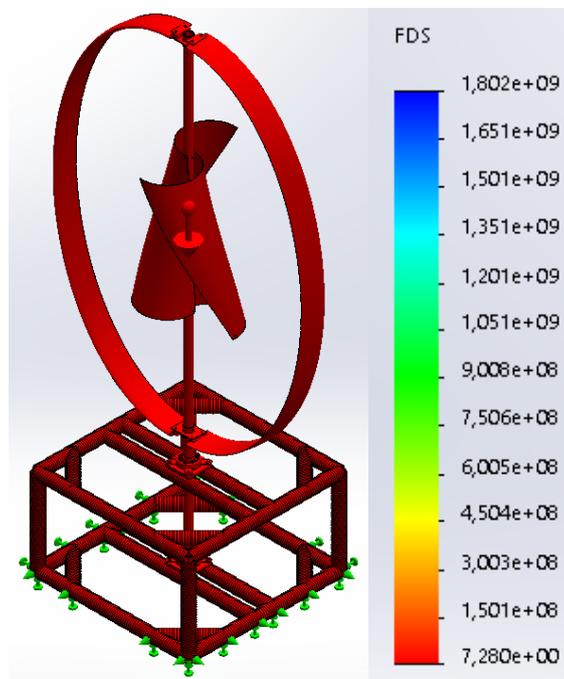
Se presentaron esfuerzos cercanos a los 32 MPa en la zona de las juntas de unión del rotor Darrieus, la tensión promedio sobre los álabes Darrieus son de 945 kPa y la tensión promedio presentada en los álabes Savonius es de 310 Pa.

Figura 27. Tensión axial y de flexión soporte de rotores.



Los esfuerzos máximos que soporta la estructura se presentan en las esquinas y en la zona central donde están ubicados las chumaceras que soportan el rotor, su magnitud es de 147 kPa y 203 kPa respectivamente.

Figura 28. Factor de seguridad del sistema.

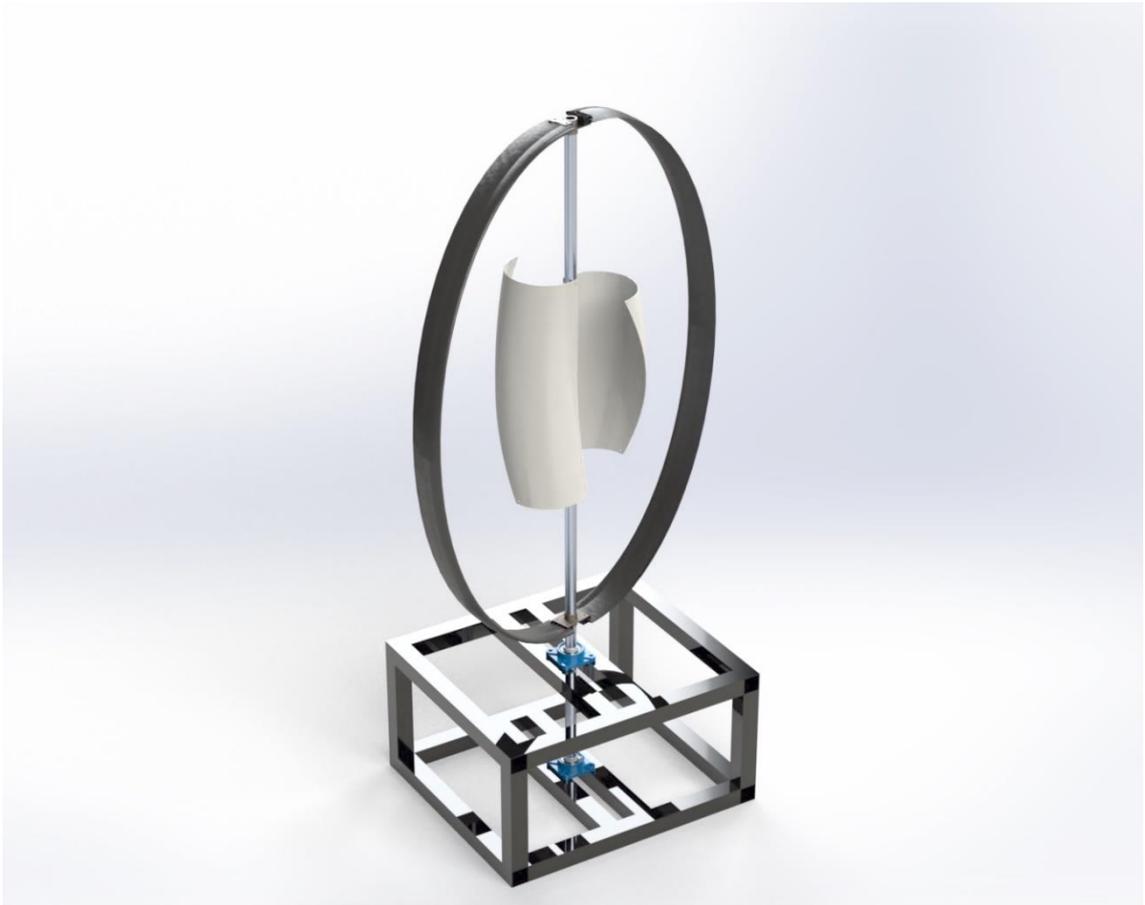


Con los esfuerzos calculados se desea conocer qué factor de seguridad presenta el sistema y si los esfuerzos llegan a perjudicar el funcionamiento de la turbina, como se observa en la Figura 28, el valor promedio del sistema es de aproximadamente 7, lo que representa una alta probabilidad de seguridad en todos los componentes de la turbina.

Representación gráfica del rotor en SolidWorks

Con la ayuda del software CAD SolidWorks se realizó la representación gráfica del diseño de la turbina híbrida como se muestra en la Figura 29 para obtener los planos para la construcción. Los planos se muestran en los anexos (ver PLANOS COMPONENTES ROTOR HÍBRIDO TIPO VERTICAL).

Figura 29. Ensamble turbina híbrida.



8.3 Objetivo 3. Evaluar el prototipo, mediante pruebas experimentales, variando flujos de aire utilizando el rotor fabricado.

8.3.1 Fabricación turbinas, rotor y base

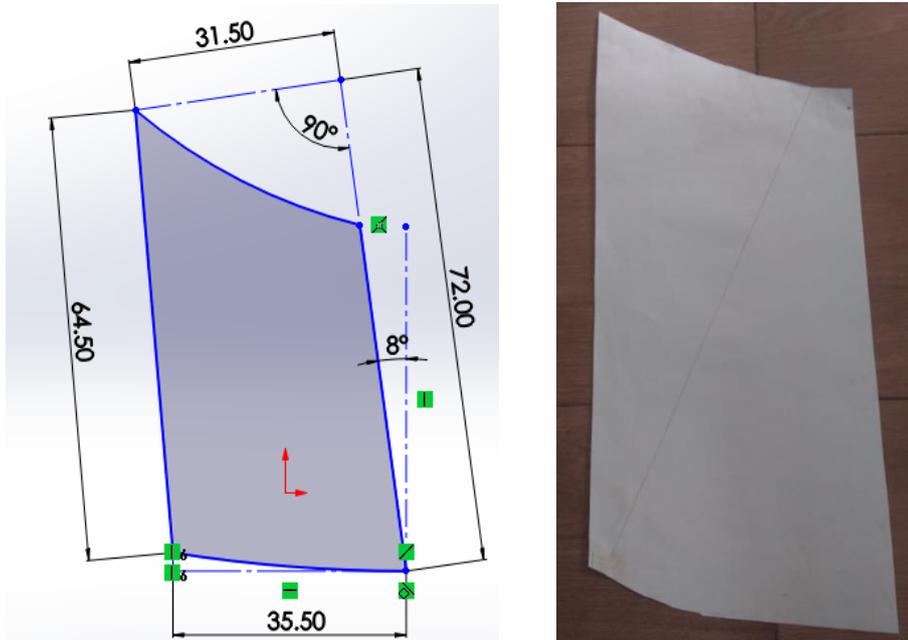
Proceso de fabricación rotor Savonius

El proceso de fabricación de este rotor se inició bajo el modelado de álabes en cartulina, junto a la Fabricación piezas de unión, logrando así el ensamble de piezas de unión, eje y aspas en cartulina, al analizar el prototipo inicial se procedió a realizar la corrección de las dimensiones de las aspas y cambio de material (poliestireno) llegando así al ensamble final del prototipo Savonius como se demuestra a continuación.

Modelado de álabes en cartulina

En este proceso se utilizó cartulina, con el fin de verificar las dimensiones de las aspas para el doblado de estas y evitar sobrecostos, ya que al presentar un doblado helicoidal de 180° probablemente el perfil sería difícil de obtener. Ver Figura 30.

Figura 30. Geometría del álabe Savonius



Fuente: Autor

Para el proceso de unión de los álabes se seleccionó un eje provisional de madera de 3 cm de diámetro y de 1.15 m de altura como se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Eje provisional de madera



Fuente: Autor

Fabricación piezas de unión

Para unir las aspas con el eje se tomó la decisión de implementar un sistema que evitara altas cargas sobre el eje. Debido a esto, se eligieron dos láminas de

hierro cada una de 1 metro de largo y 15 centímetros de ancho que fueron cortadas en cuatro con medidas de 35 centímetros de largo por 15 centímetros de ancho cada una.

Debido a la flexibilidad de las láminas, se moldearon para obtener un diámetro de 24 centímetros que sería el diámetro guía para la curvatura de los álabes y unión al eje. En la Figura 32 se muestra el antes y el después del moldeado de las láminas.

Figura 32. Guías de acero para los álabes.



Fuente: Autor

Ensamble de piezas de unión, eje y aspas en cartulina

Con el moldeado hecho, se procedió con el ensamble de las piezas de unión y el eje, por medio de dos tornillos de 4 centímetros de largo y 1/8" de diámetro; se realizaron cuatro perforaciones distribuidas equitativamente en el eje, dos en la parte superior y dos en la parte inferior (ver Figura 33).

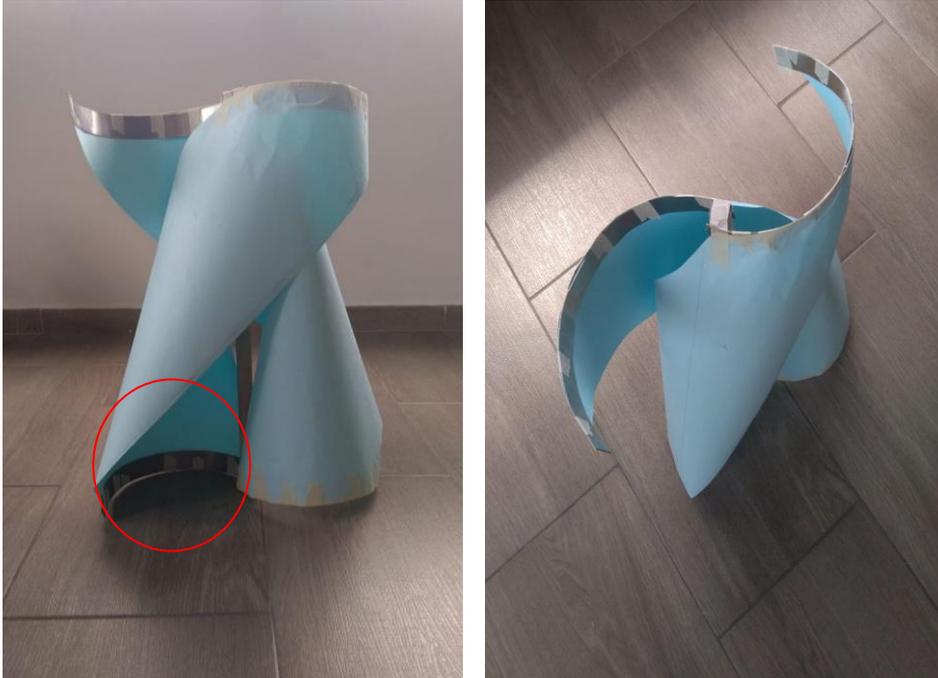
Figura 33. Rotor Savonius Helicoidal 180°



Fuente: Autor

Luego de unir las guías al eje, se inició el ensamble de las aspas a las piezas de unión, por medio de cinta de enmascarar se pudo terminar las primeras pruebas con el fin de verificar la geometría de los alabes Savonius. Ver Figura 34.

Figura 34. Ensamble de piezas de unión y eje provisional



Fuente: Autor

Corrección de las dimensiones de las aspas y cambio de material (poliestireno)

Finalizada la primera fase de ensamble se pudo observar que la geometría obtenida no era la deseada, debido a que la curvatura del álabe presentaba fugas en la zona cercana al eje y zonas que no permitían el ingreso del aire al rotor.

En consecuencia, se tomó la decisión de cambiar la geometría del rotor reubicando la posición de los alabes a 90° en vez de 180° como se demuestra en la Figura 35.

Figura 35. Rotor Savonius helicoidal 90°



Fuente: Autor

Con la geometría definida, se tomó de guía las aspas realizadas en cartulina para elaborar las nuevas aspas en poliestireno, siendo este el material seleccionado para el diseño final debido a sus propiedades y ventajas mecánicas.

Ensamble final del prototipo Savonius

Ya elaboradas las nuevas aspas de un material con mayor resistencia, se realizó el ensamble logrando así comparar el diseño inicial con el prototipo final que se muestra en la Figura 36.

Figura 36. Prototipo final rotor Savonius helicoidal 90°.



Fuente: Autor

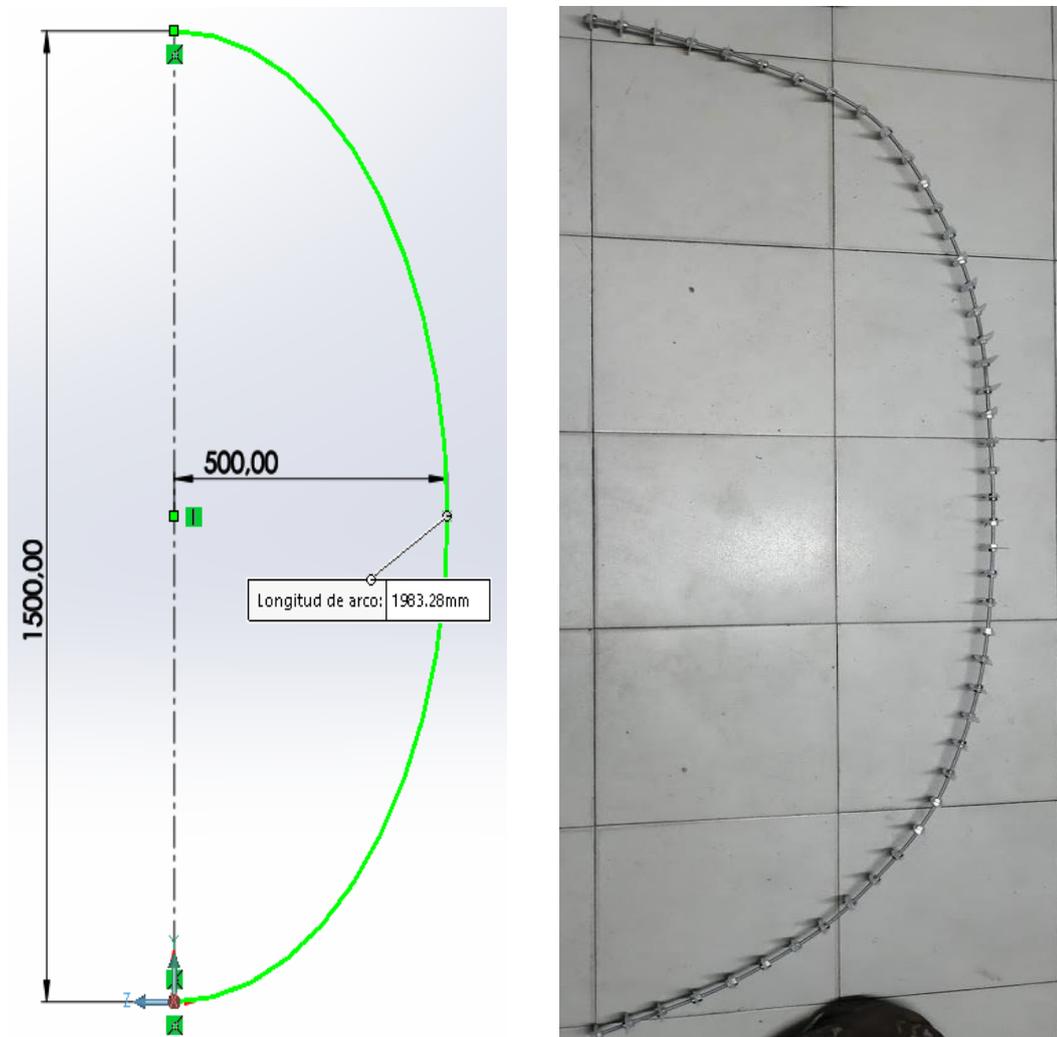
Proceso de fabricación rotor Darrieus.

Para la fabricación del álabes se consideraron 4 aspectos: La guía de curvatura, el perfil aerodinámico, el material del álabes y la protección al ambiente.

Guía del álabes Darrieus.

Con ayuda de un tornillo toda rosca se realizó la curvatura del álabes como lo demuestra la Figura 37, en la cual se puede observar la curvatura del tornillo toda rosca basada en el cálculo de la curva facilitada por el software SolidWorks.

Figura 37. Curvatura guía de álabes Darrieus



Fuente: Autor

Para generar el perfil aerodinámico se utilizó la cortadora láser de la facultad de ingeniería mecánica, que cortó más de 160 perfiles en una lámina de poliestireno que sobró de la fabricación del rotor Savonius como se muestra en la Figura 38,

los perfiles se basaron en las dimensiones del perfil NACA 0018 (10 cm longitud de cuerda y un espesor máximo de 18 mm); dichos perfiles se introdujeron en el tornillo todo rosca con una distancia de 5 centímetros entre perfiles, ver Figura 39 más adelante.

Figura 38. Guías de acero para los álabes

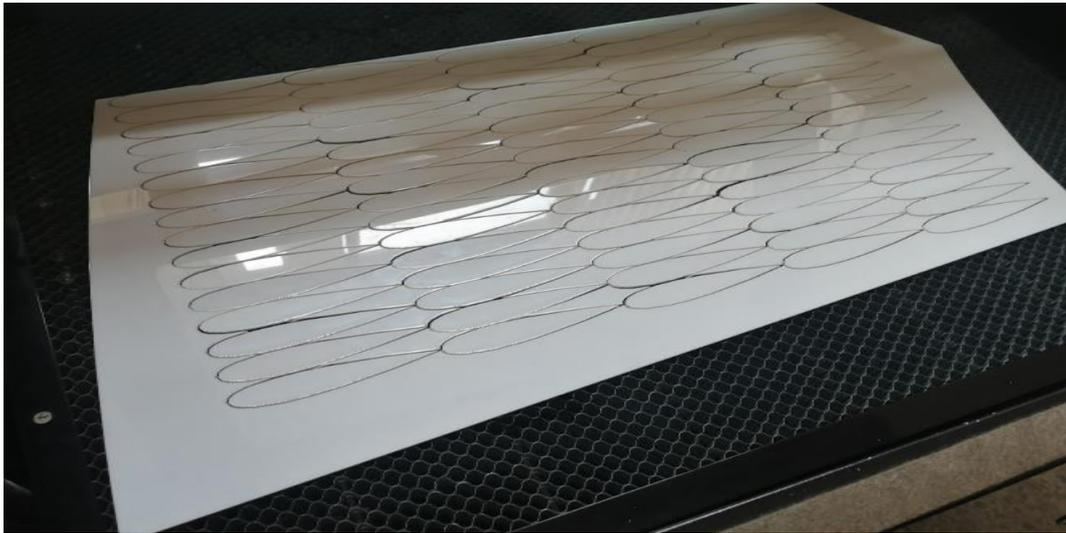


Figura 39. Ensamble de piezas de unión al eje guía



Recubrimiento del perfil

En la siguiente fase se consideró forrar los perfiles y el tornillo con una lámina de aluminio buscando obtener fuerza y firmeza, lastimosamente dicha opción se eliminó debido al incumplimiento de las condiciones planteadas en el diseño (material liviano y de fácil de moldear).

Continuando con el estudio de materiales por optar se llegó a la selección del poliuretano en espuma, obtenido bajo la mezcla de los componentes (ESPOL- A / PRONATE – B), demostrado en la Figura 40.

Figura 40. Mezcla componentes para el poliuretano



Para realizar el recubrimiento, se elaboró un molde en madera para introducir los dos perfiles aerodinámicos junto a la mezcla, como se demuestra en la Figura 41.

Figura 41. Molde para los perfiles



Al obtener el poliuretano solidificado, se ejecutó la separación y moldeo de los dos alabes, el perfil a obtener era el NACA 0018 por toda la sección de los alabes. Ver Figura 42.

Figura 42. Obtención del perfil NACA 0018



Buscando obtener mayor resistencia y protección al rotor de los alabes del rotor Darrieus, se realizó el recubrimiento con varias capas de fibra de vidrio que se observa en la Figura 43.

Figura 43. Recubrimiento en fibra de vidrio



Fabricación piezas de unión

Al finalizar con la fabricación de los dos rotores, se inició la elaboración de cuatro juntas cuya función era la de unir los alabes Darrieus con el eje seleccionado, como se demuestra en la Figura 44.

Figura 44. Piezas de unión



Ensamble prototipo final Darrieus

Finalmente, se ensamblaron todos los componentes del rotor (alabes, juntas y eje), obteniendo el prototipo final, como se puede observar en la Figura 45, se compara el resultado obtenido con el diseño planteado.

Figura 45. Prototipo rotor Savonius



8.3.2 Ensamble de la turbina

Construidos los prototipos del rotor Savonius y el rotor Darrieus, se inició el ensamble de la turbina híbrida. A continuación, se puede observar el resultado

obtenido en el proceso de fabricación con el diseño planteado al inicio de este proyecto, ver Figura 46.

Figura 46. Turbina final



8.3.3 Proceso de fabricación base para rotor

Para la fabricación de la estructura que soporta los rotores, se utilizaron 2 vigas de acero negro de perfil tubular cuadrado 50x50 mm de 6 m de largo calibre 16, las vigas fueron cortadas de manera recta utilizando la sierra sin fin de cinta suministrada por el taller de procesos de la Universidad (ver Figura 47).

Figura 47. Corte de perfil a 90° con sierra sin fin de cinta.



En la *Figura 48* se muestran los cortes hechos para la estructura, se realizaron 8 cortes de 59 cm, 4 cortes de 69 cm y 4 cortes de 32 cm para que la estructura en forma de caja cuadrada quedara con unas dimensiones de 69 cm de largo 42 cm de alto.

Figura 48. Cortes de perfil para la estructura base.



Al finalizar los cortes se realizaron las siguientes actividades: proceso de unión de la estructura, recubrimiento con láminas de calibre 16, fabricación de una puerta y proceso de pintado.

En el proceso de unión de la estructura se realizaron puntos de soldadura en las aristas de los extremos de los tubos, para garantizar una unión rígida y resistente. (ver *Figura 49*)

Figura 49. Soldadura de perfiles.



Al finalizar la soldadura, la estructura quedó como se observa en la *Figura 50*, presentando algunos cambios en comparación al diseño realizado en CAD en el que se mostraban unas secciones de apoyo en las esquinas internas de los

cuadrados. Esta modificación se hizo debido a que la estructura ya cumplía con los requisitos planteados y se decidió economizar en material.

Figura 50. Estructura del soporte del rotor.



Completada la fabricación de la estructura se decidió recubrir la capa exterior con láminas de acero del mismo calibre para brindar la función de cajón protector para los componentes electrónicos del sistema. Ver Figura 51.

Figura 51. Estructura recubierta con láminas de acero.



Una vez realizado el sellado se instaló una puerta para facilitar el acceso al interior de la caja, después toda la estructura pintó para protegerla de la oxidación y el polvo como se muestra en la Figura 52.

Figura 52. Instalación de puerta y proceso de pintura.



8.3.4 Pruebas experimentales

Simulación viento

Para la simulación de las condiciones de operación del rotor se utilizó un ventilador que dispone la facultad de ingeniería mecánica que permite la variación del flujo del viento a través del cambio de frecuencia del motor. La velocidad del viento promedio realizadas en las pruebas osciló en un rango de 15 Hz a 45 Hz (aproximadamente 1.5 m/s – 15 m/s). Los datos de velocidad del viento fueron medidos utilizando un anemómetro de álabes (Figura 53) que puede medir el flujo del aire y recordar los valores máximos y mínimos junto con las lecturas actuales. El anemómetro tiene un rango de función de 0.2 m/s a 35 m/s. Para la medición de las revoluciones del rotor se utilizó un tacómetro digital de láser (Figura 54) suministrado por la facultad de ingeniería electrónica, con una resolución de 0.01.

Figura 53. Anemómetro de álabes.

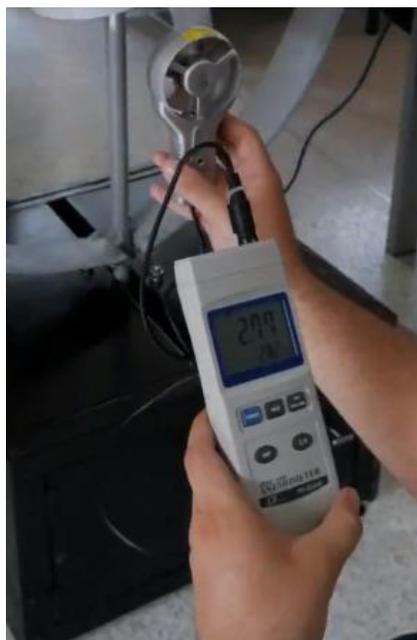


Figura 54. Tacómetro digital de láser



Prototipo de rotor

El rotor diseñado que se evaluó, consistió en una geometría híbrida que combinaba una turbina Savonius helicoidal a 90° y una turbina Darrieus clásica con un perfil NACA 0018, los rotores fueron construidos a escala 1:1, presentando una área de barrido total de 1.5 m², las dimensiones de los rotores se muestran en la Tabla 5 y Tabla 6 anteriormente mencionadas. Los parámetros evaluados fueron la relación de velocidad de punta y el coeficiente de potencia del rotor híbrido. El rotor fabricado se muestra en la Figura 55.

Figura 55. Prototipo de rotor evaluado.



8.4 Configuración y procedimiento de medición

Para la configuración del rotor evaluado en las pruebas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- El rotor se ubicó a 1.5 m del ventilador para intentar garantizar un flujo uniforme y velocidad constante sobre la mayor cantidad de área de barrido del rotor.
- El tiempo de funcionamiento de cada prueba fue de 5 minutos por cada variación del flujo, para determinar tiempo de arranque y tiempo de estabilización del rotor.
- Medición de flujo de viento antes del rotor y después del rotor para asegurar transformación de energía eólica a mecánica.
- Medición de revoluciones por minuto sobre el eje durante 2 minutos, considerando que todo el rotor se comportaba como uno solo.
- Observación del sistema funcionando por un periodo de tiempo largo para analizar posibles comportamientos no deseados en el rotor, eje o estructura.

Para el proceso de medición, se utilizó un ventilador para ajustar la velocidad del viento en función a la frecuencia del motor. El procedimiento para la toma de datos se realizó de la siguiente manera: selección del viento deseado, verificación del flujo de entrada y salida por medio del anemómetro, estabilización del rotor, registro de revoluciones en el eje y registro de voltaje generado por el generador.

Los datos registrados durante la prueba se muestran en la Tabla 16, donde se observa las revoluciones del rotor y generador al variar la frecuencia del ventilador.

Tabla 16. Revoluciones registradas para el rotor Híbrido a diferentes velocidades del viento.

U [m/s]	RPM rotor	RPM generador
2	3.0	13.8
2.2	4.0	18.4
2.4	5.3	24.4
2.6	7.1	32.7
2.8	9.5	43.7
3	12.7	58.4
3.2	16.9	77.7
3.4	22.7	104.4
3.6	30.3	139.4
3.8	40.4	185.8
4	54.0	248.4

4.2	56.9	261.7
4.4	59.9	275.5
4.6	63.1	290.3
4.8	66.5	305.9
5	70.0	322.0
5.2	71.3	328.0
5.4	72.7	334.4
5.6	74.1	340.9
5.8	75.5	347.3
6	77.0	354.2
6.2	78.5	361.1
6.4	80.1	368.5
6.6	81.7	375.8
6.8	83.3	383.2
7	85.0	391.0
7.2	88.2	405.7
7.4	91.4	420.4
7.6	94.8	436.1
7.8	98.3	452.2
8	102.0	469.2
8.2	104.5	480.7
8.4	107.0	492.2
8.6	109.6	504.2
8.8	112.3	516.6
9	115.0	529.0
9.2	118.7	546.0
9.4	122.6	564.0
9.6	126.6	582.4
9.8	130.7	601.2
10	135.0	621.0
10.2	139.4	641.2
10.4	143.9	661.9
10.6	148.6	683.6
10.8	153.5	706.1
11	158.5	729.1
11.2	163.6	752.6
11.4	168.9	776.9
11.6	174.5	802.7
11.8	180.2	828.9
12	186.0	855.6
12.2	192.0	883.2
12.4	198.4	912.6

12.6	204.8	942.1
12.8	211.5	972.9
13	218.4	1004.6

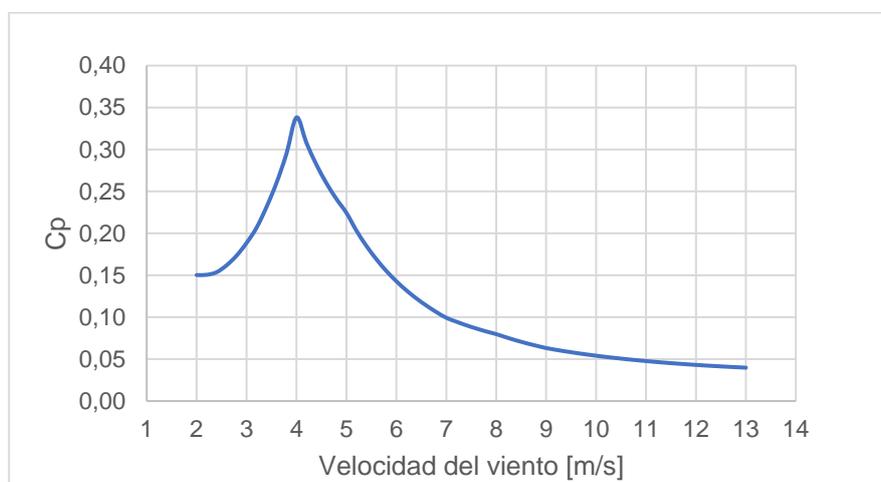
Al realizar las pruebas se pudieron evidenciar los siguientes inconvenientes:

- El flujo de aire no fue uniforme en toda la sección del rotor, debido a que el ventilador utilizado distribuía el viento solo a una parte del rotor, además, la zona de pruebas disponía de bastantes objetos que direccionaban el flujo en otras direcciones.
- La parte superior del rotor empezó a realizar un movimiento oscilatorio a velocidades superiores a 5 m/s por la geometría Darrieus, la manera de eliminarla era implementando un sistema de cables tensores de acero para generar estabilidad en el rotor, como en la mayoría de los rotores Darrieus, pero debido a que estos cables debían ser anclados al suelo no se realizó esta actividad.
- El acabado superficial de las aspas Darrieus no fue el más óptimo, dado que en algunas secciones se encontraron hendiduras e imperfecciones. Se recomienda analizar este aspecto en próximas pruebas para determinar si los acabados afectan el arranque y rendimiento del rotor a bajas velocidades.

Coeficiente de potencia del rotor

Con los datos registrados se realizaron las curvas de coeficiente de potencia y de relaciones de velocidad de punta que se muestran en la Figura 56 y Figura 58. Como se observa en la Figura 56, el rotor presenta un coeficiente de potencia máximo de 0.34 a una velocidad de 4 m/s, sin embargo, al aumentar la velocidad se muestra como pierde eficiencia en comparación con la Figura 57.

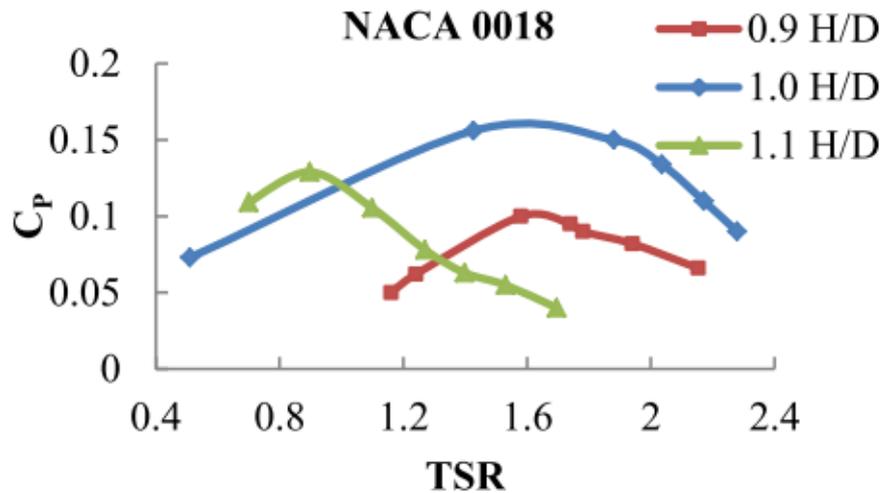
Figura 56. Coeficiente de potencia turbina híbrida Savonius - Darrieus



Fuente: Autor

La Figura 57, muestra los resultados obtenidos en la investigación de A. Sengupta, et al [44], donde se observa que el coeficiente máximo para una relación altura – diámetro de 1.1 es de 0.13 para un TSR de 0.9. La investigación también muestra que el coeficiente de potencia del perfil NACA 0018 disminuye a mayores TSR.

Figura 57. Coeficiente de potencia vs relación velocidad de punta para perfil NACA 0018



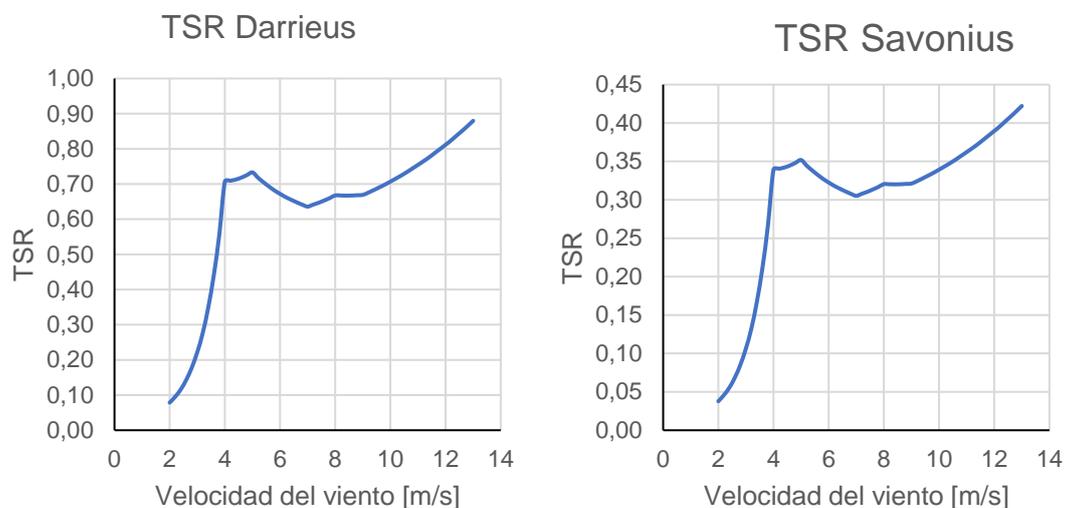
Fuente: Adaptado de Renewable Energy [44]

Al comparar la gráfica del prototipo desarrollado con la gráfica de la investigación realizada, se plantea que posiblemente el coeficiente de potencia disminuye en el prototipo por un movimiento oscilatorio que se presenta a velocidades altas. Este movimiento surge por las altas fuerzas centrífugas del rotor y centro de gravedad alto que presenta el diseño con una relación altura – diámetro de 1.5.

Relación de velocidad de punta del rotor

La Figura 58 muestra que a pesar de que los rotores presentan diferentes radios se comportan como uno, los valores más altos se presentan a velocidades altas como se esperaba, aun así, se observa que en el rango de 5m/s a 8 m/s el rotor presenta una reducción en el TSR debido al mismo movimiento anteriormente descrito.

Figura 58. Curvas de relación de velocidad de punta para el rotor Darrieus y Savonius.



Fuente: Autor

Adicionalmente, se observa que los valores de TSR son bajos en comparación a las investigaciones realizadas por A. Bianchini, et al [42] y J. Vicente, et al [40] tomadas como referencia, en las que el TSR para el diseño del rotor Darrieus fue de 3.3 y para el rotor Savonius el TSR fue de 0.8. Estos valores fueron más bajos debido a que las revoluciones del rotor en velocidades altas no aumentaron debido al movimiento oscilatorio y las vibraciones generadas por este.

Caracterización del generador

El generador utilizado para las pruebas fue un motor DC de 110V, 300 W de imanes permanentes FLD – 5375 con certificación CE, ROHS de la marca Flade motor, utilizado en caminadoras (ver Figura 59). La Tabla 17 muestra las principales características del motor generador utilizado.

Figura 59. Generador FLD-5375



Fuente: Autor

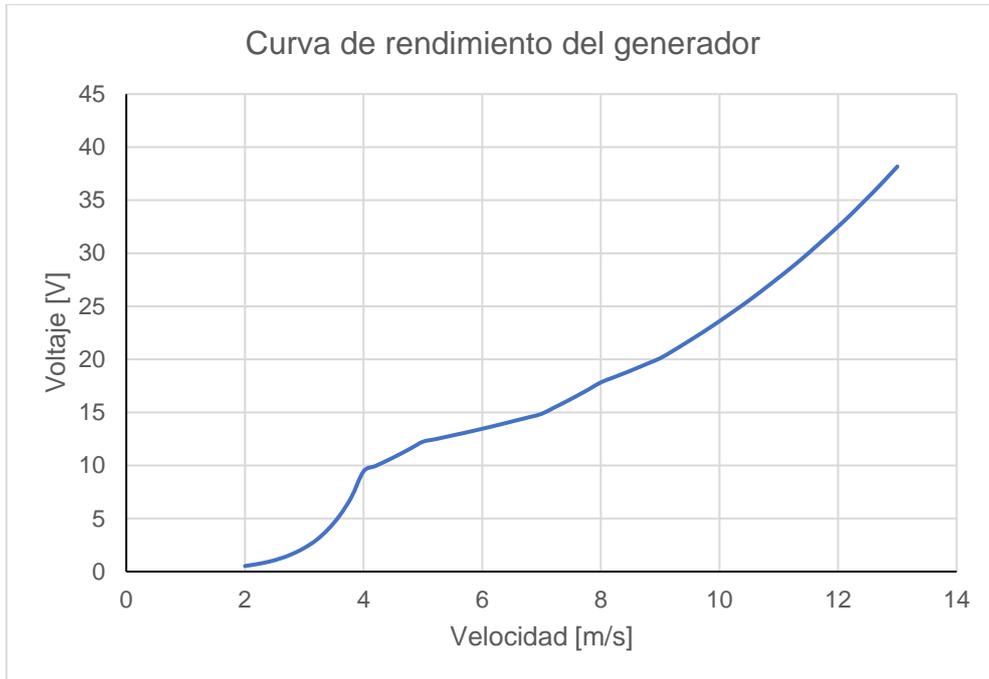
Tabla 17. Características Motor FLD-5375

Lugar de origen: Zhejiang, China	Marca: FLADE	Número de modelo: FLD-5375	Aplicaciones: Caminadoras, máquinas de masaje y otros equipos deportivos
Certificación: CE, ROHS	Tipo: Motor DC	Torque: 1.3 N.m	Construcción: Imanes permanentes
Conmutador: Escobillas	Protección: No ha sido probado, pero se puede diseñar	Velocidad (RPM): 2800 rpm	Corriente continua (A): 2.73 A
Potencia: 300W	Voltaje (V): DC 110V	Eficiencia: IE 3	Peso: 3.56 Kg
Tamaño: 173*86mm	Diámetro del eje: 17 mm	Color: Negro	

Fuente: Adaptado de Machineto [50]

La Figura 60 muestra la curva de rendimiento del generador. La curva describe un comportamiento de crecimiento en la generación de voltaje directamente proporcional a la velocidad del viento, es decir, al aumentar la velocidad del rotor, el generador aumenta el voltaje generado. El voltaje necesario para cargar la batería es de 13 V que se obtiene a una velocidad aproximada de 5.6 m/s.

Figura 60. Curva de rendimiento del generador.



Hay que resaltar que la caracterización de este generador fue en vacío debido a que en el momento de las pruebas no se disponía de una carga que se añadiera al sistema. Además, hay que comentar que el generador utilizado no fue el que se tenía planeado utilizar, ya que en la fase de diseño se realizó la compra de un generador de imanes permanentes de 400 W 12 V que procedía de China pero que nunca llegó debido a inconvenientes con el proveedor, en consecuencia, se utilizó un motor de imanes permanentes de segunda mano utilizado para caminadoras y aparatos deportivos.

9. CONCLUSIONES

Se diseñó y fabricó una turbina eólica híbrida tipo vertical con área de barrido de 1.5 m^2 con una velocidad de arranque de 2 m/s , compuesta por una geometría Savonius helicoidal de 90° y una geometría Darrieus con un perfil NACA 0018.

El coeficiente de potencia en la condición de auto arranque fue de 0.15, valor que se encuentra en el promedio de los rotores Savonius.

El TSR a la velocidad de arranque de 2 m/s fue de 0.08 y en velocidad de carga equivalente a 5.6 m/s fue de 0.72.

El coeficiente de potencia máximo a una velocidad de 4 m/s fue de 0.34, representando un aumento del 3% respecto al coeficiente tomado como referencia por la literatura que fue de 0.33.

Para velocidades superiores a 6 m/s , la turbina presentó una reducción del 29% en el coeficiente de potencia, obteniendo un coeficiente de 0.14 a 6 m/s y 0.04 a 13 m/s .

El generador presenta condición de carga a una velocidad de 5.6 m/s , entregando 13 V a la batería instalada. El tiempo de carga de la batería en condición inicial y sin carga es de 6 horas y 35 minutos.

Con el generador y batería instalada el sistema aporta cerca del 40% del consumo diario de una familia, es decir, el sistema genera 216 Wh .

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un sistema de cables de tensión de acero que estén anclados al suelo para brindar mayor estabilidad al rotor y eliminar el movimiento de tambaleo cuando se alcanzan velocidades altas. Este sistema deberá ser instalado en el lugar en el que se decida poner en funcionamiento el rotor.

Se recomienda realizar un análisis de efectos de vibración para determinar las consecuencias del movimiento oscilatorio en función del tiempo.

Para mejorar los coeficientes aerodinámicos del perfil Darrieus, se recomienda mejorar el acabado superficial de los alabes del rotor Darrieus.

Para aumentar la velocidad de carga de la batería, se recomienda comprar un generador con mayor generación de amperaje. También, se sugiere la compra de más baterías para aumentar la capacidad del sistema.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Barbero Herranz, «Estudio y diseño de un aerogenerador basado en el efecto Magnus», 2009.
- [2] A. Escoba Díaz y L. E. Barrero Paez, «MODELO MATEMÁTICO DE UN AEROGENERADOR MATHEMATICAL MODEL OF A WIND TURBIN», pp. 48-60, 2009.
- [3] M. Mahmood *et al.*, «Vertical axis wind turbine – A review of various configurations and design techniques», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, n.º 4, pp. 1926-1939, 2012.
- [4] R. D. Maldonado *et al.*, «Design, simulation and construction of a Savonius wind rotor for subsidized houses in Mexico», *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 691-697, 2014.
- [5] W. A. El-Askary, M. H. Nasef, A. A. AbdEL-hamid, y H. E. Gad, «Harvesting wind energy for improving performance of savonius rotor», *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 139, pp. 8-15, 2015.
- [6] F. Wenehenubun, A. Saputra, y H. Sutanto, «An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades», en *Energy Procedia*, 2015.
- [7] D. T. Morimitsu, «Diseño de un generador eólico de eje vertical de baja potencia», 2015.
- [8] R. Ricci, R. Romagnoli, S. Montelpare, y D. Vitali, «Experimental study on a Savonius wind rotor for street lighting systems», *Appl. Energy*, vol. 161, pp. 143-152, 2016.
- [9] M. Zemamou, M. Aggour, y A. Toumi, «Review of savonius wind turbine design and performance», *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 383-388, 2017.
- [10] H. Belmili, R. Cheikh, T. Smail, N. Seddaoui, y R. W. Biara, «Study, design and manufacturing of hybrid vertical axis Savonius wind turbine for urban architecture», *Energy Procedia*, vol. 136, pp. 330-335, 2017.
- [11] C. M. Chan, H. L. Bai, y D. Q. He, «Blade shape optimization of the Savonius wind turbine using a genetic algorithm», *Appl. Energy*, vol. 213, n.º January, pp. 148-157, 2018.
- [12] R. Kumar, K. Raahemifar, y A. S. Fung, «A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018.
- [13] W. A. El-Askary, A. S. Saad, A. M. AbdelSalam, y I. M. Sakr, «Investigating the performance of a twisted modified Savonius rotor», *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 182, n.º April, pp. 344-355, 2018.
- [14] R. V. Bethi, P. Laws, P. Kumar, y S. Mitra, «Modified Savonius wind turbine for harvesting wind energy from trains moving in tunnels», *Renew. Energy*, vol. 135, pp. 1056-1063, 2019.
- [15] J. Jacob y D. Chatterjee, «Design methodology of hybrid turbine towards better extraction of wind energy», *Renew. Energy*, vol. 131, pp. 625-643, 2019.
- [16] F. Alqurashi y M. H. Mohamed, «Aerodynamic forces affecting the H-rotor darrieus wind turbine», *Model. Simul. Eng.*, vol. 2020, 2020.
- [17] A. Pallotta, D. Pietrogiaconi, y G. P. Romano, «HYBRI – A combined Savonius-Darrieus wind turbine: Performances and flow fields», *Energy*, vol. 191, pp. 1-15, 2020.
- [18] K. Liu, M. Yu, y W. Zhu, «Enhancing wind energy harvesting performance

- of vertical axis wind turbines with a new hybrid design: A fluid-structure interaction study», *Renew. Energy*, vol. 140, pp. 912-927, 2019.
- [19] «Acceso a la electricidad (% de población) | Data», *Banco Mundial*. [En línea]. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS>. [Accedido: 05-feb-2020].
- [20] S. de I. E. Colombiano, «Informes de cobertura», 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>. [Accedido: 05-feb-2020].
- [21] «EVOLUCIÓN DE VARIABLES DE GENERACIÓN JUNIO 2011», 2011.
- [22] *Ley 697 de 2001*. Colombia: Ministerio de Ciencias, 2001.
- [23] P. Breeze, *11.2 Wind Turbine Technology - Knoval*, 2nd editio. Elsevier, 2014.
- [24] T. W. Kerlin, *Future Energy - Opportunities and Challenges*. ISA, 2013.
- [25] W. Shepherd y L. Zhang, «C H A P T E R 3 Past and Present Wind-Energy Turbines», en *Electricity Generation Using Wind Power*, 2011, pp. 41-64.
- [26] J. K. Kaldellis y D. Zafirakis, «The wind energy (r)evolution: A short review of a long history», *Renewable Energy*. 2011.
- [27] W. Shepherd y L. Zhang, «Past and Present Wind-Energy Turbines», en *Electricity Generation Using Wind Power*, World Scientific, 2011, pp. 41-60.
- [28] N. Petchers, *Combined Heating, Cooling & Power Handbook - Technologies & Applications (2nd Edition) - Knoval*, 2nd ed. Fairmont Press, Inc., 2012.
- [29] M. H. Rashid, «Wind Turbine Charge Controller», en *Power Electronics Handbook*, 4th ed., Elsevier, 2018, p. 811.
- [30] T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, y E. Bossanyi, «2.1 The Nature of the Wind», en *Wind Energy Handbook*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2011, pp. 9-10.
- [31] J. M. Escudero López, «Qué es el viento», en *Manual de energía eólica: Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones*, 2nd ed., Mundi-Prensa, 2011.
- [32] L. Arribas de Paz, *Energía eólica*, Segunda. Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2011.
- [33] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, «Aerogeneradores. Requisitos de diseño para aerogeneradores pequeños», n.º 571, 2009.
- [34] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, «Distribución de la temperatura media anual (°C). Promedio multianual 1981-2010.», p. 1, 2014.
- [35] UPME, «ENERGÍA EÓLICA 50 METROS», 2005. [En línea]. Disponible en: http://sig.simec.gov.co/UPME_EN_Viento_Energía_50/.
- [36] C. Contreras, «Mar Caribe», *World*, vol. volumen 1, p. 6, 2009.
- [37] J. C. Nonsoque, «El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado», *La república*, 2019.
- [38] «Población de Colombia es de 48,2 millones de habitantes, según el DANE», *DANE*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190704-Poblacion-de-Colombia-es-de-48-2-millones-habitantes-segun-DANE.aspx>. [Accedido:

- 05-feb-2020].
- [39] B. B. F., R. S. E., y Louis V. Feltz, *Wind Tunnel Performance Data for Two- and Three-Bucket Savonius Rotors*. 1977.
 - [40] J. V. Akwa, H. A. Vielmo, y A. P. Petry, «A review on the performance of Savonius wind turbines», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, n.º 5, pp. 3054-3064, 2012.
 - [41] I. (Ion) Paraschivoiu, *Wind turbine design: with emphasis on Darrieus concept*. Polytechnic International Press, 2002.
 - [42] A. Bianchini, F. Balduzzi, D. Di Rosa, y G. Ferrara, «On the use of Gurney Flaps for the aerodynamic performance augmentation of Darrieus wind turbines», *Energy Convers. Manag.*, vol. 184, n.º January, pp. 402-415, 2019.
 - [43] T. R. Pereira, N. C. Batista, A. R. A. Fonseca, C. Cardeira, P. Oliveira, y R. Melicio, «Darrieus wind turbine prototype: Dynamic modeling parameter identification and control analysis», *Energy*, vol. 159, pp. 961-976, 2018.
 - [44] A. R. Sengupta, A. Biswas, y R. Gupta, «Studies of some high solidity symmetrical and unsymmetrical blade H-Darrieus rotors with respect to starting characteristics, dynamic performances and flow physics in low wind streams», *Renew. Energy*, vol. 93, pp. 536-547, 2016.
 - [45] X. Liang, S. Fu, B. Ou, C. Wu, C. Y. H. Chao, y K. Pi, «A computational study of the effects of the radius ratio and attachment angle on the performance of a Darrieus-Savonius combined wind turbine», *Renew. Energy*, vol. 113, pp. 329-334, 2017.
 - [46] L. O. Gil, *Diseño de accionamientos y transmisiones de maquinas*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 1999.
 - [47] Aliexpress, «Generador de imanes permanente AV-400M», *Generador de imanes permanentes 400 W 600RPM 12V 24V AC alternador para generador de viento Vertical u Horizontal*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/32910233068.html?spm=a2g0o.detail.1000023.4.5c38f88bp8sSrS>.
 - [48] «6063-T6 Aluminum :: MakeltFrom.com». [En línea]. Disponible en: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/6063-T6-Aluminum>. [Accedido: 10-feb-2020].
 - [49] L. V. VANEGAS USECHE, *Diseño de Elementos de Máquinas*. UTP, 2018.
 - [50] Machineto, «Vibration plate permanent magnet dc brush motor». [En línea]. Disponible en: <http://www.machineto.com/vibration-plate-permanent-magnet-dc-brush-motor-10237561>.

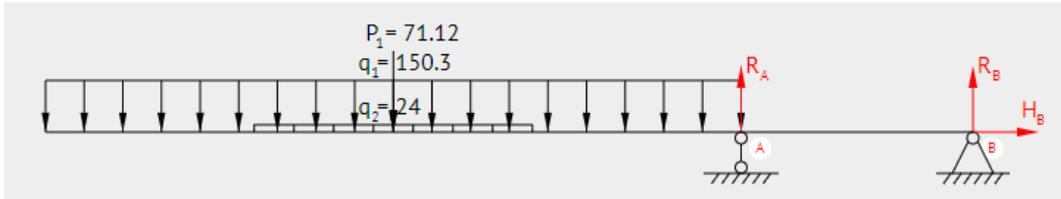
12. ANEXOS

12.1 RECALCULO DISEÑO DEL EJE DEL ROTOR

Diagrama de cuerpo libre y momento flector

La Figura 61 y Figura 62 muestran los diagramas de cuerpo libre y de momentos del rotor.

Figura 61. Diagrama de fuerzas sobre el rotor.



Adaptado "Beamguru.com"

Al realizar sumatorias de fuerzas y momentos se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow q_1 * 1.5 * \left(1.5 - \frac{1.5}{2}\right) + q_2 * 0.6 * \left(1.05 - \frac{0.6}{2}\right) + P_1 * 0.75 + R_B * 0.5 = 0$$

$$\sum M_B = q_1 * 1.5 * \left(2 - \frac{1.5}{2}\right) + q_2 * 0.6 * \left(1.55 - \frac{0.6}{2}\right) + P_1 * 1.25 - R_A * 0.5 = 0$$

$$R_B = \frac{-150.3 * 1.5 * \left(\frac{1.5}{2}\right) - 24 * 0.6 * \left(1.05 - \frac{0.6}{2}\right) - 71.12 * 0.75}{0.5}$$

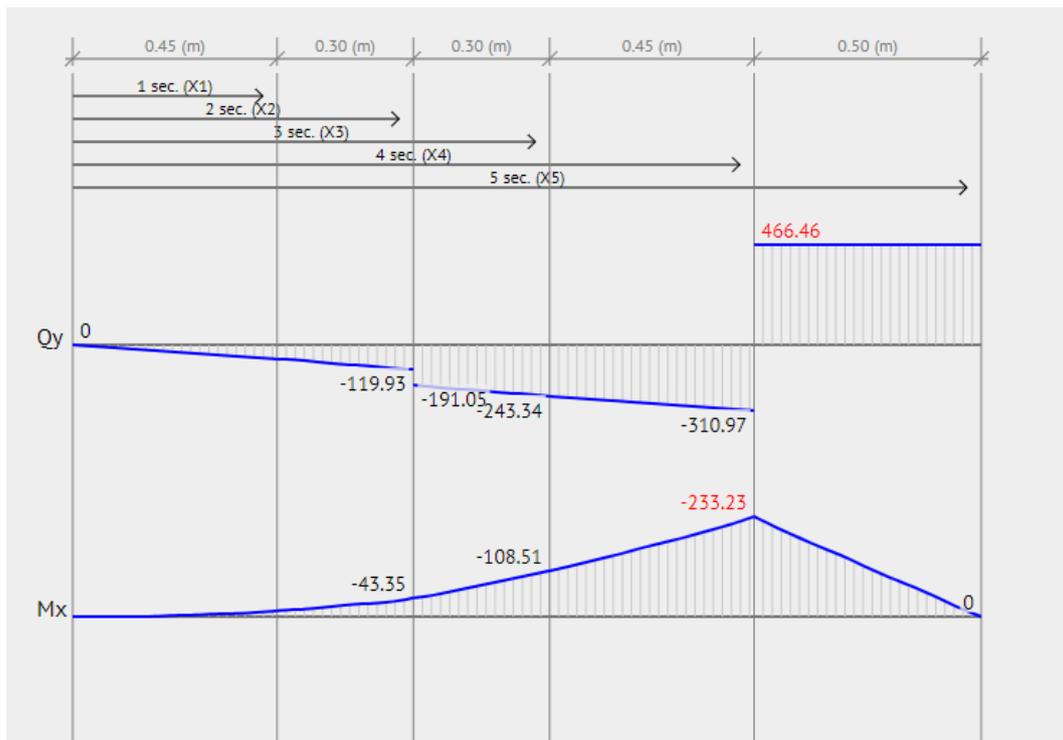
$$= -466.46(N)$$

$$R_A = \frac{\left(150.3 * 1.5 * \left(2 - \frac{1.5}{2}\right) + 24 * 0.6 * \left(1.55 - \frac{0.6}{2}\right) + 71.12 * 1.25\right)}{0.5}$$

$$= 777.43 (N)$$

Con estas reacciones se procede a determinar la sección crítica del sistema realizando así los diagramas de momentos.

Figura 62. Diagrama de momentos y reacciones del rotor.



Adaptado "Beamguru.com"

A partir del análisis se muestra que la sección crítica se halla en la mitad del eje ya que en esta se encuentra un momento máximo de 233.23 N · m y un par de torsión de 5.6 N · m.

Análisis estático

En el estudio estático se debe comprobar que el diámetro de eje seleccionado no falle cuando se presente las cargas. Para este cálculo se utiliza la ecuación suministrada por el ingeniero Libardo Vanegas [49] la cual relaciona los esfuerzos principales que hay en la sección con el diámetro del eje.

$$d_m = \left[\frac{16 \cdot n_s}{\pi \cdot S_y} \cdot (4 \cdot M^2 + 3 \cdot T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (2)$$

$$d_m = \left[\frac{16 \cdot 2}{\pi \cdot 240 \cdot 10^6 Pa} \cdot (4 \cdot (247.97 N \cdot m)^2 + 3 \cdot (5.6 N \cdot m)^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$= 27.05 \cdot 10^{-3} m = 27.05 mm$$

Análisis por fatiga

Debido a que los esfuerzos mínimos se consideran despreciables, se tomará en cuenta como esfuerzo alternante el generado por el momento flector máximo (233.23 Nm) y como esfuerzo medio el generado por el par de torsión máximo

(5.6 Nm). Para este análisis se utiliza la línea de Goodman para determinar el radio del eje.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_e} + \frac{\sigma_{em}}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta_s} \quad (3)$$

Para realizar el cálculo primero se deben obtener los esfuerzos alternantes y medios, para luego calcular los esfuerzos principales que muestran a continuación:

$$\sigma_a = \frac{M * c}{I} = \frac{233.23 * r}{\frac{\pi}{4} * r^4} = \frac{296.96}{r^3}$$

$$\sigma_m = \frac{T * c}{J} = \frac{5.6 * r}{\frac{\pi}{2} * r^4} = \frac{3.57}{r^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x,m\acute{i}n} = \frac{\sigma_a}{2} \pm \sqrt{\sigma_a^2 + \tau_a^2} = \frac{\frac{296.96}{r^3}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{296.96}{r^3}\right)^2} = \sigma_{a1} = \frac{445.4}{r^3} \quad ; \quad \sigma_{a2} = -\frac{148.5}{r^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x,m\acute{i}n} = \frac{\sigma_m}{2} \pm \sqrt{\sigma_m^2 + \tau_m^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{3.57}{r^3}\right)^2} = \sigma_{a1} = -\frac{3.57}{r^3} \quad ; \quad \sigma_{a2} = \frac{3.57}{r^3}$$

Luego de obtener los esfuerzos, se calcularon los esfuerzos de Von Mises para cada uno de los dos tipos de esfuerzos (alternantes y medios) que son:

$$\text{Esfuerzos medios} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{em} = \left[\left(-\frac{3.57}{r^3} \right)^2 + \left(\frac{3.57}{r^3} \right)^2 - \left(-\frac{3.57}{r^3} \right) \left(\frac{3.57}{r^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \\ \sigma_{em} = \frac{3.57}{r^3} \end{array} \right.$$

$$\text{Esfuerzos alternos} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{ea} = \left[\left(\frac{445.4}{r^3} \right)^2 + \left(-\frac{148.5}{r^3} \right)^2 - \left(\frac{445.4}{r^3} \right) \left(-\frac{148.5}{r^3} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \\ \sigma_{ea} = \frac{535.34}{r^3} \end{array} \right.$$

Para determinar el radio del eje se utiliza la línea de Goodman conociendo ya los valores de los esfuerzos equivalentes sólo hace falta conocer la resistencia a la fatiga modificada que se obtiene de la siguiente manera:

$$S_e = K_s * K_r * K_t * K_m * S'_e \quad (4)$$

Donde:

K_s: Factor de tamaño

K_r: Factor de confiabilidad

K_t: Factor de temperatura

K_m: Factores de efectos diversos

Estos factores se pueden calcular por medio de varias tablas y ecuaciones suministradas por literatura, en el diseño del eje, se tomarán como factores importantes el de tamaño y el de confiabilidad, siendo $1.189 * d^{-0.112}$ y 0.897 respectivamente.

El valor del límite a la fatiga para condiciones ideales es de $0.45 S_{ut}$ para aleaciones de aluminio.

Se procede a calcular el valor del esfuerzo de fatiga modificado:

$$S_e = 1.189 * d^{-0.112} * 0.897 * 0.45 * 290 * 10^6$$

Como se observa, tanto los esfuerzos principales y la resistencia a la fatiga quedan en función del radio del eje, que es el dato que se quiere conocer. Se utiliza así, la línea de Goodman para obtener el radio mínimo del eje:

$$\frac{535.3}{r^3 * 0.897 * 1.189(2 * r)^{-0.112} * 107.84 * 10^6} + \frac{3.57}{r^3 * 290 * 10^6} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow r = 0.01863 \text{ m} \approx 18.63 \text{ mm} \rightarrow d_{\text{mín}} = 37.26 \text{ mm}$$

Análisis por deflexión

Para el cálculo de la deflexión que tendrá el eje, Se comprueba si este soporta la máxima deflexión que se representa de la siguiente manera:

$$\frac{M}{W_x} \leq \frac{S_y}{n_s} \quad \text{donde} \quad W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (5)$$

Para que el eje soporte el momento flector máximo se debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{M}{W_x} \leq \frac{S_y}{\eta_s} \rightarrow W_x = \frac{M * \eta_s}{S_y} \rightarrow \frac{233.23 \text{ N} * \text{m} * 2}{240 \text{ MPa}} = 1.94 \times 10^6 \text{ m}^3 = 1.94 \text{ cm}^3$$

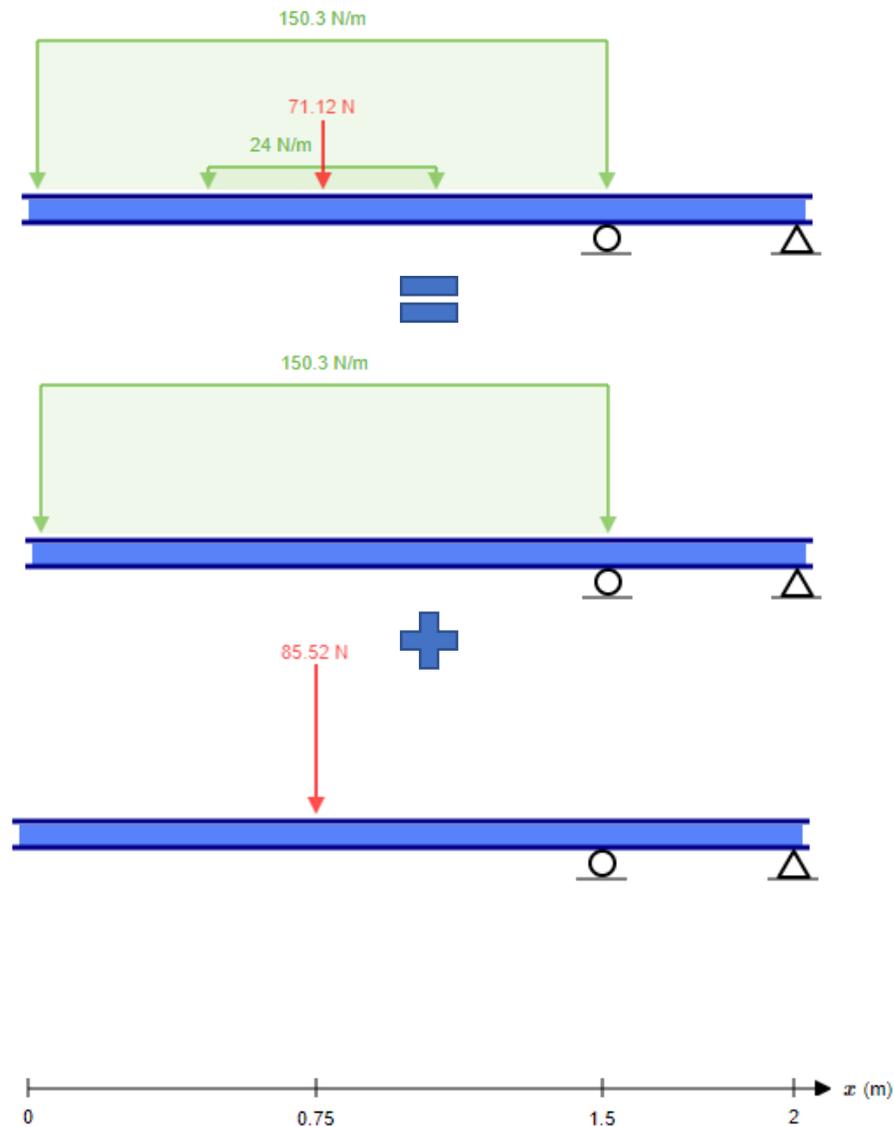
Al analizar el resultado se observa que el módulo resistente depende de la geometría del eje que, para la investigación, será una sección tubular redonda, por lo que, observando en las tablas de perfiles de la ASTM A500 (NTC 4226), se obtiene un perfil de 1.25 in con un módulo resistente de 2.92 cm^3 cuyo diámetro externo es de 4.22 cm y espesor de 2.50 mm .

Con la selección del perfil se procede a verificar que el diámetro seleccionado sea mayor al teórico:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 1.94 \text{ cm}^3}{\pi}} = 2.70 \text{ cm} \approx 27 \text{ mm}$$

Como se cumple la condición se procede a calcular la máxima deflexión del sistema, para nuestro caso debido al diseño y posición de los rodamientos el sistema se analizará como una viga en voladizo soportando una carga distribuida y una carga puntual.

Figura 63. Diagrama de deflexión del rotor.



Adaptado de "Skyciv".

La fuerza que se aplica en el sistema es la del viento, además se observa que el sistema se parte en tres. A partir de la tabla de deflexiones y pendientes de vigas se procede a realizar los siguientes cálculos:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{q * L^4}{8 * E * I} + \frac{P * a^2}{6 * E * I} * (3 * L - a) \quad (6)$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{150.3 \text{ N} * \text{m} * (1.5\text{m})^4}{8 * 69 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot 6.17 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} + \frac{85.52 \text{ N} * (0.75\text{m})^2}{6 * 69 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot 6.17 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$* (3 * 1.5\text{m} - 0.75\text{m}) = 0.022 \text{ m} + 0.0071 \text{ m} = 2.9 \text{ cm}$$

$$= 15.12 \text{ mm}$$

Los datos del m3dulo de elasticidad son tomados de fichas t3cnicas de varios proveedores para el aluminio EN – AW 6061 T6, cabe resaltar que esta deflexi3n es bastante significativa pero s3lo ocurre en el caso de que la velocidad llegue a una magnitud de 13 m/s.

12.2 HISTORIAL DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN LA VEREDA HOLANDA

Tabla 18. Registro de velocidades del viento en la vereda Holanda - Los Santos.

LAT	LON	YEAR	MO	DY	WS50M_RANGE	WS10M_RANGE	WS10M	WS50M
6.86161	-73.05929	2015	1	1	3.52	2.65	1.93	2.89
6.86161	-73.05929	2015	1	2	2.49	2.13	2.04	2.99
6.86161	-73.05929	2015	1	3	1.84	1.44	1.79	2.58
6.86161	-73.05929	2015	1	4	2.99	2.63	1.74	2.53
6.86161	-73.05929	2015	1	5	3.57	2.14	2.34	3.38
6.86161	-73.05929	2015	1	6	4.56	2.62	2.61	3.77
6.86161	-73.05929	2015	1	7	4.51	2.51	1.87	2.83
6.86161	-73.05929	2015	1	8	1.64	2.05	1.42	1.85
6.86161	-73.05929	2015	1	9	2.14	1.71	1.48	2.04
6.86161	-73.05929	2015	1	10	1.61	1.52	1.32	1.78
6.86161	-73.05929	2015	1	11	1.94	1.18	1.21	1.69
6.86161	-73.05929	2015	1	12	2.41	1.48	1.37	1.95
6.86161	-73.05929	2015	1	13	3.48	3.31	1.27	1.61
6.86161	-73.05929	2015	1	14	1.92	1.69	1.04	1.44
6.86161	-73.05929	2015	1	15	1.98	2.22	1.06	1.32
6.86161	-73.05929	2015	1	16	1.84	1.8	0.82	1.08
6.86161	-73.05929	2015	1	17	1.71	1.92	0.83	0.96
6.86161	-73.05929	2015	1	18	2.15	2.25	1.11	1.35
6.86161	-73.05929	2015	1	19	2.45	2.31	1.06	1.23
6.86161	-73.05929	2015	1	20	2.33	2.12	1.06	1.41

6.86161	-73.05929	2015	1	21	2.24	2.22	0.98	1.13
6.86161	-73.05929	2015	1	22	2.22	2.06	1.2	1.57
6.86161	-73.05929	2015	1	23	2.98	3.06	1.26	1.46
6.86161	-73.05929	2015	1	24	1.89	1.92	1.02	1.22
6.86161	-73.05929	2015	1	25	1.78	1.84	1.16	1.47
6.86161	-73.05929	2015	1	26	2.47	2.53	1.36	1.65
6.86161	-73.05929	2015	1	27	2.62	2.33	1.13	1.39
6.86161	-73.05929	2015	1	28	2.52	2.67	1.5	1.89
6.86161	-73.05929	2015	1	29	1.81	1.73	1.12	1.46
6.86161	-73.05929	2015	1	30	3.07	2.86	1.14	1.41
6.86161	-73.05929	2015	1	31	2.26	1.92	0.88	1.08
6.86161	-73.05929	2015	2	1	2.2	1.96	0.97	1.34
6.86161	-73.05929	2015	2	2	2.39	1.63	1.31	1.89
6.86161	-73.05929	2015	2	3	1.8	1.78	1.07	1.58
6.86161	-73.05929	2015	2	4	2.17	1.5	1.04	1.48
6.86161	-73.05929	2015	2	5	2.53	2.37	1.32	1.87
6.86161	-73.05929	2015	2	6	2.27	2.26	1	1.26
6.86161	-73.05929	2015	2	7	3.11	2.78	1.12	1.37
6.86161	-73.05929	2015	2	8	1.74	1.43	0.77	0.98
6.86161	-73.05929	2015	2	9	1.14	1.06	0.64	0.91
6.86161	-73.05929	2015	2	10	2.71	2.79	1.23	1.52
6.86161	-73.05929	2015	2	11	2.45	2.23	1.1	1.23
6.86161	-73.05929	2015	2	12	1.47	1.59	1	1.31
6.86161	-73.05929	2015	2	13	2.04	1.53	0.9	1.43
6.86161	-73.05929	2015	2	14	2.6	2.46	1.05	1.39

6.86161	-73.05929	2015	2	15	2.15	2.1	1.19	1.55
6.86161	-73.05929	2015	2	16	2.1	2.12	1.42	1.87
6.86161	-73.05929	2015	2	17	2.84	2.77	1.8	2.38
6.86161	-73.05929	2015	2	18	1.48	1.78	1.29	1.51
6.86161	-73.05929	2015	2	19	4.12	3.78	1.62	2.08
6.86161	-73.05929	2015	2	20	3.67	3.39	1.41	1.83
6.86161	-73.05929	2015	2	21	2.01	1.84	1.55	2.03
6.86161	-73.05929	2015	2	22	2.32	1.33	1.52	2.08
6.86161	-73.05929	2015	2	23	2.72	2.83	1.68	2.25
6.86161	-73.05929	2015	2	24	2.59	2.43	0.95	1.21
6.86161	-73.05929	2015	2	25	2.48	2.33	0.92	1.15
6.86161	-73.05929	2015	2	26	2.95	3.04	1.23	1.51
6.86161	-73.05929	2015	2	27	1.97	2.16	1.17	1.55
6.86161	-73.05929	2015	2	28	1.4	1.11	0.98	1.44
6.86161	-73.05929	2015	3	1	2.28	2.16	1.04	1.41
6.86161	-73.05929	2015	3	2	3.39	3.38	1.86	2.46
6.86161	-73.05929	2015	3	3	2.53	2.74	1.6	1.95
6.86161	-73.05929	2015	3	4	2.49	2.17	1.72	2.25
6.86161	-73.05929	2015	3	5	2.53	1.63	1.57	2.13
6.86161	-73.05929	2015	3	6	2.16	1.86	1.14	1.68
6.86161	-73.05929	2015	3	7	2.24	1.89	1.04	1.45
6.86161	-73.05929	2015	3	8	1.84	1.1	1.19	1.63
6.86161	-73.05929	2015	3	9	2.95	2.1	1.69	2.35
6.86161	-73.05929	2015	3	10	2.96	2.24	1.62	2.35
6.86161	-73.05929	2015	3	11	2.24	1.21	1.53	2.14

6.86161	-73.05929	2015	3	12	2.38	2.49	1.3	1.81
6.86161	-73.05929	2015	3	13	3.12	2.68	1.3	1.69
6.86161	-73.05929	2015	3	14	2.59	2.65	1.11	1.34
6.86161	-73.05929	2015	3	15	3.2	3.22	1.48	1.81
6.86161	-73.05929	2015	3	16	3.96	3.52	1.58	2.01
6.86161	-73.05929	2015	3	17	1.8	1.63	0.98	1.29
6.86161	-73.05929	2015	3	18	3.27	3.54	1.48	1.87
6.86161	-73.05929	2015	3	19	2.88	2.42	1.42	1.96
6.86161	-73.05929	2015	3	20	1.92	1.24	0.81	1.22
6.86161	-73.05929	2015	3	21	3.23	3.25	1.17	1.35
6.86161	-73.05929	2015	3	22	4.21	3.93	1.57	1.95
6.86161	-73.05929	2015	3	23	3.12	3.21	1.39	1.7
6.86161	-73.05929	2015	3	24	2.85	2.86	1.41	1.63
6.86161	-73.05929	2015	3	25	3.13	3.07	1.42	1.8
6.86161	-73.05929	2015	3	26	3.05	2.75	1.44	1.77
6.86161	-73.05929	2015	3	27	2.26	2.17	0.85	1.06
6.86161	-73.05929	2015	3	28	3.42	3.11	1.14	1.45
6.86161	-73.05929	2015	3	29	2.67	2.4	0.8	0.92
6.86161	-73.05929	2015	3	30	3.35	3.33	1.5	1.86
6.86161	-73.05929	2015	3	31	2.47	2.59	1.08	1.3
6.86161	-73.05929	2015	4	1	2.82	2.69	1.26	1.49
6.86161	-73.05929	2015	4	2	3.01	2.83	1.13	1.36
6.86161	-73.05929	2015	4	3	2.62	2.5	0.92	1.21
6.86161	-73.05929	2015	4	4	2.31	2.09	0.85	1.09
6.86161	-73.05929	2015	4	5	2.04	1.97	0.79	1.03

6.86161	-73.05929	2015	4	6	2.32	2	1.11	1.51
6.86161	-73.05929	2015	4	7	3.73	2.03	1.2	1.7
6.86161	-73.05929	2015	4	8	4	2.06	1.46	2.12
6.86161	-73.05929	2015	4	9	1.67	1.99	1.3	1.75
6.86161	-73.05929	2015	4	10	1.75	1.71	1.11	1.5
6.86161	-73.05929	2015	4	11	2.27	1.55	0.8	1.2
6.86161	-73.05929	2015	4	12	1.93	1.92	1.06	1.33
6.86161	-73.05929	2015	4	13	2.38	2.19	1.11	1.64
6.86161	-73.05929	2015	4	14	2.54	2.65	1.39	1.79
6.86161	-73.05929	2015	4	15	2.04	2.09	1.06	1.31
6.86161	-73.05929	2015	4	16	3	2.98	1.38	1.66
6.86161	-73.05929	2015	4	17	2.59	2.74	1.15	1.45
6.86161	-73.05929	2015	4	18	2.93	2.53	1.22	1.52
6.86161	-73.05929	2015	4	19	2.91	2.96	1.06	1.35
6.86161	-73.05929	2015	4	20	2.19	2.07	0.97	1.27
6.86161	-73.05929	2015	4	21	2.32	2.12	1.08	1.44
6.86161	-73.05929	2015	4	22	2.04	2	1.15	1.52
6.86161	-73.05929	2015	4	23	2.83	2.25	1.4	1.81
6.86161	-73.05929	2015	4	24	2.64	2.44	1.12	1.47
6.86161	-73.05929	2015	4	25	1.74	1.63	0.78	0.93
6.86161	-73.05929	2015	4	26	1.54	1.36	1.09	1.39
6.86161	-73.05929	2015	4	27	2.06	1.69	1.16	1.53
6.86161	-73.05929	2015	4	28	2.06	2.08	1.08	1.36
6.86161	-73.05929	2015	4	29	2.14	1.99	1.1	1.36
6.86161	-73.05929	2015	4	30	2.37	2.65	1.19	1.58

6.86161	-73.05929	2015	5	1	2.11	1.95	0.94	1.16
6.86161	-73.05929	2015	5	2	2.43	2.29	1.52	1.9
6.86161	-73.05929	2015	5	3	2.99	2.27	1.13	1.51
6.86161	-73.05929	2015	5	4	2.5	2.11	1.26	1.7
6.86161	-73.05929	2015	5	5	1.98	2.05	1.15	1.5
6.86161	-73.05929	2015	5	6	2.53	2.08	1.18	1.62
6.86161	-73.05929	2015	5	7	2.3	1.85	1.2	1.64
6.86161	-73.05929	2015	5	8	2.18	1.37	0.99	1.41
6.86161	-73.05929	2015	5	9	1.44	1.49	0.9	1.23
6.86161	-73.05929	2015	5	10	2.18	1.61	1.16	1.63
6.86161	-73.05929	2015	5	11	2.19	1.37	1.31	1.96
6.86161	-73.05929	2015	5	12	1.4	1.08	1.37	1.94
6.86161	-73.05929	2015	5	13	2.69	2.1	1.46	2.04
6.86161	-73.05929	2015	5	14	1.53	1.76	0.85	1.16
6.86161	-73.05929	2015	5	15	1.78	1.95	0.88	1.19
6.86161	-73.05929	2015	5	16	1.54	1.58	0.87	1.15
6.86161	-73.05929	2015	5	17	1.59	1.86	0.8	1.03
6.86161	-73.05929	2015	5	18	2.16	1.93	0.84	1.17
6.86161	-73.05929	2015	5	19	1.91	1.88	1.04	1.26
6.86161	-73.05929	2015	5	20	1.55	1.58	1.12	1.41
6.86161	-73.05929	2015	5	21	2.11	2.06	1.07	1.33
6.86161	-73.05929	2015	5	22	1.46	1.33	0.89	1.03
6.86161	-73.05929	2015	5	23	1.84	1.45	0.82	1.22
6.86161	-73.05929	2015	5	24	2.09	2	1	1.35
6.86161	-73.05929	2015	5	25	2.07	1.82	0.85	1.09

6.86161	-73.05929	2015	5	26	2.03	2.11	0.96	1.31
6.86161	-73.05929	2015	5	27	2.22	2.36	1.08	1.45
6.86161	-73.05929	2015	5	28	2.09	2.03	0.89	1.3
6.86161	-73.05929	2015	5	29	1.95	1.94	0.96	1.12
6.86161	-73.05929	2015	5	30	2.1	2.11	1.06	1.32
6.86161	-73.05929	2015	5	31	1.81	1.71	0.91	1.14
6.86161	-73.05929	2015	6	1	1.49	1.16	0.71	0.99
6.86161	-73.05929	2015	6	2	1.73	1.5	0.8	1.1
6.86161	-73.05929	2015	6	3	1.47	1.28	0.99	1.22
6.86161	-73.05929	2015	6	4	1.54	1.56	0.83	0.91
6.86161	-73.05929	2015	6	5	1.93	1.92	1.08	1.29
6.86161	-73.05929	2015	6	6	2.45	2.02	1.02	1.2
6.86161	-73.05929	2015	6	7	1.63	1.49	0.78	0.86
6.86161	-73.05929	2015	6	8	1.9	1.56	0.96	1.2
6.86161	-73.05929	2015	6	9	1.95	1.95	1.04	1.26
6.86161	-73.05929	2015	6	10	2.45	2.48	1.08	1.29
6.86161	-73.05929	2015	6	11	1.62	1.77	1.2	1.53
6.86161	-73.05929	2015	6	12	1.26	1.34	1.06	1.35
6.86161	-73.05929	2015	6	13	1.45	0.83	1	1.51
6.86161	-73.05929	2015	6	14	2.46	1.64	1.07	1.52
6.86161	-73.05929	2015	6	15	1.53	0.97	0.69	1.06
6.86161	-73.05929	2015	6	16	2.41	1.87	1.31	1.9
6.86161	-73.05929	2015	6	17	1.91	1.36	1.07	1.57
6.86161	-73.05929	2015	6	18	2.76	2.18	1.17	1.74
6.86161	-73.05929	2015	6	19	2.81	1.99	1.06	1.68

6.86161	-73.05929	2015	6	20	1.84	1.63	1	1.33
6.86161	-73.05929	2015	6	21	1.33	1.18	0.66	0.9
6.86161	-73.05929	2015	6	22	1.85	1.47	0.83	1.1
6.86161	-73.05929	2015	6	23	1.58	0.84	1.04	1.49
6.86161	-73.05929	2015	6	24	2.86	2	1.34	1.96
6.86161	-73.05929	2015	6	25	3.02	2.26	1.14	1.75
6.86161	-73.05929	2015	6	26	3.65	2.34	1.34	2.06
6.86161	-73.05929	2015	6	27	1.56	0.82	0.8	1.31
6.86161	-73.05929	2015	6	28	3.05	2.26	1.04	1.59
6.86161	-73.05929	2015	6	29	4.13	3.57	2.01	2.76
6.86161	-73.05929	2015	6	30	3.2	2.17	1.53	2.27
6.86161	-73.05929	2015	7	1	2.56	1.33	1.18	1.82
6.86161	-73.05929	2015	7	2	3.25	2.37	1.36	2.06
6.86161	-73.05929	2015	7	3	2.62	2.09	1.33	1.94
6.86161	-73.05929	2015	7	4	2.57	1.75	1.18	1.73
6.86161	-73.05929	2015	7	5	2.86	2.23	1.22	1.71
6.86161	-73.05929	2015	7	6	1.43	1.52	0.88	1.29
6.86161	-73.05929	2015	7	7	1.99	1.86	1.07	1.48
6.86161	-73.05929	2015	7	8	1.26	1.18	1.02	1.4
6.86161	-73.05929	2015	7	9	2.2	1.76	1	1.29
6.86161	-73.05929	2015	7	10	1.7	1.33	0.9	1.22
6.86161	-73.05929	2015	7	11	2.1	1.44	0.94	1.27
6.86161	-73.05929	2015	7	12	1.2	1.33	0.95	1.27
6.86161	-73.05929	2015	7	13	2.39	2.41	1.07	1.27
6.86161	-73.05929	2015	7	14	1.85	1.6	0.93	1.17

6.86161	-73.05929	2015	7	15	1.7	1.76	0.95	1.26
6.86161	-73.05929	2015	7	16	2.07	2.15	1.13	1.43
6.86161	-73.05929	2015	7	17	1.85	2.03	1.38	1.81
6.86161	-73.05929	2015	7	18	1.98	1.75	0.73	1.08
6.86161	-73.05929	2015	7	19	2.47	2.49	1.35	1.77
6.86161	-73.05929	2015	7	20	1.83	1.89	0.77	0.87
6.86161	-73.05929	2015	7	21	2.08	1.97	0.97	1.24
6.86161	-73.05929	2015	7	22	1.97	1.33	0.92	1.28
6.86161	-73.05929	2015	7	23	1.85	1.46	1	1.37
6.86161	-73.05929	2015	7	24	2.68	1.74	0.9	1.33
6.86161	-73.05929	2015	7	25	3.69	2.53	1.53	2.22
6.86161	-73.05929	2015	7	26	2.59	1.89	1.31	1.92
6.86161	-73.05929	2015	7	27	1.66	1.59	1.18	1.54
6.86161	-73.05929	2015	7	28	1.93	1.63	1.15	1.56
6.86161	-73.05929	2015	7	29	2.26	1.63	0.98	1.4
6.86161	-73.05929	2015	7	30	1.88	1.43	1.18	1.56
6.86161	-73.05929	2015	7	31	1.4	1.2	1.08	1.47
6.86161	-73.05929	2015	8	1	2.02	1.65	1.17	1.54
6.86161	-73.05929	2015	8	2	1.92	1.28	1.14	1.55
6.86161	-73.05929	2015	8	3	2.31	1.58	1.31	1.91
6.86161	-73.05929	2015	8	4	1.93	1.62	1.21	1.81
6.86161	-73.05929	2015	8	5	2.99	2.05	1.67	2.39
6.86161	-73.05929	2015	8	6	1.78	1.68	1.13	1.52
6.86161	-73.05929	2015	8	7	1.9	1.62	1.16	1.47
6.86161	-73.05929	2015	8	8	2.2	2.62	1.25	1.63

6.86161	-73.05929	2015	8	9	1.81	1.61	0.78	0.98
6.86161	-73.05929	2015	8	10	1.85	1.68	0.8	0.99
6.86161	-73.05929	2015	8	11	1.94	1.38	0.97	1.31
6.86161	-73.05929	2015	8	12	1.95	1.45	1.16	1.6
6.86161	-73.05929	2015	8	13	2.79	2.04	1.18	1.62
6.86161	-73.05929	2015	8	14	1.73	1.68	0.88	1.11
6.86161	-73.05929	2015	8	15	1.71	1.81	0.88	1.1
6.86161	-73.05929	2015	8	16	1.72	1.52	0.56	0.73
6.86161	-73.05929	2015	8	17	1.7	1.94	0.98	1.21
6.86161	-73.05929	2015	8	18	1.51	1.59	0.96	1.2
6.86161	-73.05929	2015	8	19	2.2	1.83	0.95	1.23
6.86161	-73.05929	2015	8	20	2.2	2.16	0.99	1.34
6.86161	-73.05929	2015	8	21	2.17	1.96	1.02	1.27
6.86161	-73.05929	2015	8	22	2.17	2.24	1.12	1.45
6.86161	-73.05929	2015	8	23	2.53	2.44	0.92	1.01
6.86161	-73.05929	2015	8	24	0.99	1.34	0.93	1.05
6.86161	-73.05929	2015	8	25	2.4	2	1.17	1.43
6.86161	-73.05929	2015	8	26	2.16	2.17	0.92	1.05
6.86161	-73.05929	2015	8	27	2.53	2.22	0.89	0.98
6.86161	-73.05929	2015	8	28	1.34	1.68	1.14	1.41
6.86161	-73.05929	2015	8	29	2.37	1.62	1.42	1.79
6.86161	-73.05929	2015	8	30	2.34	1.51	1.14	1.59
6.86161	-73.05929	2015	8	31	1.57	1.33	1.02	1.39
6.86161	-73.05929	2015	9	1	1.68	1.23	0.89	1.19
6.86161	-73.05929	2015	9	2	1.52	1.54	1.1	1.32

6.86161	-73.05929	2015	9	3	1.69	2.06	1.03	1.21
6.86161	-73.05929	2015	9	4	2.28	2.13	1.14	1.37
6.86161	-73.05929	2015	9	5	2.19	2.19	1	1.24
6.86161	-73.05929	2015	9	6	2.71	2.54	1.11	1.39
6.86161	-73.05929	2015	9	7	1.72	1.7	0.8	0.85
6.86161	-73.05929	2015	9	8	1.78	1.47	0.73	0.97
6.86161	-73.05929	2015	9	9	1.66	1.77	1.05	1.35
6.86161	-73.05929	2015	9	10	2.95	2.94	1.18	1.42
6.86161	-73.05929	2015	9	11	1.69	1.85	0.81	0.93
6.86161	-73.05929	2015	9	12	1.93	1.92	1.17	1.45
6.86161	-73.05929	2015	9	13	2.1	1.8	1.46	1.9
6.86161	-73.05929	2015	9	14	1.62	1.48	1.22	1.56
6.86161	-73.05929	2015	9	15	2.18	2.01	1.14	1.43
6.86161	-73.05929	2015	9	16	2.91	2.7	1.19	1.4
6.86161	-73.05929	2015	9	17	2.95	2.78	1.12	1.46
6.86161	-73.05929	2015	9	18	1.74	1.9	0.99	1.27
6.86161	-73.05929	2015	9	19	1.2	1.25	0.76	0.96
6.86161	-73.05929	2015	9	20	1.35	1.63	1.14	1.47
6.86161	-73.05929	2015	9	21	1.65	1.61	1.27	1.6
6.86161	-73.05929	2015	9	22	2.03	1.85	1.3	1.63
6.86161	-73.05929	2015	9	23	2.04	1.95	1.12	1.4
6.86161	-73.05929	2015	9	24	1.58	1.38	0.82	0.95
6.86161	-73.05929	2015	9	25	1.83	1.5	1.09	1.27
6.86161	-73.05929	2015	9	26	2.42	1.6	1.2	1.62
6.86161	-73.05929	2015	9	27	2.18	1.54	1.13	1.47

6.86161	-73.05929	2015	9	28	2.5	1.64	1.23	1.79
6.86161	-73.05929	2015	9	29	1.76	1.59	0.89	1.16
6.86161	-73.05929	2015	9	30	2.21	1.93	1.05	1.29
6.86161	-73.05929	2015	10	1	1.94	2.06	0.94	1.19
6.86161	-73.05929	2015	10	2	3.28	3.38	1.38	1.64
6.86161	-73.05929	2015	10	3	1.4	1.77	1.21	1.49
6.86161	-73.05929	2015	10	4	2.46	2.02	1.16	1.5
6.86161	-73.05929	2015	10	5	1.48	1.22	1.05	1.37
6.86161	-73.05929	2015	10	6	2.26	1.82	1.04	1.36
6.86161	-73.05929	2015	10	7	2.44	2.29	1.06	1.42
6.86161	-73.05929	2015	10	8	1.33	1.12	0.73	0.94
6.86161	-73.05929	2015	10	9	1.76	1.62	0.96	1.18
6.86161	-73.05929	2015	10	10	2.2	2.38	1.05	1.34
6.86161	-73.05929	2015	10	11	2.12	2.21	1.28	1.69
6.86161	-73.05929	2015	10	12	1.88	1.3	0.88	1.33
6.86161	-73.05929	2015	10	13	2.24	2.12	0.97	1.24
6.86161	-73.05929	2015	10	14	2.22	2.26	1.01	1.25
6.86161	-73.05929	2015	10	15	2.07	1.82	0.91	1.14
6.86161	-73.05929	2015	10	16	2.12	2.17	1.07	1.19
6.86161	-73.05929	2015	10	17	1.36	1.58	0.75	0.93
6.86161	-73.05929	2015	10	18	1.38	1.76	1.02	1.31
6.86161	-73.05929	2015	10	19	2.27	2.38	1.31	1.62
6.86161	-73.05929	2015	10	20	1.36	1.67	1.05	1.48
6.86161	-73.05929	2015	10	21	1.7	1.93	1.26	1.67
6.86161	-73.05929	2015	10	22	2.28	2.26	1.07	1.44

6.86161	-73.05929	2015	10	23	4.12	3.65	1.2	1.56
6.86161	-73.05929	2015	10	24	1.45	1.36	0.87	1.21
6.86161	-73.05929	2015	10	25	2.36	2.5	0.94	1.24
6.86161	-73.05929	2015	10	26	1.67	1.61	1.19	1.62
6.86161	-73.05929	2015	10	27	1.81	1.7	0.88	1.18
6.86161	-73.05929	2015	10	28	2.85	2.93	1.28	1.52
6.86161	-73.05929	2015	10	29	2.78	2.66	1.16	1.4
6.86161	-73.05929	2015	10	30	2.33	2.38	1.03	1.17
6.86161	-73.05929	2015	10	31	1.72	0.96	0.73	1.04
6.86161	-73.05929	2015	11	1	2.89	2.88	1.45	1.85
6.86161	-73.05929	2015	11	2	1.85	2	1.43	2.09
6.86161	-73.05929	2015	11	3	3.1	2.52	1.44	1.82
6.86161	-73.05929	2015	11	4	2.68	2.49	1.24	1.63
6.86161	-73.05929	2015	11	5	2.08	2.28	1.26	1.81
6.86161	-73.05929	2015	11	6	2.62	2.65	1.33	2.02
6.86161	-73.05929	2015	11	7	1.85	1.87	1.04	1.31
6.86161	-73.05929	2015	11	8	1.72	1.82	0.89	1.13
6.86161	-73.05929	2015	11	9	2.05	1.91	0.78	0.94
6.86161	-73.05929	2015	11	10	2.7	2.55	1.15	1.46
6.86161	-73.05929	2015	11	11	1.24	1.54	1.24	1.61
6.86161	-73.05929	2015	11	12	3.06	2.76	1.46	1.82
6.86161	-73.05929	2015	11	13	1.97	1.96	1.03	1.38
6.86161	-73.05929	2015	11	14	1.71	1.6	0.83	1.15
6.86161	-73.05929	2015	11	15	1.62	1.63	0.89	1.24
6.86161	-73.05929	2015	11	16	2.06	1.62	0.94	1.39

6.86161	-73.05929	2015	11	17	2.11	1.77	0.88	1.2
6.86161	-73.05929	2015	11	18	2.7	2.44	1.13	1.45
6.86161	-73.05929	2015	11	19	2.16	2.13	1.05	1.45
6.86161	-73.05929	2015	11	20	3.13	2.86	1.29	1.61
6.86161	-73.05929	2015	11	21	2.75	2.6	1.39	1.71
6.86161	-73.05929	2015	11	22	1.96	2.39	1.38	1.69
6.86161	-73.05929	2015	11	23	2.86	2.88	1.19	1.59
6.86161	-73.05929	2015	11	24	1.62	1.83	0.84	1.17
6.86161	-73.05929	2015	11	25	2.36	2.46	1.34	1.72
6.86161	-73.05929	2015	11	26	2.57	2.42	1.38	1.8
6.86161	-73.05929	2015	11	27	2.08	1.82	1.23	1.6
6.86161	-73.05929	2015	11	28	2.14	1.9	0.84	1.1
6.86161	-73.05929	2015	11	29	2.02	2.16	0.82	0.96
6.86161	-73.05929	2015	11	30	1.56	1.59	1.05	1.46
6.86161	-73.05929	2015	12	1	2.51	1.86	1.18	1.65
6.86161	-73.05929	2015	12	2	1.86	1.17	1.15	1.5
6.86161	-73.05929	2015	12	3	1.43	1.44	0.8	1.08
6.86161	-73.05929	2015	12	4	1.95	1.56	0.97	1.39
6.86161	-73.05929	2015	12	5	1.45	1.47	1.01	1.37
6.86161	-73.05929	2015	12	6	2.52	1.68	1.22	1.69
6.86161	-73.05929	2015	12	7	2.05	2.19	1.17	1.52
6.86161	-73.05929	2015	12	8	2.48	2.47	0.97	1.17
6.86161	-73.05929	2015	12	9	2.21	2.28	1.08	1.35
6.86161	-73.05929	2015	12	10	1.61	1.73	0.98	1.21
6.86161	-73.05929	2015	12	11	1.56	1.57	1.16	1.5

6.86161	-73.05929	2015	12	12	2.15	2.17	1.03	1.35
6.86161	-73.05929	2015	12	13	2.31	2.1	0.94	1.27
6.86161	-73.05929	2015	12	14	2.43	2.18	1.13	1.49
6.86161	-73.05929	2015	12	15	1.57	1.3	0.65	0.92
6.86161	-73.05929	2015	12	16	2.27	2.44	1.07	1.29
6.86161	-73.05929	2015	12	17	1.29	1.03	1.02	1.47
6.86161	-73.05929	2015	12	18	1.41	1.74	1.17	1.59
6.86161	-73.05929	2015	12	19	1.41	1.44	0.99	1.33
6.86161	-73.05929	2015	12	20	2.87	2.3	1.26	1.76
6.86161	-73.05929	2015	12	21	2.65	2.04	1.39	1.93
6.86161	-73.05929	2015	12	22	1.76	1.38	1.18	1.65
6.86161	-73.05929	2015	12	23	2.36	1.84	1.31	1.96
6.86161	-73.05929	2015	12	24	3.3	2.12	1.49	2.14
6.86161	-73.05929	2015	12	25	3.16	1.99	1.42	2.07
6.86161	-73.05929	2015	12	26	4.62	2.93	2.19	2.99
6.86161	-73.05929	2015	12	27	3.01	2.15	1.57	2.11
6.86161	-73.05929	2015	12	28	1.82	2.1	1.36	1.71
6.86161	-73.05929	2015	12	29	1.08	1.31	1.07	1.42
6.86161	-73.05929	2015	12	30	1.76	1.02	0.93	1.4
6.86161	-73.05929	2015	12	31	1.9	1.45	1.31	1.76
6.86161	-73.05929	2016	1	1	2.28	2.03	1.21	1.6
6.86161	-73.05929	2016	1	2	2.61	2.9	1.33	1.66
6.86161	-73.05929	2016	1	3	3.05	3.05	1.51	1.86
6.86161	-73.05929	2016	1	4	2.85	2.71	1.08	1.29
6.86161	-73.05929	2016	1	5	2.94	2.7	1.14	1.4

6.86161	-73.05929	2016	1	6	1.7	0.98	0.67	0.95
6.86161	-73.05929	2016	1	7	3.23	3.4	1.4	1.61
6.86161	-73.05929	2016	1	8	3.46	3.27	1.45	1.77
6.86161	-73.05929	2016	1	9	3.5	3.41	1.52	1.9
6.86161	-73.05929	2016	1	10	3.86	3.69	1.61	2.02
6.86161	-73.05929	2016	1	11	3.16	3.22	1.5	1.93
6.86161	-73.05929	2016	1	12	3.28	3.45	1.51	1.98
6.86161	-73.05929	2016	1	13	3.02	2.82	1.3	1.6
6.86161	-73.05929	2016	1	14	2.82	2.49	1.17	1.29
6.86161	-73.05929	2016	1	15	2.02	2.24	1.11	1.27
6.86161	-73.05929	2016	1	16	1.85	1.85	1.35	1.57
6.86161	-73.05929	2016	1	17	2.3	2.18	1.45	1.74
6.86161	-73.05929	2016	1	18	2.64	2.29	1.3	1.53
6.86161	-73.05929	2016	1	19	2.84	2.73	1.48	1.78
6.86161	-73.05929	2016	1	20	3.02	3.15	1.61	1.91
6.86161	-73.05929	2016	1	21	2.83	2.94	1.44	1.69
6.86161	-73.05929	2016	1	22	2.67	2.73	1.32	1.47
6.86161	-73.05929	2016	1	23	2.77	3.07	1.18	1.44
6.86161	-73.05929	2016	1	24	3.87	3.3	1.51	1.71
6.86161	-73.05929	2016	1	25	2.7	2.94	1.47	1.71
6.86161	-73.05929	2016	1	26	3.26	2.95	1.48	1.77
6.86161	-73.05929	2016	1	27	2.46	2.74	1.47	1.84
6.86161	-73.05929	2016	1	28	3.19	3.14	1.49	1.67
6.86161	-73.05929	2016	1	29	3.53	3.32	1.44	1.74
6.86161	-73.05929	2016	1	30	3.4	3.25	1.43	1.7

6.86161	-73.05929	2016	1	31	3.76	3.47	1.47	1.67
6.86161	-73.05929	2016	2	1	2.9	3.18	1.63	1.9
6.86161	-73.05929	2016	2	2	2.93	2.87	1.48	1.7
6.86161	-73.05929	2016	2	3	3.59	3.3	1.37	1.62
6.86161	-73.05929	2016	2	4	3.48	3.46	1.43	1.74
6.86161	-73.05929	2016	2	5	2.53	2.56	1.1	1.32
6.86161	-73.05929	2016	2	6	1.83	2.04	1.09	1.34
6.86161	-73.05929	2016	2	7	3.24	2.93	1.05	1.25
6.86161	-73.05929	2016	2	8	1.58	1.3	0.8	1.08
6.86161	-73.05929	2016	2	9	2.14	2.12	1.28	1.55
6.86161	-73.05929	2016	2	10	3.24	2.23	1.36	1.81
6.86161	-73.05929	2016	2	11	3.21	2.07	1.71	2.27
6.86161	-73.05929	2016	2	12	3.04	2.85	1.54	1.9
6.86161	-73.05929	2016	2	13	3.3	3.2	1.68	2.09
6.86161	-73.05929	2016	2	14	2.71	2.97	1.4	1.71
6.86161	-73.05929	2016	2	15	3.54	3.13	1.64	2.07
6.86161	-73.05929	2016	2	16	2.78	2.37	1.4	1.99
6.86161	-73.05929	2016	2	17	2.68	2.7	1.17	1.49
6.86161	-73.05929	2016	2	18	2.7	2.58	1.38	1.77
6.86161	-73.05929	2016	2	19	2.18	2.43	1.44	1.79
6.86161	-73.05929	2016	2	20	3.12	2.85	1.2	1.56
6.86161	-73.05929	2016	2	21	3.79	3.62	1.29	1.51
6.86161	-73.05929	2016	2	22	2.37	2.33	1.14	1.37
6.86161	-73.05929	2016	2	23	2.57	2.44	1.38	1.76
6.86161	-73.05929	2016	2	24	2.14	1.93	1.23	1.63

6.86161	-73.05929	2016	2	25	3.44	3.21	1.37	1.69
6.86161	-73.05929	2016	2	26	3.37	3.21	1.23	1.6
6.86161	-73.05929	2016	2	27	2.74	2.97	1.32	1.6
6.86161	-73.05929	2016	2	28	2.93	2.93	1.32	1.51
6.86161	-73.05929	2016	2	29	3.32	3.22	1.37	1.51
6.86161	-73.05929	2016	3	1	3.72	3.12	1.34	1.57
6.86161	-73.05929	2016	3	2	3.32	3.15	1.35	1.67
6.86161	-73.05929	2016	3	3	2.71	2.54	1.32	1.55
6.86161	-73.05929	2016	3	4	3.27	3	1.43	1.64
6.86161	-73.05929	2016	3	5	3.32	3.06	1.33	1.53
6.86161	-73.05929	2016	3	6	3.46	3.43	1.31	1.62
6.86161	-73.05929	2016	3	7	2.9	3.05	1.22	1.43
6.86161	-73.05929	2016	3	8	3.29	3.37	1.12	1.27
6.86161	-73.05929	2016	3	9	3.02	2.58	1.46	1.85
6.86161	-73.05929	2016	3	10	3.5	3.36	1.57	1.77
6.86161	-73.05929	2016	3	11	3.26	3.18	1.43	1.66
6.86161	-73.05929	2016	3	12	3.52	3.37	1.24	1.41
6.86161	-73.05929	2016	3	13	3.91	3.78	1.37	1.59
6.86161	-73.05929	2016	3	14	2.3	2.31	1.14	1.35
6.86161	-73.05929	2016	3	15	2.94	2.96	1.15	1.32
6.86161	-73.05929	2016	3	16	2.87	2.87	1.19	1.37
6.86161	-73.05929	2016	3	17	2.86	2.77	1.08	1.38
6.86161	-73.05929	2016	3	18	2.72	2.69	1.06	1.26
6.86161	-73.05929	2016	3	19	2.11	2.14	1.12	1.34
6.86161	-73.05929	2016	3	20	2.07	1.93	1.26	1.51

6.86161	-73.05929	2016	3	21	2.6	2.32	0.95	1.13
6.86161	-73.05929	2016	3	22	2.3	1.74	1.17	1.58
6.86161	-73.05929	2016	3	23	3.37	2.04	1.37	2.02
6.86161	-73.05929	2016	3	24	3.49	3.61	2.01	2.69
6.86161	-73.05929	2016	3	25	2.53	2.3	1.62	2.06
6.86161	-73.05929	2016	3	26	2.92	2.87	1.88	2.35
6.86161	-73.05929	2016	3	27	3.13	3.25	1.6	1.91
6.86161	-73.05929	2016	3	28	3.43	3.47	1.76	2.12
6.86161	-73.05929	2016	3	29	3.14	2.95	1.25	1.52
6.86161	-73.05929	2016	3	30	3.79	3.53	1.51	1.79
6.86161	-73.05929	2016	3	31	3.25	3.38	1.54	1.79
6.86161	-73.05929	2016	4	1	1.39	0.91	0.66	0.98
6.86161	-73.05929	2016	4	2	3.44	3.27	1.62	2.04
6.86161	-73.05929	2016	4	3	2.9	2.81	1.54	1.9
6.86161	-73.05929	2016	4	4	2.97	2.8	1.42	1.68
6.86161	-73.05929	2016	4	5	2.53	2.44	1.25	1.53
6.86161	-73.05929	2016	4	6	2.13	2.11	0.96	1.04
6.86161	-73.05929	2016	4	7	2.9	2.86	1.21	1.39
6.86161	-73.05929	2016	4	8	3.04	3.1	1.09	1.25
6.86161	-73.05929	2016	4	9	2.79	2.7	1.07	1.37
6.86161	-73.05929	2016	4	10	2.77	2.59	1.03	1.26
6.86161	-73.05929	2016	4	11	3.57	3.44	1.56	1.8
6.86161	-73.05929	2016	4	12	2.87	2.74	1.09	1.5
6.86161	-73.05929	2016	4	13	2.26	2.32	1.47	1.84
6.86161	-73.05929	2016	4	14	3.21	3.23	1.46	1.75

6.86161	-73.05929	2016	4	15	3.74	3.69	1.53	1.75
6.86161	-73.05929	2016	4	16	3.22	2.81	1.1	1.42
6.86161	-73.05929	2016	4	17	2.59	2.76	1.07	1.32
6.86161	-73.05929	2016	4	18	2.11	2.08	0.98	1.17
6.86161	-73.05929	2016	4	19	3.18	2.83	1.2	1.36
6.86161	-73.05929	2016	4	20	1.9	2.17	1.14	1.4
6.86161	-73.05929	2016	4	21	2.16	2.11	1.06	1.42
6.86161	-73.05929	2016	4	22	2.83	2.45	1.13	1.49
6.86161	-73.05929	2016	4	23	2.67	2.66	1.1	1.25
6.86161	-73.05929	2016	4	24	3.77	3.17	1.35	1.63
6.86161	-73.05929	2016	4	25	3.64	3.27	1.43	1.65
6.86161	-73.05929	2016	4	26	2.93	2.68	1.01	1.33
6.86161	-73.05929	2016	4	27	3.36	3.06	1.58	2
6.86161	-73.05929	2016	4	28	2.9	2.84	1.53	1.91
6.86161	-73.05929	2016	4	29	1.73	1.89	1.21	1.46
6.86161	-73.05929	2016	4	30	1.87	2.06	1.33	1.73
6.86161	-73.05929	2016	5	1	1.89	1.11	1.16	1.68
6.86161	-73.05929	2016	5	2	3.01	2.82	1.04	1.24
6.86161	-73.05929	2016	5	3	2.23	2.38	1.32	1.82
6.86161	-73.05929	2016	5	4	2.19	2.29	1.19	1.42
6.86161	-73.05929	2016	5	5	2.51	2.59	1.23	1.46
6.86161	-73.05929	2016	5	6	3.17	2.53	1.17	1.56
6.86161	-73.05929	2016	5	7	3.07	3.01	1.5	1.9
6.86161	-73.05929	2016	5	8	3.16	2.91	1.21	1.49
6.86161	-73.05929	2016	5	9	1.86	1.79	1.16	1.65

6.86161	-73.05929	2016	5	10	2.43	2.36	1.01	1.22
6.86161	-73.05929	2016	5	11	2.41	2.31	1.12	1.26
6.86161	-73.05929	2016	5	12	1.94	1.93	0.97	1.21
6.86161	-73.05929	2016	5	13	1.88	1.92	1.04	1.36
6.86161	-73.05929	2016	5	14	2.28	2.31	1.22	1.56
6.86161	-73.05929	2016	5	15	1.67	1.61	1.08	1.23
6.86161	-73.05929	2016	5	16	1.35	0.83	0.88	1.19
6.86161	-73.05929	2016	5	17	2.06	1.63	1	1.38
6.86161	-73.05929	2016	5	18	1.26	1.49	1.18	1.56
6.86161	-73.05929	2016	5	19	2.18	1.75	1.05	1.37
6.86161	-73.05929	2016	5	20	1.77	2.08	1.08	1.37
6.86161	-73.05929	2016	5	21	2.21	2.12	1.19	1.54
6.86161	-73.05929	2016	5	22	2.03	1.98	1.31	1.7
6.86161	-73.05929	2016	5	23	1.12	1.34	0.96	1.18
6.86161	-73.05929	2016	5	24	1.16	1.28	1.25	1.7
6.86161	-73.05929	2016	5	25	3.47	2.92	1.5	2
6.86161	-73.05929	2016	5	26	1.94	1.91	1.16	1.67
6.86161	-73.05929	2016	5	27	3.15	2.78	1.62	1.91
6.86161	-73.05929	2016	5	28	1.92	1.65	0.76	1.08
6.86161	-73.05929	2016	5	29	2.7	2.43	1.1	1.4
6.86161	-73.05929	2016	5	30	2.81	2.63	1.31	1.68
6.86161	-73.05929	2016	5	31	1.3	1.44	0.67	0.83
6.86161	-73.05929	2016	6	1	1.54	1.75	1.05	1.31
6.86161	-73.05929	2016	6	2	1.23	1.44	0.89	1.18
6.86161	-73.05929	2016	6	3	2.12	1.84	1.18	1.53

6.86161	-73.05929	2016	6	4	2.02	1.89	1.1	1.3
6.86161	-73.05929	2016	6	5	2.77	2.53	1.43	1.85
6.86161	-73.05929	2016	6	6	1.98	1.72	0.9	1.19
6.86161	-73.05929	2016	6	7	2.33	2.45	1.01	1.17
6.86161	-73.05929	2016	6	8	1.71	1.89	1.11	1.39
6.86161	-73.05929	2016	6	9	1.32	1.62	0.77	0.97
6.86161	-73.05929	2016	6	10	1.98	1.75	1.1	1.4
6.86161	-73.05929	2016	6	11	1.78	1.6	1.12	1.47
6.86161	-73.05929	2016	6	12	1.2	1.29	1.19	1.57
6.86161	-73.05929	2016	6	13	2.83	2.51	1.31	1.63
6.86161	-73.05929	2016	6	14	1.02	1.17	0.86	1.05
6.86161	-73.05929	2016	6	15	1.34	0.98	0.93	1.18
6.86161	-73.05929	2016	6	16	1.75	1.5	1.15	1.48
6.86161	-73.05929	2016	6	17	2.12	1.87	1.05	1.34
6.86161	-73.05929	2016	6	18	1.4	1.53	0.95	1.25
6.86161	-73.05929	2016	6	19	1.87	1.87	0.98	1.31
6.86161	-73.05929	2016	6	20	0.94	1.4	1.09	1.35
6.86161	-73.05929	2016	6	21	1.45	1.62	1.08	1.33
6.86161	-73.05929	2016	6	22	1.22	1.27	1.05	1.34
6.86161	-73.05929	2016	6	23	1.6	1.46	1.12	1.51
6.86161	-73.05929	2016	6	24	1.88	1.64	0.94	1.25
6.86161	-73.05929	2016	6	25	1.78	1.89	1.08	1.4
6.86161	-73.05929	2016	6	26	2.5	1.85	1.45	2.14
6.86161	-73.05929	2016	6	27	1.81	1.56	1.3	1.74
6.86161	-73.05929	2016	6	28	2.18	1.31	1.15	1.62

6.86161	-73.05929	2016	6	29	2.47	1.66	1.23	1.62
6.86161	-73.05929	2016	6	30	1.82	1.16	1.14	1.62
6.86161	-73.05929	2016	7	1	2.01	1.53	1.1	1.52
6.86161	-73.05929	2016	7	2	1.87	1.91	1.24	1.63
6.86161	-73.05929	2016	7	3	2.6	1.53	0.9	1.42
6.86161	-73.05929	2016	7	4	2.91	1.87	1.05	1.57
6.86161	-73.05929	2016	7	5	2.2	2.1	0.76	1.1
6.86161	-73.05929	2016	7	6	2.12	1.82	1.05	1.28
6.86161	-73.05929	2016	7	7	1.42	1.06	1.15	1.62
6.86161	-73.05929	2016	7	8	1.81	1.22	1.3	1.72
6.86161	-73.05929	2016	7	9	2.44	1.71	1.21	1.73
6.86161	-73.05929	2016	7	10	2.77	2.21	1.49	2.1
6.86161	-73.05929	2016	7	11	2.29	1.53	0.94	1.28
6.86161	-73.05929	2016	7	12	0.82	0.64	1	1.52
6.86161	-73.05929	2016	7	13	1.96	1.87	1.15	1.57
6.86161	-73.05929	2016	7	14	1.53	1.42	0.98	1.18
6.86161	-73.05929	2016	7	15	2.2	1.93	1.14	1.47
6.86161	-73.05929	2016	7	16	1.59	1.53	1.11	1.39
6.86161	-73.05929	2016	7	17	1.45	1.65	0.99	1.35
6.86161	-73.05929	2016	7	18	2.2	1.54	1.11	1.4
6.86161	-73.05929	2016	7	19	2.36	2.3	0.9	1.15
6.86161	-73.05929	2016	7	20	1.64	1.36	1.02	1.31
6.86161	-73.05929	2016	7	21	1.23	0.83	0.78	1.05
6.86161	-73.05929	2016	7	22	1.63	1.54	1.09	1.37
6.86161	-73.05929	2016	7	23	2.11	2.16	1.14	1.4

6.86161	-73.05929	2016	7	24	2.03	2.14	1.04	1.26
6.86161	-73.05929	2016	7	25	1.79	1.22	0.73	0.93
6.86161	-73.05929	2016	7	26	1.78	1.45	1.28	1.65
6.86161	-73.05929	2016	7	27	2.26	1.5	1.26	1.85
6.86161	-73.05929	2016	7	28	2.09	1.24	1.17	1.61
6.86161	-73.05929	2016	7	29	2.22	1.9	0.99	1.34
6.86161	-73.05929	2016	7	30	1.96	2.02	0.8	0.97
6.86161	-73.05929	2016	7	31	1.51	1.43	0.92	1.13
6.86161	-73.05929	2016	8	1	1.19	1.28	1.1	1.38
6.86161	-73.05929	2016	8	2	1.85	1.49	1.01	1.28
6.86161	-73.05929	2016	8	3	1.45	0.72	0.68	0.96
6.86161	-73.05929	2016	8	4	1.95	1.81	1.12	1.48
6.86161	-73.05929	2016	8	5	1.56	1.29	0.82	1.02
6.86161	-73.05929	2016	8	6	1.18	1.36	0.97	1.25
6.86161	-73.05929	2016	8	7	1.22	1.05	0.98	1.35
6.86161	-73.05929	2016	8	8	2.37	1.66	1.21	1.66
6.86161	-73.05929	2016	8	9	2.14	1.56	0.98	1.41
6.86161	-73.05929	2016	8	10	1.59	1.46	1.18	1.62
6.86161	-73.05929	2016	8	11	1.42	1.82	1.23	1.66
6.86161	-73.05929	2016	8	12	1.25	0.85	0.9	1.14
6.86161	-73.05929	2016	8	13	1.67	1.36	1.02	1.28
6.86161	-73.05929	2016	8	14	1.74	1.5	1.12	1.43
6.86161	-73.05929	2016	8	15	2.45	2.45	1.26	1.56
6.86161	-73.05929	2016	8	16	1.87	0.89	0.84	1.07
6.86161	-73.05929	2016	8	17	2.26	1.4	0.86	1.31

6.86161	-73.05929	2016	8	18	1.7	1.55	0.99	1.31
6.86161	-73.05929	2016	8	19	1.62	1.14	0.94	1.21
6.86161	-73.05929	2016	8	20	1.44	1.33	1.08	1.34
6.86161	-73.05929	2016	8	21	2.64	2.15	1.25	1.76
6.86161	-73.05929	2016	8	22	1.87	1.34	1.26	1.67
6.86161	-73.05929	2016	8	23	2.53	2.46	1.15	1.44
6.86161	-73.05929	2016	8	24	2.72	2.83	1.07	1.32
6.86161	-73.05929	2016	8	25	2.48	2.5	1.19	1.55
6.86161	-73.05929	2016	8	26	1.62	2.14	1.31	1.7
6.86161	-73.05929	2016	8	27	2.26	2.36	0.98	1.18
6.86161	-73.05929	2016	8	28	1.41	1.39	0.84	1
6.86161	-73.05929	2016	8	29	2.43	1.51	1.1	1.45
6.86161	-73.05929	2016	8	30	0.95	1.23	0.93	1.21
6.86161	-73.05929	2016	8	31	2.12	1.91	1.16	1.41
6.86161	-73.05929	2016	9	1	1.41	1.56	1.13	1.41
6.86161	-73.05929	2016	9	2	2.68	2.55	1.14	1.38
6.86161	-73.05929	2016	9	3	2.63	2.59	1.24	1.46
6.86161	-73.05929	2016	9	4	2.03	2.06	1	1.28
6.86161	-73.05929	2016	9	5	2.28	2.16	1.12	1.37
6.86161	-73.05929	2016	9	6	1.73	1.65	0.95	1.1
6.86161	-73.05929	2016	9	7	2.37	2.2	0.96	1.18
6.86161	-73.05929	2016	9	8	2.38	2.45	0.98	1.2
6.86161	-73.05929	2016	9	9	1.31	1.71	1.06	1.33
6.86161	-73.05929	2016	9	10	2.38	2.18	1.14	1.4
6.86161	-73.05929	2016	9	11	2.45	2.56	1.18	1.35

6.86161	-73.05929	2016	9	12	3.08	3.15	1.13	1.35
6.86161	-73.05929	2016	9	13	2.85	2.76	1.38	1.61
6.86161	-73.05929	2016	9	14	1.79	1.7	0.88	1
6.86161	-73.05929	2016	9	15	1.68	1.76	1.15	1.46
6.86161	-73.05929	2016	9	16	1.8	1.55	0.89	1.02
6.86161	-73.05929	2016	9	17	2.14	2.28	1.43	1.78
6.86161	-73.05929	2016	9	18	1.62	1.82	1.38	1.76
6.86161	-73.05929	2016	9	19	1.56	1.59	0.91	1.18
6.86161	-73.05929	2016	9	20	2.02	1.48	1.3	1.83
6.86161	-73.05929	2016	9	21	2.41	2.03	1.15	1.56
6.86161	-73.05929	2016	9	22	2.29	2.29	0.96	1.08
6.86161	-73.05929	2016	9	23	1.96	2.03	0.99	1.12
6.86161	-73.05929	2016	9	24	1.46	1.5	0.83	1.02
6.86161	-73.05929	2016	9	25	2.49	2.49	1.28	1.57
6.86161	-73.05929	2016	9	26	1.65	1.59	0.71	0.83
6.86161	-73.05929	2016	9	27	1.44	1.18	0.77	1.06
6.86161	-73.05929	2016	9	28	2.05	2.11	1.14	1.47
6.86161	-73.05929	2016	9	29	3.23	3.11	1.84	2.22
6.86161	-73.05929	2016	9	30	2.68	1.96	1.47	2.05
6.86161	-73.05929	2016	10	1	3.17	3.09	1.3	1.53
6.86161	-73.05929	2016	10	2	1.59	2.08	1.36	1.82
6.86161	-73.05929	2016	10	3	2.47	2.15	1.27	1.62
6.86161	-73.05929	2016	10	4	3.67	3.32	1.41	1.74
6.86161	-73.05929	2016	10	5	2.17	2.03	1.32	1.7
6.86161	-73.05929	2016	10	6	2.29	2.37	1.19	1.49

6.86161	-73.05929	2016	10	7	2.92	3.02	1.08	1.21
6.86161	-73.05929	2016	10	8	2.26	2.19	1.12	1.42
6.86161	-73.05929	2016	10	9	1.86	2.08	1.04	1.34
6.86161	-73.05929	2016	10	10	2.65	2.7	0.98	1.31
6.86161	-73.05929	2016	10	11	2.08	2.17	0.94	1.23
6.86161	-73.05929	2016	10	12	1.91	1.94	1.04	1.36
6.86161	-73.05929	2016	10	13	3.14	3.01	1.22	1.48
6.86161	-73.05929	2016	10	14	1.66	1.86	0.93	1.1
6.86161	-73.05929	2016	10	15	2.05	2.09	1.2	1.4
6.86161	-73.05929	2016	10	16	2.26	2.29	1.06	1.28
6.86161	-73.05929	2016	10	17	2.54	2.28	1.12	1.43
6.86161	-73.05929	2016	10	18	2.55	1.96	1.04	1.53
6.86161	-73.05929	2016	10	19	2.19	2.24	1.08	1.27
6.86161	-73.05929	2016	10	20	1.67	1.87	1.09	1.33
6.86161	-73.05929	2016	10	21	2.26	2.22	1.16	1.39
6.86161	-73.05929	2016	10	22	2.52	2.6	1.16	1.37
6.86161	-73.05929	2016	10	23	2.77	2.53	0.95	1.23
6.86161	-73.05929	2016	10	24	2.88	2.67	1.33	1.6
6.86161	-73.05929	2016	10	25	2.17	2.19	0.98	1.34
6.86161	-73.05929	2016	10	26	1.82	1.85	0.9	1.31
6.86161	-73.05929	2016	10	27	1.35	1.71	0.83	1.01
6.86161	-73.05929	2016	10	28	2.02	1.9	0.98	1.25
6.86161	-73.05929	2016	10	29	2.36	2.28	0.98	1.13
6.86161	-73.05929	2016	10	30	2.68	2.38	1.13	1.3
6.86161	-73.05929	2016	10	31	2.51	2.45	1.02	1.19

6.86161	-73.05929	2016	11	1	2.66	2.57	0.91	1.09
6.86161	-73.05929	2016	11	2	2.78	2.59	1.69	2.4
6.86161	-73.05929	2016	11	3	2.2	2.36	1.4	1.91
6.86161	-73.05929	2016	11	4	2.17	1.92	0.75	1.01
6.86161	-73.05929	2016	11	5	1.72	1.78	0.98	1.23
6.86161	-73.05929	2016	11	6	1.76	1.13	0.78	1.12
6.86161	-73.05929	2016	11	7	3	2.82	1.38	1.78
6.86161	-73.05929	2016	11	8	2.78	2.77	1.22	1.73
6.86161	-73.05929	2016	11	9	2.26	1.99	1	1.23
6.86161	-73.05929	2016	11	10	2.33	2.27	1.07	1.51
6.86161	-73.05929	2016	11	11	2.37	2.02	0.81	1.07
6.86161	-73.05929	2016	11	12	2.94	2.64	1.23	1.54
6.86161	-73.05929	2016	11	13	2.75	2.62	1.09	1.59
6.86161	-73.05929	2016	11	14	3.01	2.75	1.5	2.1
6.86161	-73.05929	2016	11	15	2.52	2.44	1.53	2.14
6.86161	-73.05929	2016	11	16	2.1	2.57	1.6	2.07
6.86161	-73.05929	2016	11	17	2.95	2.88	1.45	2.08
6.86161	-73.05929	2016	11	18	1.87	2.03	1.16	1.68
6.86161	-73.05929	2016	11	19	0.87	0.8	0.92	1.4
6.86161	-73.05929	2016	11	20	2.34	2.53	1.08	1.36
6.86161	-73.05929	2016	11	21	2.56	2.61	1.46	1.79
6.86161	-73.05929	2016	11	22	2.86	2.71	1.43	1.85
6.86161	-73.05929	2016	11	23	2.79	2.65	1.09	1.4
6.86161	-73.05929	2016	11	24	2.05	1.74	1.09	1.54
6.86161	-73.05929	2016	11	25	2.51	2.4	0.95	1.11

6.86161	-73.05929	2016	11	26	3.09	2.9	1.28	1.71
6.86161	-73.05929	2016	11	27	1.49	1.48	0.85	1.14
6.86161	-73.05929	2016	11	28	2.91	2.72	1.74	2.39
6.86161	-73.05929	2016	11	29	1.86	2.13	1.13	1.5
6.86161	-73.05929	2016	11	30	3.07	2.87	1.56	2.13
6.86161	-73.05929	2016	12	1	1.74	1.66	1.04	1.32
6.86161	-73.05929	2016	12	2	2.78	2.39	1.07	1.49
6.86161	-73.05929	2016	12	3	2.32	2.43	1.14	1.5
6.86161	-73.05929	2016	12	4	2.75	2.62	0.95	1.18
6.86161	-73.05929	2016	12	5	2.82	2.51	1.03	1.33
6.86161	-73.05929	2016	12	6	2.09	1.93	0.93	1.3
6.86161	-73.05929	2016	12	7	1.78	1.84	0.93	1.28
6.86161	-73.05929	2016	12	8	2.86	2.66	1.02	1.34
6.86161	-73.05929	2016	12	9	3.09	2.59	1.24	1.63
6.86161	-73.05929	2016	12	10	1.43	1.29	0.8	1.11
6.86161	-73.05929	2016	12	11	2.39	1.9	1.21	1.6
6.86161	-73.05929	2016	12	12	2.11	2.06	1.09	1.37
6.86161	-73.05929	2016	12	13	2.61	2.61	1.23	1.51
6.86161	-73.05929	2016	12	14	2.37	2.27	1.38	1.69
6.86161	-73.05929	2016	12	15	2.06	1.92	1.28	1.59
6.86161	-73.05929	2016	12	16	2.09	2.1	1.32	1.65
6.86161	-73.05929	2016	12	17	2.36	2.48	1.35	1.69
6.86161	-73.05929	2016	12	18	2.6	2.27	1.43	1.81
6.86161	-73.05929	2016	12	19	1.72	1.89	1.52	2.1
6.86161	-73.05929	2016	12	20	2.4	2.19	1.52	2.04

6.86161	-73.05929	2016	12	21	3.1	3	1.2	1.51
6.86161	-73.05929	2016	12	22	3.19	3.29	1.43	1.74
6.86161	-73.05929	2016	12	23	2.3	2.27	1.1	1.45
6.86161	-73.05929	2016	12	24	2.07	1.83	1.01	1.29
6.86161	-73.05929	2016	12	25	2.33	2.08	1.02	1.32
6.86161	-73.05929	2016	12	26	2.44	2.36	1.06	1.38
6.86161	-73.05929	2016	12	27	2.88	2.67	1.08	1.32
6.86161	-73.05929	2016	12	28	2.26	1.99	1.41	1.88
6.86161	-73.05929	2016	12	29	2.32	2.12	1.35	1.75
6.86161	-73.05929	2016	12	30	2.46	2.2	0.89	1.15
6.86161	-73.05929	2016	12	31	1.42	1.55	0.96	1.23
6.86161	-73.05929	2017	1	1	2.22	1.82	1.18	1.49
6.86161	-73.05929	2017	1	2	3.19	2.05	1.42	1.91
6.86161	-73.05929	2017	1	3	2.34	2.69	1.79	2.26
6.86161	-73.05929	2017	1	4	2.03	2.07	1.04	1.33
6.86161	-73.05929	2017	1	5	2.05	1.85	0.62	0.83
6.86161	-73.05929	2017	1	6	1.97	1.86	1.13	1.45
6.86161	-73.05929	2017	1	7	1.99	1.89	1	1.36
6.86161	-73.05929	2017	1	8	2.49	2.61	1.47	2
6.86161	-73.05929	2017	1	9	2.56	2.28	0.97	1.28
6.86161	-73.05929	2017	1	10	2.62	2.39	1.13	1.37
6.86161	-73.05929	2017	1	11	2.68	2.57	1.01	1.19
6.86161	-73.05929	2017	1	12	1.87	1.84	1.13	1.44
6.86161	-73.05929	2017	1	13	2.92	2.81	1.29	1.61
6.86161	-73.05929	2017	1	14	2.97	2.7	1.24	1.54

6.86161	-73.05929	2017	1	15	3.81	3.61	1.38	1.68
6.86161	-73.05929	2017	1	16	4.23	4.01	1.45	1.67
6.86161	-73.05929	2017	1	17	2.28	2.34	1.1	1.32
6.86161	-73.05929	2017	1	18	3.59	3.14	1.26	1.47
6.86161	-73.05929	2017	1	19	3.84	3.38	1.52	1.93
6.86161	-73.05929	2017	1	20	3.21	3.06	1.44	1.93
6.86161	-73.05929	2017	1	21	2.8	3.2	2.13	2.85
6.86161	-73.05929	2017	1	22	2.42	2.88	2.06	2.68
6.86161	-73.05929	2017	1	23	2.86	3.06	1.57	1.93
6.86161	-73.05929	2017	1	24	2.99	3.05	1.45	1.77
6.86161	-73.05929	2017	1	25	2.35	1.97	0.96	1.16
6.86161	-73.05929	2017	1	26	2.34	2.31	0.98	1.23
6.86161	-73.05929	2017	1	27	2.14	2.15	1.29	1.73
6.86161	-73.05929	2017	1	28	2.34	2.34	1.24	1.59
6.86161	-73.05929	2017	1	29	2.51	2.63	1.33	1.73
6.86161	-73.05929	2017	1	30	2.21	2.11	0.96	1.29
6.86161	-73.05929	2017	1	31	2.21	2.1	0.85	1.08
6.86161	-73.05929	2017	2	1	2.4	2.47	1.19	1.49
6.86161	-73.05929	2017	2	2	2.16	2.3	1.53	1.95
6.86161	-73.05929	2017	2	3	2.28	2.61	1.18	1.52
6.86161	-73.05929	2017	2	4	1.95	1.81	0.81	1.05
6.86161	-73.05929	2017	2	5	2.18	1.01	0.99	1.42
6.86161	-73.05929	2017	2	6	2.54	1.93	1.48	1.96
6.86161	-73.05929	2017	2	7	3.44	1.86	1.62	2.31
6.86161	-73.05929	2017	2	8	2.81	1.67	1.55	2.19

6.86161	-73.05929	2017	2	9	3.56	3.32	1.84	2.39
6.86161	-73.05929	2017	2	10	3.57	3.19	1.18	1.43
6.86161	-73.05929	2017	2	11	3.39	3.1	1.48	1.84
6.86161	-73.05929	2017	2	12	4.02	3.74	1.74	1.96
6.86161	-73.05929	2017	2	13	3.97	3.89	1.53	1.88
6.86161	-73.05929	2017	2	14	3.55	3.65	1.83	2.2
6.86161	-73.05929	2017	2	15	3.39	3.46	1.46	1.62
6.86161	-73.05929	2017	2	16	4.4	4.37	1.76	2.18
6.86161	-73.05929	2017	2	17	3.43	3.34	1.76	2.36
6.86161	-73.05929	2017	2	18	2.18	2.59	1.25	1.57
6.86161	-73.05929	2017	2	19	2.66	2.79	1.48	1.71
6.86161	-73.05929	2017	2	20	3.28	3.22	1.28	1.41
6.86161	-73.05929	2017	2	21	3.26	3.08	2.2	2.77
6.86161	-73.05929	2017	2	22	4.13	3.93	2.13	2.69
6.86161	-73.05929	2017	2	23	2.68	2.67	1.4	1.63
6.86161	-73.05929	2017	2	24	3.14	3.05	1.17	1.37
6.86161	-73.05929	2017	2	25	2.74	2.84	1.12	1.27
6.86161	-73.05929	2017	2	26	2.87	2.56	1.23	1.49
6.86161	-73.05929	2017	2	27	2.81	2.62	1.25	1.46
6.86161	-73.05929	2017	2	28	3.53	3	1.64	2.04
6.86161	-73.05929	2017	3	1	3.48	3.13	1.43	1.71
6.86161	-73.05929	2017	3	2	2.41	1.89	0.92	1.22
6.86161	-73.05929	2017	3	3	2.29	2.12	1.36	1.76
6.86161	-73.05929	2017	3	4	2.49	2.45	1.13	1.35
6.86161	-73.05929	2017	3	5	2.15	2.12	0.87	1.08

6.86161	-73.05929	2017	3	6	3.55	3.21	1.29	1.65
6.86161	-73.05929	2017	3	7	3.14	2.84	1	1.29
6.86161	-73.05929	2017	3	8	2.78	2.74	1.19	1.52
6.86161	-73.05929	2017	3	9	1.57	1.5	0.93	1.29
6.86161	-73.05929	2017	3	10	3.13	2.8	1.27	1.52
6.86161	-73.05929	2017	3	11	2.6	2.45	1.03	1.34
6.86161	-73.05929	2017	3	12	2.78	2.51	1.3	1.77
6.86161	-73.05929	2017	3	13	2.47	2.64	1.06	1.36
6.86161	-73.05929	2017	3	14	3.44	3.02	1.59	2.02
6.86161	-73.05929	2017	3	15	2.6	2.64	1.09	1.41
6.86161	-73.05929	2017	3	16	2.53	2.55	1.41	1.65
6.86161	-73.05929	2017	3	17	3.5	3.15	1.49	1.72
6.86161	-73.05929	2017	3	18	3.86	3.52	1.3	1.53
6.86161	-73.05929	2017	3	19	3.39	3.17	1.19	1.35
6.86161	-73.05929	2017	3	20	2.98	2.95	1.32	1.59
6.86161	-73.05929	2017	3	21	2.64	2.61	1.18	1.55
6.86161	-73.05929	2017	3	22	2.61	2.26	1	1.25
6.86161	-73.05929	2017	3	23	3.94	3.55	1.51	1.85
6.86161	-73.05929	2017	3	24	3.79	3.42	1.52	2
6.86161	-73.05929	2017	3	25	2.7	2.64	1.31	1.6
6.86161	-73.05929	2017	3	26	2.96	2.74	1.24	1.71
6.86161	-73.05929	2017	3	27	2.42	2.7	1.05	1.21
6.86161	-73.05929	2017	3	28	1.71	2.23	1.3	1.71
6.86161	-73.05929	2017	3	29	2.4	2.18	0.98	1.2
6.86161	-73.05929	2017	3	30	2.59	2.5	1.12	1.42

6.86161	-73.05929	2017	3	31	2.28	1.94	1.2	1.39
6.86161	-73.05929	2017	4	1	1.85	1.8	1.13	1.38
6.86161	-73.05929	2017	4	2	1.85	1.76	1.12	1.43
6.86161	-73.05929	2017	4	3	2.51	1.93	1.57	2.18
6.86161	-73.05929	2017	4	4	2.7	2.06	1.6	2.17
6.86161	-73.05929	2017	4	5	2.47	1.92	1.52	1.95
6.86161	-73.05929	2017	4	6	3.12	2.57	1.53	1.91
6.86161	-73.05929	2017	4	7	3.33	3.38	1.47	1.86
6.86161	-73.05929	2017	4	8	3.42	3.1	1.11	1.38
6.86161	-73.05929	2017	4	9	2.41	2.3	1.03	1.34
6.86161	-73.05929	2017	4	10	3.81	3.62	1.44	1.76
6.86161	-73.05929	2017	4	11	2.47	2.35	1.2	1.63
6.86161	-73.05929	2017	4	12	2.77	2.76	1.11	1.29
6.86161	-73.05929	2017	4	13	2.66	2.56	1.31	1.62
6.86161	-73.05929	2017	4	14	2.15	1.9	1.18	1.56
6.86161	-73.05929	2017	4	15	2.36	2.33	1.14	1.47
6.86161	-73.05929	2017	4	16	2.07	2.19	0.99	1.32
6.86161	-73.05929	2017	4	17	2.14	2.11	0.95	1.19
6.86161	-73.05929	2017	4	18	3.06	2.85	1.38	1.76
6.86161	-73.05929	2017	4	19	1.72	1.3	0.98	1.4
6.86161	-73.05929	2017	4	20	2.46	2.24	1.1	1.48
6.86161	-73.05929	2017	4	21	1.83	1.78	1.03	1.41
6.86161	-73.05929	2017	4	22	2.28	2.53	1.2	1.39
6.86161	-73.05929	2017	4	23	2.21	2.22	1.42	1.86
6.86161	-73.05929	2017	4	24	2.32	2.12	0.9	1.21

6.86161	-73.05929	2017	4	25	2.61	2.55	1.13	1.37
6.86161	-73.05929	2017	4	26	1.91	1.23	0.97	1.39
6.86161	-73.05929	2017	4	27	2.74	2.33	1.29	1.63
6.86161	-73.05929	2017	4	28	1.49	1.31	0.76	0.99
6.86161	-73.05929	2017	4	29	1.85	2.1	0.99	1.2
6.86161	-73.05929	2017	4	30	2.7	2.74	1.13	1.44
6.86161	-73.05929	2017	5	1	3.32	3.01	1.15	1.46
6.86161	-73.05929	2017	5	2	2.33	2.45	1.16	1.49
6.86161	-73.05929	2017	5	3	2.35	2.23	1.11	1.45
6.86161	-73.05929	2017	5	4	2.46	2.66	1.23	1.55
6.86161	-73.05929	2017	5	5	2.85	2.88	1.13	1.53
6.86161	-73.05929	2017	5	6	2.59	2.51	0.9	1.14
6.86161	-73.05929	2017	5	7	3.19	3.2	1.35	1.79
6.86161	-73.05929	2017	5	8	2.42	2.53	1.07	1.37
6.86161	-73.05929	2017	5	9	3.2	2.86	1.29	1.75
6.86161	-73.05929	2017	5	10	2.32	2.24	0.98	1.33
6.86161	-73.05929	2017	5	11	1.99	2.06	1.11	1.53
6.86161	-73.05929	2017	5	12	3.24	2.86	1.21	1.64
6.86161	-73.05929	2017	5	13	3.38	2.95	1.29	1.6
6.86161	-73.05929	2017	5	14	3.06	2.63	1.04	1.2
6.86161	-73.05929	2017	5	15	1.36	1.79	1.07	1.44
6.86161	-73.05929	2017	5	16	1.79	1.66	0.85	1.15
6.86161	-73.05929	2017	5	17	2.68	2.43	1.18	1.52
6.86161	-73.05929	2017	5	18	1.76	1.45	0.91	1.14
6.86161	-73.05929	2017	5	19	2.16	2.22	1.05	1.41

6.86161	-73.05929	2017	5	20	1.82	1.52	0.69	0.86
6.86161	-73.05929	2017	5	21	2.09	2.27	0.97	1.28
6.86161	-73.05929	2017	5	22	1.89	1.74	0.65	0.86
6.86161	-73.05929	2017	5	23	1.87	1.7	0.91	1.17
6.86161	-73.05929	2017	5	24	2.43	1.82	0.99	1.42
6.86161	-73.05929	2017	5	25	2.66	2.13	1.19	1.6
6.86161	-73.05929	2017	5	26	2.52	2.48	0.82	1.03
6.86161	-73.05929	2017	5	27	2.67	2.71	1.29	1.71
6.86161	-73.05929	2017	5	28	2	1.97	1.02	1.36
6.86161	-73.05929	2017	5	29	1.95	2.14	1.16	1.48
6.86161	-73.05929	2017	5	30	2.4	2.19	0.85	1.15
6.86161	-73.05929	2017	5	31	2.45	1.53	1.02	1.54
6.86161	-73.05929	2017	6	1	2.53	1.66	1.03	1.46
6.86161	-73.05929	2017	6	2	2.58	1.46	1.08	1.51
6.86161	-73.05929	2017	6	3	2.53	1.81	1.36	1.84
6.86161	-73.05929	2017	6	4	1.73	1.05	0.74	1.08
6.86161	-73.05929	2017	6	5	1.13	1.3	0.85	1.14
6.86161	-73.05929	2017	6	6	1.88	1.73	0.96	1.18
6.86161	-73.05929	2017	6	7	2.45	2.13	1.01	1.35
6.86161	-73.05929	2017	6	8	2.31	2	0.96	1.2
6.86161	-73.05929	2017	6	9	2.12	1.93	1.11	1.41
6.86161	-73.05929	2017	6	10	1.98	2	1.29	1.67
6.86161	-73.05929	2017	6	11	2.06	1.99	0.89	1.29
6.86161	-73.05929	2017	6	12	1.97	1.97	1.19	1.49
6.86161	-73.05929	2017	6	13	2.55	2.46	1.16	1.44

6.86161	-73.05929	2017	6	14	1.46	1.69	1.01	1.31
6.86161	-73.05929	2017	6	15	1.79	1.76	1	1.17
6.86161	-73.05929	2017	6	16	2.33	1.92	1.05	1.43
6.86161	-73.05929	2017	6	17	2.51	2.22	1.14	1.61
6.86161	-73.05929	2017	6	18	2.55	2.41	0.99	1.18
6.86161	-73.05929	2017	6	19	2.17	1.45	0.67	0.92
6.86161	-73.05929	2017	6	20	1.6	1.42	0.78	1.04
6.86161	-73.05929	2017	6	21	1.98	1.91	1.18	1.49
6.86161	-73.05929	2017	6	22	2.37	2.21	1.01	1.16
6.86161	-73.05929	2017	6	23	1.81	1.65	1.15	1.36
6.86161	-73.05929	2017	6	24	1.15	0.99	0.91	1.19
6.86161	-73.05929	2017	6	25	2.02	2.13	1.14	1.37
6.86161	-73.05929	2017	6	26	2.3	2.01	1.2	1.57
6.86161	-73.05929	2017	6	27	2.41	2.02	1.1	1.34
6.86161	-73.05929	2017	6	28	2.52	2.32	1.31	1.68
6.86161	-73.05929	2017	6	29	2.4	2.24	1.27	1.73
6.86161	-73.05929	2017	6	30	1.49	1.48	1.03	1.25
6.86161	-73.05929	2017	7	1	1.35	1.15	0.82	1.08
6.86161	-73.05929	2017	7	2	2.11	1.39	1.1	1.56
6.86161	-73.05929	2017	7	3	1.93	1.74	1.02	1.16
6.86161	-73.05929	2017	7	4	1.82	1.49	0.96	1.27
6.86161	-73.05929	2017	7	5	1.9	1.97	1.06	1.38
6.86161	-73.05929	2017	7	6	1.59	1.24	0.89	1.27
6.86161	-73.05929	2017	7	7	1.17	1.21	0.99	1.27
6.86161	-73.05929	2017	7	8	1.9	1.55	1.12	1.46

6.86161	-73.05929	2017	7	9	2.03	1.73	1.01	1.4
6.86161	-73.05929	2017	7	10	1.75	1.68	1.2	1.7
6.86161	-73.05929	2017	7	11	1.49	1.13	0.57	0.93
6.86161	-73.05929	2017	7	12	1.89	1.8	0.93	1.15
6.86161	-73.05929	2017	7	13	1.52	1.42	1.17	1.49
6.86161	-73.05929	2017	7	14	2.71	2.4	1.16	1.44
6.86161	-73.05929	2017	7	15	2.54	2.42	1.34	1.66
6.86161	-73.05929	2017	7	16	1.95	2.06	0.93	1.11
6.86161	-73.05929	2017	7	17	1.52	1.77	0.99	1.23
6.86161	-73.05929	2017	7	18	1.28	1.25	0.67	0.88
6.86161	-73.05929	2017	7	19	2.24	2.09	1.08	1.34
6.86161	-73.05929	2017	7	20	2.56	2.48	1.18	1.62
6.86161	-73.05929	2017	7	21	2.05	2.14	1.03	1.38
6.86161	-73.05929	2017	7	22	1.29	1.24	1.11	1.42
6.86161	-73.05929	2017	7	23	2.05	1.6	0.83	1.12
6.86161	-73.05929	2017	7	24	1.26	1.18	0.86	1.16
6.86161	-73.05929	2017	7	25	1.97	1.18	0.62	1
6.86161	-73.05929	2017	7	26	1.46	1.62	1.24	1.61
6.86161	-73.05929	2017	7	27	1.49	1.28	1.07	1.33
6.86161	-73.05929	2017	7	28	1.53	1.48	1.07	1.41
6.86161	-73.05929	2017	7	29	1.71	1.52	0.91	1.09
6.86161	-73.05929	2017	7	30	1.83	2.01	1.02	1.27
6.86161	-73.05929	2017	7	31	1.81	1.87	1.01	1.25
6.86161	-73.05929	2017	8	1	2.12	1.88	1.07	1.28
6.86161	-73.05929	2017	8	2	2.68	2.65	1.47	1.79

6.86161	-73.05929	2017	8	3	1.65	1.81	1.18	1.47
6.86161	-73.05929	2017	8	4	2.66	2.42	1.18	1.5
6.86161	-73.05929	2017	8	5	1.95	2.1	1.15	1.41
6.86161	-73.05929	2017	8	6	1.83	1.74	1.03	1.24
6.86161	-73.05929	2017	8	7	1.85	1.7	1.17	1.47
6.86161	-73.05929	2017	8	8	1.89	2.15	1.14	1.46
6.86161	-73.05929	2017	8	9	2.21	1.76	1.06	1.36
6.86161	-73.05929	2017	8	10	2.5	2.26	1.03	1.26
6.86161	-73.05929	2017	8	11	2.08	1.98	1.06	1.29
6.86161	-73.05929	2017	8	12	1.55	1.81	0.96	1.16
6.86161	-73.05929	2017	8	13	1.09	1.01	0.79	0.98
6.86161	-73.05929	2017	8	14	2.3	1.8	1.15	1.53
6.86161	-73.05929	2017	8	15	1.53	1.68	1.01	1.24
6.86161	-73.05929	2017	8	16	1.32	1.53	0.88	1.13
6.86161	-73.05929	2017	8	17	2.31	2.19	1.12	1.43
6.86161	-73.05929	2017	8	18	3.42	3.15	1.34	1.78
6.86161	-73.05929	2017	8	19	2.69	2.54	1.35	1.66
6.86161	-73.05929	2017	8	20	1.71	1.27	0.83	1.18
6.86161	-73.05929	2017	8	21	1.3	1.1	0.74	0.98
6.86161	-73.05929	2017	8	22	1.69	1.9	1.29	1.71
6.86161	-73.05929	2017	8	23	2.48	2.3	0.91	1.15
6.86161	-73.05929	2017	8	24	2.18	2.13	0.96	1.1
6.86161	-73.05929	2017	8	25	1.43	1.34	0.99	1.17
6.86161	-73.05929	2017	8	26	2.59	2.36	1.26	1.57
6.86161	-73.05929	2017	8	27	2.17	2.16	1.09	1.26

6.86161	-73.05929	2017	8	28	2.21	2.23	0.92	1.18
6.86161	-73.05929	2017	8	29	1.62	1.36	0.82	0.9
6.86161	-73.05929	2017	8	30	1.99	1.7	0.96	1.17
6.86161	-73.05929	2017	8	31	1.55	1.47	1.04	1.33
6.86161	-73.05929	2017	9	1	2.2	1.18	1	1.42
6.86161	-73.05929	2017	9	2	1.97	1.47	1.15	1.49
6.86161	-73.05929	2017	9	3	2.44	1.83	0.9	1.22
6.86161	-73.05929	2017	9	4	2.07	2.15	1.18	1.43
6.86161	-73.05929	2017	9	5	2.66	2.53	1.18	1.41
6.86161	-73.05929	2017	9	6	2.49	2.53	1.2	1.44
6.86161	-73.05929	2017	9	7	2.59	2.45	1.15	1.41
6.86161	-73.05929	2017	9	8	3.59	3.07	1.34	1.87
6.86161	-73.05929	2017	9	9	1.69	1.95	1.03	1.41
6.86161	-73.05929	2017	9	10	2.45	2.38	0.89	1.06
6.86161	-73.05929	2017	9	11	2.09	1.8	1.05	1.26
6.86161	-73.05929	2017	9	12	1.92	2.07	0.92	1.08
6.86161	-73.05929	2017	9	13	2.22	2.2	1.12	1.43
6.86161	-73.05929	2017	9	14	1.9	2.07	1.03	1.28
6.86161	-73.05929	2017	9	15	1.68	1.68	0.96	1.26
6.86161	-73.05929	2017	9	16	1.79	1.72	1.24	1.6
6.86161	-73.05929	2017	9	17	1.86	1.85	1.07	1.38
6.86161	-73.05929	2017	9	18	2.11	2.19	1.16	1.5
6.86161	-73.05929	2017	9	19	3.22	3.12	1.39	1.66
6.86161	-73.05929	2017	9	20	3.07	3.35	1.51	2.02
6.86161	-73.05929	2017	9	21	2.58	2.57	1.04	1.38

6.86161	-73.05929	2017	9	22	2.11	2.2	0.99	1.24
6.86161	-73.05929	2017	9	23	2.21	2.23	0.98	1.29
6.86161	-73.05929	2017	9	24	2.21	2.18	0.97	1.21
6.86161	-73.05929	2017	9	25	1.52	1.79	0.86	1.09
6.86161	-73.05929	2017	9	26	2.33	2.33	1.01	1.21
6.86161	-73.05929	2017	9	27	2.17	2.2	1.29	1.7
6.86161	-73.05929	2017	9	28	1.73	1.88	0.95	1.16
6.86161	-73.05929	2017	9	29	2.25	1.92	0.89	1.14
6.86161	-73.05929	2017	9	30	1.5	1.57	0.91	1.27
6.86161	-73.05929	2017	10	1	1.97	1.72	0.72	0.96
6.86161	-73.05929	2017	10	2	2.67	2.66	1.13	1.42
6.86161	-73.05929	2017	10	3	2.13	2.06	1.01	1.26
6.86161	-73.05929	2017	10	4	2.42	2.07	0.99	1.23
6.86161	-73.05929	2017	10	5	1.99	2.09	1.1	1.49
6.86161	-73.05929	2017	10	6	2.03	1.89	0.78	0.99
6.86161	-73.05929	2017	10	7	1.26	1.06	0.91	1.21
6.86161	-73.05929	2017	10	8	2.31	2.3	1.32	1.79
6.86161	-73.05929	2017	10	9	2.6	2.73	1.36	1.77
6.86161	-73.05929	2017	10	10	2.12	2.41	1.4	1.92
6.86161	-73.05929	2017	10	11	1.79	1.94	1.08	1.56
6.86161	-73.05929	2017	10	12	1.94	1.82	1.02	1.19
6.86161	-73.05929	2017	10	13	2.13	1.52	0.98	1.33
6.86161	-73.05929	2017	10	14	2.53	2.26	1.18	1.58
6.86161	-73.05929	2017	10	15	1.92	1.68	0.98	1.13
6.86161	-73.05929	2017	10	16	1.37	1.58	1.24	1.63

6.86161	-73.05929	2017	10	17	1.28	1.23	1.1	1.49
6.86161	-73.05929	2017	10	18	1.84	1.39	1.08	1.48
6.86161	-73.05929	2017	10	19	2.22	2.01	1.11	1.51
6.86161	-73.05929	2017	10	20	1.75	1.84	1.05	1.46
6.86161	-73.05929	2017	10	21	1.47	1.5	0.79	1.06
6.86161	-73.05929	2017	10	22	2.12	1.99	1.02	1.3
6.86161	-73.05929	2017	10	23	2.26	2.03	0.97	1.23
6.86161	-73.05929	2017	10	24	1.87	1.88	1.15	1.44
6.86161	-73.05929	2017	10	25	2.27	2.14	1.05	1.39
6.86161	-73.05929	2017	10	26	1.72	1.76	0.75	0.97
6.86161	-73.05929	2017	10	27	1.66	1.65	0.95	1.29
6.86161	-73.05929	2017	10	28	2.72	2.53	1.18	1.59
6.86161	-73.05929	2017	10	29	2	2.31	1.42	1.88
6.86161	-73.05929	2017	10	30	2.44	2.29	1	1.25
6.86161	-73.05929	2017	10	31	2.88	2.66	1.21	1.5
6.86161	-73.05929	2017	11	1	3	2.59	1.05	1.28
6.86161	-73.05929	2017	11	2	2.27	2.12	1.03	1.29
6.86161	-73.05929	2017	11	3	2.38	2.44	1.32	1.7
6.86161	-73.05929	2017	11	4	2.41	2.3	1.21	1.57
6.86161	-73.05929	2017	11	5	2.59	2.43	1.11	1.41
6.86161	-73.05929	2017	11	6	1.74	1.74	0.92	1.17
6.86161	-73.05929	2017	11	7	3.35	2.95	1.29	1.73
6.86161	-73.05929	2017	11	8	2.52	2.48	1.55	2.14
6.86161	-73.05929	2017	11	9	2.77	2.65	1.33	1.78
6.86161	-73.05929	2017	11	10	2.63	2.51	1.04	1.32

6.86161	-73.05929	2017	11	11	1.73	1.71	1.09	1.34
6.86161	-73.05929	2017	11	12	2.47	2.21	1.08	1.31
6.86161	-73.05929	2017	11	13	1.9	1.7	1.16	1.67
6.86161	-73.05929	2017	11	14	3.21	2.78	1.32	1.77
6.86161	-73.05929	2017	11	15	0.54	1.07	1.13	1.58
6.86161	-73.05929	2017	11	16	2.61	2.34	1.6	2.16
6.86161	-73.05929	2017	11	17	2.18	2.44	1.08	1.36
6.86161	-73.05929	2017	11	18	3.41	3.35	1.6	2.07
6.86161	-73.05929	2017	11	19	2.71	2.45	1.27	1.73
6.86161	-73.05929	2017	11	20	2.29	2.26	1.04	1.45
6.86161	-73.05929	2017	11	21	2.92	2.83	1.1	1.41
6.86161	-73.05929	2017	11	22	3.04	3.13	1.27	1.53
6.86161	-73.05929	2017	11	23	2.06	2.13	0.95	1.18
6.86161	-73.05929	2017	11	24	3.02	2.55	1.12	1.42
6.86161	-73.05929	2017	11	25	2.72	2.67	1.09	1.34
6.86161	-73.05929	2017	11	26	2.11	1.97	1.07	1.37
6.86161	-73.05929	2017	11	27	2.34	2.13	1.1	1.46
6.86161	-73.05929	2017	11	28	2.78	2.55	1.15	1.4
6.86161	-73.05929	2017	11	29	2.3	2.02	1.39	1.78
6.86161	-73.05929	2017	11	30	0.96	0.75	0.87	1.21
6.86161	-73.05929	2017	12	1	2.55	2.45	1.28	1.67
6.86161	-73.05929	2017	12	2	2.2	2.01	1.22	1.57
6.86161	-73.05929	2017	12	3	2.12	2.35	1.28	1.6
6.86161	-73.05929	2017	12	4	1.81	1.44	0.86	1.18
6.86161	-73.05929	2017	12	5	1.5	0.98	1.03	1.42

6.86161	-73.05929	2017	12	6	2.54	1.81	1.29	1.8
6.86161	-73.05929	2017	12	7	2.17	1.93	1.16	1.41
6.86161	-73.05929	2017	12	8	2.62	2.39	1.06	1.42
6.86161	-73.05929	2017	12	9	2.52	2.63	1.15	1.41
6.86161	-73.05929	2017	12	10	2.36	2.51	1.41	1.86
6.86161	-73.05929	2017	12	11	1.98	2.01	1.32	1.99
6.86161	-73.05929	2017	12	12	4.12	3.49	1.7	2.31
6.86161	-73.05929	2017	12	13	1.73	2.19	1.59	2.11
6.86161	-73.05929	2017	12	14	2.07	2.12	1.15	1.47
6.86161	-73.05929	2017	12	15	1.84	1.66	1.09	1.33
6.86161	-73.05929	2017	12	16	2.34	2.06	1.55	1.96
6.86161	-73.05929	2017	12	17	2.79	1.94	1.58	2.2
6.86161	-73.05929	2017	12	18	3.75	2.49	1.66	2.3
6.86161	-73.05929	2017	12	19	2.13	1.46	1.4	1.84
6.86161	-73.05929	2017	12	20	2.57	1.96	1.55	2.02
6.86161	-73.05929	2017	12	21	2.6	2.53	1.54	1.96
6.86161	-73.05929	2017	12	22	1.93	1.7	1.54	2.04
6.86161	-73.05929	2017	12	23	2.76	2.15	1.49	1.97
6.86161	-73.05929	2017	12	24	2.39	2.36	1.46	1.96
6.86161	-73.05929	2017	12	25	2.76	2.38	1.25	1.57
6.86161	-73.05929	2017	12	26	2.82	2.64	1.13	1.39
6.86161	-73.05929	2017	12	27	2.48	2.19	1.21	1.49
6.86161	-73.05929	2017	12	28	2.71	2.68	1.32	1.7
6.86161	-73.05929	2017	12	29	3.25	3.08	1.19	1.48
6.86161	-73.05929	2017	12	30	1.65	1.86	0.8	1

6.86161	-73.05929	2017	12	31	2.71	2.77	1.43	1.79
6.86161	-73.05929	2018	1	1	2.35	2.33	1.01	1.23
6.86161	-73.05929	2018	1	2	2.65	2.52	1.2	1.49
6.86161	-73.05929	2018	1	3	2.45	2.39	1.15	1.46
6.86161	-73.05929	2018	1	4	3.09	2.65	1.12	1.38
6.86161	-73.05929	2018	1	5	2.86	2.5	1.21	1.52
6.86161	-73.05929	2018	1	6	2.51	2.46	1.17	1.42
6.86161	-73.05929	2018	1	7	2.33	2.08	1.3	1.68
6.86161	-73.05929	2018	1	8	2.65	2.69	1.36	1.63
6.86161	-73.05929	2018	1	9	1.33	1.33	0.82	1.07
6.86161	-73.05929	2018	1	10	2.56	2.65	1.28	1.64
6.86161	-73.05929	2018	1	11	2.08	2.11	1.05	1.27
6.86161	-73.05929	2018	1	12	2.29	2.07	0.9	1.11
6.86161	-73.05929	2018	1	13	1.6	1.83	0.99	1.2
6.86161	-73.05929	2018	1	14	2.56	2.01	1.1	1.34
6.86161	-73.05929	2018	1	15	2.17	1.92	1.15	1.43
6.86161	-73.05929	2018	1	16	2.2	2.21	1.14	1.47
6.86161	-73.05929	2018	1	17	2.51	2.36	0.96	1.28
6.86161	-73.05929	2018	1	18	1.97	2.05	0.76	1
6.86161	-73.05929	2018	1	19	2.03	1.71	0.69	0.78
6.86161	-73.05929	2018	1	20	1.52	0.93	0.9	1.23
6.86161	-73.05929	2018	1	21	1.44	0.9	1.01	1.41
6.86161	-73.05929	2018	1	22	1.72	1.09	1.16	1.56
6.86161	-73.05929	2018	1	23	1.82	1.64	1.27	1.7
6.86161	-73.05929	2018	1	24	2.56	1.46	1.31	1.73

6.86161	-73.05929	2018	1	25	2.61	1.77	1.46	1.96
6.86161	-73.05929	2018	1	26	2.28	2.31	1.21	1.57
6.86161	-73.05929	2018	1	27	2.13	2.37	1.21	1.59
6.86161	-73.05929	2018	1	28	2.18	2.2	1.26	1.66
6.86161	-73.05929	2018	1	29	2.44	2.29	1.39	1.82
6.86161	-73.05929	2018	1	30	2.51	2.37	1.24	1.57
6.86161	-73.05929	2018	1	31	2.54	1.97	1.02	1.33
6.86161	-73.05929	2018	2	1	2.64	2.48	1.31	1.66
6.86161	-73.05929	2018	2	2	3.4	3.39	1.33	1.63
6.86161	-73.05929	2018	2	3	3.13	3.1	1.16	1.43
6.86161	-73.05929	2018	2	4	2.78	2.75	1.31	1.54
6.86161	-73.05929	2018	2	5	3.11	3.08	1.46	1.82
6.86161	-73.05929	2018	2	6	2.27	2.36	1.54	1.96
6.86161	-73.05929	2018	2	7	2.55	2.59	1.59	1.94
6.86161	-73.05929	2018	2	8	2.92	2.02	1.74	2.33
6.86161	-73.05929	2018	2	9	2.79	2.26	1.58	2.13
6.86161	-73.05929	2018	2	10	1.6	1.41	1	1.4
6.86161	-73.05929	2018	2	11	3	2.78	1.17	1.47
6.86161	-73.05929	2018	2	12	2.54	2.22	1.24	1.57
6.86161	-73.05929	2018	2	13	3.68	3.43	1.72	2.17
6.86161	-73.05929	2018	2	14	2.72	2.79	1.74	2.18
6.86161	-73.05929	2018	2	15	2.29	2.47	1.38	1.76
6.86161	-73.05929	2018	2	16	2.52	2.21	1.26	1.61
6.86161	-73.05929	2018	2	17	2.64	2.41	0.92	1.16
6.86161	-73.05929	2018	2	18	3.18	3.15	1.25	1.52

6.86161	-73.05929	2018	2	19	3.29	3.22	1.45	1.82
6.86161	-73.05929	2018	2	20	2.79	2.03	1.98	2.74
6.86161	-73.05929	2018	2	21	3.45	2.81	1.99	2.65
6.86161	-73.05929	2018	2	22	3.35	3.43	1.59	1.92
6.86161	-73.05929	2018	2	23	4.56	3.99	1.51	1.71
6.86161	-73.05929	2018	2	24	4.56	4.08	1.62	1.96
6.86161	-73.05929	2018	2	25	4.24	4.16	1.71	1.96
6.86161	-73.05929	2018	2	26	4.19	3.98	1.53	1.87
6.86161	-73.05929	2018	2	27	4.03	4.04	1.6	1.87
6.86161	-73.05929	2018	2	28	3.51	3.43	1.7	2.08
6.86161	-73.05929	2018	3	1	3.82	3.85	1.42	1.65
6.86161	-73.05929	2018	3	2	2.95	2.66	1.11	1.29
6.86161	-73.05929	2018	3	3	3.19	2.95	1.42	1.72
6.86161	-73.05929	2018	3	4	3.24	3.13	1.4	1.76
6.86161	-73.05929	2018	3	5	2.14	2.02	1.23	1.69
6.86161	-73.05929	2018	3	6	1.85	1.97	0.95	1.31
6.86161	-73.05929	2018	3	7	1.52	1.61	0.96	1.25
6.86161	-73.05929	2018	3	8	1.69	1.74	0.83	1.12
6.86161	-73.05929	2018	3	9	2.02	1.57	1.16	1.53
6.86161	-73.05929	2018	3	10	2.12	1.19	1.05	1.38
6.86161	-73.05929	2018	3	11	2.26	1.51	1.3	1.77
6.86161	-73.05929	2018	3	12	2.09	1.92	1.47	1.85
6.86161	-73.05929	2018	3	13	2.4	2.31	1.22	1.44
6.86161	-73.05929	2018	3	14	2.67	2.46	1.23	1.42
6.86161	-73.05929	2018	3	15	3.57	3.25	1.17	1.46

6.86161	-73.05929	2018	3	16	2.27	1.78	1.06	1.38
6.86161	-73.05929	2018	3	17	3.4	3.37	1.68	2.11
6.86161	-73.05929	2018	3	18	2.94	2.73	1.35	1.52
6.86161	-73.05929	2018	3	19	1.67	1.72	1.07	1.34
6.86161	-73.05929	2018	3	20	3.02	2.71	1.37	1.8
6.86161	-73.05929	2018	3	21	2.43	2.17	1.07	1.3
6.86161	-73.05929	2018	3	22	2.7	2.5	1.06	1.31
6.86161	-73.05929	2018	3	23	2.4	2.36	1.09	1.39
6.86161	-73.05929	2018	3	24	2.77	2.56	1.04	1.3
6.86161	-73.05929	2018	3	25	2.59	2.75	1.43	1.99
6.86161	-73.05929	2018	3	26	2.38	2.67	1.33	1.68
6.86161	-73.05929	2018	3	27	2.45	2.33	0.98	1.21
6.86161	-73.05929	2018	3	28	1.99	1.74	0.78	1.07
6.86161	-73.05929	2018	3	29	1.81	1.98	1.05	1.36
6.86161	-73.05929	2018	3	30	2.4	2.4	1.11	1.38
6.86161	-73.05929	2018	3	31	2.68	2.51	1.5	2.13
6.86161	-73.05929	2018	4	1	2.2	2.08	1.07	1.42
6.86161	-73.05929	2018	4	2	3.15	2.72	1.21	1.59
6.86161	-73.05929	2018	4	3	3.79	3.38	1.38	1.8
6.86161	-73.05929	2018	4	4	3.32	2.99	1.47	1.97
6.86161	-73.05929	2018	4	5	1.48	1.71	1.15	1.65
6.86161	-73.05929	2018	4	6	2.8	3.03	1.5	1.79
6.86161	-73.05929	2018	4	7	2.29	2.49	1.11	1.36
6.86161	-73.05929	2018	4	8	2.64	2.76	1.3	1.69
6.86161	-73.05929	2018	4	9	2.83	2.91	1.18	1.42

6.86161	-73.05929	2018	4	10	3.44	3.01	1.36	1.73
6.86161	-73.05929	2018	4	11	4.42	3.73	1.53	2.05
6.86161	-73.05929	2018	4	12	2.64	3	1.2	1.42
6.86161	-73.05929	2018	4	13	2.22	2.01	1.08	1.55
6.86161	-73.05929	2018	4	14	2.42	2.41	1.16	1.62
6.86161	-73.05929	2018	4	15	2.74	2.7	1.24	1.58
6.86161	-73.05929	2018	4	16	2.4	2.27	0.93	1.32
6.86161	-73.05929	2018	4	17	2.4	2.31	0.99	1.33
6.86161	-73.05929	2018	4	18	2.5	2.17	1.04	1.32
6.86161	-73.05929	2018	4	19	1.97	1.57	0.8	1.13
6.86161	-73.05929	2018	4	20	2.04	1.91	1.03	1.35
6.86161	-73.05929	2018	4	21	1.78	1.86	1.05	1.4
6.86161	-73.05929	2018	4	22	3.03	2.38	1.39	2.06
6.86161	-73.05929	2018	4	23	1.61	1.52	0.94	1.33
6.86161	-73.05929	2018	4	24	1.93	2	1.11	1.46
6.86161	-73.05929	2018	4	25	2.36	2.31	0.92	1.13
6.86161	-73.05929	2018	4	26	1.82	1.8	0.98	1.36
6.86161	-73.05929	2018	4	27	1.98	1.97	0.9	1.22
6.86161	-73.05929	2018	4	28	1.31	1.43	0.72	1.02
6.86161	-73.05929	2018	4	29	1.93	1.8	0.94	1.15
6.86161	-73.05929	2018	4	30	2.23	2.09	0.84	0.98
6.86161	-73.05929	2018	5	1	2.44	2.43	0.82	0.93
6.86161	-73.05929	2018	5	2	1.58	1.6	0.89	1.12
6.86161	-73.05929	2018	5	3	3.2	3.04	1.34	1.74
6.86161	-73.05929	2018	5	4	1.48	1.27	1.01	1.45

6.86161	-73.05929	2018	5	5	2.62	2.63	1.19	1.52
6.86161	-73.05929	2018	5	6	2.15	2.12	0.91	1.17
6.86161	-73.05929	2018	5	7	2.37	2.46	1.16	1.5
6.86161	-73.05929	2018	5	8	2.71	2.56	1.13	1.53
6.86161	-73.05929	2018	5	9	2.41	2.32	0.92	1.07
6.86161	-73.05929	2018	5	10	2.76	2.73	1.19	1.55
6.86161	-73.05929	2018	5	11	2.46	2.38	1.05	1.3
6.86161	-73.05929	2018	5	12	2.39	2.4	1.17	1.45
6.86161	-73.05929	2018	5	13	2.01	2.12	0.94	1.21
6.86161	-73.05929	2018	5	14	2.93	2.69	1.19	1.49
6.86161	-73.05929	2018	5	15	2.51	2.24	1.07	1.39
6.86161	-73.05929	2018	5	16	1.98	2.05	1.17	1.54
6.86161	-73.05929	2018	5	17	2.42	2.33	1.01	1.28
6.86161	-73.05929	2018	5	18	2.76	2.51	1.2	1.52
6.86161	-73.05929	2018	5	19	1.71	1.86	0.99	1.3
6.86161	-73.05929	2018	5	20	1.95	2.08	1.04	1.31
6.86161	-73.05929	2018	5	21	2.38	2.2	1	1.31
6.86161	-73.05929	2018	5	22	2.33	2.21	0.81	0.99
6.86161	-73.05929	2018	5	23	1.19	1.06	0.6	0.8
6.86161	-73.05929	2018	5	24	1.72	1.81	1.14	1.49
6.86161	-73.05929	2018	5	25	1.8	1.75	1.01	1.23
6.86161	-73.05929	2018	5	26	2.2	2.24	1.03	1.22
6.86161	-73.05929	2018	5	27	2.15	2.05	0.92	1.22
6.86161	-73.05929	2018	5	28	1.26	1.24	0.65	0.83
6.86161	-73.05929	2018	5	29	2.37	2.17	1.19	1.58

6.86161	-73.05929	2018	5	30	2.56	2.43	1.09	1.44
6.86161	-73.05929	2018	5	31	2.34	1.96	0.94	1.34
6.86161	-73.05929	2018	6	1	1.95	1.67	0.97	1.37
6.86161	-73.05929	2018	6	2	1.78	1.51	0.86	1.09
6.86161	-73.05929	2018	6	3	1.97	1.23	0.88	1.24
6.86161	-73.05929	2018	6	4	1.28	1.47	0.9	1.15
6.86161	-73.05929	2018	6	5	1.22	1.29	0.76	1.03
6.86161	-73.05929	2018	6	6	2.5	2.25	1.22	1.54
6.86161	-73.05929	2018	6	7	2.07	1.73	1.11	1.55
6.86161	-73.05929	2018	6	8	2.56	1.67	1.04	1.45
6.86161	-73.05929	2018	6	9	1.75	1.61	1.14	1.56
6.86161	-73.05929	2018	6	10	2.14	1.53	0.93	1.27
6.86161	-73.05929	2018	6	11	2.84	2.65	1.02	1.3
6.86161	-73.05929	2018	6	12	1.76	1.64	0.88	1.12
6.86161	-73.05929	2018	6	13	1.71	1.4	0.95	1.33
6.86161	-73.05929	2018	6	14	1.62	1.2	1.05	1.48
6.86161	-73.05929	2018	6	15	1.76	1.64	1.03	1.28
6.86161	-73.05929	2018	6	16	1.4	0.91	1	1.24
6.86161	-73.05929	2018	6	17	1.58	1.59	1.09	1.45
6.86161	-73.05929	2018	6	18	1.92	1.76	0.74	0.97
6.86161	-73.05929	2018	6	19	2.11	2.07	0.9	1.13
6.86161	-73.05929	2018	6	20	2.22	2.09	1.07	1.31
6.86161	-73.05929	2018	6	21	1.68	1.84	1.08	1.27
6.86161	-73.05929	2018	6	22	2.17	1.73	1.11	1.36
6.86161	-73.05929	2018	6	23	1.73	1.26	0.96	1.28

6.86161	-73.05929	2018	6	24	2.14	1.34	0.9	1.32
6.86161	-73.05929	2018	6	25	1.78	1.08	0.73	0.98
6.86161	-73.05929	2018	6	26	2.38	1.85	1.13	1.61
6.86161	-73.05929	2018	6	27	1.6	1.24	0.87	1.24
6.86161	-73.05929	2018	6	28	2.39	1.59	0.87	1.26
6.86161	-73.05929	2018	6	29	1.89	1.27	0.85	1.08
6.86161	-73.05929	2018	6	30	2.3	1.74	1.1	1.57
6.86161	-73.05929	2018	7	1	2.14	1.89	1.01	1.27
6.86161	-73.05929	2018	7	2	1.26	1.47	0.91	1.2
6.86161	-73.05929	2018	7	3	2.08	1.88	0.9	1.1
6.86161	-73.05929	2018	7	4	1.75	1.25	0.87	1.23
6.86161	-73.05929	2018	7	5	2.09	1.48	0.98	1.45
6.86161	-73.05929	2018	7	6	2.25	1.57	1.12	1.58
6.86161	-73.05929	2018	7	7	1.96	1.37	1.11	1.54
6.86161	-73.05929	2018	7	8	2.35	1.67	1.27	1.73
6.86161	-73.05929	2018	7	9	2.48	1.81	1.13	1.57
6.86161	-73.05929	2018	7	10	1.72	1.86	1.02	1.32
6.86161	-73.05929	2018	7	11	1.27	1.51	1.05	1.37
6.86161	-73.05929	2018	7	12	1.75	1.18	1.01	1.42
6.86161	-73.05929	2018	7	13	1.95	1.41	0.87	1.27
6.86161	-73.05929	2018	7	14	1.92	1.62	0.91	1.35
6.86161	-73.05929	2018	7	15	1.99	1.28	1.08	1.54
6.86161	-73.05929	2018	7	16	1.39	0.89	0.96	1.36
6.86161	-73.05929	2018	7	17	1.51	1.03	0.85	1.26
6.86161	-73.05929	2018	7	18	1.55	1.13	1.18	1.73

6.86161	-73.05929	2018	7	19	2.21	1.55	1.27	1.86
6.86161	-73.05929	2018	7	20	2.82	2.28	1.24	1.79
6.86161	-73.05929	2018	7	21	2.11	1.53	1.11	1.58
6.86161	-73.05929	2018	7	22	3.89	2.99	1.59	2.22
6.86161	-73.05929	2018	7	23	1.85	1.7	0.96	1.22
6.86161	-73.05929	2018	7	24	1.92	1.59	1.04	1.42
6.86161	-73.05929	2018	7	25	1.75	1.8	1.14	1.55
6.86161	-73.05929	2018	7	26	1.7	1.8	1.12	1.38
6.86161	-73.05929	2018	7	27	1.62	1.44	0.96	1.24
6.86161	-73.05929	2018	7	28	1.97	1.9	1.18	1.48
6.86161	-73.05929	2018	7	29	1.6	1.55	0.94	1.27
6.86161	-73.05929	2018	7	30	1.56	1.45	0.8	1.09
6.86161	-73.05929	2018	7	31	2.56	2.76	1.12	1.46
6.86161	-73.05929	2018	8	1	1.27	1.39	0.94	1.15
6.86161	-73.05929	2018	8	2	1.78	1.48	1.13	1.35
6.86161	-73.05929	2018	8	3	2.16	1.96	1.02	1.31
6.86161	-73.05929	2018	8	4	1.73	1.59	1.11	1.5
6.86161	-73.05929	2018	8	5	2.2	1.23	1.06	1.4
6.86161	-73.05929	2018	8	6	2.29	1.74	1.43	1.98
6.86161	-73.05929	2018	8	7	2.18	1.54	1.12	1.65
6.86161	-73.05929	2018	8	8	1.98	1.13	0.91	1.28
6.86161	-73.05929	2018	8	9	2.28	1.5	1.13	1.55
6.86161	-73.05929	2018	8	10	2.13	1.74	1.29	1.69
6.86161	-73.05929	2018	8	11	1.75	1.1	0.91	1.32
6.86161	-73.05929	2018	8	12	2.53	1.67	1.28	1.78

6.86161	-73.05929	2018	8	13	2.47	2.29	1.11	1.4
6.86161	-73.05929	2018	8	14	1.98	1.95	1.06	1.37
6.86161	-73.05929	2018	8	15	1.69	1.36	0.71	0.83
6.86161	-73.05929	2018	8	16	2.3	1.67	1.25	1.74
6.86161	-73.05929	2018	8	17	1.66	1.17	1.19	1.62
6.86161	-73.05929	2018	8	18	1.59	1.64	1.23	1.78
6.86161	-73.05929	2018	8	19	1.17	1.27	1.17	1.51
6.86161	-73.05929	2018	8	20	2.26	1.38	1.14	1.59
6.86161	-73.05929	2018	8	21	2.6	1.4	1.28	1.88
6.86161	-73.05929	2018	8	22	1.4	1.35	1.16	1.49
6.86161	-73.05929	2018	8	23	1.61	1.71	1.09	1.32
6.86161	-73.05929	2018	8	24	1.34	1.25	1.08	1.37
6.86161	-73.05929	2018	8	25	1.04	0.85	0.79	1
6.86161	-73.05929	2018	8	26	1.92	2.23	1.16	1.49
6.86161	-73.05929	2018	8	27	1.53	1.44	1.1	1.54
6.86161	-73.05929	2018	8	28	2.49	1.78	1.21	1.58
6.86161	-73.05929	2018	8	29	2.27	2.22	1.08	1.37
6.86161	-73.05929	2018	8	30	2.23	2.21	1.04	1.23
6.86161	-73.05929	2018	8	31	1.99	1.93	1.17	1.42
6.86161	-73.05929	2018	9	1	2.3	2.37	1.04	1.26
6.86161	-73.05929	2018	9	2	1.58	1.43	0.81	1.05
6.86161	-73.05929	2018	9	3	2.25	2.01	1.4	1.84
6.86161	-73.05929	2018	9	4	2.09	2.38	1.16	1.47
6.86161	-73.05929	2018	9	5	2.55	2.18	1.18	1.61
6.86161	-73.05929	2018	9	6	2.35	2.52	1.36	1.79

6.86161	-73.05929	2018	9	7	2.23	2.35	1.05	1.2
6.86161	-73.05929	2018	9	8	1.33	1.63	0.87	0.98
6.86161	-73.05929	2018	9	9	1.76	1.84	1.1	1.33
6.86161	-73.05929	2018	9	10	2.05	2.18	1.08	1.33
6.86161	-73.05929	2018	9	11	1.74	1.91	1.1	1.32
6.86161	-73.05929	2018	9	12	2.88	2.8	1.3	1.58
6.86161	-73.05929	2018	9	13	3.33	3.06	1.24	1.52
6.86161	-73.05929	2018	9	14	3.23	2.86	1.35	1.61
6.86161	-73.05929	2018	9	15	2.35	2.43	1.08	1.32
6.86161	-73.05929	2018	9	16	1.99	1.92	1.06	1.34
6.86161	-73.05929	2018	9	17	2.02	1.65	0.97	1.19
6.86161	-73.05929	2018	9	18	1.41	1.79	1.26	1.68
6.86161	-73.05929	2018	9	19	1.83	1.8	1.29	1.64
6.86161	-73.05929	2018	9	20	1.68	1.68	1.25	1.64
6.86161	-73.05929	2018	9	21	1.54	1.6	1.23	1.6
6.86161	-73.05929	2018	9	22	2.28	2.31	1.12	1.35
6.86161	-73.05929	2018	9	23	1.39	1.66	1.1	1.39
6.86161	-73.05929	2018	9	24	1.23	1.5	1.01	1.3
6.86161	-73.05929	2018	9	25	2.09	2.1	1.1	1.38
6.86161	-73.05929	2018	9	26	1.58	1.57	0.75	1.01
6.86161	-73.05929	2018	9	27	2.76	2.82	1.25	1.56
6.86161	-73.05929	2018	9	28	2.71	2.56	0.98	1.19
6.86161	-73.05929	2018	9	29	1.88	2.05	1.29	1.63
6.86161	-73.05929	2018	9	30	1.56	1.77	1.15	1.53
6.86161	-73.05929	2018	10	1	2.34	2.6	1.35	1.81

6.86161	-73.05929	2018	10	2	2.23	1.88	1.11	1.49
6.86161	-73.05929	2018	10	3	2.27	2.48	1.34	1.64
6.86161	-73.05929	2018	10	4	2.56	2.01	0.98	1.5
6.86161	-73.05929	2018	10	5	1.71	1.94	1.1	1.55
6.86161	-73.05929	2018	10	6	1.84	1.72	0.84	1.12
6.86161	-73.05929	2018	10	7	2.2	2.07	0.87	1.01
6.86161	-73.05929	2018	10	8	2.45	2.49	1.17	1.46
6.86161	-73.05929	2018	10	9	3.07	2.89	1.18	1.5
6.86161	-73.05929	2018	10	10	2.66	2.7	1.11	1.37
6.86161	-73.05929	2018	10	11	2.44	2.8	1.41	1.93
6.86161	-73.05929	2018	10	12	2.73	2.66	1.44	1.76
6.86161	-73.05929	2018	10	13	2.66	2.83	1.68	2.41
6.86161	-73.05929	2018	10	14	2.77	2.82	1.23	1.54
6.86161	-73.05929	2018	10	15	2.36	2.19	1.04	1.32
6.86161	-73.05929	2018	10	16	2.24	2.04	1.03	1.33
6.86161	-73.05929	2018	10	17	2.55	2.56	1.19	1.42
6.86161	-73.05929	2018	10	18	2.58	2.67	1.33	1.6
6.86161	-73.05929	2018	10	19	2.21	2.22	1.12	1.44
6.86161	-73.05929	2018	10	20	2.82	2.69	1.2	1.6
6.86161	-73.05929	2018	10	21	1.97	1.85	1.29	1.96
6.86161	-73.05929	2018	10	22	0.71	1.24	1.45	2.2
6.86161	-73.05929	2018	10	23	2.36	2.52	1.48	2.11
6.86161	-73.05929	2018	10	24	2.95	2.35	1.31	1.85
6.86161	-73.05929	2018	10	25	2.25	1.99	0.97	1.25
6.86161	-73.05929	2018	10	26	2.17	2.23	1.05	1.3

6.86161	-73.05929	2018	10	27	2.53	2.31	1	1.28
6.86161	-73.05929	2018	10	28	2.23	2.19	1.31	1.68
6.86161	-73.05929	2018	10	29	2.09	2.17	0.92	1.13
6.86161	-73.05929	2018	10	30	2.43	2.16	1.16	1.55
6.86161	-73.05929	2018	10	31	2.32	2.09	0.96	1.32
6.86161	-73.05929	2018	11	1	2.13	1.98	0.95	1.26
6.86161	-73.05929	2018	11	2	2.13	2.21	1.13	1.47
6.86161	-73.05929	2018	11	3	2.1	2.01	1.02	1.36
6.86161	-73.05929	2018	11	4	2.66	2.66	1.41	1.81
6.86161	-73.05929	2018	11	5	1.58	1.32	0.78	1.1
6.86161	-73.05929	2018	11	6	2.25	2.31	1.41	1.81
6.86161	-73.05929	2018	11	7	2.43	2.21	1.03	1.28
6.86161	-73.05929	2018	11	8	3.19	2.88	1.04	1.32
6.86161	-73.05929	2018	11	9	2.58	2.37	0.97	1.22
6.86161	-73.05929	2018	11	10	2.28	2.38	1.02	1.33
6.86161	-73.05929	2018	11	11	1.48	1.24	0.73	0.99
6.86161	-73.05929	2018	11	12	1.97	2.15	1.03	1.37
6.86161	-73.05929	2018	11	13	2.35	2.08	0.86	1.07
6.86161	-73.05929	2018	11	14	2.85	2.5	1.3	1.7
6.86161	-73.05929	2018	11	15	3.23	2.93	1.2	1.53
6.86161	-73.05929	2018	11	16	2.49	2.34	0.98	1.29
6.86161	-73.05929	2018	11	17	2.12	2.02	0.81	1.13
6.86161	-73.05929	2018	11	18	2.46	2.31	0.85	1.15
6.86161	-73.05929	2018	11	19	2.55	2.16	1.22	1.54
6.86161	-73.05929	2018	11	20	2.44	2.26	0.87	1.14

6.86161	-73.05929	2018	11	21	1.99	1.94	1.04	1.36
6.86161	-73.05929	2018	11	22	2.81	2.55	1.3	1.63
6.86161	-73.05929	2018	11	23	2.01	1.92	0.83	0.98
6.86161	-73.05929	2018	11	24	1.56	1.64	0.96	1.21
6.86161	-73.05929	2018	11	25	2.42	2.22	0.97	1.17
6.86161	-73.05929	2018	11	26	2.47	2.23	1.19	1.51
6.86161	-73.05929	2018	11	27	1.81	1.9	1.3	1.64
6.86161	-73.05929	2018	11	28	2.2	2.09	0.95	1.15
6.86161	-73.05929	2018	11	29	2.59	2.41	1.41	1.79
6.86161	-73.05929	2018	11	30	3.27	3.03	1.22	1.48
6.86161	-73.05929	2018	12	1	2.87	2.34	1.32	1.6
6.86161	-73.05929	2018	12	2	2.54	2.67	1.46	1.78
6.86161	-73.05929	2018	12	3	2.54	2.43	1.43	1.81
6.86161	-73.05929	2018	12	4	2.36	2.36	1.44	1.82
6.86161	-73.05929	2018	12	5	3.1	2.79	1.41	1.88
6.86161	-73.05929	2018	12	6	2.38	2.29	1.12	1.45
6.86161	-73.05929	2018	12	7	2.75	2.24	1.46	1.92
6.86161	-73.05929	2018	12	8	2.27	2.25	1.23	1.67
6.86161	-73.05929	2018	12	9	1.79	2.14	1.21	1.46
6.86161	-73.05929	2018	12	10	2.46	2.32	1.39	1.79
6.86161	-73.05929	2018	12	11	2.18	2.11	1.26	1.65
6.86161	-73.05929	2018	12	12	2.44	2.29	1.04	1.37
6.86161	-73.05929	2018	12	13	2.4	2.11	1.09	1.48
6.86161	-73.05929	2018	12	14	2.66	2.46	1.36	1.84
6.86161	-73.05929	2018	12	15	2.3	1.82	1.39	1.91

6.86161	-73.05929	2018	12	16	2.23	1.68	1.29	1.73
6.86161	-73.05929	2018	12	17	2.29	1.98	1.58	1.98
6.86161	-73.05929	2018	12	18	2.37	2.46	1.13	1.42
6.86161	-73.05929	2018	12	19	1.98	1.91	1.08	1.43
6.86161	-73.05929	2018	12	20	2.24	2.46	1.35	1.79
6.86161	-73.05929	2018	12	21	2.42	2.09	1.05	1.28
6.86161	-73.05929	2018	12	22	2.67	1.98	1.38	1.86
6.86161	-73.05929	2018	12	23	3.25	2.04	1.52	2.12
6.86161	-73.05929	2018	12	24	2.58	2.17	1.56	2.1
6.86161	-73.05929	2018	12	25	2.72	2.11	1.57	2.09
6.86161	-73.05929	2018	12	26	2.54	1.98	1.48	2.05
6.86161	-73.05929	2018	12	27	4.2	2.7	1.73	2.52
6.86161	-73.05929	2018	12	28	2.52	1.5	1.53	2.13
6.86161	-73.05929	2018	12	29	2.38	1.57	1.48	2.11
6.86161	-73.05929	2018	12	30	4.46	2.88	1.74	2.45
6.86161	-73.05929	2018	12	31	2.37	1.54	1.51	2.09
6.86161	-73.05929	2019	1	1	3.49	2.51	1.57	2.27
6.86161	-73.05929	2019	1	2	3.57	2.74	1.82	2.61
6.86161	-73.05929	2019	1	3	2.21	1.98	1.27	1.64
6.86161	-73.05929	2019	1	4	1.88	1.46	1.22	1.62
6.86161	-73.05929	2019	1	5	2.6	2.62	1.56	2.05
6.86161	-73.05929	2019	1	6	2.63	2.56	1.01	1.26
6.86161	-73.05929	2019	1	7	2.19	2.17	0.94	1.17
6.86161	-73.05929	2019	1	8	3.55	3.43	1.41	1.75
6.86161	-73.05929	2019	1	9	3.94	3.84	1.64	2.24

6.86161	-73.05929	2019	1	10	2.78	3.16	1.75	2.33
6.86161	-73.05929	2019	1	11	3.19	3.12	1.55	2.01
6.86161	-73.05929	2019	1	12	2.69	2.57	0.92	1.08
6.86161	-73.05929	2019	1	13	2.97	2.68	1.06	1.32
6.86161	-73.05929	2019	1	14	3.07	2.68	1.4	1.79
6.86161	-73.05929	2019	1	15	2.87	3.01	1.34	1.7
6.86161	-73.05929	2019	1	16	2.98	2.58	1.35	1.77
6.86161	-73.05929	2019	1	17	2.52	2.51	1.15	1.41
6.86161	-73.05929	2019	1	18	2.4	2.16	0.97	1.2
6.86161	-73.05929	2019	1	19	1.61	1.41	1	1.26
6.86161	-73.05929	2019	1	20	2.83	2.62	1.45	1.88
6.86161	-73.05929	2019	1	21	2.09	2.16	1.12	1.49
6.86161	-73.05929	2019	1	22	1.52	1.25	1.2	1.69
6.86161	-73.05929	2019	1	23	3.53	2.66	1.66	2.2
6.86161	-73.05929	2019	1	24	2.89	2.56	1.52	2.01
6.86161	-73.05929	2019	1	25	2.81	2.38	1.34	1.84
6.86161	-73.05929	2019	1	26	1.84	2.31	1.36	1.74
6.86161	-73.05929	2019	1	27	2.41	2.52	1.27	1.6
6.86161	-73.05929	2019	1	28	3.26	2.87	1.19	1.53
6.86161	-73.05929	2019	1	29	3.31	2.99	1.27	1.49
6.86161	-73.05929	2019	1	30	2.79	2.7	1.09	1.31
6.86161	-73.05929	2019	1	31	3.15	2.95	1.17	1.32
6.86161	-73.05929	2019	2	1	3.02	2.73	1.25	1.45
6.86161	-73.05929	2019	2	2	2.42	2.47	1.2	1.4
6.86161	-73.05929	2019	2	3	2.42	2.4	1.26	1.55

6.86161	-73.05929	2019	2	4	2.91	3.01	1.32	1.6
6.86161	-73.05929	2019	2	5	2.64	2.18	1.11	1.43
6.86161	-73.05929	2019	2	6	2.95	2.56	1.13	1.42
6.86161	-73.05929	2019	2	7	2.82	2.67	1.29	1.62
6.86161	-73.05929	2019	2	8	2.65	2.71	1.23	1.66
6.86161	-73.05929	2019	2	9	2.53	2.27	1.18	1.4
6.86161	-73.05929	2019	2	10	2.33	2.08	1.15	1.45
6.86161	-73.05929	2019	2	11	2.51	2.39	1.37	1.7
6.86161	-73.05929	2019	2	12	3.57	3.33	1.49	1.9
6.86161	-73.05929	2019	2	13	2.69	2.9	1.44	1.75
6.86161	-73.05929	2019	2	14	2.87	2.91	1.21	1.49
6.86161	-73.05929	2019	2	15	3.01	3.01	1.21	1.4
6.86161	-73.05929	2019	2	16	2.28	2.21	1.02	1.34
6.86161	-73.05929	2019	2	17	2.64	2.41	0.99	1.25
6.86161	-73.05929	2019	2	18	2.57	2.59	1.2	1.57
6.86161	-73.05929	2019	2	19	2.23	2.17	1.17	1.44
6.86161	-73.05929	2019	2	20	2.71	2.63	1.28	1.66
6.86161	-73.05929	2019	2	21	2.47	1.73	1.27	1.81
6.86161	-73.05929	2019	2	22	2.63	2.45	1.4	1.91
6.86161	-73.05929	2019	2	23	3.23	3.06	1.35	1.61
6.86161	-73.05929	2019	2	24	2.76	2.14	1.4	1.85
6.86161	-73.05929	2019	2	25	3.49	2.95	2.15	2.99
6.86161	-73.05929	2019	2	26	3.38	2.5	1.8	2.47
6.86161	-73.05929	2019	2	27	3.14	3.1	1.41	1.66
6.86161	-73.05929	2019	2	28	2.27	2.23	1.04	1.33

6.86161	-73.05929	2019	3	1	3.01	2.59	1.27	1.55
6.86161	-73.05929	2019	3	2	2.96	2.97	1.08	1.32
6.86161	-73.05929	2019	3	3	2.97	2.85	1.06	1.27
6.86161	-73.05929	2019	3	4	2.71	2.74	1.11	1.35
6.86161	-73.05929	2019	3	5	2.91	2.79	1.27	1.52
6.86161	-73.05929	2019	3	6	2.42	2.26	1.12	1.35
6.86161	-73.05929	2019	3	7	3.55	3.38	1.3	1.49
6.86161	-73.05929	2019	3	8	1.97	1.98	1.19	1.56
6.86161	-73.05929	2019	3	9	2.66	2.03	1.25	1.65
6.86161	-73.05929	2019	3	10	2.06	1.73	1.12	1.71
6.86161	-73.05929	2019	3	11	2.25	2.33	1.07	1.31
6.86161	-73.05929	2019	3	12	3.76	3.62	1.48	1.69
6.86161	-73.05929	2019	3	13	2.63	2.37	1.13	1.36
6.86161	-73.05929	2019	3	14	2	1.99	0.87	1.02
6.86161	-73.05929	2019	3	15	1.91	1.84	0.99	1.26
6.86161	-73.05929	2019	3	16	2.92	2.5	1.37	1.74
6.86161	-73.05929	2019	3	17	2.14	2.07	1.1	1.46
6.86161	-73.05929	2019	3	18	1.65	1.54	0.82	1.1
6.86161	-73.05929	2019	3	19	2.55	2.39	0.89	1.06
6.86161	-73.05929	2019	3	20	2.84	2.56	0.99	1.19
6.86161	-73.05929	2019	3	21	2.8	2.79	1.21	1.45
6.86161	-73.05929	2019	3	22	2.6	2.39	1.07	1.38
6.86161	-73.05929	2019	3	23	1.89	2	0.93	1.3
6.86161	-73.05929	2019	3	24	2.19	2.11	1.18	1.52
6.86161	-73.05929	2019	3	25	2.97	2.68	1.53	1.91

6.86161	-73.05929	2019	3	26	2.34	2.36	1.23	1.56
6.86161	-73.05929	2019	3	27	2.79	2.81	1.3	1.63
6.86161	-73.05929	2019	3	28	3.09	2.83	1.32	1.66
6.86161	-73.05929	2019	3	29	3.37	3.1	1.43	1.8
6.86161	-73.05929	2019	3	30	2.77	2.63	1.1	1.41
6.86161	-73.05929	2019	3	31	2.78	2.41	1.17	1.38
6.86161	-73.05929	2019	4	1	2.77	2.69	1.32	1.79
6.86161	-73.05929	2019	4	2	2.61	2.31	0.75	0.92
6.86161	-73.05929	2019	4	3	3.01	2.76	1.28	1.49
6.86161	-73.05929	2019	4	4	3.51	3.34	1.4	1.69
6.86161	-73.05929	2019	4	5	3.65	3.37	1.31	1.53
6.86161	-73.05929	2019	4	6	2.38	2.32	1.13	1.39
6.86161	-73.05929	2019	4	7	3.01	2.94	1.16	1.34
6.86161	-73.05929	2019	4	8	3.15	2.8	1.24	1.43
6.86161	-73.05929	2019	4	9	2.63	2.55	1.14	1.39
6.86161	-73.05929	2019	4	10	2.13	2.31	1.22	1.57
6.86161	-73.05929	2019	4	11	2.36	2.39	1.41	1.82
6.86161	-73.05929	2019	4	12	2.04	2.34	1.04	1.27
6.86161	-73.05929	2019	4	13	3.1	2.9	1.17	1.41
6.86161	-73.05929	2019	4	14	2.77	2.85	1.42	1.84
6.86161	-73.05929	2019	4	15	2.08	2.04	1.12	1.41
6.86161	-73.05929	2019	4	16	2.78	2.78	1.28	1.6
6.86161	-73.05929	2019	4	17	1.65	1.97	1.1	1.47
6.86161	-73.05929	2019	4	18	1.63	2.01	1.33	1.75
6.86161	-73.05929	2019	4	19	2.28	2.18	1.16	1.65

6.86161	-73.05929	2019	4	20	3.06	3.06	1.34	1.66
6.86161	-73.05929	2019	4	21	3.09	2.99	1.51	1.92
6.86161	-73.05929	2019	4	22	2.11	1.68	1.13	1.68
6.86161	-73.05929	2019	4	23	3.42	3.07	1.71	2.14
6.86161	-73.05929	2019	4	24	3.49	3.08	1.59	2.26
6.86161	-73.05929	2019	4	25	1.75	1.88	1.06	1.36
6.86161	-73.05929	2019	4	26	2.24	2.37	1.12	1.4
6.86161	-73.05929	2019	4	27	1.88	1.86	0.78	1.07
6.86161	-73.05929	2019	4	28	1.89	1.63	0.76	1
6.86161	-73.05929	2019	4	29	2.68	2.2	1.19	1.7
6.86161	-73.05929	2019	4	30	1.83	1.55	1.16	1.64
6.86161	-73.05929	2019	5	1	2.85	1.65	1.15	1.63
6.86161	-73.05929	2019	5	2	3.08	2.21	1.54	2.17
6.86161	-73.05929	2019	5	3	2.21	2.14	0.82	1.06
6.86161	-73.05929	2019	5	4	2.61	2.42	0.92	1.11
6.86161	-73.05929	2019	5	5	1.2	0.65	0.73	1.01
6.86161	-73.05929	2019	5	6	1.96	1.61	0.97	1.25
6.86161	-73.05929	2019	5	7	2.22	1.89	1.05	1.28
6.86161	-73.05929	2019	5	8	1.85	2.3	1.08	1.42
6.86161	-73.05929	2019	5	9	3.04	3.03	1.12	1.34
6.86161	-73.05929	2019	5	10	2.66	2.59	1.32	1.77
6.86161	-73.05929	2019	5	11	1.96	1.71	0.9	1.29
6.86161	-73.05929	2019	5	12	1.87	1.46	1	1.31
6.86161	-73.05929	2019	5	13	2.19	2.05	0.89	1.13
6.86161	-73.05929	2019	5	14	1.82	1.71	0.91	1.11

6.86161	-73.05929	2019	5	15	2.09	2.14	1.01	1.18
6.86161	-73.05929	2019	5	16	2.75	2.43	1.34	1.73
6.86161	-73.05929	2019	5	17	2.16	2.15	0.9	1.21
6.86161	-73.05929	2019	5	18	1.66	1.7	0.74	0.93
6.86161	-73.05929	2019	5	19	2.54	2.48	1.03	1.4
6.86161	-73.05929	2019	5	20	2.05	2.23	0.84	0.98
6.86161	-73.05929	2019	5	21	2.35	2.5	1.11	1.43
6.86161	-73.05929	2019	5	22	1.75	1.94	0.76	0.85
6.86161	-73.05929	2019	5	23	1.99	1.71	0.81	1.09
6.86161	-73.05929	2019	5	24	1.45	1.59	0.77	1.01
6.86161	-73.05929	2019	5	25	1.85	1.52	0.95	1.31
6.86161	-73.05929	2019	5	26	2.17	1.84	0.98	1.2
6.86161	-73.05929	2019	5	27	2.59	2.27	1.06	1.29
6.86161	-73.05929	2019	5	28	1.92	2.1	1.02	1.27
6.86161	-73.05929	2019	5	29	2.39	2.4	0.87	1.04
6.86161	-73.05929	2019	5	30	2.87	2.63	1.11	1.43
6.86161	-73.05929	2019	5	31	2.55	2.54	1.28	1.54
6.86161	-73.05929	2019	6	1	1.91	2.25	1.42	1.86
6.86161	-73.05929	2019	6	2	2.1	1.72	0.84	1.17
6.86161	-73.05929	2019	6	3	1.9	1.62	0.9	1.28
6.86161	-73.05929	2019	6	4	1.51	1.34	1.17	1.55
6.86161	-73.05929	2019	6	5	2.21	2.16	1.01	1.29
6.86161	-73.05929	2019	6	6	3	3.07	1.47	1.91
6.86161	-73.05929	2019	6	7	2.64	2.48	1.01	1.28
6.86161	-73.05929	2019	6	8	1.84	1.55	1	1.27

6.86161	-73.05929	2019	6	9	1.57	1.66	0.92	1.12
6.86161	-73.05929	2019	6	10	1.53	1.6	0.97	1.26
6.86161	-73.05929	2019	6	11	1.72	1.58	0.72	1.03
6.86161	-73.05929	2019	6	12	1.97	1.87	0.89	1.07
6.86161	-73.05929	2019	6	13	2.16	2	0.94	1.19
6.86161	-73.05929	2019	6	14	1.54	1.64	0.81	1.08
6.86161	-73.05929	2019	6	15	2.74	1.91	0.83	1.2
6.86161	-73.05929	2019	6	16	1.53	1.11	1.09	1.55
6.86161	-73.05929	2019	6	17	2.38	1.64	1.03	1.47
6.86161	-73.05929	2019	6	18	2.56	1.61	1.21	1.66
6.86161	-73.05929	2019	6	19	1.67	1.24	1.11	1.54
6.86161	-73.05929	2019	6	20	2.12	1.37	0.94	1.33
6.86161	-73.05929	2019	6	21	1.65	1.04	0.75	1.03
6.86161	-73.05929	2019	6	22	2.97	1.99	0.99	1.45
6.86161	-73.05929	2019	6	23	1.51	1.55	0.98	1.28
6.86161	-73.05929	2019	6	24	2.07	2.22	0.99	1.27
6.86161	-73.05929	2019	6	25	1.92	1.78	0.88	1.24
6.86161	-73.05929	2019	6	26	2.16	1.41	1.15	1.7
6.86161	-73.05929	2019	6	27	3.03	2.57	1.4	2.04
6.86161	-73.05929	2019	6	28	2.5	1.56	0.84	1.31
6.86161	-73.05929	2019	6	29	1.7	0.98	0.66	0.99
6.86161	-73.05929	2019	6	30	1.62	1.4	0.74	0.97
6.86161	-73.05929	2019	7	1	1.89	1.53	1	1.31
6.86161	-73.05929	2019	7	2	1.95	1.96	0.98	1.29
6.86161	-73.05929	2019	7	3	2.06	1.67	1.11	1.46

6.86161	-73.05929	2019	7	4	2.73	1.74	1.32	1.84
6.86161	-73.05929	2019	7	5	1.6	1.23	0.88	1.14
6.86161	-73.05929	2019	7	6	1.99	1.38	0.72	1.06
6.86161	-73.05929	2019	7	7	2.36	1.65	1.29	1.67
6.86161	-73.05929	2019	7	8	1.93	1.41	0.98	1.28
6.86161	-73.05929	2019	7	9	2.26	2.04	0.92	1.05
6.86161	-73.05929	2019	7	10	1.09	1.27	0.92	1.12
6.86161	-73.05929	2019	7	11	2.57	1.81	1.28	1.62
6.86161	-73.05929	2019	7	12	1.75	1.5	1	1.32
6.86161	-73.05929	2019	7	13	1.62	1.29	0.89	1.32
6.86161	-73.05929	2019	7	14	1.45	0.94	0.76	1.11
6.86161	-73.05929	2019	7	15	1.74	1.91	1.18	1.44
6.86161	-73.05929	2019	7	16	1.82	1.68	1.1	1.33
6.86161	-73.05929	2019	7	17	1.69	1.13	0.75	1.1
6.86161	-73.05929	2019	7	18	2.13	1.49	1.18	1.59
6.86161	-73.05929	2019	7	19	2.82	1.47	1	1.48
6.86161	-73.05929	2019	7	20	2.4	1.49	0.98	1.5
6.86161	-73.05929	2019	7	21	3.15	1.63	1.23	1.81
6.86161	-73.05929	2019	7	22	1.5	1.4	0.83	1.12
6.86161	-73.05929	2019	7	23	1.77	1.09	0.66	0.88
6.86161	-73.05929	2019	7	24	1.41	1.27	0.77	1.03
6.86161	-73.05929	2019	7	25	2.02	1.48	1.06	1.36
6.86161	-73.05929	2019	7	26	3.77	2.16	1.14	1.78
6.86161	-73.05929	2019	7	27	3.22	2.6	1.47	2.14
6.86161	-73.05929	2019	7	28	2.17	1.69	1.38	1.86

6.86161	-73.05929	2019	7	29	2.8	2.43	1.29	1.6
6.86161	-73.05929	2019	7	30	2.47	1.39	1.14	1.4
6.86161	-73.05929	2019	7	31	1.54	1.31	1.01	1.3
6.86161	-73.05929	2019	8	1	2.67	2.29	1.17	1.44
6.86161	-73.05929	2019	8	2	2.07	1.9	0.94	1.17
6.86161	-73.05929	2019	8	3	0.94	0.94	0.7	0.89
6.86161	-73.05929	2019	8	4	1.81	1.74	0.79	0.96
6.86161	-73.05929	2019	8	5	1.35	1.76	1.09	1.36
6.86161	-73.05929	2019	8	6	1.96	2.08	1.05	1.29
6.86161	-73.05929	2019	8	7	1.55	1.14	1.17	1.5
6.86161	-73.05929	2019	8	8	1.28	1.51	1.17	1.42
6.86161	-73.05929	2019	8	9	1.52	1.12	1.06	1.32
6.86161	-73.05929	2019	8	10	2.26	1.57	1.13	1.52
6.86161	-73.05929	2019	8	11	1.4	1.33	0.8	0.99
6.86161	-73.05929	2019	8	12	1.88	1.57	1.05	1.31
6.86161	-73.05929	2019	8	13	1.63	1.17	0.61	0.8
6.86161	-73.05929	2019	8	14	1.84	1.61	0.98	1.29
6.86161	-73.05929	2019	8	15	1.37	1.49	1.15	1.51
6.86161	-73.05929	2019	8	16	1.81	1.92	0.99	1.15
6.86161	-73.05929	2019	8	17	1.76	1.91	1.12	1.3
6.86161	-73.05929	2019	8	18	1.97	1.8	0.91	1.15
6.86161	-73.05929	2019	8	19	2.25	1.73	0.88	1.24
6.86161	-73.05929	2019	8	20	1.68	1.06	0.89	1.2
6.86161	-73.05929	2019	8	21	1.89	1.36	1.3	1.67
6.86161	-73.05929	2019	8	22	2.31	1.9	1.2	1.55

6.86161	-73.05929	2019	8	23	1.5	1.2	0.8	1.02
6.86161	-73.05929	2019	8	24	2.42	1.38	1.1	1.47
6.86161	-73.05929	2019	8	25	1.74	1.34	1.14	1.51
6.86161	-73.05929	2019	8	26	1.99	1.29	1.18	1.61
6.86161	-73.05929	2019	8	27	1.94	1.4	1.27	1.82
6.86161	-73.05929	2019	8	28	1.8	1.3	1.38	1.91
6.86161	-73.05929	2019	8	29	1.63	1.6	1.23	1.57
6.86161	-73.05929	2019	8	30	2.77	1.5	1.13	1.53
6.86161	-73.05929	2019	8	31	2.17	1.65	1.21	1.61
6.86161	-73.05929	2019	9	1	1.41	1.34	1	1.14
6.86161	-73.05929	2019	9	2	1.99	1.88	1.01	1.23
6.86161	-73.05929	2019	9	3	1.93	1.61	1.03	1.29
6.86161	-73.05929	2019	9	4	2.06	1.34	1.09	1.56
6.86161	-73.05929	2019	9	5	1.17	1.33	1.18	1.48
6.86161	-73.05929	2019	9	6	1.52	1.82	1.28	1.6
6.86161	-73.05929	2019	9	7	1.52	1.34	0.95	1.27
6.86161	-73.05929	2019	9	8	1.79	1.22	1.21	1.61
6.86161	-73.05929	2019	9	9	1.61	1.24	1.28	1.7
6.86161	-73.05929	2019	9	10	1.73	1.23	0.94	1.4
6.86161	-73.05929	2019	9	11	2.55	2.05	1.38	1.9
6.86161	-73.05929	2019	9	12	2.01	1.57	1.11	1.5
6.86161	-73.05929	2019	9	13	1.59	1.74	0.75	0.91
6.86161	-73.05929	2019	9	14	1.24	1.3	0.87	1.06
6.86161	-73.05929	2019	9	15	1.01	0.85	0.88	1.22
6.86161	-73.05929	2019	9	16	2.13	2.1	1.16	1.46

6.86161	-73.05929	2019	9	17	3.01	2.74	1.09	1.32
6.86161	-73.05929	2019	9	18	3.33	2.97	1.43	1.96
6.86161	-73.05929	2019	9	19	1.41	1.9	1.6	2.05
6.86161	-73.05929	2019	9	20	2.27	2.44	1.18	1.56
6.86161	-73.05929	2019	9	21	1.97	2.07	0.89	1.14
6.86161	-73.05929	2019	9	22	2.53	2.48	1.04	1.16
6.86161	-73.05929	2019	9	23	2.26	2.38	1.29	1.66
6.86161	-73.05929	2019	9	24	1.63	1.44	1.05	1.47
6.86161	-73.05929	2019	9	25	2.11	2.1	0.93	1.15
6.86161	-73.05929	2019	9	26	1.44	1.96	1.32	1.75
6.86161	-73.05929	2019	9	27	2.35	2.16	1.2	1.48
6.86161	-73.05929	2019	9	28	2.97	2.73	1.43	1.83
6.86161	-73.05929	2019	9	29	2.41	2.3	1.13	1.44
6.86161	-73.05929	2019	9	30	2.43	2.3	1.1	1.45
6.86161	-73.05929	2019	10	1	2.35	2.34	1.23	1.57
6.86161	-73.05929	2019	10	2	1.74	1.73	1.08	1.4
6.86161	-73.05929	2019	10	3	2.14	1.4	0.8	1.13
6.86161	-73.05929	2019	10	4	2.03	1.86	0.96	1.2
6.86161	-73.05929	2019	10	5	2.41	2.06	0.95	1.16
6.86161	-73.05929	2019	10	6	2.66	2.35	1.12	1.47
6.86161	-73.05929	2019	10	7	1.4	1.51	1.06	1.25
6.86161	-73.05929	2019	10	8	1.74	1.55	0.88	1.17
6.86161	-73.05929	2019	10	9	2	2.11	1.22	1.62
6.86161	-73.05929	2019	10	10	2.36	2.38	1.15	1.47
6.86161	-73.05929	2019	10	11	1.72	1.42	1.24	1.78

6.86161	-73.05929	2019	10	12	1.76	1.87	0.95	1.29
6.86161	-73.05929	2019	10	13	1.72	1.35	0.97	1.29
6.86161	-73.05929	2019	10	14	1.96	1.58	0.95	1.24
6.86161	-73.05929	2019	10	15	1.84	1.97	1.02	1.35
6.86161	-73.05929	2019	10	16	1.21	1.04	0.86	1.2
6.86161	-73.05929	2019	10	17	2.17	2.06	1.13	1.51
6.86161	-73.05929	2019	10	18	2.18	2.09	0.97	1.34
6.86161	-73.05929	2019	10	19	1.83	1.84	0.92	1.27
6.86161	-73.05929	2019	10	20	2.18	2.18	0.94	1.2
6.86161	-73.05929	2019	10	21	2.7	2.53	1.05	1.39
6.86161	-73.05929	2019	10	22	2.34	2.22	1.28	1.87
6.86161	-73.05929	2019	10	23	2.22	2.06	1.35	1.9
6.86161	-73.05929	2019	10	24	2.11	2.07	0.98	1.33
6.86161	-73.05929	2019	10	25	2.4	2.27	0.96	1.23
6.86161	-73.05929	2019	10	26	1.89	1.86	0.98	1.31
6.86161	-73.05929	2019	10	27	1.93	1.92	0.83	1.1
6.86161	-73.05929	2019	10	28	2.03	1.86	1.11	1.45
6.86161	-73.05929	2019	10	29	1.35	0.91	0.54	0.68
6.86161	-73.05929	2019	10	30	1.62	1.34	0.76	1
6.86161	-73.05929	2019	10	31	1.71	1.7	0.99	1.26

Adaptado "POWER Data Access Viewer – NASA"

12.3 PRESUPUESTO

MATERIALES	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	FINANCIACION
Álabes Savonius	2		\$ 70000	BIS-002E
Álabes Darrieus	2		\$ 280000	Propia
Rodamientos	2	\$ 31513	\$ 63026	BIS-002E
Eje	1	\$ 28000	\$ 28000	BIS-002E
Perfil estructural cuadrado 50 x 50 mm calibre 16, viga de 6 m	2	\$ 58824	\$ 117648	BIS-002E
Láminas de acero calibre 16 50x 70 cm	8	\$7500	\$ 60000	
Sistema de transmisión	1	\$ 50000	\$ 50000	Propia
½ Galón de pintura de aceite anticorrosiva color negro	1	\$ 12605	\$ 25210	BIS-002E
Tornillos	20		\$ 18000	BIS-002E

Soldadura de electrodo	20	\$ 1471	\$ 29420	BIS-002E
Generador	1	\$ 160000	\$ 160000	Propio
TOTAL	29		\$ 901304	BIS-002E

12.4 PLANOS COMPONENTES ROTOR HÍBRIDO TIPO VERTICAL

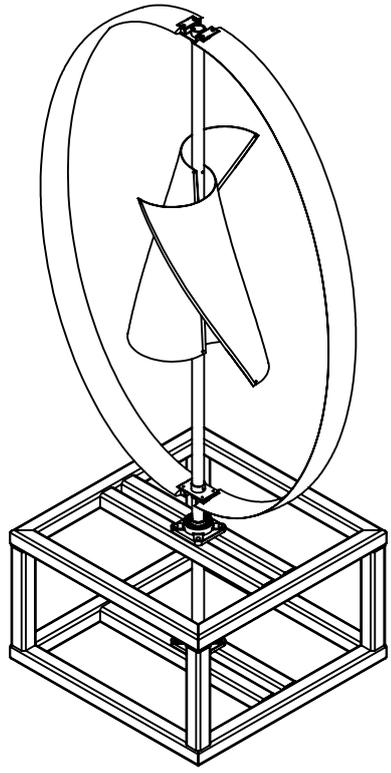
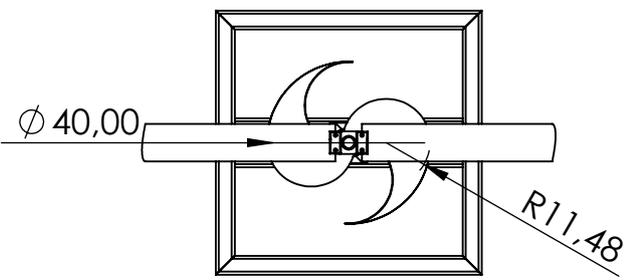
4 3 2 1

F

F

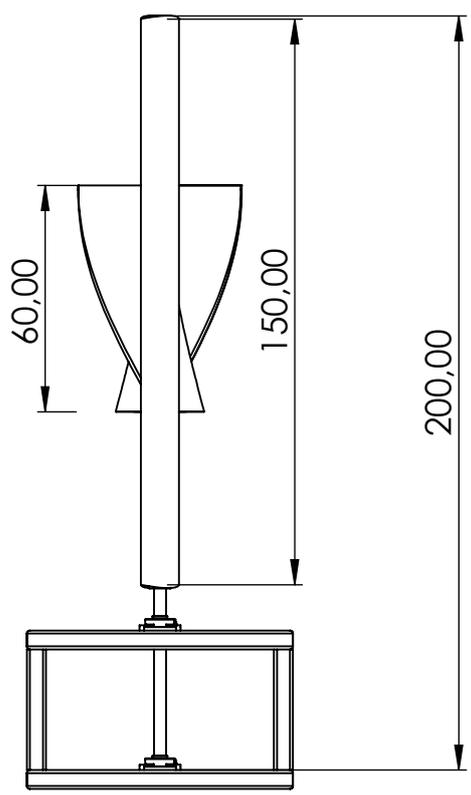
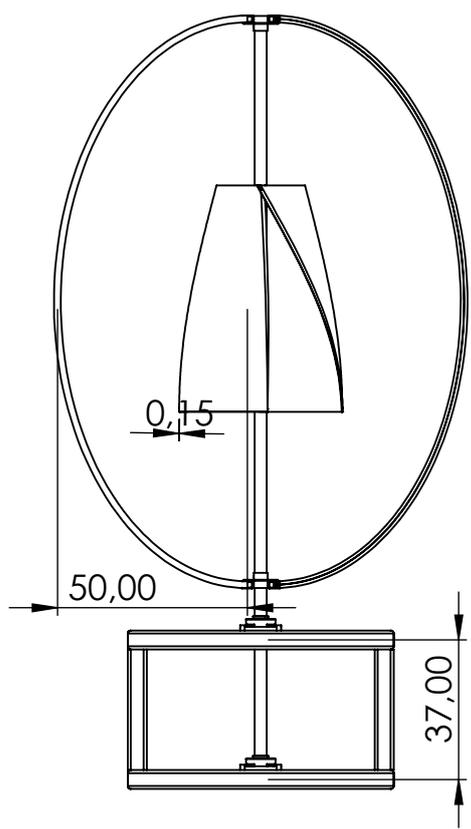
E

E



D

D



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	Ensamble completo turbina	
N.º DE DIBUJO		A4
PESO:		
ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

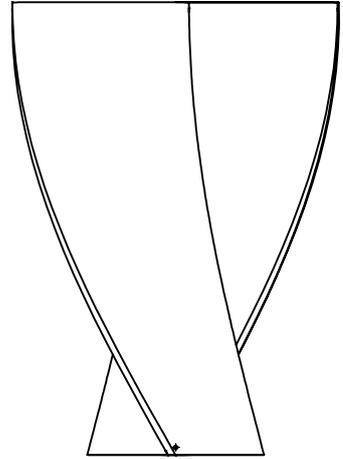
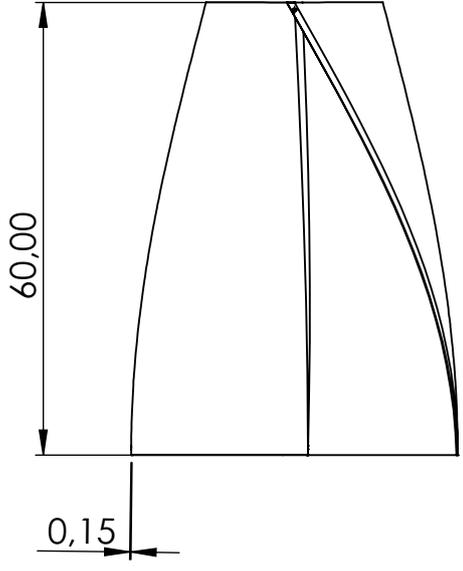
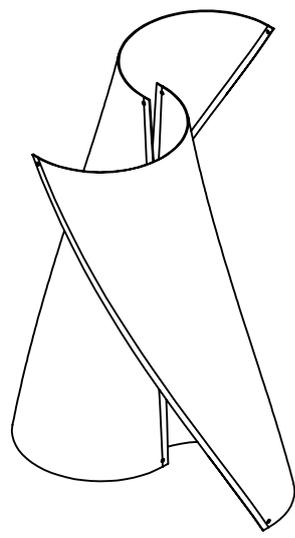
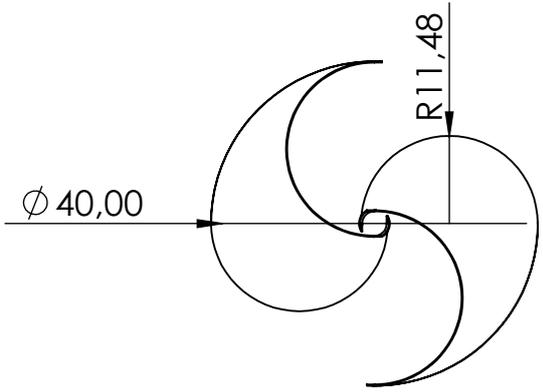
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
**Rotor Savonius
Helicoidal 90°**

N.º DE DIBUJO

ESCALA: 1:10

HOJA 2 DE 4

4 3 2 1

A

A

A4

4 3 2 1

F

F

E

E

D

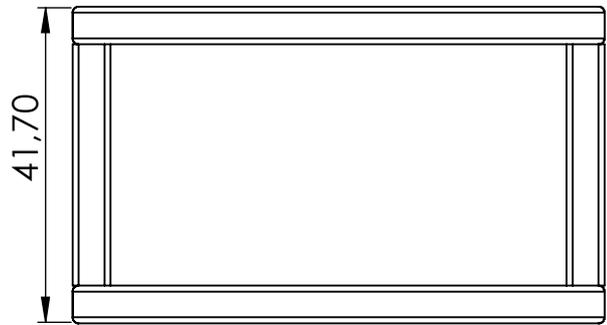
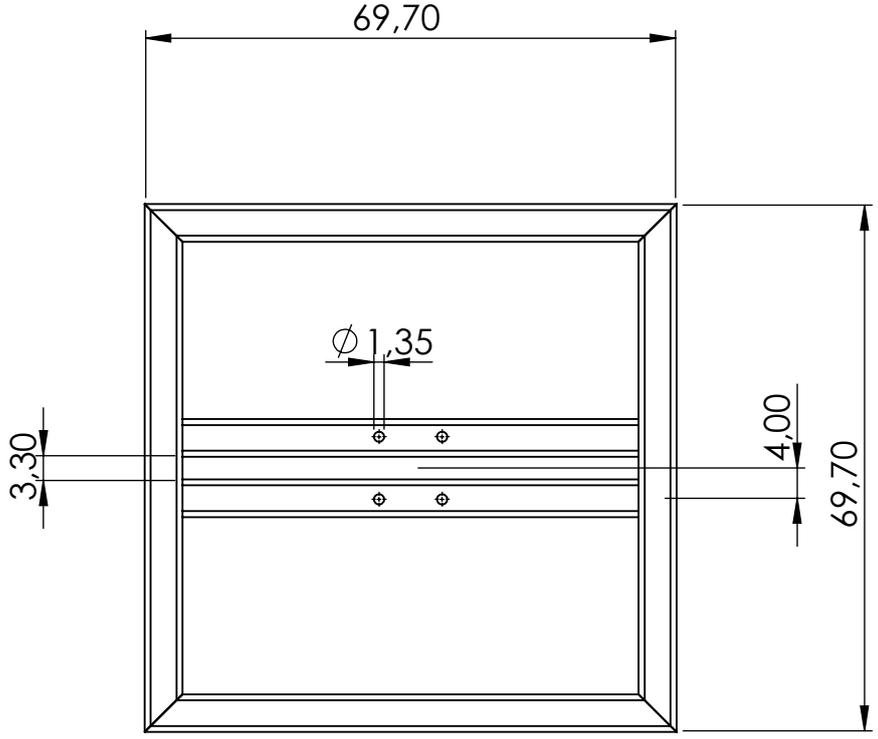
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
**Estructura soporte
rotor**

MATERIAL:
Acero 1020 calibre 16

N.º DE DIBUJO

A4

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 4 DE 4

4 3 2 1

A

A