



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMACIÓN GENÉTICA PARA ESTIMAR LA
ECUACIÓN CARTESIANA DE LAS TRAYECTORIAS
DE LOS 20 HURACANES MÁS INTENSOS EN LA
REPÚBLICA MEXICANA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN :

ALMA JESSICA GARCÍA TOVAR

ERIKA MARTÍNEZ DE LA CRUZ



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUAREZ**

Ciudad Universitaria

Junio 2015

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
Planteamiento	9
Justificación	12
Objetivos	12
1. METODOLOGÍA	12
1.1 HURACANES	12
1.1.1 Formación	12
1.1.2 Estructura	13
1.1.3 Evolución	15
1.1.4 Escala de medición Saffir - Simpson	16
1.1.5 Clasificación de huracanes.....	17
2. SITIO DE ESTUDIO.....	19
2.1 HURACANES EN EL OCÉANO PACÍFICO DE MÉXICO.....	19
2.1.1 Trayectoria a seguir	19
Huracán Paulina 1997 (Octubre 05-10) “Categoría 4”	19
Huracán Juliette 2001 (Septiembre 21-Octubre 03) “Categoría 4”	20
Huracán Kenna 2002 (Octubre 22-26) “Categoría 5”	21
Huracán John 2006 (Agosto 28-Septiembre 4) “Categoría 4”	22
Huracán Lane 2006 (Septiembre 13-17) “Categoría 3”	24
Huracán Jimena 2009 (Agosto 28- Septiembre 4) “Categoría 4”	25
Huracán Jova 2011 (Octubre 05-12) “Categoría 3”	27
Huracán Carlotta 2012 (Junio 13-16) “Categoría 2”	28
Huracán Bárbara 2013 (Mayo 28-30) “Categoría 1”	30
Huracán Manuel 2013 (Septiembre 13-20) “Categoría 1”	31
2.1.2 Daños ocasionados	32
Huracán Paulina	32
Huracán Juliette	33
Huracán Kenna.....	34
Huracán John	35
Huracán Lane	36
Huracán Jimena.....	37
Huracán Jova	38
Huracán Carlotta	39
Huracán Bárbara	40
Huracán Manuel.....	41
2.1.3 Análisis de comportamiento.....	41
Huracán Paulina	41
Huracán Juliette	42
Huracán Kenna.....	42
Huracán John	43
Huracán Lane	43
Huracán Jimena.....	43
Huracán Jova	44
Huracán Carlotta	44
Huracán Bárbara	44
Huracán Manuel.....	44
2.1.4 Modelos de Trayectoria.....	45

2.2 HURACANES EN EL GOLFO DE MÉXICO.....	45
2.2.1 Trayectorias a seguir.....	45
Huracán Isidoro 2002 (Septiembre 14-26) “Categoría 3”	45
Huracán Cindy 2005 (Julio 03-07) “Categoría 1”	46
Huracán Emily 2005 (Julio 10-21) “Categoría 5”	48
Huracán Stan 2005 (Octubre 01-05) “Categoría 1”	49
Huracán Wilma 2005 (Octubre 15-25) “Categoría 5”	50
Huracán Dean 2007 (Agosto 13-23) “Categoría 5”	51
Huracán Lorenzo 2007 (Septiembre 25-28) “Categoría 1”	52
Huracán Alex 2010 (25 junio – 02 Julio) “Categoría 2”	54
Huracán Karl 2010 (Septiembre 14-18) “Categoría 3”	55
Huracán Ernesto 2012 (agosto 01-10) “Categoría 2”	56
2.2.2 Daños ocasionados.....	57
Huracán Isidoro.....	57
Huracán Cindy	58
Huracán Emily	59
Huracán Stan.....	60
Huracán Wilma	61
Huracán Dean.....	62
Huracán Lorenzo	62
Huracán Alex	63
Huracán Karl.....	64
Huracán Ernesto.....	66
2.2.3 Análisis de comportamiento.....	67
Huracán Isidoro.....	67
Huracán Cindy	67
Huracán Emily	67
Huracán Stan.....	68
Huracán Wilma	68
Huracán Dean.....	69
Huracán Lorenzo	69
Huracán Alex	70
Huracán Karl.....	70
Huracán Ernesto.....	71
2.2.4 Modelos de Trayectorias	71
3. APLICACIÓN Y RESULTADOS.....	72
3.1 Recopilación de datos históricos.....	72
3.1.1 OCÉANO PACÍFICO	73
Huracán Paulina	73
Huracán Juliette	74
Huracán Kenna.....	75
Huracán John	76
Huracán Lane	76
Huracán Jimena.....	77
Huracán Jova	78
Huracán Carlotta	79
Huracán Bárbara	79
Huracán Manuel.....	80
3.1.2 GOLFO DE MÉXICO	81
Huracán Isidoro.....	81
Huracán Cindy	82

Huracán Emily	83
Huracán Stan	84
Huracán Wilma	85
Huracán Dean.....	86
Huracán Lorenzo	87
Huracán Alex	88
Huracán Karl.....	89
Huracán Ernesto.....	90
3.2 Análisis de datos.....	91
3.3 Obtención de ecuaciones.....	91
3.3.1 Programación Genética	91
3.3.2. Descripción del Procedimiento Aplicado	92
OCÉANO PACÍFICO	93
Huracán Paulina	93
Huracán Juliette	101
Huracán Kenna	112
Huracán John	119
Huracán Lane	128
Huracán Jimena.....	135
Huracán Jova	145
Huracán Carlotta	154
Huracán Bárbara	162
Huracán Manuel.....	170
GOLFO DE MÉXICO	180
Huracán Isidoro.....	180
Huracán Cindy	189
Huracán Emily	199
Huracán Stan.....	208
Huracán Wilma	216
Huracán Dean.....	226
Huracán Lorenzo	235
Huracán Alex	242
Huracán Karl.....	251
Huracán Ernesto.....	259
3.3 Validación del procedimiento	269
OCÉANO PACÍFICO	269
Trayectoria Continua.....	269
Trayectoria en Intervalos	273
Trayectoria " $Y=f(x)$ "	276
GOLFO DE MÉXICO	278
Trayectoria Continua.....	278
Trayectoria en Intervalos	282
Trayectoria " $Y=f(x)$ "	286
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	289
PRÓNOSTICO DE HURACANES	289
CONCLUSIONES.....	291
ANEXOS	293
REFERENCIAS	305

AGRADECIMIENTOS

Erika Martínez de la Cruz

Principalmente a mis padres Clemencia y Ubaldo quienes siempre han estado a mi lado, ellos han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Mis padres son lo más hermoso que me ha dado la vida y nunca terminare de agradecerles todo lo que me han dado y sobre todo lo que me han enseñado, siempre me han protegido y apoyado en todas mis decisiones.

Es por ellos que he llegado a este punto de mi vida y sé que lo saben pero nunca está de más decirlo: los amo inmensamente.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado en cada momento de mi vida.

A mis amigos con los que pase infinidad de momentos buenos y malos, pero sé que cada uno de ellos nos dejó una enseñanza y siempre los recordare con una sonrisa.

RESUMEN

El término "huracán" tiene su origen en la cultura Maya ya que daban al dios de las tormentas ese nombre. Es el nombre genérico que se le da al viento huracanado que se traslada girando a gran velocidad, donde la presión disminuye en su interior y adquiere una circulación rotacional organizada en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido opuesto en el hemisferio sur.

Como las temperaturas del mar tienen que estar a más de 27° C, los ciclones tropicales se van a formar en diferentes lugares del mundo durante la época de verano. Los huracanes ocurren en todas las áreas oceánicas tropicales excepto el Atlántico Sur y el Pacífico Sur y pueden ser a partir de una onda tropical, sin embargo no todas tienen las condiciones necesarias ni espacio para dar origen a un Ciclón Tropical, estos también pueden originarse a partir de una zona de inestabilidad.

Los ciclones se forman y se intensifican cuando están situados sobre océanos tropicales o subtropicales en ambos hemisferios, en donde la fuerza de rotación de la tierra (Coriolis) es suficientemente fuerte para que se inicie el movimiento de rotación alrededor del centro de baja presión y cuyas temperaturas de agua a nivel de la superficie son de 27° C o más. Las regiones matrices no son estables en cuanto a su ubicación, ya que ésta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, los que a su vez están influidos por las corrientes frías de California y la contracorriente cálida ecuatorial en el océano Pacífico, así como por la deriva de las ramificaciones de la corriente cálida del "Gulf Stream". Además, no se mantienen por sí mismos sobre tierra, independientemente de la temperatura superficial. Tienen un núcleo central cálido, se desarrollan en entornos de débiles cortantes del viento vertical y su parte central se inclina sólo ligeramente.

Los vientos más fuertes se dan en los niveles bajos, el rozamiento introduce en el huracán limitaciones de masa; el flujo hacia el interior en niveles bajos se dirige hacia arriba en las nubes que forman la pared del ojo, rodeando primero el centro y yéndose luego hacia afuera en los niveles superiores. La circulación radial necesaria hacia adentro, hacia arriba y hacia afuera, precisa que las nubes que constituyen la pared del ojo mantengan un gradiente vertical condicionalmente inestable. Son una combinación notablemente complicada de procesos mecánicos, con procesos mixtos tienen interacciones de los sistemas nubosos con los océanos y con las superficies terrestres sobre las que se mueven estos ciclones tropicales. Los huracanes de mayor intensidad mantienen en las paredes del ojo una convección más profunda; esto se realiza en primer lugar situando la mayor parte del calentamiento (condensación) en el núcleo interior justamente en la pared del ojo y, en segundo lugar, por las corrientes ascendentes de la pared del ojo en los niveles superiores. (Fuente: Secretaría de Marina)

Las condiciones necesarias para la formación de un ciclón tropical son las siguientes:

Temperatura superficial del océano > 27° C

Fuerza de Coriolis (dirección > de los 5 grados de latitud).

Cortante vertical del viento < a 10 metros por segundo (diferencia entre los niveles de presión 850–200 milibares).

Suficiente humedad relativa en la troposfera media.

Una perturbación tropical (decaimiento de frentes fríos).

Inestabilidad de la Zona Intertropical de Convergencia (ITCZ)

Ondas tropicales

En el capítulo 1 Metodología se proporcionan los principales conceptos relacionados con el problema analizado en el cual se describe a detalle cada uno de los aspectos relacionados con

la formación de los huracanes, la procedencia de los nombres que se les asignan a cada uno de ellos, así como las escalas (Saffir-Simpson, Beaufort) utilizadas para poder clasificarlos, de acuerdo a la intensidad y evolución respectivamente.

En el capítulo 2 se presenta una breve descripción de los huracanes seleccionados clasificándolos de acuerdo al océano en el que se presentaron (océano Pacífico y golfo de México), así como para cada uno de ellos se proporciona información acerca de los daños ocasionados en los estados que fueron afectados por el impacto de ellos, posteriormente se observa información en el apartado de Análisis de Comportamiento de la evolución que presentó cada uno de los huracanes y los datos relevantes (Presión, Lluvia máxima, Trayectoria recorrida, entre otras), finalmente en la sección de Modelos de Trayectorias se menciona el tipo de ecuación que se pretende obtener en cada uno de los casos aplicados, de igual forma los operadores utilizados para la obtención de dichas ecuaciones mencionadas con anterioridad y en el apartado de anexos se presenta en tablas todas las ecuaciones obtenidas en cada huracán, clasificándolas de acuerdo al tipo y de esta manera tener una mejor visión de los resultados obtenidos.

En el capítulo 3 Aplicación y Resultados, se describe el procedimiento utilizado para la obtención de las ecuaciones en cada uno de los tres casos aplicados, posteriormente se presentan tablas de los datos, los cuales contienen información recabada por la NOAA que incluye la longitud, latitud, presión y velocidad del viento (magnitud), estos datos fueron utilizados en el programa empleado para poder obtener la información necesaria y de esta manera poder llegar a cada una de las ecuaciones finales para los casos trabajados, para poder validar nuestro procedimiento empleado se muestra un apartado en el cual se seleccionó un huracán nuevo que presentara una trayectoria semejante a uno de los huracanes analizados en cada uno de los océanos sin importar el año ocurrido y con ello se utilizaron los datos de los dos huracanes seleccionados para poder sustituir dichos datos en las ecuaciones de los huracanes trabajados con anterioridad y así poder confirmar que las ecuaciones que se obtuvieron son válidas en distintos huracanes, siempre y cuando sean semejantes en las trayectorias y al final del capítulo se hace más énfasis en la descripción del procedimiento aplicado.

En el último capítulo se muestran los resultados obtenidos y las conclusiones a las cuales se llegó después de haber analizado la información obtenida, se muestra un apartado en el cual se mencionan otros métodos existentes, empleados para poder pronosticar las trayectorias de los huracanes que se han presentado, entre los que destaca un modelo por parte de la UNAM para predecir súper huracanes.

Al final de este capítulo se muestra información resumida en tablas en el apartado de Anexos.

INTRODUCCIÓN

México es un país vulnerable a la influencia de los ciclones tropicales que se generan tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico Nororiental. La fuerza destructiva de algunos de ellos en los últimos años ha provocado que se crea que estos meteoros se han incrementado en frecuencia y/o intensidad como consecuencia del cambio climático global.

En el Pacífico se genera la mayor densidad de ciclones tropicales, aunque por las circulaciones oceánicas y atmosféricas tienden a alejarse de las costas mexicanas, no ocurriendo así para el Atlántico. El estudio de un periodo mayor de 50 años muestra que no existe una tendencia clara hacia el aumento en intensidad o frecuencia de los ciclones tropicales en México y que los estados con mayor impacto de ciclones tropicales son **Baja California Sur, Sinaloa, Quintana Roo y Tamaulipas**.

En latitudes templadas los ciclones son referidos como depresiones o ciclones extra tropicales, y el término ciclón se usa sólo para referirse a los ciclones tropicales. Estos últimos, en su etapa más intensa, son conocidos por varios nombres, según las regiones en donde ocurren:

- a) En el océano Atlántico, golfo de México y mar Caribe son conocidos como **huracanes**.
- b) En el mar de Arabia y la bahía de Bengala como ciclones.
- c) En el mar de China y la costa de Japón como tifones.
- d) En el océano Índico, al este de Mauricio y Madagascar, como ciclones.
- e) En el océano Pacífico del noreste como huracanes.
- f) En el Pacífico Sur, al este de Australia y Samoa como huracanes y willy willy. En las Filipinas son conocidos como baguios.

Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos: calor y humedad; como consecuencia, sólo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C.

Los ciclones intensos están entre los más destructivos de los desastres naturales, capaces de causar graves daños a poblaciones costeras y ocasionar pérdidas humanas. Sin embargo, proporcionan precipitaciones esenciales para gran parte de las tierras que cruzan.

La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Mientras el centro del ciclón permanece sobre aguas cálidas (temperatura mayor a los 26 °C), el suministro de energía es enorme. Mientras más y más aire húmedo se dirige hacia el centro de la tormenta para reemplazar al aire caliente que asciende rápidamente en forma de nubes, mayor calor es liberado a la atmósfera por condensación del vapor de agua y la circulación del viento continúa incrementándose.

En México interesan aquellos ciclones tropicales que se generan en el océano Pacífico Nororiental y el océano Atlántico Occidental (de éste el Mar Caribe y golfo de México) en la imagen 1 se destaca la incidencia de ciclones tropicales en las costas mexicanas.

En México se han presentado ciclones devastadores, como el caso de Gilbert, en el golfo de México en 1988, el cual provocó muertes principalmente en la ciudad de Monterrey (ciudad no costera del estado de Nuevo León) y pérdidas económicas considerables en la zona de Cancún, Q. Roo. En el primer caso, el río Santa Catarina sobrepasó su capacidad total, y en el segundo, el fuerte oleaje, más la acción de la marea de tormenta, removió la arena de las playas de Cancún. Otro caso importante fue en 1997 cuando apareció en el océano Pacífico el huracán

Pauline, que provocó la muerte de varios cientos de personas en la costa de los estados de Oaxaca y Guerrero, resultando dañado principalmente el puerto de Acapulco, donde se produjeron flujos de escombros y de lodo, producto de las intensas lluvias que dejó a su paso el huracán sobre la zona montañosa cercana.

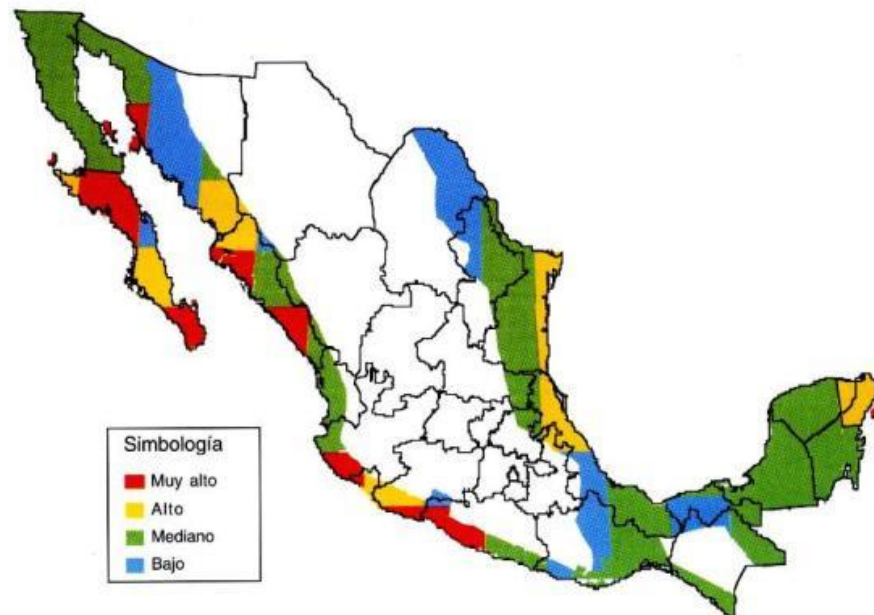


Imagen 1. Incidencia de ciclones tropicales en las costas mexicanas. Para cada estado costero se muestra el porcentaje de incidencia de ciclones tropicales por cada vertiente, comprendiendo un total de 153 eventos para el Pacífico de 1963 a 2009, mientras que para el Atlántico se registraron 96 eventos de 1944 a 2009.

Planteamiento

México es un país propenso a recibir el embate frecuente de diversos tipos de fenómenos naturales de efectos desastrosos. Por su ubicación geográfica, características climáticas, topográficas, orográficas e hidrológicas, por la actividad volcánica y sísmica que deriva del hecho de encontrarse parte de su territorio sobre placas tectónicas en constante movimiento, el país está expuesto a una diversidad de peligros.

Los devastadores efectos de estos eventos, se magnifican por una elevada vulnerabilidad que afecta a la sociedad y a la economía y que se deriva de un conjunto de factores. Entre otros, la insuficiencia de medidas preventivas y de mitigación al nivel de las regiones o zonas vulnerables, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el manejo insuficiente de las cuencas hidrográficas y la operación de los sistemas de alerta temprana.

Por otra parte, las consecuencias de los desastres sobre las principales variables macroeconómicas en el país han llegado a ser también significativas por el incipiente desarrollo de instrumentos financieros y la insuficiente penetración de seguros que protejan a la población y a la infraestructura económica y social frente a riesgos de esta índole.

Los desastres naturales han causado un número importante de víctimas fatales y cuantiosas pérdidas materiales durante el período analizado, con fuertes oscilaciones año con año.

Estadísticas mexicanas de pérdidas materiales y de vidas

En México, entre los meses de mayo a noviembre, se presentan en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h. Del orden de 14 ciclones tropicales ocurren en el océano Pacífico y 9 en el golfo de México y el mar Caribe. De ellos 4 inciden cada año sobre territorio nacional o se acercan a menos de 100 km, 2 desde el Pacífico y 2 desde el Atlántico.

Con base en las zonas de ingreso, se infiere que en los estados de Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas sucede mayor ocurrencia de penetración (2 a 4 años). Debido a existencia de importantes centros de población asentados a lo largo de sus costas, se ha estimado que las personas expuestas a este fenómeno son aproximadamente 4 000 000 (el 40% de la población total de estos estados, ubicada en 31 municipios costeros).

En otras entidades la recurrencia de penetración ciclónica oscila entre 5 y 7 años; se estima que en ellos aproximadamente 2 000 000 de personas están expuestas a sufrir sus efectos. Este grupo lo integran los estados de Baja California Sur, Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco, en cuyos 19 municipios costeros se asienta el 26.3% de su población total.

Por último, en un grupo integrado por los estados de Nayarit, Guerrero, Tabasco, Tamaulipas, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Yucatán el período de recurrencia o penetración de ciclones es de 8 a 26 años. Este grupo se caracteriza por mayor dispersión de su población costera: se ha estimado que 4 000 000 de personas (23.9% del total), en 176 municipios, están expuestas a este riesgo.

En la Tabla 1 se muestran los ciclones tropicales que afectaron a México del año 1933 a 1993, así como en la Tabla 2 se muestra las estadísticas de pérdidas materiales y de vida en la República Mexicana.

Tabla 1. Ciclones Tropicales que han afectado a México de 1933 a 1993

Año	Nombre	Océano	Fecha	Lugares afectados	No. de muertos	Pérdidas económicas
1933	Sin nombre	Atlántico	7 de julio	Tamaulipas, Veracruz y Tabasco	Se comenta que fueron miles	El 60% de las casas por donde pasó el huracán quedaron totalmente dañadas.
1955	Gladys Hilda Janet	Atlántico	1 – 6 de septiembre 2 – 20 de septiembre 22 – 29 de	Yucatán, Tamaulipas, San Luis Potosí, Quintana Roo y Veracruz	40	Los daños se debieron a la aparición consecutiva de éstos tres huracanes: Gladys: Afectó las zonas bajas de la ciudad de Tampico-Hilda: Hubo inundaciones en la ciudad de Tampico con elevación de hasta 3.30 m sobre el nivel del mar-Janet: La presa San José, San Luis Potosí se desbordó inundando gran parte de la ciudad de San Luis Potosí.
1959	Sin nombre (huracán en Manzanillo)	Pacífico	28 de octubre	Colima y Jalisco	1 500	El 25% de las casas de Cihuatlán quedaron totalmente destruidas.
1967	Beulah	Atlántico	8 de septiembre	Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán y Quintana Roo	-	Los flujos provocados por el huracán afectaron los ciudadanos de Reynosa y Matamoros, se estima que los daños económicos sobrepasaron los 500 millones de dólares.
1967	Katrina	Pacífico	29 de agosto	Guerrero, Baja California, Nayarit y Sonora	Más de 15	Los túneles de la presa Infernillo tuvieron severos daños por cavitación
1968	Naomi	Pacífico	10 de septiembre	Colima, Sinaloa, Jalisco, Durango, Coahuila, Sonora y Chihuahua	Más de 10	60 000 ha de cosechas se perdieron, severas inundaciones en Torreón, Gómez Palacio, Chihuahua y otras ciudades en Jalisco y Sinaloa.
1976	Liza	Pacífico	25 de septiembre	Baja California Sur y Sonora	600	La ciudad de La Paz, sufrió graves consecuencias de arrastre de lodos e inundaciones, se estima que las pérdidas económicas fueron de alrededor de 3 millones de dólares
1976	Madeleine	Pacífico	14 de septiembre	Michoacán y Guerrero	-	Ríos desbordados
1988	Gilbert	Atlántico	14 de septiembre	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila	Más de 250	Se estima que las pérdidas económicas fueron de alrededor de los 766 millones de dólares
1993	Gert	Atlántico	17 de septiembre	Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas	15 - Hidalgo 25 - San Luis Potosí	En total se dañaron 4 425 casas-habitación, 67 600 ha de agricultura fueron afectadas

Tabla 2. Estadísticas mexicanas de pérdidas materiales y de vidas

Año	Nombre del ciclón	Decesos	Lugar
3501	Huracán	1500	Nuevo León
12-19 sep/1955	Hilda	300	Tamaulipas y Veracruz
22-29 sep/1955	Janet	712	Campeche, Q.Roo y Tamaulipas
21824	Manzanillo	1500	Colima
10-12 nov/1961	Tara	436	Guerrero
25 sep-10 oct/1966	Ines	1000	Tamaulipas
24716	Beulah	630	Campeche, Q.Roo y Yucatán
28034	Liza	630	BCS y Sonora
27181	Dolores	18	Guerrero y Oaxaca
8-20 sep/1988	Gilbert	255	Nuevo León, Península de Yucatán
12-15 sep/1995	Ismael	150	Sinaloa, BCS, Sonora
7-20 oct/1995	Roxanne	23	Campeche, Yucatán
7-10 oct/1997	Pauline	250	Guerrero, Oaxaca
28 sep-6oct/2000	Keith		Tamaulipas

Los ciclones tropicales se presentan entre los meses de mayo y noviembre, su desplazamiento aún no es previsible. La Tabla 3 indica la probabilidad de presencia de los ciclones en un año de los estados afectados.

Tabla 3. Probabilidad de Presencia de Ciclones en un año

Estados que son afectados por los ciclones tropicales (Probabilidad de que se presente en un año):		
Baja California Sur (0.34)	Yucatán (0.16)	Veracruz (0.09)
Colima (0.32)	Tamaulipas (0.15)	Tabasco (0.08)
Jalisco (0.30)	Nayarit (0.13)	Chiapas (0.08)
Quintana Roo (0.22)	Guerrero (0.13)	Baja California (0.08)
Michoacán (0.21)	Oaxaca (0.13)	Sonora (0.07)
Sinaloa (0.20)	Campeche (0.13)	

Justificación

Este trabajo de tesis se basó en el análisis de las variables que intervienen en la formación de los fenómenos hidrometeorológicos mencionados anteriormente ya que al contar con la magnitud de la velocidad del viento y la presión, se propuso, obtener las ecuaciones de las trayectorias de los huracanes en forma paramétrica, mediante el uso de la programación genética, con el fin comprender el comportamiento de las componentes de la posición de dichos huracanes tanto en el océano Pacífico como en el golfo de México. Se trata de un tema importante pues el ser humano desde hace muchos años pretende entender el comportamiento de esos fenómenos naturales, así como buscar una manera de predecirlos y con ello disminuir el impacto que estos tienen en nuestro País.

Objetivos

Los objetivos de este trabajo se dividen en dos:

1.- Realizar una revisión a detalle de los 20 huracanes más intensos en la República Mexicana; enfatizando aquellos ocurridos en los últimos años.

Mediante este objetivo se pretendió encontrar suficiente información para entender cómo es que se comportan las trayectorias de los huracanes.

2.- Obtener ecuaciones que describan la trayectoria de los 20 huracanes más intensos en la República Mexicana.

Este objetivo se realizó con la ayuda de la programación genética para que podamos encontrar las ecuaciones paramétricas y/o cartesianas de los 20 huracanes y con ello poder concluir si es eficiente el uso de ese método de optimización para predecir dichas trayectorias de los Huracanes ya mencionados.

1. METODOLOGÍA

1.1 HURACANES

1.1.1 Formación

Un huracán es un tipo de ciclón tropical, el cual se trata de un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica con baja presión atmosférica que generalmente se forma en los trópicos, entre latitudes 5° y 30° C norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26° C. Esta acción ciclónica es en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. En cuanto a la temporada de ciclones tropicales o huracanes, en México comienza en el mes de mayo en el océano Pacífico, mientras que, en el océano Atlántico es en junio. Para ambos océanos la actividad concluye a finales de noviembre; aunque esto no quiere decir que no se presenten ciclones tropicales fuera de temporada, incluso en meses como abril o enero.

La energía de los ciclones se origina del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera por lo que el centro del ciclón permanece sobre aguas cálidas. Mientras más y más aire húmedo se dirige hacia el centro de la tormenta para reemplazar al aire caliente que asciende rápidamente en forma de nubes, mayor calor es liberado a la atmósfera por condensación del vapor de agua y la circulación del viento continúa incrementándose de esta manera transportan gran cantidad de humedad y frecuentemente se trasladan con velocidades comprendidas entre 10 a 40 km/h.

Dentro de los factores que provocan su formación están incluidos:

- ❖ Disturbio atmosférico preexistente consistente en la existencia de una concentración de rotación ciclónica en las partes bajas y medias de la troposfera.
- ❖ Océanos cálidos tropicales y subtropicales
- ❖ Cambios pequeños en la dirección y rapidez del viento con la altura en la capa de la atmósfera que va de la superficie hasta unos 15 km de altura
- ❖ Una distribución vertical de humedad y temperatura que permita la formación de nubes cumulonimbus.
- ❖ Por lo general está acompañado de tormentas eléctricas.

Con la unión de los factores mencionados con anterioridad en una determinada zona se comienzan a formar tormentas las cuales presentan la acción ciclónica y se van convirtiendo en una Depresión Tropical, al instante en que los vientos alcanzan los 56 km/h, está perturbación es clasificada como Tormenta Tropical posteriormente conforme los vientos superan los 119 km/h la tormenta pasa a ser clasificada como Huracán categoría 1, 2, 3, 4 ó 5 dependiendo de la magnitud de los vientos alcanzados y finalmente el huracán comienza a disiparse conforme va obteniendo mayor altura ya que los vientos comienzan a perder velocidad. Cabe mencionar que la cuenca oceánica con mayor actividad ciclónica es la del Pacífico noroeste, donde se concentra cerca de un tercio de la “producción mundial de ciclones”; el cual rodea a México.

1.1.2 Estructura

En la imagen 2 se representa la estructura de un huracán la cual será detallada a continuación; cabe mencionar que se trata de un huracán del hemisferio norte, ya que la circulación es en dirección contraria a las manecillas del reloj.

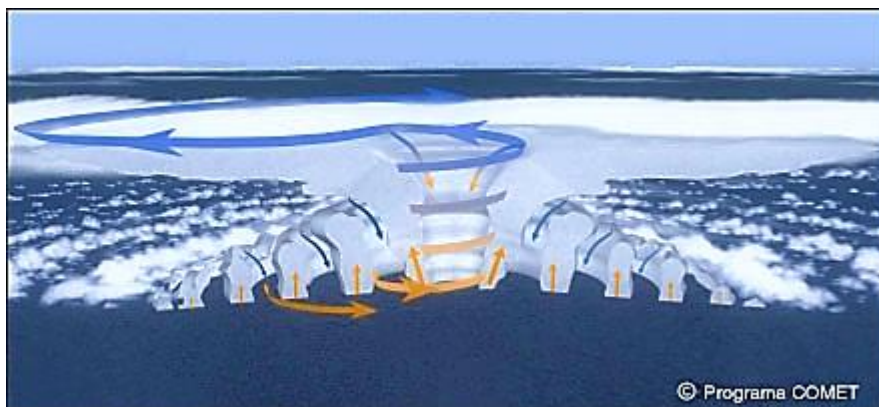


Imagen 2. Representación de la Estructura de un Huracán realizada con el Programa COMET

❖ Ojo del Huracán

Es la estructura física del huracán que está formada de viento en calma, con la presión más baja posible y el cielo es relativamente claro, en esta zona la estructura del huracán es casi simétrica. Su forma generalmente es circular, pero en algunos casos cuando los huracanes son muy intensos, se puede presentar una curvatura en el interior de la pared del ojo, tomando un aspecto como de estadio de fútbol; a este fenómeno se le denomina **efecto estadio**.

❖ Pared del Ojo

Delimita el área del ojo del huracán a través de nubes que giran alrededor del mismo, en esta zona se dan las precipitaciones y vientos más intensos ya que presenta un fuerte flujo hacia adentro en los niveles inferiores, y un flujo correspondiente hacia fuera en los niveles altos



Imagen 3. Representación de la Pared y el Ojo de un Huracán realizada con el Programa COMET

❖ Bandas de Lluvia

Son bandas muy densas de nubes, de las que provienen lluvias torrenciales, y están separadas por áreas de lluvia ligera o sin lluvia; estas bandas espirales ascienden en capas de nubes llamadas cúmulos y cumulonimbus hacia el límite vertical de formación de nubes convectivas, donde el vapor de agua es condensado y en forma de cristales de hielo es arrastrado en espirales de nubes llamadas cirrus.

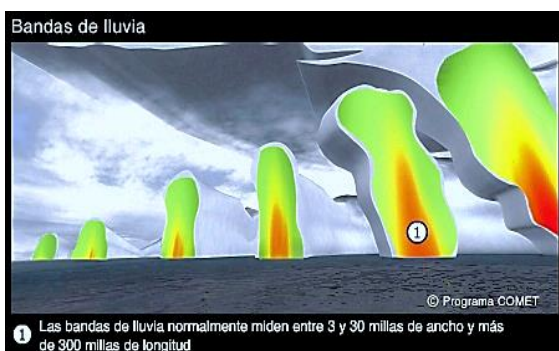


Imagen 4. Representación de las bandas de lluvia de un Huracán realizada con el Programa COMET

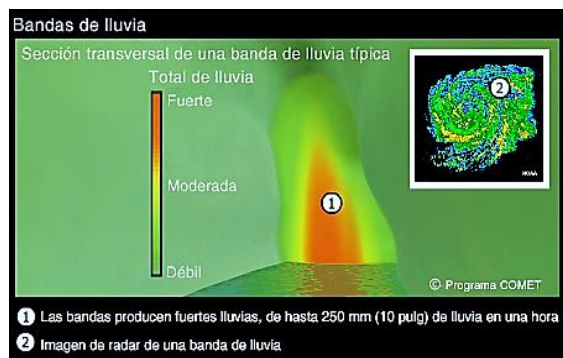


Imagen 5. Sección Transversal de una banda de lluvia de un Huracán realizada con el Programa COMET

1.1.3 Evolución

El movimiento de los ciclones tropicales es provocado gracias a que las tormentas están sumergidas en una región de aire en movimiento de mayor tamaño, conocida como “corriente conductora”, que tiende a mover la circulación de los niveles bajos y altos y la convección de nubes cumulonimbus en la dirección de dicho flujo. En este movimiento también influye la fuerza de **Coriolis** que se origina por la rotación de nuestro planeta aunque algunos ciclones que son grandes e intensos llegan a influenciar para modificar las condiciones del flujo atmosférico a su alrededor aportando una fracción importante del desplazamiento total del ciclón.

De acuerdo a una publicación del Instituto de Geografía según Espinosa (1997), en el océano Pacífico nororiental el promedio anual de ciclones en el periodo de 1968-1996 fue de 16, la variación fue de un máximo de 24 a un mínimo de 6 por año. Para el océano Atlántico, el promedio anual de ciclones tropicales fue de 9, en el lapso de 1958-1996, la variación fue de un máximo de 19 a un mínimo de 4 por año.

En ambos océanos hay cuatro regiones matrices para la generación de ciclones tropicales.

1. En el golfo de Tehuantepec se incrementa la actividad durante la última semana de mayo, cuando los huracanes de esta temporada tienden a desplazarse al W, alejándose de la República Mexicana. Algunos son paralelos a las costas del Pacífico y en ocasiones penetran a tierra.
2. En la Sonda de Campeche los ciclones tropicales comienzan a partir de junio y siguen un movimiento al N-NW, afectando a Veracruz y Tamaulipas.
3. En la parte oriental del Mar Caribe aparecen en julio; en esta región se forman los huracanes de gran recorrido y potencia extraordinaria, y afectan frecuentemente a la península de Yucatán y a la península de Florida en Estados Unidos.
4. La región del Atlántico se activa en agosto, con los ciclones más intensos, generalmente se dirigen al oeste, penetran al Mar Caribe, Yucatán, Tamaulipas y Veracruz, algunos tienden a recurvar hacia el norte afectando la costa de Estados Unidos.

Los huracanes constituyen uno de los fenómenos naturales más destructivos que existen. Los factores meteorológicos más importantes que producen daños son:

- a) Viento: la fuerza de los vientos de los ciclones tropicales es tan potente que puede derribar objetos, originar fuerte oleaje en el océano y ejercer presión sobre su superficie.
- b) Marea de tormentas: es una elevación temporal del nivel del mar, cerca de las costas, que se forma por el paso del huracán, debido a los fuertes vientos que soplan hacia tierra, la marea puede alcanzar una altura mayor a los 6 m.
- c) Precipitaciones intensas: generan un incremento en el nivel de los ríos, hasta llegar al desbordamiento de éstos y por lo tanto, provocan inundaciones en las zonas bajas o de planicie. Además, el oleaje y la marea altos ocasionan penetraciones del mar, que se traducen en inundaciones costeras.

1.1.4 Escala de medición Saffir - Simpson

Esta escala clasifica los ciclones tropicales según la intensidad del viento, fue desarrollada en 1969 por el ingeniero civil Herbert Saffir y el director del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos, Bob Simpson. Saffir se percató de que no había una escala apropiada para describir los efectos de los huracanes e inspirándose en la escala sismológica de Richter para describir terremotos, inventó una escala de cinco niveles, basada en la velocidad del viento, que describía los posibles daños en edificios. Posteriormente Saffir cedió la escala al Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos y entonces Simpson añadió a la escala los efectos del oleaje e inundaciones.

Cabe señalar que no son tenidas en cuenta la cantidad de precipitación ni la situación, lo que significa que un huracán de categoría 3 que afecte a una gran ciudad puede causar muchos más daños que uno de categoría 5, pero que afecte a una zona despoblada.

En la Tabla 4 se presenta la clasificación de huracanes, según Saffir-Simpson la cual está estructurada en un rango de 1 a 5 para estimar los daños potenciales a la propiedad e inundaciones producidas cuando un huracán llega a tierra.

Tabla 4. Escala de Huracanes de Saffir-Simpson [ESSSH]

Categoría	Presión Central [mb]	Velocidad del Viento [km/h]	Altura promedio de las olas en m.
1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5
2	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5
3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0
4	920.1 a 945	210 a 250	4.0 a 5.5
5	menor a 920	> 250	> 5.5

Categoría 1

Vientos de 118.1 a 154 kilómetros por hora en la cual la marea sube aproximadamente 1.5 m sobre lo normal. No se produce un daño significativo en los edificios o construcciones, pero puede dañar casas, arbustos, árboles, y señales de tránsito débiles. Ocurren algunas inundaciones en caminos costeros.

Categoría 2

Vientos de 154.1 a 178 kilómetros por hora en la cual la marea sube entre 2 a 2.5 m sobre lo normal. Se dañan algunos techos, puertas y ventanas de edificios y construcciones; los arbustos y árboles sufren un considerable daño. Unas dos o cuatro horas antes de la llegada del ojo del huracán se han inundado las rutas costeras y las de evacuación que están a baja altura. Algunas embarcaciones pequeñas en lugares de anclaje desprotegido rompen los postes de amarre.

Categoría 3

Vientos entre 178.1 a 210 km/h en la cual la marea sube entre 2.5 a 4 m sobre el nivel normal. Las estructuras pequeñas son destruidas por inundaciones costeras, las estructuras más grandes son destruidas por el embate de las olas y por escombros flotantes. Los árboles y arbustos son estropeados, pierden el follaje por la fuerza del viento. Las casas rodantes son destruidas. Las rutas de evacuación que se encuentran a baja altura tienen que ser cortadas entre 3 y 5 horas antes de la llegada del ojo del huracán por el alto nivel de agua en ellas. Las inundaciones cerca de la costa destruyen estructuras menores. Puede ser necesaria la evacuación de personas que habitan casas que están a un bajo nivel sobre el mar, incluso a varias cuerdas de la línea costera.

Categoría 4

Vientos entre 210 a 250 km/h en la cual la marea está entre 4 a 5.5 m de su nivel normal. Fallas más generalizadas en las paredes, y algunos techos de pequeñas residencias colapsan. Arbustos, árboles y todas las señales en la calle son derribadas. Daño extensivo a puertas y ventanas. Por los altos niveles de agua, las rutas de evacuación que están a baja altura deben ser cerradas con 3 a 5 horas de anticipación a la llegada del ojo del huracán. La planta baja de las estructuras ubicadas cerca de la orilla del mar sufre destrucción considerable. Terrenos que están sobre el nivel del mar podrían ser inundados obligando a la evacuación masiva de áreas residenciales.

Categoría 5

Vientos superiores a los 250 kilómetros por hora en la cual la marea supera los 5.5 m sobre el nivel normal. Muchas residencias y edificios sufren la falla completa de sus techos, algunos colapsan por completo. Todos los arbustos, árboles y señales de tránsito son derribados. Las rutas de evacuación que están a baja altura son cortadas por los altos niveles de agua entre 3 y 5 horas antes de la llegada del centro del huracán. Serios daños a las plantas bajas de todas las estructuras ubicadas a menos de 4.5 m sobre el nivel del mar.

1.1.5 Clasificación de huracanes

Los ciclones tropicales se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos por lo que se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o de acuerdo con la velocidad de su Viento Máximo Sostenido (VMS) los cuales se definen como el viento promedio de un minuto medido en aproximadamente 10 metros sobre la superficie; por lo que se clasifican en tres categorías: depresión tropical, tormenta tropical y huracán, de los cuales éstos últimos son los más conocidos por tratarse de ciclones muy intensos. Para asignar este tipo de clasificación se utiliza la **Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos**, la cual se presenta a continuación en la Tabla 5 y es necesario mencionar que específicamente los huracanes se clasifican en categorías de 1 a 5 en la escala Saffir/Simpson, explicada con anterioridad.

Tabla 5. Escala de Beaufort [Bft]

Bft	Clasificación		Velocidad del Viento a 10 m de altura (km/h)
No Aplica	0	Calma	Menos de 1
	1	Brisa	1 - 5
	2	Viento suave	6 - 11
	3	Viento lento	12 - 19
	4	Viento moderado	20 - 28
Depresión Tropical	5	Viento regular	29 - 38
	6	Viento fuerte	39 - 49
	7	Ventarrón	50 - 61
	8	Temporal	62 - 74
Tormenta Tropical	9	Temporal fuerte	75 - 88
	10	Temporal muy fuerte	89 - 102
	11	Tempestad	103 - 117
Huracán	12	Huracán	Más de 117

De acuerdo con la tabla anterior podemos establecer que se denomina **Depresión tropical** a un sistema de nubes, tormentas eléctricas con una circulación definida en la superficie con vientos sostenidos máximos entre 39 km/h – 61 km/h y una presión de 1008 a 1005 mb. Posteriormente **Tormenta tropical** a un sistema de fuertes tormentas eléctricas con una circulación definida en la superficie con vientos sostenidos máximos de 62 a 117 km/h y una presión de 1004 a 985 mb. Y por último se alcanza la clasificación de **Huracán** cuando el sistema tropical atmosférico es intenso de fuertes tormentas eléctricas con una circulación en la superficie bien definida y vientos sostenidos máximos mayores de 117 km/h contando con una presión menor que 984 mb.

Cuando un ciclón tropical alcanza el grado de tormenta tropical, es nombrado para facilitar la comunicación entre meteorólogos y el público en general. Los nombres pueden reducir la confusión acerca de la tormenta que se está describiendo, ya que los ciclones pueden durar una semana o más, y más de uno puede estar presente en el mismo océano al mismo tiempo.

Asignación de nombre de los Ciclones Tropicales

La lista de nombres anual se elabora con base en el Plan Operativo de Huracanes de la Asociación Regional IV para América del Norte, Central y el Caribe, edición 2001, de la Organización Meteorológica Mundial.

Con el fin de evitar confusiones, los nombres de los huracanes que causaron daños significativos como: Camille (1969), Gilbert (1988), Andrew (1992) o Pauline (1997) son retirados de las listas y nunca se vuelven a usar.

2. SITIO DE ESTUDIO

2.1 HURACANES EN EL OCÉANO PACÍFICO DE MÉXICO

2.1.1 Trayectoria a seguir

Huracán Paulina 1997 (Octubre 05-10) “Categoría 4”

El 7 de octubre de 1997 se registró el Huracán Paulina al sudeste de Salina Cruz, Oaxaca, con la categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson siendo extremadamente peligroso impactó las costas del Océano Pacífico mexicano, el cual produjo pérdidas humanas y materiales; a partir de ese día se produjeron intensas precipitaciones en los estados de Guerrero y Oaxaca. A pesar de que Paulina avanzó hacia el noroeste, debilitándose cada día más hasta ser depresión tropical, cuando el huracán tocó tierra, se presentaron las mayores precipitaciones del puerto de Acapulco, la cual alcanzó más de 400 mm en unas cuantas horas, por lo que en sólo cinco horas se registró una precipitación equivalente a un tercio de lo que llueve anualmente, en promedio, en el puerto.



Imagen 6. Trayectoria Huracán Paulina. The National Hurricane Center

Tabla 6. Resumen de Evolución Huracán Paulina

Paulina	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir-Simpson"	Edos Afectados
	05-oct-97	425 km al Sur de Huatulco, Oaxaca	Depresión Tropical	55	75			
	06-oct-97	395 km al Suroeste de Tapachula, Chiapas	Tormenta Tropical	75	90			
	06-oct-97	335 km al Suroeste de Tapachula, Chiapas	Huracán	120	150		I	Chiapas
	07-oct-97	275 km al Suroeste de Aquiles Serdán, Chiapas	Huracán	215	240		IV	Chiapas y Oaxaca
	07-oct-97		Huracán	185			III	Chiapas y Oaxaca
	08-oct-97	100 km al Sursuroeste de Huatulco, Oaxaca	Huracán	210	260		IV	Chiapas y Oaxaca
	08-oct-97	Puerto Ángel y Puerto Escondido, Oaxaca	Huracán	185	240		III	Guerrero
	09-oct-97	40 km al Norte de Zihuatanejo, Gro	Huracán	150	195		III	Guerrero
	09-oct-97	73 km al Noroeste de Lázaro Cárdenas, Mich.	Tormenta Tropical	110	135			
	10-oct-97	30 km al Suroeste de Uruapan, Mich.	Depresión Tropical	55	75			

Huracán Juliette 2001 (Septiembre 21-Octubre 03) “Categoría 4”

El Huracán Juliette se inició al Suroeste de Tapachula, Chis., y siguió una trayectoria con rumbo predominante hacia el Oeste-Noroeste en forma paralela a las costas nacionales. Fue un ciclón de gran extensión, cuyas bandas nubosas abarcaron la mayor parte del territorio nacional, por lo que favoreció la entrada de humedad y registros de lluvia, así como viento y oleaje hacia todos los estados del litoral del Pacífico, con daños materiales importantes en Baja California Sur.

El huracán "Juliette" desarrolló su trayectoria en 267 horas, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 3,825 km, a una velocidad promedio de 15 km/h. Alcanzó la categoría IV de la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 230 km/h, rachas de 290 km/h y una presión mínima de 936 hPa, el día 24 de septiembre por la mañana, cuando se encontraba a una distancia de 350 km al Sur-Suroeste de Lázaro Cárdenas, Mich.



Imagen 7. Trayectoria Huracán Juliette. The National Hurricane Center.

Tabla 7. Tabla. Resumen de Evolución Huracán Juliette

Juliette	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir- Simpson"	Edos Afectados
	21-sep-01	265 km al Suroeste de Tapachula, Chiapas	Tormenta Tropical	85	110	996		
	22-sep-01	Moviéndose hacia el Oeste	Tormenta Tropical	100				
	23-sep-01	340 km al Sur-Suroeste de Zihuatanejo, Gro	Huracán	140	185	979	I	
	23-sep-01	360 km al Sur-Suroeste de Lázaro Cárdenas, Mich	Huracán	215	260		IV	Michoacán
	24-sep-01	Rumbo predominante hacia el Oeste-Noroeste	Huracán				IV	Michoacán
	25-sep-01	Rumbo predominante hacia el Oeste-Noroeste	Huracán				IV	Michoacán
	26-sep-01	430 km al Suroeste de Cabo Corrientes, Jal	Huracán	230	285	923	IV	Michoacán
	27-sep-01		Huracán				IV	Baja California Sur
	28-sep-01	75 km al Oeste-Suroeste de la Paz, BCS	Tormenta Tropical	110	140			Baja California Sur
	28-sep-01	60 km al Oeste de Todos Santos, BCS	Huracán	120	150		I	Baja California Sur
	29-sep-01	45 km al Sur-Suroeste de la Paz	Tormenta Tropical	100				Baja California Sur
	30-sep-01	Costas occidentales de Baja California Sur	Depresión Tropical	55				Baja California Sur
	01-oct-01	90 km al Sur-Sureste de Puerto Peñasco	Depresión Tropical	55	75			Sonora
	02-oct-01	150 km al Sur-Sureste de San Felipe, BC	Depresión Tropical	35				

Huracán Kenna 2002 (Octubre 22-26) “Categoría 5”

El Huracán Kenna se desarrolló a partir de una perturbación que se movía hacia el oeste a través de América Central y entró en la cuenca oriental del Pacífico Norte, fue un huracán categoría 5, el más fuerte de la temporada de huracanes en el Pacífico de 2002, que afectó a México dejando cuatro muertos y cuarenta heridos. La ciudad más afectada en el estado de Jalisco fue Puerto Vallarta, donde los daños ascendieron a unos 10 millones de dólares.

Ha sido uno de los huracanes más fuertes que hayan afectado a México. Este huracán entró por las playas de Nayarit como categoría 4 y fue virando hacia el noreste pasando por los estados de Durango, Zacatecas y Coahuila.



Imagen 8. Trayectoria Huracán Kenna. The National Hurricane Center.

Tabla 8. Resumen de Evolución Huracán Kenna

Kenna	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir- Simpson"	Edos Afectados
	21-oct-02	570 km al Sur-Suroeste de Puerto Escondido, Oax	Depresión Tropical	55	75	1006		
	22-oct-02	590 km al sur de Acapulco, Gro	Tormenta Tropical	65	80	1004		
	22-oct-02	610 km al Sur-Suroeste de Zihuatanejo, Gro	Tormenta Tropical	75	95			
	23-oct-02	590 km al Sur-Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	120	150	990	I	Colima
	23-oct-02	595 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	160	195	973	II	Colima
	24-oct-02	565 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	185	220		III	Colima
	24-oct-02			220	270		IV	Jalisco y Colima
	24-oct-02	425 km al Suroeste de Cabo Corrientes, Jal	Huracán	260	315		V	Jalisco y Colima
	25-oct-02	150 km al Oeste-suroeste de Cabo Corrientes, Jal	Huracán	270	325		V	Jalisco y Colima
	25-oct-02	65 km al Oeste de Cabo Corrientes, Jal	Huracán	270	325		V	Jalisco y Colima
	25-oct-02	75 km al Suroeste de San Blas, Nay	Huracán	230	275		IV	
	25-oct-02	15 km al Oeste de San Blas, Nay	Huracán	230	275		IV	
	25-oct-02	Occidente de Zacatecas	Huracán	130	155		I	
	25-oct-02	40 km al Nor-Noroeste de Fresnillo, Zac	Tormenta Tropical	65				

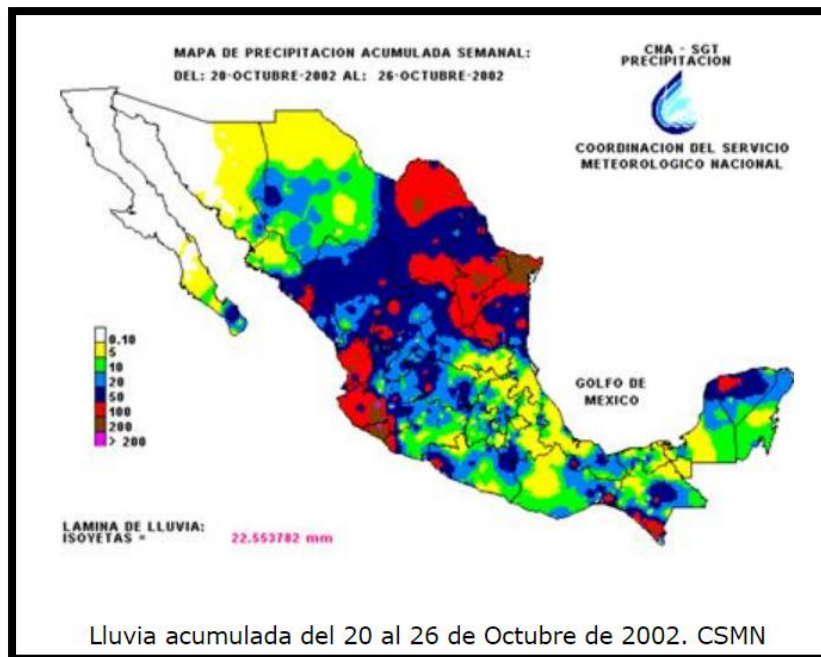


Imagen 9. Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano.
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán John 2006 (Agosto 28-Septiembre 4) “Categoría 4”

El Huracán John se formó como resultado de la intensificación de la onda tropical número 30, la cual originó una zona de baja presión localizada aproximadamente a 450 km al sur del golfo de Tehuantepec, cuando tocó la península mexicana de Baja California lo hizo como huracán de categoría II, causando inundaciones y daños en caminos, puentes, viviendas y otras infraestructura.



Imagen 10. Trayectoria Huracán John. The National Hurricane Center

Tabla 9. Resumen de Evolución Huracán John

John	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir-Simpson"	Edos Afectados
	28-ago-06	290 km al Sur de Huatulco, Oaxaca	Depresión Tropical					
	28-ago-06	255 km al Sur de Puerto Ángel, Oaxaca	Tormenta Tropical	75	90			Oaxaca y Michoacán
	29-ago-06	230 km al suroeste de Puerto Escondido, Oaxaca	Huracán	130	155		I	Oaxaca - Colima
	29-ago-06		Huracán			200	III	
	30-ago-06	135 km al Suroeste de Zihuatanejo, Guerrero	Huracán	215	265		IV	Guerrero
	30-ago-06	Movimiento hacia el Noroeste	Huracán	205	250		III	Guerrero
	31-ago-06	185 km al Oeste de Puerto Vallarta, Jalisco	Huracán				II	Guerrero
	01-sep-06	165 km al Sur-Sureste de San José del Cabo, BCS	Huracán				III	Baja California Sur
	01-sep-06	90 km al Sur-Sureste de San José del Cabo	Huracán	175	215		II	Baja California Sur
	01-sep-06	Población de El Saucito, BCS	Huracán	175	210		II	Baja California Sur
	02-sep-06	50 km al Nor-Noreste de Cd. Constitución, BCS	Tormenta Tropical					
	03-sep-06	45 km al Oeste-Suroeste de Mulegé	Tormenta Tropical	85	100			
	03-sep-06	80 km al Noroeste de Santa Rosalía	Depresión Tropical					

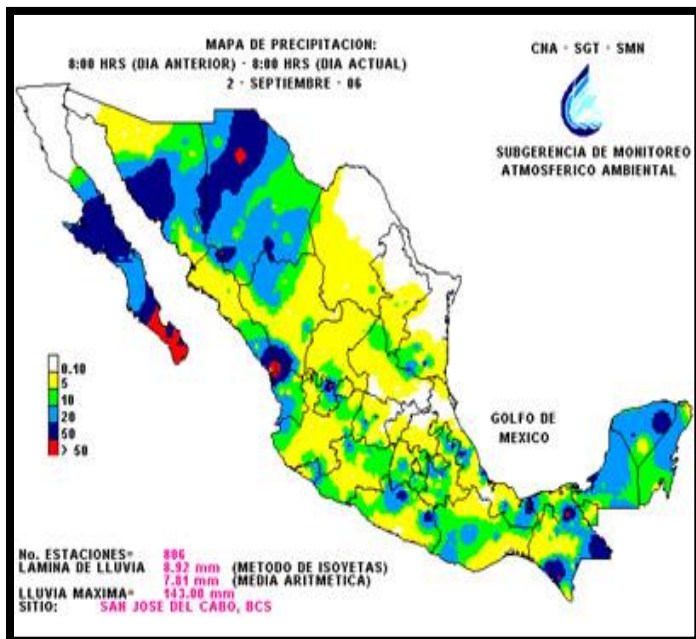


Imagen 11. Mapa de lluvias acumuladas en 24 horas del 1 al 2 de septiembre de 2006. Máxima reportada 143 mm en San José del Cabo, BCS. Imagen elaborada por Ing. Alberto Hernández Unzón, CONAGUA

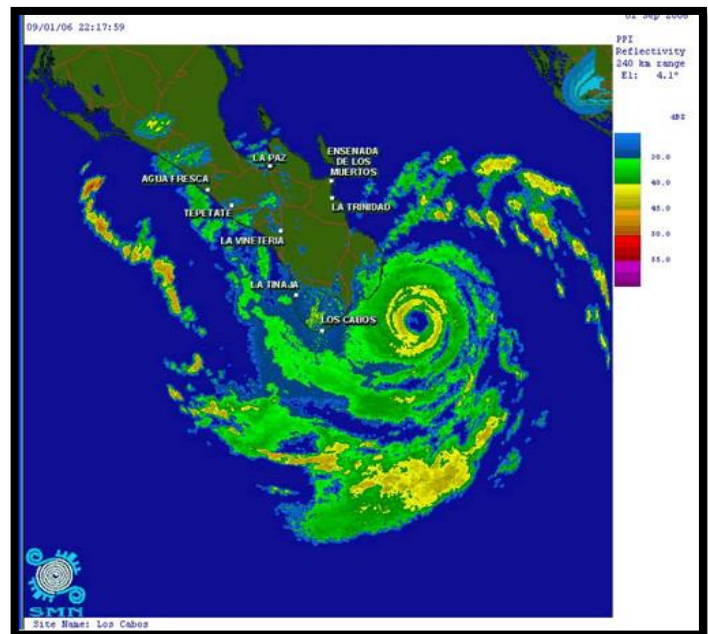


Imagen 12. Captura del radar de Los Cabos, BCS del huracán John Septiembre 01, 2006 a las 22:17 GMT. Muralla del ojo del huracán próxima a golpear la costa de Baja California Sur Reflectividades de 40 a 45 dBz en la muralla norte. Diámetro del ojo: 18 km. Imagen elaborada por Ing. Alberto Hernández Unzón, CONAGUA

Huracán Lane 2006 (Septiembre 13-17) “Categoría 3”

El Huracán Lane de categoría 3, se formó el día 13 de septiembre a las 16 horas local, como resultado de la intensificación de la onda tropical número 34, la cual originó una amplia zona de baja presión localizada aproximadamente a 200 km al Sur de las costas de Guerrero.

Debido a su intensidad generó fuertes vientos y lluvia intensa, principalmente en el Valle de San Ignacio, que se localiza en el municipio de Culiacán, así como oleaje y marea de tormenta altos en la costa centro-sur de Sinaloa. Otros municipios donde causó daños importantes fueron Elota, San Ignacio y Mazatlán.



Imagen 13. Trayectoria de Huracán Lane 13 al 17 de Septiembre del 2009.
The National Hurricane Center.

Tabla 10. Resumen de Evolución Huracán Lane

Lane	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir- Simpson"	Edos Afectados
	13-sep-06	200 km al Sur de las costas de Guerrero	Onda Tropical					
	13-sep-06	175 km al Sur de Zihuatanejo, Guerrero	Depresión Tropical					
	14-sep-06	150 km al Suroeste de Zihuatanejo	Tormenta Tropical	65	85			
	14-sep-06	160 km al Suroeste de Manzanillo, Colima	Tormenta Tropical	95	110			Colima
	15-sep-06	65 km al Oeste-Noroeste de Cabo Corrientes, Jal	Huracán	130	155		I	Jalisco
	15-sep-06	20 km al Oeste de la Isla María Madre, Nayarit	Huracán	165	195		II	Nayarit
	16-sep-06	80 km al Suroeste de Mazatlán, Sin	Huracán	185	220	960	III	Sinaloa
	16-sep-06	La Cruz de Flota y La Laguna de Canachi, Sinaloa	Huracán	205	250	952	III	Sinaloa
	16-sep-06	10 km al Sur-Sureste de Culiacán, Sinaloa	Huracán	195	240		III	Sinaloa
	16-sep-06	10 km al Norte de El Tepuche, Sinaloa	Huracán	140	165		I	Sinaloa
	17-sep-06	120 km al Este de Los Mochis	Tormenta Tropical	85				
	17-sep-06	50 km al Oeste de Guadalupe y Calvo, Chihuahua	Depresión Tropical					

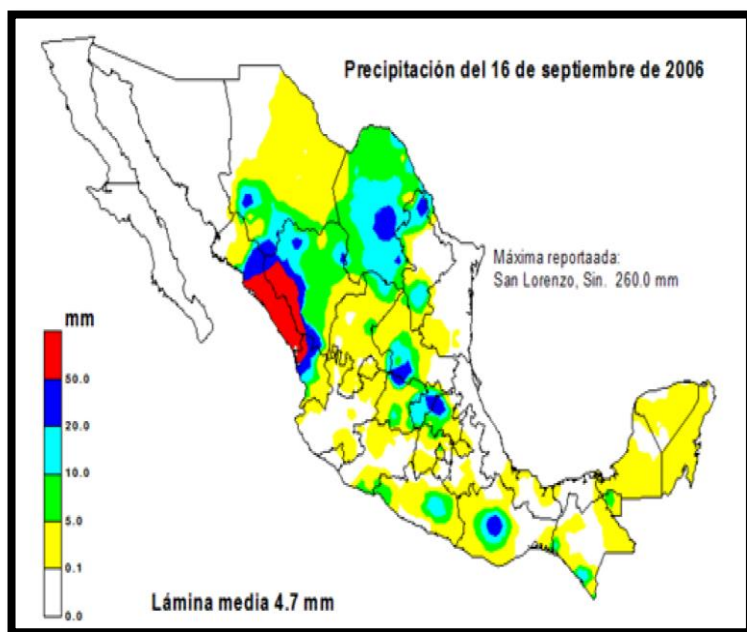


Imagen 14. Mapa de lluvias acumuladas en 24 horas del 15 al 16 de septiembre de 2006. Máxima reportada 260 mm en San Lorenzo, Sinaloa. Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón, CONAGUA

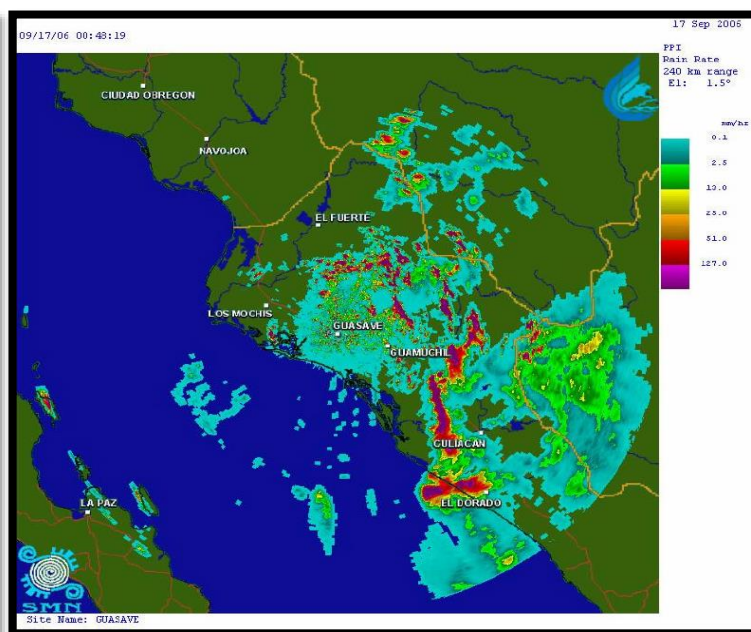


Imagen 15. Captura del radar de Guasave con Ecos de lluvia intensa en línea desde El Dorado-Culiacán-Badiraguato 17 de septiembre de 2006 / 00:48 GMT. Imagen elaborada por Ing. Alberto Hernández Unzón, CONAGUA

Huracán Jimena 2009 (Agosto 28- Septiembre 4) “Categoría 4”

El huracán Jimena se formó el 29 de agosto frente a la costa de México, rápidamente se intensificó y adquirió categoría II, ese mismo día alcanzó la categoría IV y al día siguiente, llegó a rozar la categoría máxima en su pico de intensidad el 1 de septiembre. Conforme la tormenta se movía paralela a la costa mexicana, se abrieron refugios por la eventualidad de que se registraran vientos fuertes.

Los fuertes vientos y lluvias de Jimena trajeron devastación al cruzar la península. Se reportó la muerte de un hombre en Mulegé, Baja California Sur, mientras que en Puerto San Carlos el 75% de las casas fueron dañadas y el servicio eléctrico se vio interrumpido en muchos municipios, como Comondú y Loreto.

En las poblaciones de Guaymas y Empalme, en Sonora, se registraron inundaciones e interrupciones en las comunicaciones y el servicio eléctrico. Dos personas resultaron muertas en un accidente automovilístico mientras que otras dos se reportaron desaparecidas en las cercanías de Guaymas.



Imagen 16. Trayectoria de Huracán Jimena de 29 de Agosto al 4 de Septiembre 2009.
The National Hurricane Center.

Tabla 11. Resumen de Evolución Huracán Jimena

Jimena	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir- Simpson"	Edos Afectados
	28-ago-09	400 km al Sur-Suroeste de Acapulco, Gro	Depresión Tropical	55	75	1007		
	29-ago-09	395 km al Suroeste de Acapulco, Gro	Tormenta Tropical	75	95			
	29-ago-09	410 km al Sur-Suroeste de Cihuatlán, Jal	Huracán	130	155		I	
	29-ago-09	380 km al Suroeste de Lázaro Cárdenas, Mich	Huracán	165	205		II	
	30-ago-09	370 km al Sur-Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	185	220		III	Jalisco, Michoacán, Colima
	30-ago-09	370 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	215	260		IV	Jalisco, Michoacán, Colima
	01-sep-09	250 km al Sur de Cabo San Lucas, BCS	Huracán	250	305		IV - V	Baja California sur
	01-sep-09	130 km al Oeste-Suroeste de Cabo San Lucas, BCS	Huracán	205	250		III	Baja California sur
	02-sep-09	Costas de Baja California Sur	Huracán	175	210		II	Baja California sur
	02-sep-09	25 km al Oeste-Noroeste de Puerto Cortés, BCS	Huracán	165	205		II	Baja California sur
	02-sep-09	Desembocadura del Río Comondú	Huracán	145	175		I	Baja California sur
	02-sep-09	75 km al Suroeste de Mulegé, BCS	Huracán	140	165		I	Baja California sur
	02-sep-09	45 km al Oeste-Suroeste de Mulegé, BCS	Huracán	130	155		I	Baja California sur
	02-sep-09	35 km al Sur de Santa Rosalía, BCS	Tormenta Tropical	110	140			Baja California sur
	03-sep-09	70 km al Nor-Noroeste de Santa Rosalía, BCS	Tormenta Tropical	75	95			Baja California sur, Sonora
	03-sep-09	55 km al Norte de Santa Rosalía, BCS	Tormenta Tropical	65	85			Baja California Sur, Sonora
	04-sep-09	60 km al Nor-Noreste de Mulegé, BCS	Depresión Tropical	55	75			Baja California Sur, Sonora

Huracán Jova 2011 (Octubre 05-12) “Categoría 3”

El Huracán Jova fue un ciclón cuya trayectoria se inició a más de 1,000 km al Sur de la costa de Colima, de allí se desplazó hacia el Noroeste y posteriormente recurvó hacia el Noreste con rumbo a la costa occidental de México a donde llegó en las primeras horas del día 12 de octubre, tocando tierra a las 01:00 horas a 8 km al Sur de la población de La Fortuna, Jal., como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Su duración fue de 168 horas, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 2,000 km a una velocidad promedio de 12 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Col (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011); 115.0 mm en Melchor Ocampo, Mich., y 91.0 mm en Ciudad Guzmán, Jal., el día 11 de octubre.



Imagen 17. Trayectoria de Huracán Jova. The National Hurricane Center.

Tabla 12. Resumen de Evolución Huracán Jova

Jova	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir-Simpson"	Edos Afectados
	05-oct-11	1,005 km al Sur de Manzanillo, Col	Depresión Tropical	55	75			
	06-oct-11	800 km al Sur-Suroeste de Manzanillo, Col	Tormenta Tropical	65	85			
	07-oct-11	815 km al suroeste de Manzanillo, Col	Tormenta Tropical	100	120			
	08-oct-11	710 km al Oeste-Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	120	150		I	Colima
	09-oct-11	420 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	160	195		II	Colima
	10-oct-11	430 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	195	240		III	Colima
	10-oct-11	400 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	205	250		III	Colima
	10-oct-11	255 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	195	240		III	Colima
	11-oct-11	175 km al Suroeste de Manzanillo, Col	Huracán	160	195		II	Colima
	12-oct-11	Cercanías de la población de Puenteillas, Jal	Huracán	140	165		I	Colima, Jalisco
	12-oct-11	16 km al Oeste-Noroeste de la población de Atajo, Jal	Tormenta Tropical	100	130			
	12-oct-11	35 km al Este-Sureste de Tepic, Nay	Depresión Tropical	55	75			
	12-oct-11	75 km al Este-Noreste de Tepic, Nay	Depresión Tropical	45	65			

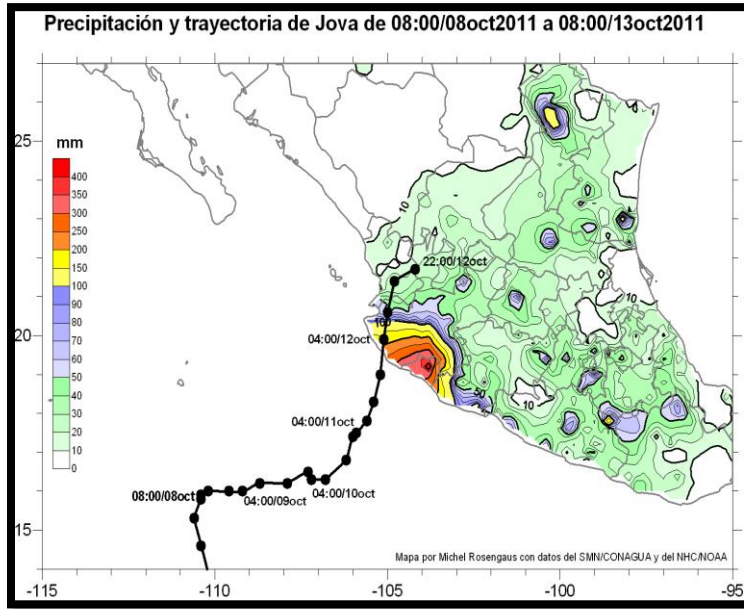


Imagen 18. Precipitación y trayectoria del huracán "JOVA" © M. Rosengaus.
Máxima 374.4 mm en Coquimatlán, Colima.

Huracán Carlotta 2012 (Junio 13-16) "Categoría 2"

Una onda tropical en el Pacífico Oriental se convirtió rápidamente organizada el 13 de junio y se convirtió en depresión tropical Tres-E de la noche. El Centro Nacional de Huracanes informó que pasó a una tormenta tropical y la llamó "Carlota" al día siguiente. Carlota pasó por aguas muy cálidas, lo que permitió la intensificación en un huracán de categoría II.

La trayectoria total de "Carlota" tuvo una duración de 60 horas, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 1,100 km a velocidad promedio de 18 km/h.



Imagen 19. Trayectoria de Huracán Carlotta. The National Hurricane Center

Tabla 13. Resumen de Evolución Huracán Carlotta

Carlotta	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hpa	Categoría "Saffir- Simpson"	Edos Afectados
	13-jun-12	560 km al Sur de Tapachula, Chis	Depresión Tropical	55	75			
	14-jun-12	480 km al Sur de Tapachula, Chis	Tormenta Tropical	65	85			
	15-jun-12	255 km al Sur-Sureste de Puerto Ángel, Oax	Tormenta Tropical	110	140			Oaxaca
	15-jun-12	195 km al Sur-Sureste de Puerto Ángel, Oax	Huracán	130	155		I	Oaxaca
	15-jun-12	100 km al Sur-Sureste de Puerto Ángel, Oax	Huracán	165	205		II	Oaxaca
	15-jun-12	15 km al Noroeste de Puerto Escondido, Oax	Huracán	150	185		II	Oaxaca
	15-jun-12	70 km al Este de Punta Maldonado, Oax	Huracán	130	155		I	Oaxaca
	15-jun-12	40 km al Nor-Noreste de Punta Maldonado, Oax	Huracán	120	150		I	Oaxaca
	16-jun-12	80 km al Noreste de Acapulco, Oax	Depresión Tropical	55	65			

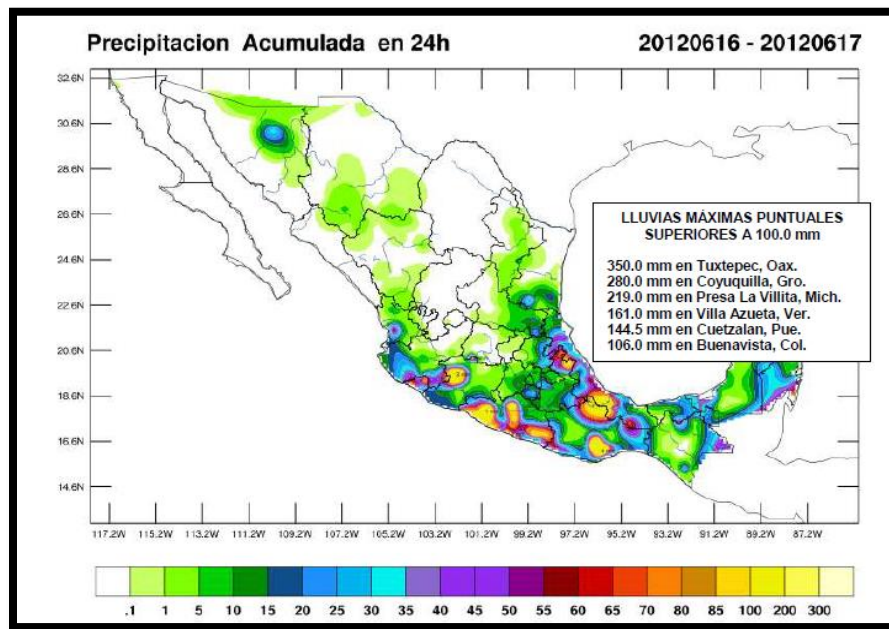


Imagen 20. Precipitación acumulada en 24 horas. CNA-CGSMN 17/Jun/2012.

Huracán Bárbara 2013 (Mayo 28-30) “Categoría 1”

Bárbara es el segundo ciclón tropical, la segunda tormenta tropical con nombre y el primer huracán de la temporada del 2013. Bárbara se desarrolló a partir de un área de baja presión que se encontraba en el sureste de México, el 28 de mayo de 2013, se dirigió lentamente de norte a noreste y se fortaleció como tormenta tropical temprano al día siguiente. A partir de entonces, la tormenta se intensificó considerablemente.



Imagen 21. Trayectoria de Huracán Bárbara. The National Hurricane Center

Tabla 14. Resumen de Evolución Huracán Bárbara

<i>Bárbara</i>	Día	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima	Categoría "Saffir-	Edos Afectados
	28-may-13	Depresión Tropical	56		1006		
	28-may-13	Tormenta Tropical	65		1004		Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Veracruz
	29-may-13	Huracán	120		986	I	Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Veracruz
	30-may-13	Tormenta Tropical	93		993		Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Veracruz
	31-may-13	Depresión Tropical	56		1001		

Huracán Manuel 2013 (Septiembre 13-20) “Categoría 1”

Este huracán fue el más destructivo de la temporada 2013, el estado más dañado fue Guerrero, específicamente en Acapulco donde Manuel causó pérdidas millonarias, el segundo en 16 años en causar estos daños, Manuel comparte este título con Paulina otro huracán categoría 4 que azotó la misma región en la temporada de 1997.

Manuel se originó a partir de un sistema de baja presión al sur de Acapulco el 13 de septiembre, los siguientes días provocó, simultáneamente con el Huracán Ingrid en el golfo de México, fuertes lluvias y a su vez, inundaciones en gran parte del territorio mexicano.



Imagen 22. Trayectoria de Huracán Manuel. The National Hurricane Center

Tabla 15. Resumen de Evolución Huracán Manuel

Manuel	Día	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima	Categoría "Saffir-Simpson"	Estados Afectados
	13-sep-13	Depresión Tropical	56	999		
	13-sep-13	Tormenta Tropical	65	998		
	14-sep-13	Tormenta Tropical	93	990		
	15-sep-13	Tormenta Tropical	102	984		Guerrero
	16-sep-13	Depresión Tropical	56	1002		Guerrero
	17-sep-13	Depresión Tropical	56	1001		Guerrero
	18-sep-13	Tormenta Tropical	65	998		Guerrero
	19-sep-13	Huracán	120	985	I	Guerrero

2.1.2 Daños ocasionados

Huracán Paulina

El recorrido del huracán se inició el día 5 de octubre de 1997, con una depresión tropical localizada a 425 kilómetros de Huatulco en las costas de Oaxaca. El día 8, ya convertido en huracán penetró a los municipios del estado de Oaxaca, desbordando ríos y produciendo inundaciones y muertes. Miles de damnificados perdieron sus hogares en unas cuantas horas. El día 9 continuó su avance, afectando 10 poblaciones del estado de Guerrero con una intensidad de la escala 4 de Saffir-Simpson, y una precipitación pluvial de 411 mm en 24 horas, que correspondía a un tercio de la precipitación anual en la zona. Acapulco, uno de los principales destinos turísticos del país, soportó olas de hasta 4 metros de altura, mientras que el torrente incontrolable de agua y escombros paralizaron las actividades productivas.

Al adentrarse en suelo firme, la fuerza del huracán se vio disminuida hasta desvanecerse el día 10 en la zona limítrofe de los estados de Michoacán y Jalisco.

Tabla 16. Resumen de Daños en Oaxaca y Guerrero

Afectaciones			
Muertos	228	Torres de energía eléctrica derribadas	60
Desaparecidos	165	Municipios con inundaciones	68
Población afectada	288,000	Localidades afectadas	1,283
Viviendas dañadas	54,500	Localidades incomunicadas	40
Familias que perdieron su vivienda	5,400	Carreteras dañadas	8
Hectáreas de siembra perdidas	122,282	Tipo de daños a la red carretera	7 puentes caídos, 18 puentes dañados, 6 colapsos totales de carreteras, 305 derrumbes y deslaves
Hectáreas de bosques y selva perdidas	80,000	Albergues	25
Aeropuertos cerrados	3		

Los fuertes vientos del meteoro y su marea de tormenta no fueron tan significativos como para causar graves daños en la población; éstos se debieron principalmente a la inconveniente ubicación de los asentamientos humanos sobre las barrancas, ya que éstas no son áreas apropiadas para las viviendas y, por ello, se registró ahí la mayor pérdida de vidas humanas.

Huracán Juliette

Durante el período comprendido entre el 26 y el 30 de septiembre del 2001, el huracán “Juliette” causó severos daños, principalmente en la parte sur del estado de Baja California Sur, así como en el de Sonora. En Baja California Sur, los daños más importantes ocurrieron en el sistema carretero, en las comunicaciones, en el sector hidráulico y en el sector eléctrico, esta información se puede apreciar en la Tabla 17. Asimismo, se presentaron daños muy graves en determinadas poblaciones de Los Cabos, donde un número considerable de viviendas de tipo precario fue arrasado o sepultado. Quizás los daños indirectos de mayor magnitud fueron los que experimentó el sector turístico, donde la ocupación hotelera, principalmente en el municipio de Los Cabos, bajó a la mitad por un lapso aproximado de 20 días.

Tabla 17. Daños ocasionados por Juliette

Estado Afectado	Muertes	Población afectada (personas)	Viviendas dañadas	Escuelas	Área de cultivo dañada (h)	Caminos afectados (km)	Total de daños (Millones de Pesos)
BCS Sonora	2	6,000	3,529	138	1,451	2,296.1	850.15
	7	16,365	15,344	135		44,210	905.15
Total	9	22,365	18,873	273	1,451	46,506.1	1,755.3

Tabla 18. Resumen de daños en Sonora y BCS (Millones de Pesos)

	Daños directos	Daños indirectos	Daños totales
Infraestructura Social			
Sector salud	23.41	4.59	28
Sector vivienda	286.78	4.99	291.77
Sector educación	34.36		34.36
Sector hidráulico	131.6	4	135.6
Infraestructura urbana	138.5		138.5
Sector eléctrico	73.5	15.7	89.2
Comunicaciones y transporte	249.64	19.76	269.4
Reparación de vialidades		60.3	60.3
Agropecuaria	125.93	47.42	173.35
Actividad acuícola		7.6	7.6
Comercio		43.8	43.8
Turismo y restaurantes	22	47.6	69.6
Daños al medio ambiente	5		5
Atención de emergencia		147.2	147.2
Total de daños	1090.72	402.96	1493.68

Huracán Kenna

Por su intensidad y las afectaciones que provocó, el huracán Kenna demostró ser uno de los desastres más significativos del año 2002 en septiembre, al golpear sobre tierra como categoría IV en la escala de Saffir-Simpson.

En el caso de Jalisco y en especial en Puerto Vallarta, el fenómeno causó enormes destrozos originados por la fuerte velocidad del viento y el efecto del fuerte oleaje. Los mayores daños se localizaron en la infraestructura pública, con ello una pérdida de ingresos provocando el cierre de un sin número de establecimientos, por lo que los sectores del comercio y los servicios fueron los más afectados con un 86% de las pérdidas totales en este estado.

Tabla 19. Resumen de daños totales en Nayarit y Jalisco (Miles de Pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Sector agropecuario	219,000.0	981.9	219,981.9	17.8
Comercio y servicios	204,830.9	92,914.2	297,745.1	23.9
Vivienda	252,640.5	51,205.4	303,845.9	24.4
Escuelas	53,839.0	0.0	53,839.0	4.3
Hospitales y centro de salud	11,504.4	16,422.6	27,477.0	2.2
Infraestructura publica	14,000.0	0.0	14,000.0	1.1
Comunicaciones y transportes	21,204.8	10,525.0	31,729.8	2.5
Agua potable	6,536.3	0.0	6,536.3	0.5
Suministro de electricidad	171,500.0	31,500.0	203,000.0	16.3
Impacto ecológico	50,510.0	5,000.0	55,510.0	4.5
Costo de la emergencia	0.0	31,169.5	31,169.5	2.5
Total general de Daños	1,005,565.9	239,718.6	1,244,834.5	100.0

Huracán John

Entre los días 1 y 3 de septiembre, los efectos del huracán John se sintieron en los 5 municipios del estado de Baja California Sur, causando afectaciones en diferentes sectores de la población debido a los fuertes vientos, lluvias extremas, inundaciones y oleaje.

Tabla 20. Resumen de daños ocasionados por el Huracán John (Millones de Pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Infraestructura Social				
Sector salud	48,406	8,558	56,964	5.8
Sector vivienda	12,508	5,196	17,704	1.8
Sector educación	14,850	6,601	21,451	2.2
Infraestructura hidráulica	11,769	353	12,122	1.2
Subtotal	87,533	20,708	108,241	11.0
Infraestructura Económica				
Sector eléctrico	75,000	0	75,000	7.6
Infraestructura carretera	644,818	19,345	664,163	67.5
Infraestructura portuaria	50,262	1,088	51,350	5.2
Subtotal	770,080	20,433	790,513	80.3
Sectores Productivos				
Sector agropecuario	15,469	43,535	59,004	6.0
Subtotal	15,469	43,535	59,004	6.0
Atención de la emergencia	0	14,777	14,777	1.5
Medio ambiente	0	12,187	12,187	1.2
Total	873,082	111,640	984,722	100.0

Huracán Lane

El huracán Lane impactó en el estado de Sinaloa con categoría tres en la escala Saffir-Simpson causando grandes daños. Debido a su intensidad generó fuertes vientos y lluvia intensa, principalmente en el distrito de riego Valle de San Ignacio, que se localiza en el municipio de Culiacán, así como oleaje y marea de tormenta altos en la costa centro-sur de Sinaloa.

Los municipios más afectados fueron Culiacán, Cosalá y Mazatlán; afortunadamente el fenómeno no impactó la zona urbana de Culiacán, ya que si esto hubiese sucedido el impacto social habría adquirido proporciones superiores y las pérdidas habrían alcanzado un monto más elevado al registrado.

Tabla 21. Resumen de daños ocasionados por el Huracán Lane (Millones de Pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Infraestructura Social				
Sector salud	7,193	39,944	47,138	2.5
Sector vivienda	85,664	24,576	110,240	5.7
Sector educación	29,945	10,219	40,164	2.1
Infraestructura hidráulica	69,510	16,981	86,491	4.5
Subtotal	192,312	91,720	284,033	14.8
Infraestructura Económica				
Sector eléctrico	360,000	105,000	465,000	24.2
Infraestructura carretera	338,774	11,098	349,872	18.2
Subtotal	698,774	116,098	814,872	42.4
Sectores Productivos				
Sector agropecuario, pesca y acuicultura	604,871	163,826	768,696	40
Turismo	0	23,850	23,850	1.2
Subtotal	604,871	187,676	792,546	41.2
Atención de la emergencia	0	31,364	31,364	1.6
Total	1,495,957	426,858	1,922,815	100

Huracán Jimena

El Huracán Jimena presentó una trayectoria muy cercana a las costas de México, por lo que desde su inicio originó importante entrada de humedad y desarrollo de inestabilidad con tormentas intensas hacia los estados costeros del Pacífico e incluso a los del Centro y Norte del país y posteriormente, las amplias bandas nubosas del huracán, continuaron con el aporte de humedad hacia la mayor parte del territorio, afectó directamente a Baja California Sur durante los días uno 1 y 2, pero fue en Sonora donde los días 3 y 4 de septiembre se registró una cifra record de lluvia.

Tabla 22. Resumen de daños ocasionados por el Huracán Jimena

(Miles de Pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Infraestructura Social				
Sector salud	5,151.6	5,908.5	11,060.1	0.5
Sector vivienda	365,844.5	75,295.6	441,140.1	19.5
Sector educación	39,260.0	1,877.7	41,137.7	1.8
Infraestructura hidráulica	118,637.6	6,249.9	124,887.5	5.5
Subtotal	528,893.7	89,331.7	618,225.4	27.4
Infraestructura Económica				
Comunicaciones y transportes	753,912.47	58,744.6	812,657.1	36.0
Infraestructura urbana	107,483.0	8,752.0	116,235.0	5.1
Infraestructura portuaria (SEMAR)	23,599.00	0.0	23,599.0	1.0
Infraestructura eléctrica	221,939.06	7,196.4	229,135.5	10.1
Subtotal	1,106,933.53	74,693.0	1,181,626.5	52.3
Sectores Productivos				
Sector primario	118,000	110,760	228,760	10.1
Sector comercial	101,738.4	0.0	101,738	4.5
Sector agropecuario	25,180	12,126	37,306	1.7
Comercio e industria	5,400.0	0.0	5,400	0.2
Pesca	8,259.4	23,993.6	32,253	1.4
Subtotal	258,577.8	146,879.6	405,457	18.0
Atención de la emergencia	0.0	51,995.1	51,995	2.3
Monumentos históricos	758.0	170.0	928	0.04
Total	1,895,163.0	363,069.4	2,258,232	100

Huracán Jova

El 12 de octubre del 2011 en la madrugada, el ciclón tropical Jova impactó los estados de Colima y Jalisco, ocasionando severos daños en la población y sus bienes, así como en la infraestructura pública y los sectores productivos. El monto estimado de daños provocados por el huracán Jova en el estado de Colima sumó 2,278.5 millones de pesos. La infraestructura hidráulica fue la que concentró la mayor proporción, con 27.9%; asimismo, el sector de comunicaciones y transportes y la actividad agrícola y pecuaria también registraron un impacto económico significativo, como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Resumen de daños ocasionados por el huracán Jova en Colima y Jalisco

(Miles de pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Sectores sociales				
Sector salud	7,300.8	8,955.7	16,256.5	0.5
Sector vivienda	72,368.5	5,894.7	78,263.2	2.3
Sector educación	186,404.3	6,395.8	192,800.1	5.6
Infraestructura hidráulica	423,394.9	241,911.4	665,306.3	19.3
Subtotal	689,468.5	263,157.6	952,626.1	27.6
Infraestructura Económica				
Comunicaciones y transportes	909,786.1	246,507.8	1,156,293.9	33.5
Infraestructura eléctrica	45,023.9	20,553.6	65,577.5	1.9
Infraestructura naval	24,935.0	498.7	25,433.7	0.7
Infraestructura urbana	143,493.9	15,176.5	158,670.4	4.6
Subtotal	1,123,238.9	282,736.6	1,405,975.5	40.8
Sectores Productivos				
Sector agropecuario	33,746.7	547,982.2	581,728.9	16.9
Comercio, servicios, industria y finanzas publicas	87,866.9	79,951.4	167,818.3	4.9
Turismo	149,453.0	62,891.6	212,344.6	6.2
Subtotal	271,066.6	690,825.2	961,891.8	27.9
Otros Sectores				
Atención de la emergencia	0.0	18,201.2	18,201.2	0.5
Medio ambiente	21340.5	88,157.0	109,497.5	3.2
Total	2,105,114.5	1,343,077.6	3,448,192.1	100.0

El monto total del desastre en Jalisco ascendió a 1,120 millones de pesos; las carreteras fueron las que demandaron una mayor cantidad de recurso, ya que concentraron 65.4% de los daños, del monto total un 60.3% representó daños, es decir, afectaciones en acervos físicos, y 39.7% se consideraron como pérdidas asociadas al costo extra requerido en los diversos sectores para atender el impacto del fenómeno.

Huracán Carlotta

El huracán Carlotta impactó directamente en los municipios de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo y San Pedro Mixtepec, Oaxaca; adicionalmente, hubo daños en otros 101 municipios del mismo estado; el fuerte viento fue lo que causó más daños provocando la muerte de 5 personas, ya que al momento del tocar tierra, el ojo del huracán era de categoría 1.

En cuanto al impacto económico, Carlotta dejó un total de daños de 2,666.2 millones de pesos, de los cuales 88.6% se consideraron como daños y 11.4% como pérdidas relacionadas al fenómeno.

Tabla 24. Resumen de los daños ocasionados por el Huracán Carlotta en Oaxaca

(Miles de Pesos)

Sector/Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Sectores sociales				
Sector vivienda	172,330.0	20,845.3	193,175.3	7.2
Sector salud	2,319.3	2,051.1	4,370.4	0.2
Sector educación	50,000.0	2,000.0	52,000.0	2.0
Infraestructura hidráulica	25,818.7	895.2	26,713.9	1.0
Subtotal	250,468.0	25,791.6	276,259.6	10.4
Infraestructura Económica				
Infraestructura carretera	1,338,853.0	79,163.3	1,418,016.3	53.2
Infraestructura eléctrica	34,764.0	24,240.0	59,004.0	2.2
Infraestructura urbana	8,700.0	348.0	9,048.0	0.3
Subtotal	1,382,317.0	103,751.3	1,486,068.3	55.7
Sectores Productivos				
Agropecuario y pesca	617,633.5	41,401.5	659,035.0	24.7
Comercio, servicio y turismo	111,335.6	59,533.4	170,869.0	6.4
Subtotal	728,969.1	100,934.9	829,904.0	31.1
Otros Sectores				
Atención de la emergencia	0.0	69,211.4	69,211.4	2.6
Medio ambiente	0.0	4,802.6	4,802.6	0.2
Subtotal	0.0	74,014.0	74,014.0	2.8
Total	2,361,754.1	304,491.8	2,666,245.9	100.0

Huracán Bárbara

América Central

La perturbación precursora de la tormenta tropical Bárbara trajo moderada lluvia para El Salvador. Muchas casas fueron dañadas, inundaciones en carreteras, y varios árboles fueron derribados. Una mujer de 44 años murió cuando un árbol cayó sobre ella. Los fuertes vientos y olas altas dañó cuatro viviendas en el Barrio Playa, en el municipio de Acajutla. Como resultado, los refugios tenían que ser acomodados para siete personas. Esta misma perturbación trajo algunos deslizamientos de Guatemala y, en consecuencia, 30 personas se trasladaron a refugios.

Tabla 25. Resumen de daños y pérdidas ocasionados por el Huracán Bárbara

Daños Ocasionados	
Categoría	Afectaciones
Muertos	2
Desaparecidos	1
Albergues	65 en la Región de Costa Grande, 120 en Acapulco, 74 en la región de La Montaña, 113 en la región Centro, 122 al Norte, 89 en Tierra Caliente y 125 en los municipios de Costa Chica
Tipo de daños a la red carretera	Deslaves de taludes en carreteras y cerros
Puertos cerrados	Puerto de Acapulco

Sur de México

Comenzaron temprano el 29 de mayo, las bandas de lluvia externas de la tormenta tropical Barbará, trajo lluvias torrenciales a varios estados y cortes de energía a Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Veracruz. En Acapulco, las lluvias torrenciales causaron graves inundaciones en estaciones mientras que dañan algunas carreteras. En total, se informó de daños considerables. Al menos tres personas resultaron muertas en la costa de Oaxaca, debido a las fuertes marejadas y lluvias torrenciales.

Huracán Manuel

Manuel se convirtió en el segundo huracán más destructivo en Guerrero, después de 16 años cuando El Huracán Paulina azotó la misma entidad, sin embargo en nivel de daños y pérdidas Manuel superó a Paulina, sin embargo Paulina causó más muertes.

Tabla 26. Resumen de daños y pérdidas ocasionados por el Huracán Manuel

Estado	Municipio o Ciudad	Afectación
Guerrero	Acapulco	corrimiento de tierra en la carretera, 24 muertes y 17 colonias inundadas
	Chilpancingo	4 muertes, inundación de 20 asentamientos, suspensión de suministro eléctrico y de servicio de telefonía celular
	Atoyac de Álvarez	68 desaparecidos
La Montaña	Malinaltepec	29 muertos
	Tlacoapa y Totomixtlahuaca	200 viviendas destruidas por deslaves
Michoacán	13 municipios de gravedad	entre 8 000 y 10 000 personas afectadas y 3000 viviendas
Colima	Tecomán	1 muerte
Sinaloa	Entidad	3 muertes, 60 comunidades afectadas
	Culiacán	2 muertes, 80% de la población sin agua y sin energía eléctrica
	Navolato	1 muerte, árboles y postes derribados

En total, Manuel dejó una precipitación histórica arriba de los 410 mm en la entidad, 95 comunidades y poblaciones rurales incomunicadas, 62 puentes dañados 200 mil habitantes sin energía eléctrica, 100 mil hectáreas de la red hidráulica siniestradas, 5 mil hectáreas de granjas acuícolas siniestradas, más de 4 mil personas evacuadas, 1700 kilómetros de la red carretera dañada, 50% de la infraestructura urbana dañada en Culiacán, Navolato, Mocorito y Angostura, más de 38 mil familias perdieron su patrimonio, 9 municipios con daño severo, 34,697 hectáreas de diverso cultivo siniestradas, 40% de la hortalizas de invernadero dañadas, 1008 escuelas con daños, más de 40 mil viviendas dañadas y alrededor de 175 mil damnificados.

2.1.3 Análisis de comportamiento

Huracán Paulina

Tabla 27. Resumen huracán Paulina

RESUMEN DEL CICLÓN TROPICAL	
Tiempo de Duración Intensidad Máxima de Vientos Presión Mínima Central	5-10 octubre
	215 km/h
	948 hPa
Distancia más Cercana a Costas Nacionales	140 km al sur-Suroeste de Huatulco, Oaxaca (Octubre 5) Tocó tierra cerca de Puerto Escondido (Octubre 8)
Tipo de Afectación	Especialmente la Costa de Guerrero

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Juliette

Tabla 28. Resumen Huracán Juliette

RESUMEN DEL CICLÓN TROPICAL	
Recorrido total	3825 km
Tiempo de duración	267 h
Intensidad máxima de vientos	230 km/h (Septiembre 24)
Presión mínima central	923 hPa (Septiembre 24)
Distancia más cercana a costas nacionales	Sobre tierra, 4 ocasiones
	45 km al SSW de la Paz, BCS (Septiembre 29/10 h centro)
	75 km al NNW de Cd. Constitución, BCS (Septiembre 30/10 h centro)
	15 km al SE de Puerto Libertad, Son (Septiembre 30/21 h centro)
Tipo de Afectación	20 km al W de El Huerfanito, BC (Octubre 02/18 h centro)
	Directa en BCS, Son y BC
Lluvia máxima	136.0 mm en Santiago, BCS. (Septiembre 27)
	167.5 mm en Empalme, Son. (Septiembre 30)
	207.2 mm en San Felipe, BC (Octubre 02)
Viento Máximo Reportado	140.7 km/h (123°) en la estación automática Cabo San Lucas, BCS (Septiembre 28/01:00 GMT)
	Racha máxima 173.8 km/h (119°) en Cabo San Lucas, BCS (Septiembre 28/00:10 GMT)

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Kenna

Tabla 29. Resumen Huracán Kenna

RESUMEN DEL CICLÓN TROPICAL	
Recorrido Total	2280 km
Tiempo de Duración	96 horas
Intensidad Máxima de Vientos	270 km/h (Oct 25)
Presión Mínima Central	915 hPa (Oct 25)
Distancia más Cercana a Costas Nacionales	Sobre tierra, 15 km al W de San Blas, Nay.
Tipo de Afectación	Directa: Nayarit; Jalisco; Durango; Zacatecas

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán John

Tabla 30. Resumen Huracán John

Recorrido Total	2,765 km
Tiempo de Duración	168 horas
Intensidad Máxima de Vientos	215 km/h con rachas de 265 km/h
Presión Mínima Central	948 hPa
Lluvia máxima en 24 horas	275.5 mm en Los Planes, Baja California Sur del 2 al 3 de Septiembre

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Lane

Tabla 31. Resumen Huracán Lane

Recorrido Total	1,450 km
Tiempo de Duración	90 horas
Intensidad Máxima de Vientos	205 km/h con rachas de 250 km/h El 16 de septiembre a las 15 GMT
Presión Mínima Central	952 hPa el día de 16 de septiembre a las 15 GMT
Lluvia máxima en 24 horas	260 mm en San Lorenzo, Sinaloa del 15 al 16 de Septiembre

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Jimena

Tabla 32. Resumen Huracán Jimena

Recorrido Total	2,410 km
Tiempo de Duración	106 horas
Intensidad Máxima de Vientos	250 km/h
Presión Mínima Central	931 hPa
Distancia más cercana a costas de México	El día 2 de septiembre aproximadamente a las 14:30 horas, el centro del huracán "Jimena" toco tierra en la desembocadura del Río San Gregorio, como huracán de categoría I.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Jova

Tabla 33. Resumen Huracán Jova

Recorrido Total	2,000 km
Tiempo de Duración	168 horas
Intensidad Máxima de Vientos	205 km/h con rachas de 250 km/h
Presión Mínima Central	955 hPa
Estados afectados directamente	Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Carlotta

Tabla 34. Resumen Huracán Carlotta

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido	1 100 km
Tiempo de duración	60 horas
Intensidad máxima de vientos	165 km/h con rachas de 205 km/h
Presión mínima central	976 hPa
Impactos en Tierra en México	A 20 km al Noroeste de Puerto Escondido, Oax., con vientos máximos sostenidos de 150 km/h y rachas de 185 km/h como huracán de categorías I de la escala Saffir-Simpson, el día 15 de junio del 2012 poco después de 22:00 horas.
Estados Afectados	Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y su de Veracruz,
Lluvia máxima reportada en 24 horas.	350 mm en Tuxtepec, Oax., el día 16 de junio de 2012

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Bárbara

Tabla 35. Resumen Huracán Bárbara

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Tiempo de duración	28-mayo-2013 al 30-mayo-2013
Intensidad máxima de vientos	35 km/h con rachas de 55 km/h
Presión mínima central	990 hPa
Impactos en Tierra en México	2 muertos, 1 desaparecido, deslaves de taludes en carreteras y cerros, Puerto de Acapulco cerrado.
Estados Afectados	Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Manuel

Tabla 36. Resumen Huracán Manuel

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Tiempo de duración	13-sep-2013 al 20-sep-2013
Intensidad máxima de vientos	120 km/h y vientos de 110 km/h
Presión mínima central	985 h Pa
Impactos en Tierra en México	169 fallecimientos impacto en el Sureste y occidente de México con daños de 4.2 millones de dólares.
Estados Afectados	Guerrero, Michoacán, Colima, Sinaloa, Chihuahua
Lluvia máxima acumulada	412.2 mm en Sinaloa el 19 de Septiembre de 2012

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

2.1.4 Modelos de Trayectoria

En las tablas 268 y 269 ubicadas en el apartado de Anexos, se observa un pequeño resumen de las ecuaciones obtenidas mediante la programación genética, se decidió dividir las de acuerdo al caso “trayectoria continua, trayectoria en intervalos y $Y=f(x)$ ” y al mismo tiempo agruparlas de acuerdo al tipo.

- Paramétricas $x=f(P, V)$ $y=f(P, V)$

Donde P: presión (del aire), V: módulo de velocidad del viento

- Cartesianas $y=f(x)$.

Donde X: longitud en grados, Y: latitud en grados

Para la obtención de las ecuaciones se utilizó en los tres casos (trayectoria continua, trayectoria en intervalos y $y=f(x)$) operadores algebraicos, tales como suma, resta, multiplicación y división. En el caso de Trayectoria continua (una regla de correspondencia) y trayectoria en intervalos (varias reglas de correspondencia), se obtuvieron ecuaciones algebraicas, mientras que en el último caso “ $Y=f(x)$ ” las ecuaciones que se obtuvieron fueron de tipo cartesiana

2.2 HURACANES EN EL GOLFO DE MÉXICO

2.2.1 Trayectorias a seguir

Huracán Isidoro 2002 (Septiembre 14-26) “Categoría 3”

El Huracán Isidoro (en inglés hurricane Isidore) fue la novena de doce tormentas denominadas y el segundo huracán de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2002. Una de ocho tormentas denominadas formadas en septiembre, alcanzó la categoría 3 en la escala de huracanes de Saffir-Simpson y causó daños y algunos decesos en Jamaica, Cuba, México, y los Estados Unidos de América. Isidoro destaca por haber amenazado la costa norte del golfo de México como huracán de categoría 4, para luego tocarla como tormenta tropical moderada debido a un cambio en su ruta.



Imagen 23. Trayectoria Huracán Isidoro. The National Hurricane Center

Tabla 37. Resumen de Evolución Huracán Isidoro

Isidoro	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hPa	Categoría "Saffir-Simpson"	Edos Afectados
	14-Sep-02	2950 km de las costas de Quintana Roo.	Onda Tropical	45	65	1009		
	18-Sep-02	Cerca de Jamaica	Tormenta Tropical	65	85	1006		
	19-Sep-02	Sureste de cuba	Huracán	120	150		I	
	20-Sep-02	Costas Occidentales de Cuba	Huracán	165	205		II	
	21-Sep-02	Parte media del canal de Yucatán	Huracán	185	220	955	III	
	22-Sep-02	Telhac Puerto	Impacto tierra Firme	205	250		III	Yucatán y Campeche
	23-Sep-02	100 km al sur de Mérida, Yuc.	Tormenta Tropical	110	140			
	24-Sep-02	55 km al norte de Progreso, Yuc.	Tormenta Tropical	85	100	987		
	25-Sep-02	200 km de Nueva Orleans, Louisiana	Tormenta Tropical	100				
	26-Sep-02	32 km al suroeste de Nueva Orleans, Lousiana	Tormenta Tropical	100				
	26-Sep-02	90 km al Noroeste de Jackson, Mississippi, EUA.	Depresión Tropical	55				

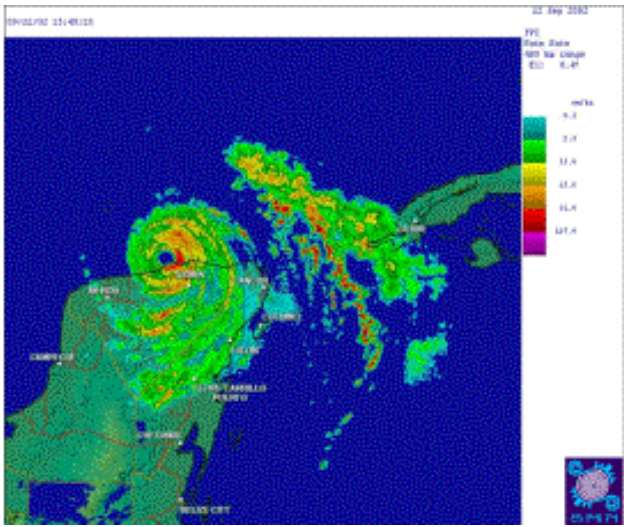


Imagen 24. Del radar de Cancún. CSMN

Huracán Cindy 2005 (Julio 03-07) “Categoría 1”

El huracán Cindy fue un breve huracán de intensidad mínima formado en el golfo de México durante julio en la Temporada de 2005. Fue la tercera tormenta nombrada y el primer huracán de la estación. En su momento, se clasificó como tormenta tropical de máxima intensidad, pero su categoría fue aumentada a huracán de intensidad mínima (categoría 1) en análisis posteriores.

El huracán Cindy se formó el 3 de julio al este de la península del Yucatán, en el mar Caribe. La depresión pronto tocó tierra en la península y se debilitó antes de resurgir en el golfo de México el 4 de julio.



Imagen 25. Trayectoria Huracán Cindy. The National Hurricane Center.

Tabla 38. Resumen de Evolución Huracán Cindy

Cindy	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Registro Lluvia máxima puntual Acumulada	Edos Afectados
	03-Jul-05	Extremo Occidental del Mar Caribe	Depresión Tropical Numero 3				
	04-Jul-05	Movimiento al Noroeste	Depresión Tropical Numero 3	55	75	710 mm en Cancún Quintana Roo.	Yucatán
	05-Jul-05	Cruzo la península de Yucatán y emergió sobre el Golfo de México	Tormenta Tropical				
	06-Jul-05	Sureste de Louisiana	Tormenta Tropical				
	07-Jul-05	Centro de Alabama	Disipación				

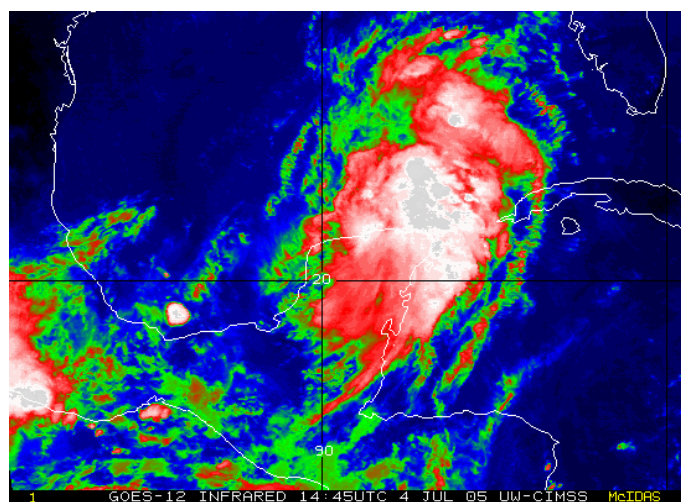


Imagen 26. Del Satélite GOES-12 en canal infrarrojo IR2
Efectos de la depresión tropical No. 3 cruzando la península de
Yucatán
4 de Julio de 2005 / 14:45 GMT

Huracán Emily 2005 (Julio 10-21) “Categoría 5”

El huracán Emily fue el segundo huracán mayor y el primero en alcanzar la categoría 5 de huracán en la Temporada. La tormenta se formó en julio en Cabo Verde -antes de pasar por las islas de Barlovento, donde causó graves daños en Granada.

Emily entonces tocó tierra sobre la península de Yucatán como una tormenta categoría 5, primero a la isla de Cozumel y luego justo al norte de Tulum sobre el estado de Quintana Roo. Después del cruce de la bahía de Campeche, tocó tierra en el estado de Tamaulipas en el norte de México.



Imagen 27. Trayectoria Huracán Emily.
The National Hurricane Center.

Tabla 39. Resumen de Evolución Huracán Emily

Emily	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hPa	Categoría "Saffir-Simpson"	Edos Afectados
	10-Jul-05	2055 km al Este-Sureste de las Antillas Menores	Onda Tropical	45		1010		
	11-Jul-05	1610 km al Este-Sureste de las Antillas Menores	Tormenta Tropical	75				
	13-Jul-05	70 km al Este-Sureste de la Isla de Granada	Huracán	150		992		
	14-Jul-05	2590 km al Oriente de las Costas de Quintana Roo.	Huracán	185		968	III	
	15-Jul-05	Sureste del Mar Caribe	Huracán	215		952	IV	
	16-Jul-05	210 km al Sur-Sureste de Jamaica	Huracán	280		937	IV y V	
	17-Jul-05	405 km al Este-Sureste de Cozumel, Quintana Roo	Huracán	263		946		Isla de Cozumel e Isla Mujeres
	18-Jul-05	Inmediaciones de Tulum, Q. R.	Huracán	215	260	955	IV	
	18-Jul-05	04:00 hrs en la parte Noroeste de la Península de Yucatán	Huracán	175	220	962	II	
	18-Jul-05	10:00 hrs se retoma al Mar, Golfo de México	Huracán	120			I	
	19-Jul-05	16:00 hrs a 225 km al Este-Noreste de la Pesca, Tamps.	Huracán	160	195		II	
	19-Jul-05	1800 hrs 195 km al Este-Noreste de la Pesca, Tamps.	Huracán	205	240		III	
	20-Jul-05	09:00 hrs en Costa de Tamaulipas	Huracán	205	250			Tamaulipas
	20-Jul-05	11:00 hrs a 30 km al Noroeste de San Fernando, Tamps.	Huracán	165	205		II	
	20-Jul-05	16:00 hrs a 80 km al sureste de Monterrey, N.L.	Tormenta Tropical	110	140			
	21-Jul-05	04:00 hrs a 50 km al sur de Sahilco Coah.	Depresión Tropical	55	75			

Huracán Stan 2005 (Octubre 01-05) “Categoría 1”

El huracán Stan fue la decimoctava tormenta tropical y el décimo huracán de la temporada de huracanes del océano Atlántico en 2005. Stan fue la segunda tormenta "S" desde que comenzó a usarse el sistema de denominaciones de huracanes; el otro fue la tormenta tropical Sebastián de 1995.

Fue una tormenta relativamente fuerte que, mientras se estableció como huracán de Categoría 1 durante un corto período, causó inundaciones y desprendimientos en los países centroamericanos de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua además del sur de México durante los días 3, 4 y 5 de octubre de 2005.

Los territorios más afectados fueron Guatemala y El Salvador, países en los que se produjeron el mayor número de fallecidos, y donde decenas de comunidades y pueblos quedaron completamente aislados.



Imagen 28. Trayectoria Huracán Stan. The National Hurricane Center.

Tabla 40. Resumen de Evolución Huracán Stan

Stan	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hPa	Categoría "Saffir-Simpson"
	01-Oct-05	180 km al Sureste de Cozumel, Q.R.	Depresión Tropical	45	65	1007	
	01-Oct-05	Tarde a 20 km al este de la costa de Quintana Roo	Tormenta tropical	75	90		
	02-Oct-05	07:00 a 33 km al Este-Noroeste de Felipe Carrillo Puerto	Tormenta tropical	75	95		
	02-Oct-05	Cruza la Península de Yucatán	Depresión Tropical	55			
	03-Oct-05	Salió del Golfo de México	Tormenta tropical	65	85		
	04-Oct-05	75 km al Noroeste de Coatzacoalcos Ver.	Huracán	130	155		I
	04-Oct-05	10:00 hrs toca tierra entre punta roca y Monte Pio, Ver.	Huracán	130			
	04-Oct-05	Noche cruza la sierra parte Norte de Oaxaca	Depresión Tropical	55	75		
	05-Oct-05	Avanzo sobre la región montañosa del edo. de Oaxaca	Disipación				

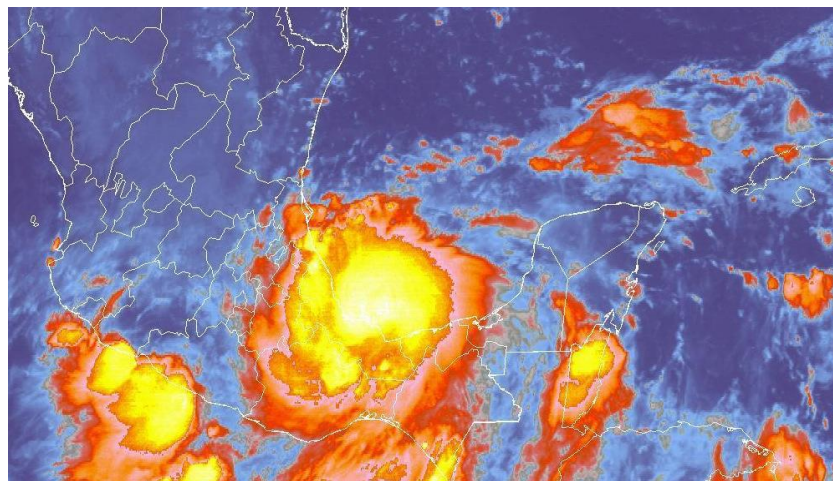


Imagen 29. Del Satélite GOES con el centro del huracán "Stan" impactando el sur de Veracruz el día 4 de octubre a las 10:00 horas loca

Huracán Wilma 2005 (Octubre 15-25) “Categoría 5”

Wilma fue el cuarto huracán de categoría 5 de la temporada que batió el récord de las temporadas pasadas de 1960 y 1961. Es el huracán más intenso registrado en el Atlántico y el décimo ciclón tropical más intenso registrado en todo el mundo (los otros 9 fueron tifones), con la presión más baja reportada en el hemisferio occidental, un récord que ostentaba el Huracán Gilbert (con 888 hPa, Wilma alcanzó los 882 hPa), que también alcanzó a ser el huracán más intenso de la zona hasta entonces.

Además, Wilma fue el tercer huracán de categoría 5 registrado en octubre, mientras que los otros dos fueron el Huracán Mitch de 1998, y el Huracán Hattie de 1961

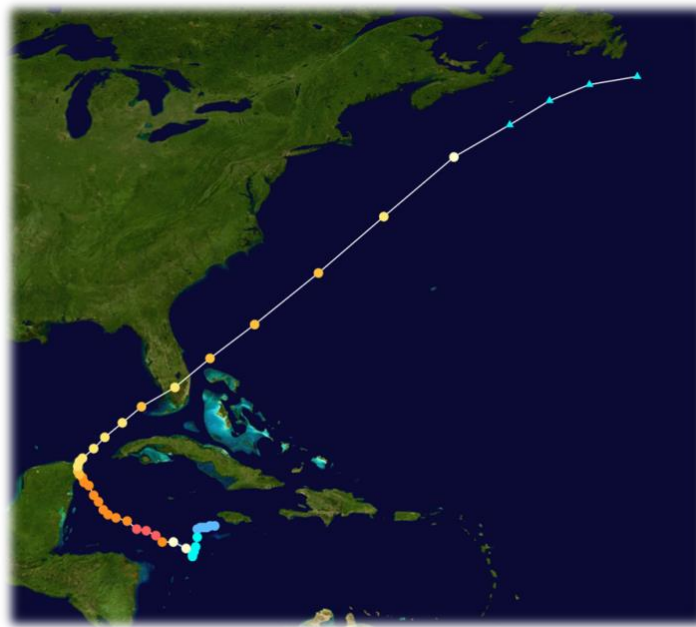


Imagen 30. Trayectoria Huracán Wilma.
The National Hurricane Center.

Tabla 41. Resumen de Evolución Huracán Wilma

<i>Wilma</i>	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Categoría "Saffir- Simpson"
	15-Oct-05	930 km al este-Sureste de Cancún, Quintana Roo.	Depresión Tropical			
	17-Oct-05		Tormenta Tropical	65		
	18-Oct-05		Huracán			I
	19-Oct-05	65 km al este-noroeste de Cancún, Q. Roo.	Huracán	270	315	V
	20-Oct-05	10:00 hrs a 275 km al sur-sureste de Cozumel, Quintana Roo.	Huracán	230		IV
	20-Oct-05	13:00 hrs a 65 km al sur de Cancún, Quintana Roo.	Huracán	220	270	
	21-Oct-05	Península de Yucatán, cerca de El Rancho Grande	Huracán	220		IV
	22-Oct-05	22:00 hrs hacia el Golfo de México	Huracán			II
	24-Oct-05	Palm Beach, USA	Huracán			
	25-Oct-05	500 km al sur de la ciudad de Halifax, Canadá	Disipación			



Imagen 31. Del radar de Cancún en el momento de impacto en tierra firme del ojo del huracán Wilma 22 Oct 02:45 GMT

Huracán Dean 2007 (Agosto 13-23) “Categoría 5”

El huracán Dean fue la cuarta tormenta en recibir nombre, tercer ciclón tropical y primer huracán de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2007, así mismo, fue el huracán más intenso registrado en la cuenca del océano Atlántico desde el huracán Wilma en 2005. Fue un huracán del tipo denominado «Cabo Verde» y se movió en sentido este-oeste a través del mar Caribe después de haber pasado sobre las Antillas Menores donde dejó un saldo de tres muertos, uno en la República Dominicana; y devastaciones en México, donde dejó 14 muertos. El 20 de agosto a las 20:00 Tiempo del Centro alcanzó la Categoría 5.



Imagen 32. Trayectoria Huracán Dean The National Hurricane Center.

Tabla 42. Resumen de Evolución Huracán Dean

Dean	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Categoría "Saffir-Simpson"
	13-Ago-07	840 km al Oeste de las Islas de Cabo Verde, Portugal	Depresión Tropical	55		
	14-Ago-07	centro a mas de 2400 km al Oriente de las Antillas Menores	Tormenta Tropical	65		
	16-Ago-07	Centro se Localiza a 780 km al Oriente de Barbados	Huracán	120		I
	16-Ago-07	16:00 hrs, centro a 490 km al Oriente de Martinique	Huracán	155		II
	17-Ago-07	13:00 hrs, centro a 280 km al Oriente de la Isla Martinique	Huracán	205	250	III
	17-Ago-07	19:00 hrs, centro a 410 km al Sur-Sureste de Puerto Rico	Huracán	215	260	IV
	20-Ago-07	22:00 hrs, centro a 175 km al Este-Sureste de Puerto Bravo, Quintana Roo	Huracán	260	315	V
	21-Ago-07	03:00 hrs, centro a 65 km al Este de Chetumal, Quintana Roo	Huracán	260	315	III
	21-Ago-07	16:00 hrs, centro a 60 km al Oeste de Champton, Campeche (Regresa al mar)	Huracán	130	165	I
	22-Ago-07	12:45 hrs, centro a 10 km al Suroeste de Barra de Tecolutla; Veracruz (segundo impacto)	Huracán	155	195	II
	22-Ago-07	21:00 hrs	Tormenta Tropical			
	23-Ago-07	03:00 hrs	Depresión Tropical			



Imagen 33. Huracán Dean el 20 de Agosto a las 18:41 GMT.
Satélite NOAA-18- Fuente NOAA

Huracán Lorenzo 2007 (Septiembre 25-28) "Categoría 1"

El huracán Lorenzo fue la duodécima tormenta en recibir dicho nombre, cuarto huracán y décimo tercer ciclón tropical de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2007. Durante el 26 de septiembre, Lorenzo se mantuvo como depresión tropical con un desplazamiento casi estacionario, lo que le propició un desarrollo gradual. Ya al medio día del 27 de septiembre estaba muy cerca de las costas mexicanas de Veracruz penetrando la madrugada del día 28 en dicho estado.

Lorenzo se intensificó a huracán de categoría 1 con vientos sostenidos de 120 km/h y rachas de hasta 150 km/h.



Imagen 34. Trayectoria Huracán Lorenzo. The National Hurricane Center.

Tabla 43. Resumen de Evolución Huracán Lorenzo

Lorenzo	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Categoría "Saffir-Simpson"
	25-Sep-07	245 km al Este-Sureste de Tuxpan, Veracruz	Depresión tropical			
	26-Sep-07	Bahía de Campeche	Depresión tropical			
	27-Sep-07	13:00 hrs	Tormenta Tropical			
	28-Sep-07	01:00 hrs, Inmediaciones de la Barra de Tecolutla, Veracruz	Huracán	130	155	I
	28-Sep-07	35 km al Nor-Noroeste de Poza Rica, Veracruz	Tormenta Tropical	100	120	

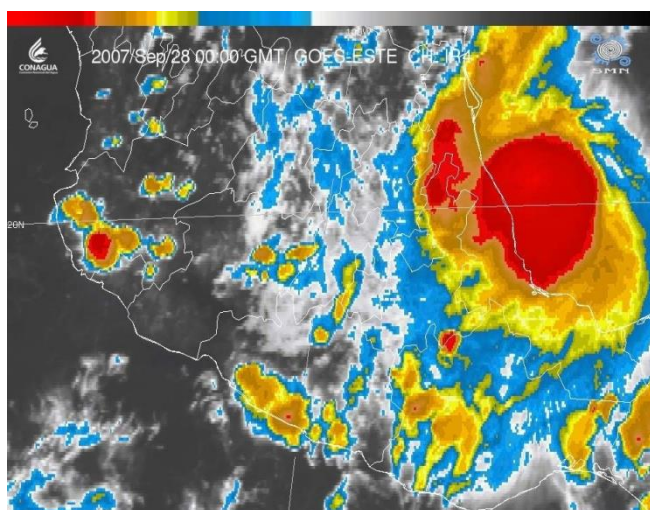


Imagen 35. El huracán "Lorenzo" impactando al estado de Veracruz
Imagen en canal infrarrojo del satélite GOES-E. 28 de septiembre de 2007 / 00:00 GM

Efectos intensos de "Lorenzo" en los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas, San Luis Potosí y Oaxaca.

Huracán Alex 2010 (25 junio – 02 Julio) “Categoría 2”

El huracán Alex fue el primer ciclón tropical de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2010. Formado a partir de una potente onda tropical, se desarrolló lentamente en el mar Caribe y se desplazó hacia el Oeste mientras se organizaba e intensificaba hasta tocar tierra al Norte de la Ciudad de Belice. Su tránsito sobre tierra en la península de Yucatán lo debilitó, pero volvió a ganar intensidad de tormenta tropical al reingresar al mar en el golfo de México. Alex fue el primer huracán que se formó en el océano Atlántico en el mes de junio desde el Huracán Allison de la temporada de 1995.

Alex ha sido responsable de la muerte de al menos 23 personas en su recorrido. En el mar Caribe, el sistema produjo intensas lluvias en La Española, provocando una muerte y un desaparecido en República Dominicana. Durante la primera entrada en tierra, las inundaciones provocaron otras diez víctimas y en México, la tormenta causó otras tres muertes en Acapulco y dos más en Chiapas y Oaxaca, respectivamente. Finalmente, después de tocar tierra en Tamaulipas, el huracán provocó otras siete muertes y un desaparecido en Nuevo León. Además de inundaciones considerables, Alex provocó cortes de energía eléctrica en el Noreste de México y en el extremo austral de Texas.



Imagen 36. Trayectoria Huracán Alex. The National Hurricane Center.

Tabla 44. Resumen de Evolución Huracán Alex

Alex	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Presión mínima hPa	Categoría "Saffir-Simpson"
	25-Jun-10	Occidente del Mar Caribe a 505 km al Este-Sureste de Puerto Bravo, Q.R.	Depresión Tropical	55	75	1004	
	26-Jun-10	355 km al Sureste de Puerto Bravo, Q.R.	Tormenta Tropical	65	85		
	26-Jun-10	En la Tarde, a 145 km al Sur-Sureste de Chetumal, Q.R.	Tormenta Tropical	100	120		
	26-Jun-10	21:30 hrs, Toco tierra en las cercanías de la Ciudad de Belice	Tormenta Tropical	95	110		
	27-Jun-10	10:00 hrs, a 75 km al Sur-Suroeste de Champotón, Campeche	Depresión Tropical	55	75		
	27-Jun-10	16:00 hrs, salió al mar en el Sur del Golfo de México	Depresión Tropical	55	75		
	27-Jun-10	22:00 hrs, a 60 km al Oeste de Champotón, Camp.	Tormenta Tropical	75	95		
	28-Jun-10	04:00 hrs, a 100 km al Oeste-Noroeste de Champotón, Camp.	Tormenta Tropical	85	100		
	29-Jun-10	390 km al Este de la Pesca, Tamaulipas	Tormenta Tropical	110	140		
	30-Jun-10	Noche, 310 km al Este-Sureste de la Pesca, Tamaulipas	Huracán	120	150		I
	30-Jun-10	18:00 hrs, a 90 km al Noreste de La Pesca, Tamaulipas	Huracán	155	195		II
	30-Jun-10	21:00 hrs, Toco tierra en la costa de Tamaulipas	Huracán	165	205		II
	01-Jul-10	01:00 hrs, a 60 km al Noroeste de la Pesca, Tamaulipas	Huracán	140			I
	01-Jul-10	07:00 hrs, a 85 km al Oeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas	Tormenta Tropical	110	140		
	01-Jul-10	19:00 hrs, en las cercanías de la población de Villa de Santo Domingo, SLP.	Depresión Tropical	55	75		
	01-Jul-10	22:00 hrs, inmediaciones de Villa de Cos, Zacatecas	Depresión Tropical	45	65		

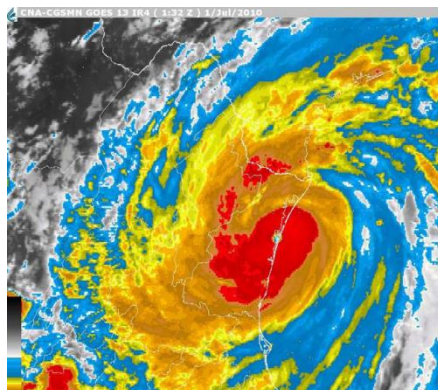


Imagen 37. Imagen de satélite con la entrada a tierra sobre Tamaulipas
Fuente: CNA-CGSMN - GOES-13 IR4 Julio 01.2010 / 01:32 GMT

Huracán Karl 2010 (Septiembre 14-18) “Categoría 3”

El huracán Karl fue el decimotercer ciclón tropical de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2010. Asimismo, fue la undécima tormenta tropical y el sexto huracán que se formó en la temporada. Karl se originó en el mar Caribe e impactó en la península de Yucatán como una Tormenta tropical fuerte, hasta emerger al golfo de México donde se reorganizó gradualmente hasta alcanzar la categoría 3 (huracán mayor) en la escala de Saffir-Simpson e impactó la costa oriental de México la mañana del 17 de septiembre.



Imagen 38. Trayectoria Huracán Karl. The National Hurricane Center.

Tabla 45. Resumen de Evolución Huracán Karl

<i>Karl</i>	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Categoría "Saffir-Simpson"
	14-Sep-10	365 km al Este de Puerto Bravo, Q.R.	Tormenta Tropical	65	85	
	14-Sep-10	noche, a 300 km de Puerto Bravo, Q.R.	Tormenta Tropical	75	90	
	15-Sep-10	Madrugada, a 100 km al Este-Sureste de Puerto Bravo, Q.R.	Tormenta Tropical	100	120	
	15-Sep-10	07:45 hrs, toco tierra a 15 km al Sur-Suroeste de Puerto Bravo, Q.R.	Tormenta Tropical	100	120	
	15-Sep-10	Tarde, a 130 km al Oeste-Noroeste de Chetumal, Q.R.	Tormenta Tropical	75	95	
	15-Sep-10	Noche, sobre la Costa Oeste de la Península de Yucatán	Tormenta Tropical	65	85	
	16-Sep-10	04:00 hrs, a 110 km al Oeste de Campeche, Campeche.	Tormenta Tropical	85	100	
	16-Sep-10	10:00 hrs, a 200 km al Noroeste de Ciudad del Carmen, Campeche	Huracán	120	150	
	16-Sep-10	22:00 hrs, a 180 km al Este-Noroeste de Veracruz, Veracruz	Huracán	155	195	II
	17-Sep-10	04:00 hrs, a 110 km al Este-Noroeste de Veracruz, Veracruz	Huracán	195	240	III
	17-Sep-10	11:00 hrs, a 25 km al Nor-Noreste de Veracruz, Veracruz	Huracán	190	235	IV
	17-Sep-10	12:00 hrs, Toco tierra en la población de Playa Chachalacas	Huracán	185	230	IV
	17-Sep-10	01:00 hrs, a 25 km al Oeste de Veracruz, Veracruz	Huracán	175	210	II
	17-Sep-10	15:00 hrs, a 50 km al Oeste-Suroeste de Veracruz, Veracruz	Huracán	150	185	I
	17-Sep-10	19:00 hrs, a 115 km al Este de Puebla, Puebla	Tormenta Tropical	115	140	
	17-Sep-10	22:00 hrs, a 85 km al Sureste de la Ciudad de Puebla, Puebla	Depresión Tropical	55	75	
	18-Sep-10	04:00 hrs, a 95 km al Sur-Sureste de la Ciudad de Puebla, Puebla	Depresión Tropical	35	45	

Huracán Ernesto 2012 (agosto 01-10) “Categoría 2”

El Huracán Ernesto fue un ciclón tropical devastador que afectó varias áreas del Caribe y Centroamérica durante el mes de Agosto de 2012. Fue la quinta tormenta nombrada y el segundo huracán de la temporada de 2012, Ernesto nació de una onda tropical que emergió de la costa occidental de África a finales de julio. Desplazándose hacia el oeste, el sistema desarrolló en una depresión tropical en el Atlántico central, y antes de entrar al Caribe, en Tormenta tropical. El sistema se encontró con una cizalladura de viento alta al sur de Jamaica pero subsecuentemente alcanzó su máximo de intensidad a huracán de categoría dos, antes de tocar tierra en la península de Yucatán. Ernesto salió a la Bahía de Campeche como una tormenta tropical intensa antes de disiparse en las montañas del centro de México. Sus remanentes pasaron al océano Pacífico, donde contribuyeron a la formación de la Tormenta Tropical Héctor.

Posteriormente a la formación del sistema, avisos y advertencias de tormenta tropical fueron emitidos en las Islas de Sotavento. Avisos y advertencias de huracán fueron emitidos en partes de las islas del Caribe a medida que Ernesto cruzó hacia el Mar Caribe central. Evacuaciones fueron efectuadas en áreas bajas de la península de Yucatán, vuelos y abordajes de cruceros fueron cancelados.



Imagen 39. Trayectoria Huracán Ernesto. The National Hurricane Center.

Tabla 46. Resumen de Evolución Huracán Ernesto

Ernesto	Día	Lugar	Evolución	Vientos km/h	Rachas km/h	Categoría "Saffir-Simpson"
	01-Ago-12	1300 km al Este de las Antillas Menores	Depresión Tropical	55	75	
	02-Ago-12	3345 km al Este de la costa de Quintana Roo	Tormenta Tropical	85	100	
	07-Ago-12	13:00 hrs, a 295 km al Este de Chetumal, Q.R.	Huracán	130	160	I
	07-Ago-12	22:00 hrs, a 65 km al Este-Noroeste de Chetumal, Q.R.	Huracán	140	165	II
	08-Ago-12	01:00 hrs, a 35 km al Norte de Chetumal, Q.R.	Huracán	130	155	I
	08-Ago-12	04:00 hrs, sobre la frontera entre Quintana Roo y Tabasco	Tormenta Tropical	110	140	
	08-Ago-12	13:00 hrs, a 27 km al Sureste de Punta Xochen, Campeche	Tormenta Tropical	75	95	
	09-Ago-12	Por la mañana, a 65 km al Nor-Noreste de Coatzacoalcos, Veracruz	Tormenta Tropical	110	130	
	09-Ago-12	10:00 hrs, a 10 km al Este de Coatzacoalcos, Veracruz	Tormenta Tropical	95	110	
	10-Ago-12	01:00 hrs, a 55 km al Sur-Sureste de Tehuacán, Puebla	Depresión Tropical	55	75	
	10-Ago-12	10:00 hrs, a 60 km al Noreste de Chilpancingo, Guerrero	Baja Presión	35	50	

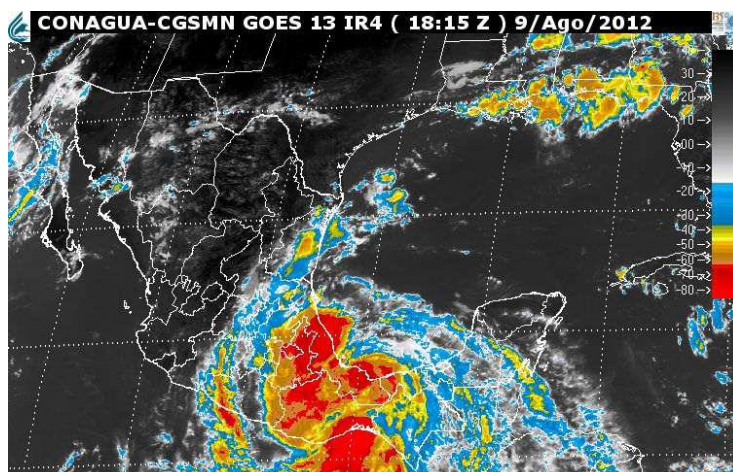


Imagen 40. Imagen de satélite. Fuente: CONAGUA-CGSMN GOES 13 IR4 9/Ago/2012 18:15 GMT (Durante su segundo impacto)

2.2.2 Daños ocasionados

Huracán Isidoro

Evaluación de daños en el Estado de Yucatán

Las pérdidas económicas que generó el fenómeno se estiman en 6,535 millones de pesos, de los cuales más del 85% (5,558.7 millones de pesos) correspondieron a destrucción de acervos, mientras que el restante 15% (976.6 millones de pesos) a pérdidas en la producción de bienes y servicios, así como otras afectaciones. Sufrieron daños hoteles de lujo, residencias veraniegas, viviendas modestas, actividad ganadera, industrial y pesquera, tramos carreteros e infinidad de postes y equipo eléctrico. Las pérdidas fueron de tal magnitud que ascendieron nada menos que al 8.7% del producto interno bruto que generó la entidad para el año 2000, el cual ascendió a 75 mil millones de pesos actuales.

Tabla 47. Resumen de daños totales (Miles de pesos)

Sector/Concepto	Daños Directos	Daños Indirectos	Total	Porcentaje del Total
Agricultura		532876	532876.1	8.2
Ganadería	1130000		1130000	17.3
Pesca	7000		7000	0.1
Industria, comercio y servicios	1655000	638000	2293000	35.1
Micro y pequeña	734800	283,300,0	1018100	15.5
Medianas y grandes	920200	354700	1,274,900,0	19.6
Vivienda	1357524.5	143720	1501244.5	23
Escuelas	134429.8	27449.2	161879	2.5
Hospitales y centros de salud	37760.7	49577.2	87337.9	1.3
Comunicaciones y transportes	206448.8	30000	236448.8	3.6
Agua potable	41238.3		41238.3	0.6
Suministro de electricidad	296798		296798	4.5
Impacto ecológico	62540.7	20000	82540.7	1.3
Costo de la emergencia		165000	165000	2.5
Total General de Daños	5558740.8	976,622,4	6535363.2	100

Evaluación de daños en el Estado de Campeche

Los daños causados en el estado de Campeche por los efectos del huracán Isidore suman en total los 2,342 millones, de los cuales el 46.1%, es decir 1,080 millones, correspondió a daños directos a los acervos de los diferentes sectores económicos y sociales, mientras que el restante 53.9% correspondió a daños indirectos que trajo el fenómeno a su paso por la entidad. Estas pérdidas tienen una elevada incidencia en la economía del estado, ya que relacionadas con el producto interno bruto de la entidad ascienden a 3.6%.

Tabla 48. Resumen de daños (Miles de pesos)

Sector/Concepto	Daños Directos	Daños Indirectos	Total	Porcentaje del Total
Agricultura	55,519.00	322,534.30	378,053.30	16.10
Ganadería	414,026.20		414,026.20	17.70
Pesca	47,402.50		47,402.50	2.00
Industria	12,158.70	2,537.70	14,696.40	0.60
Comercio	39,158.70	7,450.00	46,608.70	2.00
Vivienda	32,631.40	3,068.30	35,699.70	1.50
Escuelas	153,780.30		153,780.30	6.60
Hospitales y centros de salud	26,962.80		26,962.80	1.20
Comunicaciones y transportes	208,000.00		208,000.00	8.90
Agua potable	45,741.50		45,741.50	1.90
Suministro de electricidad	26,000.00	5,000.00	31,000.00	1.30
Producción de Petróleo		895,233.60	895,233.60	38.20
Impacto ecológico	18,436.70		18,436.70	0.80
Costo de la emergencia		26,550.00	26,550.00	1.10
Total General de Daños	1,079,817.80	1,262,373.90	2,342,191.70	100.00

Huracán Cindy

El huracán produjo fuertes precipitaciones en todas las áreas costeras del sureste Louisiana, Mississippi y Alabama, y causaron daños por el viento de menor importancia en la Nueva Orleans área metropolitana. Cindy también fue el primero de los cinco ciclones tropicales con nombre que se desarrollaron durante el mes de Julio.

Tabla 49. Resumen de daños y pérdidas ocasionados por el Huracán Cindy

Estado	Afectación
Louisiana y Mississippi	300 hogares sin suministro eléctrico
Nueva Orleans	arables dañados y calles inundadas
Alabama	daño arables y líneas eléctricas, destruyo un taller de auto y daño coches cercanos

Cuando la tormenta tropical Cindy formó el 5 de julio, fue la séptima vez que el nombre de Cindy se utiliza para nombrar una tormenta tropical en el Océano Atlántico. Debido a la falta de los principales efectos del huracán, el nombre Cindy no fue recogido por la Organización Meteorológica Mundial y asistirá a la lista de nombres de huracanes para la temporada 2011.

Huracán Emily

Impacto socioeconómico agregado para los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León

Los daños causados por el fenómeno se calcularon en 8,871 millones de pesos, es decir 837 millones de dólares aproximadamente. Si se excluyen los daños sobre la actividad petrolera, las pérdidas totales acumuladas para los cuatro estados ascendieron a 4,387.8 millones de pesos, es decir, algo más que 400 millones de dólares.

Del total de daños cuantificados, 3,427 millones de pesos (38.6%) fueron afectaciones a los acervos, es decir daños directos, y 5,444 millones (61.4%) se consideraron como efectos indirectos asociados al fenómeno, es decir, tanto el lucro cesante derivado de la paralización de producción de bienes y servicios durante el lapso que duró el proceso de rehabilitación de la infraestructura y del aparato productivo, como los gastos extraordinarios relacionados con la atención de la emergencia.

Tabla 50. Resumen de daños a consecuencia del huracán “Emily” (Millones de pesos)

Estado	Daños directos	Daños indirectos	Total de daños	Porcentaje
Tamaulipas	1,491.50	38.7	1,530.20	17.2
Nuevo León	612.4	114.1	726.5	8.2
Yucatán	892.7	127.6	1,020.30	11.5
Quintana Roo	431.1	679.7	1,110.80	12.5
Sub-total	3,427.70	960.1	4,387.80	49.5
Daños en PEMEX	0	4,484.00	4,484.00	50.5
Total	3,427.70	5,444.10	8,871.80	100

Del total de daños cuantificados, 50.5% se presentaron en Petróleos Mexicanos (PEMEX), ya que a consecuencia del fenómeno se tuvieron que evacuar las plataformas petroleras de la Península de Yucatán y la Sonda de Campeche con lo que se dejaron de explotar 23 pozos petroleros. Debido a lo anterior, se suspendió la producción diaria de 2 millones 950 mil barriles de petróleo y 1,600 millones de pies cúbicos de gas. De igual forma se dejaron de exportar 1 millón 870 mil barriles de crudo diarios.

Huracán Stan

Impacto socioeconómico agregado para los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas

En México, el meteoro ingresó por la costa del golfo, en la región de los Tuxtlas, donde más de cien mil personas fueron evacuadas avanzando por las regiones costeras incluyendo el Puerto de Veracruz, Boca del Río, Minatitlán y Coatzacoalcos.

El sistema fue avanzando tierra adentro hacia la Sierra Madre del Sur en dirección al oeste del Istmo de Tehuantepec, los estados de Oaxaca y Chiapas fueron afectados, éste último cerca del límite con Guatemala, con singular intensidad particularmente la ciudad de Tapachula donde el río Coatán se desbordó causando tremendos daños (puentes, casas, escuelas y centros de salud). En este estado fue donde se registró el mayor número de decesos (86).

Tabla 51. Resumen de los decesos y de los daños directos e indirectos causados por el huracán "Stan" en México

Estado	No. De Muertos	Daños directos	Daños indirectos	Total de daños
Hidalgo	4	742.1	77.8	819.8
Puebla	3	807.6	109.8	917.3
Oaxaca	5	1,396.10	361.6	1,757.70
Veracruz	0	2,034.40	501.4	2,535.70
Chiapas	86	8,787.10	6,244.40	15,031.50
Total	98	13,767.20	7,294.90	21,062.00

Tabla 52. Concentrado de daños provocados por el huracán "Stan" a cada uno de los sectores en los cinco estados afectados (En millones de pesos)

Estado	Vivienda	Educación	Salud	Hidráulico	Eléctrico	Obras Publicas	Comunicacion es y Transportes	Agropecuario	Comercio e industria	Turismo	Medio ambiente	Atención a la emergencia	Total
Hidalgo	38	14.8	4.9	54			668.7	6				33.3	819.7
Puebla	168.2	66.1	24.1	7.1	0.4	0.9	556.7	19.8				74	917.3
Oaxaca	119	37.8	65.3	74.2	41.1		1,141.20	232.5				46.5	1,757.50
Veracruz	131.2	3.7	71.3	277.8	157.4		1,070.40	536.8	7.4		190.5	89.2	2,535.60
Chiapas	1577.6	245.5	72.6	3991.6	254.8	682.3	3756	3081.1	30 3.7	3.7	764.5	298.3	15031.8
Total	2034	368	238.2	4404.8	453.7	683.3	7193	3876.1	31 1.1	3.7	955	541.2	21062

Huracán Wilma

Impacto socioeconómico

El huracán “Wilma” afectó en el mes de octubre a los estados de Yucatán y Quintana Roo, sin embargo en este último se presentaron los mayores detrimentos convirtiéndolo en el huracán que mayores pérdidas económicas ha ocasionado en la historia del estado. En conjunto, las pérdidas a causa de este fenómeno se estimaron en poco más de 18 mil millones de pesos.

Los daños directos que se refieren a la destrucción de infraestructura y acervos ascendieron a 4 mil millones de pesos (25.5% del monto total de los daños en ambos estados), el mayor monto de las afectaciones correspondió a los efectos indirectos (74.4% del monto total de las afectaciones) que en este caso concernieron principalmente a los efectos en actividades turísticas del estado de Quintana Roo, tales como los ingresos dejados de percibir por falta de operatividad de las diferentes instalaciones turísticas.

Tabla 53. Resumen de los daños directos e indirectos causados por el huracán "Wilma" en México

Estado	Daños directos (millones de pesos)	Daños indirectos (millones de pesos)	Total de daños (millones de pesos)
Yucatán	295.4	219.6	514.9
Quintana Roo	4,506.00	13,752.00	18,258.00
Total	4,801.40	13,971.60	18,772.90

***Tabla 54. Concentrado de daños provocados por el huracán "Wilma" a cada uno de los sectores
(Millones de pesos)***

Estado	Vivienda	Educación	Salud	Hidráulico	Eléctrico	Comunicaciones y Transportes	Agropecuario	Turismo	Medio ambiente	Atención a la emergencia	Total
Yucatán	264.6	3.2		0	30.1	46	145.9			25.2	514.9
Quintana Roo	360.2	103.6	10.4	38.3	297.4	110	25.9	17,187.60	50.4	74.2	18,258.00
Total	624.8	106.8	10.4	38.3	327.5	156	171.8	17,187.60	50.4	99.4	18,772.90

Huracán Dean

Resumen general de daños ocasionados por el ciclón tropical Dean en la República Mexicana

En total los daños ocasionados por Dean se estimaron en 9,579 millones de pesos, siendo el estado de Veracruz el más afectado con el 31.7% del total, seguido por Hidalgo y Quintana Roo con el 24.7% y el 24.4%, respectivamente. Los daños considerados como directos acumularon la mayor proporción, con el 74%, el restante 26% fue considerado como efectos indirectos asociados al desastre.

Tabla 55. Resumen de daños ocasionados por el huracán Dean en la República Mexicana (Millones de pesos)

Estado	Daños directos	Daños indirectos	Total de daños	Porcentaje
Quintana Roo	1,676.50	661.1	2,337.50	24.4
Yucatán	133.3	8.5	141.8	1.5
Campeche	81.9	129.5	211.4	2.2
Veracruz	2,084.40	951.9	3,036.20	31.7
Puebla	677.2	541.7	1,219.00	12.7
Hidalgo	2,195.00	174.7	2,369.70	24.7
Tlaxcala	61.9	7.6	69.5	0.7
San Luis Potosí	177.2	16.7	193.9	2
Total	7,087.40	2,491.60	9,579.00	100

En la mayoría de los estados afectados la proporción de daños directos fue mayor que los efectos indirectos, lo anterior se debe a que el sector más afectado en la generalidad fue la infraestructura carretera. Campeche fue la excepción, ya que en dicho estado los efectos indirectos fueron mayores que los daños en acervos.

Huracán Lorenzo

Los daños provocados en Veracruz por Lorenzo, Que impacto como huracán de categoría uno en la escala Saffir-Simpson en el Golfo de México y que se degradó a depresión tropical al ingresar a tierra firme, originó afectaciones en los municipios de Poza Rica, Nautla y Tecolutla, ubicadas en la región norte, así como en La Antigua, en el centro de la entidad.

Tabla 56. Resumen de daños y pérdidas ocasionados por el Huracán Lorenzo

Entidades Afectadas	Municipio Afectados	Población Damnificada	Refugios Activados	Población en Refugios	Decesos	Desaparecidos
Veracruz	92.00	113 000	315.00	45 000	1.00	0.00
Hidalgo	20.00	13 320	6.00	164.00	0.00	0.00
TOTAL	112.00	123 320	321.00	45 164	1.00	0.00
+ 5 del estado de Puebla						

Tabla 57. Impacto socioeconómico global del Huracán Lorenzo

Estado	Municipio	Afectación
Veracruz	Poza Rica	10000 viviendas inundadas
Puebla	Chiconcuautla	3 personas muertas
	Naupan	1 persona muerta
		7 personas sepultadas por deslizamiento de tierra
Hidalgo	Tulancingo	Inundaciones
	Huejutla	Derrumbes e incomunicación

Severos daños a la infraestructura eléctrica en 15 municipios de la zona norte de Veracruz, centenares de casas cuyos techos fueron materialmente arrancados por los vientos, el desalojo de aproximadamente 25 mil personas y el desbordamiento del río Cazones fueron, entre otras, algunas de las consecuencias que provocó tan solo en Veracruz el huracán "Lorenzo".

Huracán Alex

El impacto social y económico provocado por este fenómeno fue severo e incluso superior en términos económicos, a los huracanes Stan y Wilma que azotaron territorio nacional en 2005. De hecho Alex se ha convertido en el ciclón tropical de mayor impacto económico en los últimos 10 años, solo por debajo de los Huracanes Karl y Mathew, cuyo efecto acumulado supero por muy poco a Alex.

Tabla 58. Resumen de daños y pérdidas de los ciclones tropicales más costosos de los últimos diez años.

Año	Ciclón	Estados afectados	Muertos	Daños	Pérdidas	Total
2002	Isidoro	Quintana Roo, Yucatán y Campeche	4	6 639	2 239	8 878
2005	Stan	Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla e Hidalgo	98	13 767	7 295	21 062
2005	Wilma	Quintana Roo y Yucatán	0	4 801	13 972	18 773
2007	Dean	Quintana Roo, Yucatán y Campeche, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y San Luis Potosí	9	7 087	2 492	9 579
2010	Alex	Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila	21	18 588	6 427	25 015
2010	Karl y Matthew	Veracruz	23	19 478	7 364	26 842

Entre los tres estados afectados, Nuevo León fue el que concentró la mayor porción de daños y pérdidas (86%), seguido por Tamaulipas (8.3%) y Coahuila (5.7%). El costo total estimado de Alex supero ligeramente los 25 mil millones de pesos, y ocasiono 21 muertos.

Tabla 59. Impacto socioeconómico global del huracán Alex

Estados	Millones de Pesos			
	Muertos	Daños	Pérdidas	Total
Coahuila	6	1 167.2	263.1	1 430.3
Nuevo León	9	16 215.2	5 285.6	21 500.8
Tamaulipas	6	1 205.1	878.7	2 083.8
Total	21	18 587.5	6 427.4	25 014.9

Desastres como Alex dejan de manifiesto la imperante necesidad de invertir en prevención y obras de mitigación, así como de erradicar la invasión de los cauces de los ríos, son el fin de reducir los daños y pérdidas, pero principalmente las muertes ocasionadas por este tipo de fenómenos.

Huracán Karl

Sin duda el Huracán Karl es el desastre que más daños y pérdidas ha provocado en la historia reciente del estado de Veracruz, de igual forma, las afectaciones ocasionadas por Matthew se equiparan al impacto económico ocasionado en la entidad anteriormente, por fenómenos como Stan y Dean en 2005 y 2007, respectivamente. Derivado de la proximidad con que se presentaron ambos ciclones, fue complicado distinguir entre las afectaciones causadas por cada uno de estos, aunque en algunos sectores se logró realizar esta diferenciación.

Por ambos fenómenos, 140 municipios fueron declarados en desastre, de los cuales el 55% registra un grado de marginación entre muy alto y alto, 28.6% medio y 16.4% entre bajo y muy bajo.

Tabla 60. Número de municipios declarados en desastre por los ciclones tropicales Karl y Matthew, según grado de marginación

Fenómeno	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	Total
Karl	17	34	26	9	6	92
Matthew	2	24	14	6	2	48
Total	19	58	40	15	8	140

Tabla 61. Resumen de daños y pérdidas ocasionados por los ciclones tropicales Karl y Matthew (miles de pesos)

Concepto	Daños	Pérdidas	Total	Porcentaje del total
Sectores Sociales				
Vivienda	5 815 476.8	0.0	5 815 476.8	23.9
Sector salud	12 098.2	6 452.9	18 551.1	0.1
Educación	24 317.1	1 373.7	25 690.8	0.1
Infraestructura hidráulica	1 187 087.1	5 509 418.3	6 696 505.4	27.5
Subtotal	7 038 979.2	5 517 244.9	12 556 224.1	51.6
Infraestructura económica				
Infraestructura carretera	5 729 740.5	1 094 560.2	6 824 300.7	28.0
Infraestructura eléctrica	209 206.3	0.0	209 206.3	0.9
Obras publicas	312 557.2	156 459.6	469 016.8	1.9
Subtotal	6 251 504.0	1 251 019.8	7 502 523.8	30.8
Sectores productivos				
Sector agropecuario y acuícola	3 366 093.4	0.0	3 366 093.4	13.8
Comercio y servicios	245 712.0	84 160.0	329 872.0	1.4
Turismo	0.0	25 000.0	25 000.0	0.1
Subtotal	3 611 805.4	109 160.0	3 720 965.4	15.3
Otros sectores				
Atención de la Emergencia	0.0	401 423.4	401 423.4	1.6
Medio ambiente	113 568.9	85 114.2	198 683.0	0.8
Subtotal	113 568.9	486 537.6	600 106.5	2.4
Total	17 015 857.5	7 363 962.3	24 379 819.8	100.0

El número de muertes ocasionadas por Karl fue de 14 personas, la mayoría de estas ocurrió al ser arrastradas por la crecida de los ríos. Casi la totalidad de fallecimiento aconteció entre los dominados grupos vulnerables (niños, adultos mayores y mujeres). Los municipios que registraron más decesos fueron Coatuxtla, Tlaltetela y Carrillo Puerto.

Huracán Ernesto

Ernesto fue el quinto ciclón tropical de la temporada 2012 y segundo en alcanzar la categoría de huracán en el océano Atlántico. Este fenómeno afectó directamente los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz, Chiapas, Guerrero y Oaxaca, dejando severos daños y pérdidas materiales, así como 14 personas fallecidas. El monto de daños y pérdidas ocasionadas por este fenómeno fue de 8,207 millones de pesos; Veracruz fue la entidad más afectada, ya que concentró 71.1% del total de daños.

Tabla 62. Resumen de daños y pérdidas provocadas por Ernesto por estado (millones de pesos)

Estado	Daños	Pérdidas	Total
Quintana Roo	205.1	4.7	209.8
Campeche	305.8	20.5	326.3
Chiapas	511.9	20.4	532.3
Guerrero	112.8	57.8	170.6
Oaxaca	997.1	138.3	1,135.40
Veracruz	5,271.10	561.5	5,832.60
Total	7,403.80	803.2	8,207.00

Del impacto total provocado por *Ernesto*, 90.2% (7,403.9 millones de pesos) se consideraron daños derivado de la destrucción de acervos fijos, y 9.8% pérdidas asociadas con la producción de bienes y servicios, las labores de atención de la emergencia y gastos de operación

Tabla 63. Resumen general de daños y pérdidas provocados por Ernesto (miles de pesos)

Sector	Daños	Pérdidas	Total
Vivienda	258,777.50	3,249.50	262,027.00
Educación	67,787.00	8,470.00	76,257.00
Salud	3,088.80	123.6	3,212.40
Infraestructura hidráulica	528,029.50	128,375.00	656,404.50
Sectores sociales	857,682.80	140,218.10	997,900.90
Infraestructura carretera	5,928,722.80	252,971.60	6,181,694.40
Infraestructura urbana	378,813.30	23,471.40	402,284.70
Infraestructura naval	25,297.80	501.3	25,799.10
Infraestructura	6,332,833.90	276,944.30	6,609,778.20
Agropecuario y pesca	186,761.00	75.8	186,836.80
Comercio, servicios e industria	4,671.10	1,422.10	6,093.20
Sectores productivos	191,432.10	1,497.90	192,930.00
Atención de la emergencia	0	307,835.30	307,835.30
Medio ambiente	21,927.60	76,636.20	98,563.80
Otros sectores	21,927.60	384,471.50	406,399.10
Gran total	7,403,876.40	803,131.80	8,207,008.20

2.2.3 Análisis de comportamiento

Huracán Isidoro

Tabla 64. Resumen Huracán Isidoro

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	3490 km
Tiempo de duración	288 horas
Intensidad máxima de vientos	205 km/h (Sep 21-22)
Presión mínima central	934 hPa (Sep 22)
Distancia más cercana a costas nacionales	Impacto en tierra Sep 21 (22 GMT) Telchac Puerto, Yucatán
Tipo de afectación	Directa Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Cindy

Tabla 65. Resumen Huracán Cindy

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	1,605 km
Tiempo de duración	84 horas
Intensidad máxima de vientos	110 km/h
Presión mínima central	992 hPa
Distancia más cercana a costas nacionales	En tierra, 10 km al Oeste de Felipe Carrillo Puerto, Q.R. Como depresión tropical con vientos máximos de 55 km/h a las 04 horas del 4 de julio.
Tipo de afectación	Por vientos intensos y oleaje elevado en Quintana Roo Por lluvias intensas en Quintana Roo, Campeche y Yucatán Lluvia máxima: 71 mm en Cancún, Q.R.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Emily

Tabla 66. Resumen Huracán Emily

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	6,623 km
Tiempo de duración	246 horas
Intensidad máxima de vientos	En superficie: 250 km/h / 16 Julio 13 horas En 700 hPa: 280 km/h / 16 Julio 16 horas
Presión mínima central	929 hPa /16 Julio 19 horas
Distancia más cercana a costas nacionales	Primer impacto a 20 km al Norte de Tulum, QR el día 18 de julio (02 h) con vientos de 215 km/h Segundo impacto en El Mezquite y Carboneras, Tamaulipas el día 20 de Julio (07 h) con vientos de 205 km/h
Tipo de afectación	Por vientos intensos y oleaje elevado en Quintana Roo, Yucatán y Tamaulipas Por lluvias intensas en Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y San Luis Potosí Lluvia máxima: 350.0 mm en Cerralvo, N.L. Vientos Intensos de 158 km/h en San Fernando, Tamps.

Huracán Stan

Tabla 67. Resumen Huracán Stan

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	1,545 km
Tiempo de duración	96 horas
Intensidad máxima de vientos	130 km/h
Presión mínima central	976 hPa
Distancia más cercana a costas nacionales	Primer impacto en tierra: El día 2 de octubre a las 04:00 horas, como tormenta tropical en Quintana Roo, 50 km al Este de Felipe Carrillo Puerto, con vientos de 75 km/h

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Wilma

Tabla 68. Resumen Huracán Wilma

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	2,770 km
Tiempo de duración	240 horas
Intensidad máxima de vientos	280 km/h
Presión mínima central	882 hPa
Distancia más cercana a costas nacionales	La muralla que rodea al ojo del huracán, impacta en tierra, primero en la Isla de Cozumel, el día 21 a las 09:00 horas con vientos máximos sostenidos de 230 km/h y después, aproximadamente a las 20:30 horas sobre la población de Puerto Morelos, Q.R., con vientos máximos sostenidos de 220 km/h, como huracán de categoría IV.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Dean

Tabla 69. Resumen Huracán Dean

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	7,560 km
Tiempo de duración	228 horas
Intensidad máxima de vientos	270 km/h
Presión mínima central	906 hPa
Impactos en Tierra	-Agosto 21 (08 GMT) Puerto Bravo, Quintana Roo con vientos de 260 km/h, rachas de 315 km/h en categoría V en la Escala Saffir-Simpson -Agosto 22 (17 GMT) Tecolutla, Veracruz, con vientos de 155 km/h, rachas de 195 km/h en categoría II en la Escala de Saffir-Simpson Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Querétaro.
Lluvia máxima reportada en 24 horas	391 mm en Requetemu, San Luis Potosi del 22 al 23 de Agosto

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Lorenzo

Tabla 70. Resumen Huracán Lorenzo

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	795 km
Tiempo de duración	71 Horas
Intensidad máxima de vientos	130 km/h con rachas de 155 km/h
Presión mínima central	990 hPa
Impactos en Tierra	-28 de septiembre (01:00 horas tiempo del centro) en las inmediaciones de Barra Tecolutla, Veracruz con vientos máximos de 130 km/h Veracruz, Puebla e Hidalgo.
Lluvia máxima reportada en 24 horas	Del 27 al 28 de septiembre: 326 mm en el Raudal, Veracruz.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Alex

Tabla 71. Resumen Huracán Alex

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	2,460 km
Tiempo de duración	150 Horas
Intensidad máxima de vientos	165 km/h con rachas de 205 km/h el 30 de junio a las 21:30 horas
Presión mínima central	947 hPa
Impactos en Tierra	Primer Impacto: en Quintana Roo (después de entrar por Belice) el día 27 de junio aprox. a las 01:00 horas local, 90 km al SW de Chetumal con vientos de 65 km/h como tormenta tropical. Segundo Impacto: en Tamaulipas el día 30 de junio aprox. a las 21:00 horas locas, 55 km al Norte de la Pesca Tamaulipas con vientos de 165 km/h como Huracán categoría II
Estados Afectados	Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila
Lluvia máxima reportada en 24 horas.	Del 30 de junio al 1 de julio: 313 mm El Cerrito, Nuevo León Estación automática: 446 mm en La Estanzuela, Nuevo León Del 1 al 2 de julio: 389.3 mm en Cortina de La Boca, Nuevo León En 48 horas la estación automática de La Estanzuela reporto 616 mm

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Karl

Tabla 72. Resumen Huracán Karl

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	1,470 km
Tiempo de duración	84 Horas
Intensidad máxima de vientos	195 km/h con rachas de 240 km/h
Presión mínima central	956 hPa
Impactos en Tierra	Toco tierra en dos ocasiones, primero como tormenta tropical, a 15 km al Sur-Suroeste de Puerto Bravo, Q.R., con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 120 km/h el día 15 de Septiembre, a las 7:45 horas local tiempo del Centro de México. “Karl” impacto en tierra por segunda vez, en la población de Playa Chachalacas, a 15 km al Norte de la ciudad de Veracruz, Ver., con vientos máximos sostenidos de 185 km/h y rachas de 230 km/h, a las 12:00 horas local, del día 15 de septiembre, como un huracán extremadamente peligroso, de categoría III.
Estados Afectados	Quintana Roo, Campeche, Veracruz y Puebla
Lluvia máxima reportada en 24 horas.	355 mm en Misantla, Veracruz

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

Huracán Ernesto

Tabla 73. Resumen Huracán Ernesto

RESUMEN DEL CICLON TROPICAL	
Recorrido total	5,625 km
Tiempo de duración	210 horas
Intensidad máxima de vientos	140 km/h con rachas de 175 km/h
Presión mínima central	980 hPa
Impactos en Tierra	Primero tocó tierra en las inmediaciones de la población de Majahual, Q. R., el día 7 de agosto a las 22:00 horas como huracán con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h; el segundo impacto fue en la costa Sur del estado Veracruz, a 15 km al Noroeste de Coatzacoalcos, como tormenta tropical con vientos máximos sostenidos de 95 km/h y rachas de 110 km/h, el día 9 de agosto a las 13:00 horas.
Estados Afectados	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.
Lluvia máxima reportada en 24 horas.	344.0 mm en Jacatepec, Oax., el día 9 de agosto.

Elaboración: Ing. Alberto Hernández Unzón / M.G. Cirilo Bravo Lujano
Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional

2.2.4 Modelos de Trayectorias

De las tabla 270 a la 273 se observa un pequeño resumen de las ecuaciones obtenidas mediante la programación genética, se decidió dividir las de acuerdo al caso “trayectoria continua, trayectoria en intervalos y $Y=f(x)$ ” y al mismo tiempo agruparlas de acuerdo al tipo.

- Paramétricas $x=f(P, V)$ $y=f(P, V)$

Donde P: presión (del aire), V: módulo de velocidad del viento

- Cartesianas $y=f(x)$.

Donde X: longitud en grados, Y: latitud en grados

Para la obtención de las ecuaciones se utilizó en los tres casos (trayectoria continua, trayectoria en intervalos y $y=f(x)$) operadores algebraicos, tales como suma, resta, multiplicación y división.

En el caso de Trayectoria continua (una regla de correspondencia) y trayectoria en intervalos (varias reglas de correspondencia), se obtuvieron ecuaciones algebraicas, mientras que en el último caso “ $Y=f(x)$ ” las ecuaciones que se obtuvieron fueron de tipo cartesianas.

3. APLICACIÓN Y RESULTADOS

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LAS ECUACIONES DE LAS TRAYECTORIAS

3.1 Recopilación de datos históricos

Los siguientes datos que se presentan en cada una de las tablas se obtuvieron de la base de datos de National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA; es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera. NOAA avisa respecto del tiempo meteorológico, prepara cartas de mares y de cielos.

En las siguientes tablas se puede observar la información que se recopiló de la NOAA, entre esta información se observa cómo es que evolucionó el huracán con base a la presión y velocidad del viento la cual se observa como una magnitud ya que no se cuenta con la dirección, ni sentido de la misma; así como la fecha, hora, latitud y longitud las cuales nos permiten saber en dónde se encontraba dicho huracán en los tiempos mencionados.

Las coordenadas latitud y longitud se encuentran en grados ambas, mientras la longitud se menciona como valor absoluto.

Los datos de la velocidad del viento que se mencionan se encuentran en nudos; 1 nudo = 1 milla náutica por hora = 1852 m/h (metros por hora).

El nudo es una medida de velocidad utilizada tanto para navegación marítima como aérea. También se utiliza en meteorología para medir la velocidad de los vientos. El símbolo acordado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) es kn, que proviene de knot (nudo, en inglés). No obstante, a veces se utilizan kt para el singular (coincidiendo con el símbolo SI para kilo tonelada) y kts para el plural.

La presión se encuentra expresada en unidades de bar; lo cual es equivalente a 1 bar = 1 000 000 pascuales (Pa).

3.1.1 OCÉANO PACÍFICO

Huracán Paulina

Tabla 74. Trayectoria de Huracán Paulina

Datos Huracán Paulina 1997						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
5	1200	12.2	96.6	1009	25	tropical depression
5	1800	12.1	96	1009	25	"
6	0	12	95.5	1008	30	"
6	600	11.9	95	1005	35	tropical storm
6	1200	11.9	94.5	1000	45	"
6	1800	12.2	94.2	990	55	"
7	0	12.5	94.1	977	70	hurricane
7	600	12.9	94.2	955	100	"
7	1200	13.2	94.5	948	115	"
7	1800	13.5	94.9	949	110	"
8	0	13.8	95.3	955	100	"
8	600	14.2	95.6	959	100	"
8	1200	14.6	95.9	954	110	"
8	180	15.3	96.3	948	115	"
9	0	16	97.6	960	95	"
9	600	16.7	99	973	70	"
9	1200	17.3	100.4	989	60	tropical storm
9	1800	17.9	101.4	1000	50	"
10	0	18.6	102	1005	40	"
10	600	19.2	102.6	1009	30	tropical depression
10	1200					dissipated
9	0	16	97.6	960	95	landfall
8	1800	15.3	96.5	948	115	minimum pressure

Huracán Juliette

Tabla 75. Trayectoria de Huracán Juliette

Datos Huracán Juliette 2001						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
21	600	12.6	91.1	1007	30	tropical depression
21	1200	13	92.8	1005	35	tropical storm
21	1800	13.5	94.3	997	35	"
22	0	13.6	95.8	996	40	"
22	600	13.6	97.3	996	45	"
22	1200	13.5	98.5	995	45	"
22	1800	13.5	99.7	994	45	"
23	0	14.2	100.4	992	50	"
23	600	14.6	101.3	986	55	"
23	1200	14.8	102.2	976	65	hurricane
23	1800	14.9	102.8	960	85	"
24	0	14.8	103.3	941	110	"
24	600	15	103.5	941	115	"
24	1200	15.1	103.8	952	100	"
24	1800	15.2	104.1	957	95	"
25	0	15.4	104.7	941	115	"
25	600	15.9	105.3	935	125	"
25	1200	16.2	106.2	928	125	"
25	1800	16.4	107.2	923	125	"
26	0	16.8	107.9	925	125	"
26	600	17.5	108.6	930	115	"
26	1200	18.2	109.1	935	105	"
26	1800	18.8	109.8	940	100	"
27	0	19.4	110.3	942	95	"
27	600	20.1	110.5	949	90	"
27	1200	20.7	110.8	955	85	"
27	1800	21.4	110.7	961	80	"
28	0	22.3	110.7	968	80	"
28	600	22.8	111	971	75	hurricane
28	1200	23	111.1	981	70	"
28	1800	23.2	111.1	987	60	tropical storm
29	0	23.4	111.2	987	60	"
29	600	23.6	111.3	983	65	hurricane
29	1200	23.8	111.5	985	65	"
29	1800	24	111.7	990	45	tropical storm
30	0	25	112	1000	35	"
30	600	26.1	111.8	1003	30	tropical depression
30	1200	27.1	111.8	1005	30	"
30	1800	28.2	112	1005	30	"
1	0	28.7	112.2	1005	25	"
1	600	29.2	112.5	1006	25	"
1	1200	29.7	112.7	1006	25	"
1	1800	30.2	113.1	1006	30	"
2	0	30.4	113.3	1006	30	"
2	600	30.6	113.6	1006	30	"
2	1200	30.5	113.8	1006	30	"
2	1800	30.4	114.4	1007	30	"
3	0	30.2	114.6	1008	25	"
3	600					dissipated
30	0	25	112	1000	35	Landfall near San Carlos, Mexico on Baja California
25	1800	16.4	107.2	923	125	minimum pressure

Huracán Kenna

Tabla 76. Trayectoria de Huracán Kenna

Datos Huracán Kenna 2002						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
22	0	11.4	99.4	1006	30	
22	600	11.5	100.4	1004	35	
22	1200	11.7	101.4	1003	35	
22	1800	12.1	102.5	1003	35	
23	0	12.6	103.6	1002	40	
23	600	13.1	104.6	997	50	
23	1200	13.6	105.7	990	60	
23	1800	14.2	106.9	980	75	
24	0	14.9	108	970	90	
24	600	15.5	108.5	955	105	
24	1200	16.4	108.8	935	125	
24	1800	17.3	108.8	917	140	
25	0	18.3	108.3	913	145	
25	600	19.3	107.5	915	145	
25	1200	20.4	106.5	939	130	
25	1800	22.1	105.1	960	100	
26	0	23.7	103.5	1000	35	
26	600					
25	0	18.3	108.3	913	145	
25	1630	21.7	105.4	950	120	

Huracán John

Tabla 77. Trayectoria de Huracán John

Datos Huracán John 2006						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
(UTC)		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
		°N	°W	(mb)	(kt)	
28	0	12.3	94.6	1005	25	tropical depression
28	600	12.7	95	1005	30	"
28	1200	13.1	95.6	1004	35	tropical storm
28	1800	13.5	96.3	1002	40	"
29	0	13.7	96.9	997	50	"
29	600	13.8	97.5	990	60	"
29	1200	14	98.3	980	75	hurricane
29	1800	14.2	99.2	965	95	"
30	0	14.9	100	962	100	"
30	600	15.3	100.8	960	105	"
30	1200	16	101.7	950	115	"
30	1800	16.9	102.7	948	115	"
31	0	17.6	104	950	110	"
31	600	18.2	104.9	950	110	"
31	1200	19	105.8	960	100	"
31	1800	20.2	106.7	968	90	"
1	0	21	107.6	968	90	"
1	600	21.4	108.4	955	100	"
1	1200	21.7	108.7	955	100	"
1	1800	22.4	108.9	958	95	"
2	0	23.2	109.2	958	95	"
2	600	23.8	109.9	962	85	"
2	1200	24.2	110.5	975	70	"
2	1800	24.8	111	985	60	tropical storm
3	0	25.4	111.4	988	50	"
3	600	26	111.8	990	45	"
3	1200	26.7	112.3	992	40	"
3	1800	27.4	112.5	996	35	"
4	0	27.9	112.9	1002	30	tropical depression
4	600	28.4	113.1	1004	25	"
4	1200	28.9	113.2	1004	25	"
4	1800					dissipated
30	1800	16.9	102.7	948	115	minimum pressure
2	200	23.3	109.4	958	95	Landfall over Cabo del Este, Baja California sur

Huracán Lane

Tabla 78. Trayectoria Huracán Lane

Datos Huracán Lane 2006						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
(UTC)		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
		°N	°W	(mb)	(kt)	
13	1800	15.7	101	1006	30	tropical depression
14	0	16.2	101.7	1005	30	"
14	600	16.7	102.6	1000	35	tropical storm
14	1200	17.2	103.6	999	40	"
14	1800	17.6	104.4	997	45	"
15	0	18	105	997	50	"
15	600	18.5	105.6	994	55	"
15	1200	19.3	106	987	65	hurricane
15	1800	20.3	106.3	985	75	"
16	0	21.3	106.6	975	90	"
16	600	22.2	106.9	960	100	"
16	1200	23.1	107.1	952	110	"
16	1800	24	107.2	954	110	"
17	0	24.7	107.3	978	65	"
17	600	25.4	107.4	990	35	tropical storm
17	1200	26	107.5	1005	25	tropical depression
17	1800					dissipated
16	1200	23.1	107.1	952	110	Minimum pressure
16	1915	24.1	107.2	954	110	landfall along Peninsula de Guevedo, México

Huracán Jimena

Tabla 79. Trayectoria Huracán Jimena

Datos Huracán Jimena 2009						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
28	0	13.4	96.8	1008	25	low
28	600	13.5	97.9	1008	25	"
28	1200	13.5	99	1008	25	"
28	1800	13.6	100	1007	30	Tropical depression
29	0	13.7	101	1005	35	Tropical storm
29	600	13.8	101.9	1000	45	"
29	1200	14.2	102.9	990	60	"
29	1800	14.8	103.8	980	75	hurricane
30	0	15.4	104.7	970	90	"
30	600	15.7	105.5	957	105	"
30	1200	16	106	948	115	"
30	1800	16.3	106.6	945	120	"
31	0	16.7	107.1	945	120	"
31	600	17.2	107.6	945	120	"
31	1200	17.7	108.2	945	120	"
31	1800	18.2	108.9	935	135	"
1	0	18.9	109.4	931	135	"
1	600	19.7	109.9	933	130	"
1	1200	20.6	110.5	940	125	"
1	1800	21.5	111	948	115	"
2	0	22.4	111.4	957	105	"
2	600	23.4	111.7	965	95	"
2	1200	24.6	112	971	90	"
2	1800	25.8	112.4	977	80	"
3	0	26.7	112.4	985	65	"
3	600	27.4	112.3	997	50	tropical storm
3	1200	27.6	112.3	999	45	"
3	1800	27.8	112.1	1002	40	"
4	0	27.6	111.9	1004	35	"
4	600	27.5	111.7	1005	30	Tropical depression
4	1200	27.7	111.7	1006	25	"
4	1800	27.4	112.2	1006	25	"
5	0	27.2	112.5	1007	20	low
5	600	26.9	112.9	1008	20	"
5	1200	26.5	113.3	1010	15	"
5	1800					dissipated
31	1900	18.3	109	931	135	minimum pressure
2	1200	24.6	112	971	90	Landfall on Isla San Margarita, Baja California del Sur
2	1300	24.8	112.1	972	90	Landfall at Puerto San Carlos, Baja California del Sur
2	2100	26.3	112.4	980	75	Landfall just east of San Juanico, Baja California del Sur
4	1900	27.4	112.3	1006	25	Landfall near Santa Rosalia, Baja California del Sur

Huracán Jova

Tabla 80. Trayectoria de Huracán Jova

Datos Huracán Jova 2011						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
5	1200	9.7	102.8	1009	25	low
5	1800	10	103.7	1006	25	"
6	0	10.5	104.6	1006	25	tropical depression
6	600	11.1	105.5	1006	30	"
6	1200	11.6	106.3	1006	30	"
6	1800	12.1	107.1	1004	35	tropical storm
7	0	12.6	108.1	1002	40	"
7	600	13.1	109.1	1000	45	"
7	1200	13.7	109.9	999	50	"
7	1800	14.4	110.3	997	55	"
8	0	15.1	110.5	997	55	"
8	600	15.5	110.6	996	55	"
8	1200	15.6	110.6	993	60	"
8	1800	15.8	110.4	989	65	hurricane
9	0	16	110	986	70	"
9	600	16.1	109.5	982	75	"
9	1200	16.1	108.9	978	80	"
9	1800	16.1	108.3	975	80	"
10	0	16.2	107.7	969	90	"
10	600	16.3	107.2	964	100	"
10	1200	16.4	106.8	961	105	"
10	1800	16.5	106.5	955	110	"
11	0	16.8	106.2	958	105	"
11	600	17.2	105.9	962	100	"
11	1200	17.5	105.7	965	95	"
11	1800	17.9	105.5	973	85	"
12	0	18.6	105.3	974	85	"
12	600	19.6	105.1	975	85	"
12	1200	20.6	104.9	987	60	tropical storm
12	1800	21.3	104.5	987	30	tropical depression
13	0					dissipated
12	600	19.6	105.1	975	85	Landfall near El Tabaco, Jalisco, Mexico
10	1800	16.5	106.5	955	110	minimum pressure and maximum wind

Huracán Carlotta

Tabla 81. Trayectoria de Huracán Carlotta

Datos Huracán Carlotta 2012						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
13	1800	8.7	91.5	1006	30	low
14	0	9.2	92.3	1005	30	tropical depression
14	600	9.8	92.9	1003	35	tropical storm
14	1200	10.5	93.4	1001	40	"
14	1800	11.3	94	999	45	"
15	0	12	94.5	994	55	"
15	600	12.7	95	993	60	"
15	1200	13.5	95.6	988	65	hurricane
15	1800	14.4	96.1	978	85	"
15	2100	14.9	96.3	973	95	"
16	0	15.6	96.7	976	90	"
16	600	16.5	97.9	982	70	"
16	900	16.9	98.5	992	45	tropical storm
16	1200	17.3	99	1000	30	tropical depression
16	1800	17.7	99.6	1005	25	"
17	0	18	100.1	1006	20	low
17	600	18	100.3	1009	20	"
17	1200					dissipated
15	2100	14.9	96.3	973	95	Maximum wind and minimum pressure
16	100	15.8	96.9	976	90	Landfall near Puerto Escondido, Mexico

Huracán Bárbara

Tabla 82. Trayectoria de Huracán Bárbara

Datos Huracán Barbara 2013						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
28	1200	13.9	96.1	1006	30	tropical depression
28	1800	14.1	96.1	1004	35	tropical storm
29	0	14.2	96	1001	40	"
29	600	14.6	95.5	998	50	"
29	1200	15.1	94.8	994	55	"
29	1800	15.7	94.2	986	65	hurricane
29	1950	16	94	983	70	"
30	0	16.7	93.9	993	50	tropical storm
30	600	17.6	93.9	1001	30	tropical depression
30	1200	18.2	93.9	1004	25	low
30	1800	18.8	93.9	1006	20	"
31						dissipated
29	1950	16	94	983	70	Maximum winds, minimum pressure, and landfall about 15 n mi west-southwest of Tonalá, Mexico

Huracán Manuel

Tabla 83. Trayectoria de Huracán Manuel

Datos Huracán Manuel 2013						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
13	1200	15.3	101.4	999	30	tropical depression
13	1800	15.3	101.9	998	35	tropical storm
14	0	15.4	102.2	997	40	"
14	600	15.5	102.3	995	45	"
14	1200	15.9	102.1	993	45	"
14	1800	16.4	102.1	990	50	"
15	0	17	102.2	987	55	"
15	600	17.6	102.6	984	60	"
15	1200	18.2	103.2	985	60	"
15	1800	18.9	104	996	45	"
16	0	19.6	104.7	1000	30	tropical depression
16	600	20.2	105.2	1002	25	disturbance
16	1200	20.6	105.5	1003	25	"
16	1800	21	105.8	1004	20	"
17	0	21.4	106.1	1004	20	"
17	600	21.8	106.4	1003	20	"
17	1200	22.2	106.8	1002	25	"
17	1800	22.5	107.2	1001	30	tropical depression
18	0	22.7	107.5	1000	30	"
18	600	22.9	107.7	998	35	tropical storm
18	1200	23.2	107.9	995	45	"
18	1800	23.6	108.1	989	55	"
19	0	24.1	108.2	984	65	hurricane
19	600	24.5	108.2	983	65	"
19	1200	24.8	108	984	65	"
19	1800	25.3	107.6	999	40	tropical storm
19	600	24.5	108.2	983	65	Minimum pressure and maximum winds
15	1200	18.2	103.2	985	60	Landfall near Pichilinguillo, Mexico
19	1200	24.8	108	984	65	Landfall near Culiacán, Mexico

3.1.2 GOLFO DE MÉXICO

Huracán Isidoro

Tabla 84. Trayectoria de Huracán Isidoro

Datos Huracán Isidoro 2002						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
(UTC)		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
		°N	°W	(mb)	(kt)	
14	1800	10	60.5	1009	25	tropical depression
15	0	10.2	62.4	1009	25	"
15	0600	10.6	64.3	1009	25	"
15	1200	11.2	66.4	1009	25	"
15	1800	12.3	68.5	1009	25	tropical wave
16	0	14.2	70.5	1009	20	"
16	600	15	71.9	1008	20	"
16	1200	15.5	73.2	1008	20	"
16	1800	15.7	74.5	1008	20	"
17	0	15.8	75.3	1008	25	"
17	600	15.8	76.1	1008	25	"
17	1200	15.9	76.8	1008	30	tropical depression
17	1800	16.3	77.4	1006	30	"
18	0	16.7	77.7	1006	30	"
18	600	17.1	78.1	1006	35	tropical storm
18	1200	17.7	78.5	1004	40	"
18	1800	18.7	78.6	1001	45	"
19	0	19.3	79.3	998	50	"
19	600	19.7	80.4	990	50	"
19	1200	19.9	80.9	990	60	"
19	1800	20.4	81.7	983	65	hurricane
20	0	20.7	82.3	979	75	"
20	600	21.1	83	967	90	"
20	1200	21.5	83.5	966	85	"
20	1800	21.8	84	965	75	"
21	0	22.1	84.3	964	75	"
21	600	22.3	85.1	964	85	"
21	1200	22	85.8	955	100	"
21	1800	21.9	86.1	946	110	"
22	0	22.1	86.5	947	110	"
22	600	22	87.4	936	110	"
22	1200	21.9	88.2	934	110	"
22	1800	21.6	88.9	935	110	"
23	0	21	89.4	950	100	"
23	600	20.6	89.6	952	70	"
23	1200	20.1	89.6	960	60	tropical storm
23	1800	20.3	89.4	968	50	"
24	0	20.5	89.3	980	35	"
24	600	21	89.5	985	45	"
24	1200	21.7	89.7	987	50	"
24	1800	22.1	89.8	988	50	"
25	0	23	89.7	987	50	"
25	600	24.2	89.7	987	50	"
25	1200	25.4	90.2	990	50	"
25	1800	26.3	90.4	988	55	"
26	0	27.5	90.3	989	55	"
26	600	29.1	90.3	984	55	"
26	1200	30	89.9	985	55	"
26	1800	32.2	89.8	988	40	"
27	0	33	89	992	20	tropical depression
27	600	35	86.5	995	20	"
27	1200	39.1	82.9	998	20	"
27	1800	40.9	79.5	999	20	extratropical
28	0					absorbed
22	1200	21.9	88.2	934	110	minimum pressure
20	2100	22	84.1	964	75	landfall at Cabo Frances, Western Cuba.
22	2100	21.3	89.3	936	110	landfall at Puerto Telchac, Yucatan, Mexico.
26	600	29.1	90.3	984	55	landfall just west of Grand Isle, LA.

Huracán Cindy

Tabla 85. Trayectoria de Huracán Cindy

Datos Huracán Cindy 2005						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
3	1800	18.3	86.7	1009	30	tropical depression
4	0	18.6	87.2	1007	30	"
4	600	19.3	87.9	1007	30	"
4	1200	20.9	88.5	1011	25	"
4	1800	22.3	89	1010	30	"
5	0	23.9	89.7	1009	30	"
5	600	25.1	90.2	1009	35	tropical storm
5	1200	26.4	90.4	1002	45	"
5	1800	27.6	90.5	997	60	"
6	0	28.5	90.3	992	65	hurricane
6	600	29.6	90	994	50	tropical storm
6	1200	30.8	88.9	998	40	"
6	1800	31.6	88.1	1000	30	tropical depression
7	0	32.4	87.2	1004	25	"
7	600	33.2	86.2	1008	20	"
7	1200	34.6	84.1	1009	20	extratropical
7	1800	35.6	81.8	1010	20	"
8	0	37.1	80	1010	20	"
8	600	37.8	78.3	1010	20	"
8	1200	38.4	76.7	1009	25	"
8	1800	39.1	74.8	1009	25	"
9	0	39.5	72	1009	25	"
9	600	40.8	70.7	1009	25	"
9	1200	41.6	69.8	1007	30	"
9	1800	43.5	69.6	1006	30	"
10	0	44.9	69.8	1006	30	"
10	600	45.5	70	1006	30	"
10	1200	46.5	67.6	1006	25	"
10	1800	48	66.4	1006	20	"
11	0	48.5	64.5	1006	20	"
11	600	48.5	62.5	1006	20	"
11	1200					dissipated
4	330	19	87.6	1007	30	Yucatan landfall 19 n mi north-northeast of Majahual, Mexico
6	300	29.2	90.1	991	65	1st U.S. landfall 8 n mi southwest of Grand Isle, Louisiana
6	900	30.2	89.5	995	45	2nd U.S. landfall 3 n mi southeast of Ansley, Mississippi
6	300	29.2	90.1	991	65	minimum pressure

Huracán Emily

Tabla 86. Trayectoria de Huracán Emily

Datos Huracán Emily 2005						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
(UTC)		Latitud °N	Longitud °W	Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	
11	0	10.7	42.4	1010	25	tropical depression
11	600	10.8	43.4	1009	30	"
11	1200	10.9	44.4	1009	30	"
11	1800	11	45.4	1007	30	"
12	0	11	46.8	1006	35	"
12	600	11	48.5	1005	40	"
12	1200	11	50.2	1004	45	"
12	1800	11	52	1004	45	"
13	0	11.1	53.7	1003	45	"
13	600	11.1	55.4	1003	45	"
13	1200	11.2	57.2	1003	50	"
13	1800	11.4	58.9	1003	55	"
14	0	11.6	60.2	999	70	Hurricane
14	600	11.9	61.5	991	75	"
14	1200	12.4	63.2	980	85	"
14	1800	12.9	64.9	971	100	"
15	0	13.3	66.7	959	110	"
15	600	13.7	68.4	952	115	"
15	1200	14.1	70.1	964	115	"
15	1800	14.5	71.8	969	95	"
16	0	14.9	73.4	958	110	"
16	600	15.4	75	954	120	"
16	1200	15.9	76.5	944	130	"
16	1800	16.4	78	937	135	"
17	0	17.1	79.5	929	140	"
17	600	17.7	81.2	940	135	"
17	1200	18.3	82.8	946	130	"
17	1800	18.9	84.3	948	125	"
18	0	19.5	85.8	951	120	"
18	600	20.3	87.3	955	115	"
18	1200	21.3	88.9	975	65	"
18	1800	22	90.3	984	75	"
19	0	22.6	91.5	981	80	"
19	600	23.2	92.8	980	80	"
19	1200	23.7	94	977	80	"
19	1800	24.1	95.1	959	85	"
20	0	24.4	96.1	948	110	"
20	600	24.6	96.9	944	110	"
20	1200	24.8	97.6	944	110	"
20	1800	25	98.7	975	70	Tropical Storm
21	0	25	99.7	995	45	"
21	600	25	100.5	1000	30	Tropical Depression
21	1200	25	101.1	1007	25	"
21	1800					Dissipated
14	700	12	61.8	989	75	Landfall in Grenada
18	630	20.3	87.4	955	115	Landfall near Tulum, Mexico
20	1200	24.8	97.6	944	110	Landfall near San Fernando, Mexico
17	0	17.1	79.5	929	140	minimum pressure

Huracán Stan

Tabla 87. Trayectoria de Huracán Stan

Datos Huracán Stan 2005						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
(UTC)		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
		°N	°W	(mb)	(kt)	
1	1200	18.9	85.6	1007	25	tropical depression
1	1800	19.1	86.2	1005	30	"
2	0	19.3	86.7	1004	30	"
2	600	19.5	87.2	1003	40	tropical storm
2	1200	19.8	87.9	1003	35	"
2	1800	20.3	88.8	1004	35	"
3	0	20.5	89.8	1003	30	tropical depression
3	600	20.5	91	1003	35	tropical storm
3	1200	20.3	91.7	1000	40	"
3	1800	20.1	92.2	997	50	"
4	0	19.8	93.2	990	55	"
4	600	19.2	94.1	987	65	hurricane
4	1200	18.6	94.9	977	70	"
4	1800	17.9	95.6	988	45	tropical storm
5	0	17.2	96.4	1000	30	tropical depression
5	600	16.9	97	1004	25	"
5	1200					disssipated
4	1200	18.6	94.9	997	70	minimum pressure
2	1000	19.6	87.5	1003	35	Landfall near Punta Hualaxtoc, about 35 nmi south of Tulum, Mexico
4	1200	18.6	94.9	997	70	Landfall near Punta Roca Partida, about 80 n mi east-southeast of Veracruz, Mexico

Huracán Wilma

Tabla 88. Trayectoria de Huracán Wilma

Datos Churcan Wilma 2005						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
15	1800	17.6	78.5	1004	25	tropical depression
16	0	17.6	78.8	1004	25	"
16	600	17.5	79	1003	30	"
16	1200	17.5	79.2	1003	30	"
16	1800	17.5	79.4	1002	30	"
17	0	17.4	79.6	1001	30	"
17	600	16.9	79.6	1000	35	tropical storm
17	1200	16.3	79.7	999	40	"
17	1800	16	79.8	997	45	"
18	0	15.8	79.9	988	55	"
18	600	15.7	79.9	982	60	"
18	1200	16.2	80.3	979	65	hurricane
18	1800	16.6	81.1	975	75	"
19	0	16.6	81.8	946	130	"
19	600	17	82.2	892	150	"
19	1200	17.3	82.8	882	160	"
19	1800	17.4	83.4	892	140	"
20	0	17.9	84	892	135	"
20	600	18.1	84.7	901	130	"
20	1200	18.3	85.2	910	130	"
20	1800	18.6	85.5	917	130	"
21	0	19.1	85.8	924	130	"
21	600	19.5	86.1	930	130	"
21	1200	20.1	86.4	929	125	"
21	1800	20.3	86.7	926	120	"
22	0	20.6	86.8	930	120	"
22	600	20.8	87	935	110	"
22	1200	21	87.1	947	100	"
22	1800	21.3	87.1	958	85	"
23	0	21.6	87	960	85	"
23	600	21.8	86.8	962	85	"
23	1200	22.4	86.1	961	85	"
23	1800	23.1	85.4	963	90	"
2	0	24	84.3	958	95	"
24	600	25	83.1	953	110	"
24	1200	26.2	81	950	95	"
24	1800	28	78.8	955	105	"
24	0	30.1	76	955	110	"
25	600	33.3	72	963	100	"
25	1200	36.8	67.9	970	90	"
25	1800	40.5	63.5	976	75	hurricane
26	0	42.5	60	978	60	extratropical
26	600	44	57.5	982	55	"
26	1200	45	55	986	50	"
26	1800	45.5	52	990	40	"
27	0					merged with low
21	2145	20.6	86.8	927	130	landfall on Cozumel, Mexico
22	330	20.8	86.9	933	115	landfall near Puerto Morelos, Mexico
24	1030	25.9	81.7	950	105	landfall near Cape Romano, Florida
19	1200	17.3	82.8	882	160	minimum pressure

Huracán Dean

Tabla 89. Trayectoria de Huracán Dean

Datos Huracán Dean 2007						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
13	600	12.2	28.9	1006	30	tropical depression
13	1200	12.1	30.7	1005	30	"
13	1800	12	32.4	1005	30	"
14	0	11.9	34.5	1005	30	"
14	600	11.8	36.5	1005	30	"
14	1200	11.8	38.3	1004	35	tropical storm
14	1800	11.8	40.1	1002	40	"
15	0	11.9	41.7	997	50	"
15	600	12	43.4	997	50	"
15	1200	12.3	45.1	997	50	"
15	1800	12.8	47	994	55	"
16	0	13	49.2	991	60	"
16	600	13.2	51.3	984	70	hurricane
16	1200	13.5	53.3	970	80	"
16	1800	13.8	55.5	972	80	"
17	0	14	57.7	976	80	"
17	600	14.2	59.8	975	80	"
17	1200	14.4	61.7	967	90	"
17	1800	14.8	63.5	961	110	"
18	0	14.9	65.1	944	125	"
18	600	15	66.6	929	145	"
18	1200	15.4	68	923	145	"
18	1800	15.9	69.5	930	130	"
19	0	16.1	71	920	120	"
19	600	16.4	72.6	921	120	"
19	1200	16.8	74.3	923	125	"
19	1800	17.1	76	930	125	"
20	0	17.5	77.8	926	125	"
20	600	17.6	79.8	926	130	"
20	1200	17.8	81.5	926	130	"
20	1800	18	83.3	924	135	"
21	0	18.2	85.1	914	145	"
21	600	18.6	86.9	907	150	"
21	1200	18.9	88.7	935	110	"
21	1800	19.2	90.5	960	75	"
22	0	19.7	92.2	979	65	"
22	600	20.1	94	979	70	"
22	1200	20.5	95.5	976	80	"
22	1800	20.5	97.3	974	75	"
23	0	20.5	99	998	30	tropical depression
23	600					dissipated
21	830	18.7	87.7	905	150	minimum pressure
21	830	18.7	87.7	905	150	Landfall near Majahual, Mexico
22	1630	20.5	97	974	85	Landfall near Tecolutla, Mexico

Huracán Lorenzo

Tabla 90. Trayectoria de Huracán

Datos Huracán Lorenzo 2007						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
25	1800	21.8	94.8	1009	25	tropical depression
26	0	21.7	95.2	1008	25	"
26	600	21.2	95	1007	25	"
26	1200	21	94.7	1008	30	"
26	1800	21.2	94.4	1009	30	"
27	0	21.2	94.7	1008	30	"
27	600	20.8	94.8	1009	30	"
27	1200	20.6	95.1	1006	45	tropical storm
27	1800	20.5	95.7	1001	60	"
28	0	20.5	96.3	990	70	hurricane
28	600	20.5	97.1	993	65	"
28	1200	20.5	98	1002	30	tropical depression
28	1800	20.7	98.7	1008	20	"
29	0					dissipated
28	500	20.5	97	993	65	landfall near Tecolutla, Mexico
28	0	20.5	96.3	990	70	minimum pressure

Huracán Alex

Tabla 91. Trayectoria de Huracán Alex

Datos Huracán Alex 2010						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
24	1800	15.9	82	1007	25	low
25	0	16	82.1	1006	25	
25	600	16.1	82.3	1006	25	
25	1200	16.2	82.5	1005	30	
25	1800	16.4	83.1	1005	30	tropical depression
26	0	16.6	83.9	1004	30	
26	600	16.7	84.9	1004	40	tropical storm
26	1200	16.9	86.1	1004	40	
26	1800	17.2	87.2	996	55	
27	0	17.5	88.2	995	55	
27	600	18	89.1	991	55	
27	1200	18.5	90	992	45	
27	1800	18.9	90.7	993	35	
28	0	19.2	91.1	991	40	
28	600	19.5	91.4	991	40	
28	1200	20	91.6	989	50	
28	1800	20.3	91.7	990	50	
29	0	20.7	91.7	987	55	
29	600	21.5	91.9	985	55	
29	1200	22.4	92.7	983	60	
29	1800	22.9	93.6	981	60	
30	0	23	94.4	973	65	hurricane
30	600	23.1	94.8	966	70	
30	1200	23.5	95.2	958	75	
30	1500	24	95.5	958	75	
30	1800	24.3	96.2	962	80	
1	0	24.3	97.3	948	90	
1	200	24.2	97.7	946	95	
1	600	24.1	98.4	963	75	
1	1200	23.5	99.5	977	60	tropical storm
1	1800	23.1	100.7	987	40	
2	0	23.2	101.9	997	30	tropical depression
2	600					dissipated

Huracán Karl

Tabla 92. Trayectoria de Huracán Karl

Datos Huracan Karl 2010						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
13	1800	16.3	78.5	1005	25	low
14	0	16.6	79.8	1004	25	"
14	600	17	81.1	1003	25	"
14	1200	17.6	82.3	1003	30	tropical depression
14	1800	18.1	83.6	1001	35	tropical storm
15	0	18.3	85	999	40	"
15	600	18.3	86.2	997	55	"
15	1200	18.5	87.6	991	55	"
15	1800	18.8	88.8	994	45	"
16	0	19.2	90.1	997	40	"
16	600	19.4	91.1	994	45	"
16	1200	19.6	92.2	986	55	"
16	1800	19.6	93.3	982	70	hurricane
17	0	19.7	94.1	971	85	"
17	600	19.7	94.9	966	95	"
17	1200	19.6	95.6	956	110	"
17	1500	19.4	96	970	90	"
17	1800	19.2	96.4	979	90	"
18	0	18.7	97.1	995	60	tropical storm
18	600	18.6	97.4	1005	25	tropical depression
18	1200					dissipated
17	1200	19.6	95.6	956	110	minimum pressure
15	1245	18.5	87.8	991	55	landfall along Yucatan coast near Rio Huach, Mexico
17	1645	19.3	96.2	976	100	landfall about 10 n mi northwest of Veracruz, Mexico

Huracán Ernesto

Tabla 93. Trayectoria de Huracán Ernesto

Datos Huracán Ernesto 2012						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
1	1200	11.6	46.7	1008	30	tropical depression
1	1800	12	48.2	1008	30	"
2	0	12.4	49.9	1008	30	"
2	600	12.7	51.7	1008	30	"
2	1200	13	53.6	1007	35	tropical storm
2	1800	13.2	55.5	1006	45	"
3	0	12.4	57.5	1005	45	"
3	600	13.6	59.7	1005	40	"
3	1200	13.7	61.6	1003	40	"
3	1800	14.8	63.3	1003	40	"
4	0	13.8	64.8	1004	40	"
4	600	13.9	66.4	1005	45	"
4	1200	14.2	67.9	1005	45	"
4	1800	14.6	69.5	1005	45	"
5	0	15	71.5	1006	45	"
5	600	15	73.8	1006	45	"
5	1200	15	76.1	1006	45	"
5	1800	15.1	77.8	1005	45	"
6	0	15.2	78.9	1003	45	"
6	600	15.4	79.6	998	50	"
6	1200	15.7	80.2	996	55	"
6	1800	16.2	81.2	995	55	"
7	0	16.7	82.2	994	55	"
7	600	17.3	83.3	993	55	"
7	1200	17.8	84.4	988	65	hurricane
7	1800	18.4	85.7	983	75	"
8	0	18.7	87.1	979	80	"
8	315	18.8	87.7	973	85	"
8	600	18.8	88.3	973	80	"
8	1200	18.8	89.6	983	60	tropical storm
8	1800	18.8	90.8	993	50	"
9	0	18.8	91.7	993	55	"
9	600	18.7	92.8	992	60	"
9	1200	18.4	93.8	989	55	"
9	1800	18.2	94.9	993	50	"
10	0	18	96	997	40	"
10	600	17.9	97.2	1001	30	tropical depression
10	1200					dissipated
8	315	18.8	87.7	973	85	Maximum winds and minimum pressure
8	100	18.7	87.2	977	80	Landfall on Cayo Norte in Banco Chinchorro, Mexico
8	315	18.8	87.7	973	85	Landfall near Majahual, Mexico
9	615	18.3	94.6	989	55	Landfall about 10 n mi northwest of Coatzacoalcos, Mexico

3.2 Análisis de datos

Después de haber analizado la información obtenida de la NOAA nos percatamos de que en el océano Pacífico los huracanes con los que se trabajó presentan un comportamiento más corto, es decir duran pocos días sin presentar cambios notables en cuanto a la intensidad, mientras que los huracanes en estudio del golfo de México presentan una duración mayor a los anteriores, y su evolución es notable.

En el capítulo 2.1.3 y 2.2.3 se hizo un análisis más a fondo de los datos, ya que se tuvo que tomar en cuenta la información recabada para poder analizar el comportamiento de cada uno de los huracanes en estudio, tomando en cuenta datos importantes como la Presión, Velocidad del Viento (magnitud), coordenadas (latitud y longitud), así como la evolución de estos mismos, los datos que tuvieron poca relevancia fueron los referentes al día y hora del comportamiento de cada uno.

3.3 Obtención de ecuaciones

El objetivo de este apartado es obtener una función matemática para cada Huracán, la cual nos permita representar la trayectoria del huracán a evaluar mediante el uso de los datos recopilados de la velocidad del viento y la presión de dicho huracán de manera precisa y compacta.

3.3.1 Programación Genética

Un algoritmo genético (AG) es una clase de algoritmos de búsqueda estocástica, basados en los mecanismos de selección natural, combinan la supervivencia de los mejores individuos dentro de un conjunto, los más aptos, con un intercambio de información estructurado y aleatorio, que imita los procesos de evolución biológica. En cada generación se crea un nuevo conjunto de criaturas artificiales (estructuras de datos) que usan las partes más aptas de las generaciones anteriores. Los Algoritmos Genéticos son algoritmos evolutivos ya que explotan eficientemente la información histórica, permitiendo especular sobre nuevos puntos de búsqueda, dentro del espacio de soluciones, esperando un mejor comportamiento a través de su evolución.

La programación genética (PG) es un método de Inteligencia Artificial que pertenece a los algoritmos genéticos que puede usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización, inventado por John Koza [Koza, 1992]. Como cualquier algoritmo de búsqueda, la PG busca en un espacio de posibles soluciones representadas de determinada manera, dispone de operadores de búsqueda y de una función heurística que la guía, denominada función de adecuación o de "fitness". Dicha función evalúa la bondad de cada uno de los individuos de la población. La función de adecuación devuelve un valor numérico o también un vector de valores, si se está haciendo optimización multi-objetivo. Dicho valor sirve para determinar la probabilidad de seleccionar cada individuo de la población, que normalmente es proporcional al valor devuelto por la función de adecuación. Una vez seleccionado, dicho individuo o individuos, será transformado por alguno de los operadores genéticos.

Con ayuda de la programación genética se obtuvieron los siguientes modelos matemáticos:

Ecuaciones paramétricas de la longitud (x) en grados y de la latitud (y) en grados, en función de los parámetros de presión en mega bares y rapidez del viento (módulo de la velocidad del viento) en nodos.

En los casos de las trayectorias que se observaron bajas correlaciones entre los datos medidos y calculados de las coordenadas (x,y) se optó por obtener ecuaciones paramétricas con varias reglas de correspondencia, tomando en cuenta los puntos de inflexión en la trayectoria medida.

Como último caso decidimos realizar el análisis por medio de la obtención de la ecuación cartesiana $y=f(x)$, está en función de la longitud en grados.

Se utilizó la programación genética (PG) para obtener ecuaciones de cada huracán, utilizando dichos datos recopilados antes mencionados.

La PG trabaja con 4 funciones matemáticas “aritméticas” (suma, resta, multiplicación y división), se realizaron varias pruebas para cada huracán una tomando en cuenta una o varias reglas de correspondencia, según fuera el caso de cada trayectoria de dicho huracán, con 10 000 generaciones para poder obtener un resultado óptimo; el algoritmo del programa se codificó en el intérprete MATLAB el cual ayuda a obtener los datos necesarios para ser simplificados y obtener cada una de las ecuaciones. La función objetivo considerada consistió en la minimización del error medio cuadrático entre los datos medidos y los datos calculados por el modelo de programación genética.

3.3.2. Descripción del Procedimiento Aplicado

En este capítulo se hablará acerca de las medidas que tuvimos que tomar ya que conforme se trabajaba en las ecuaciones iban surgiendo complicaciones, pues no se llegaba a obtener los resultados esperados de los 20 huracanes utilizados para la elaboración de este trabajo.

Para los 20 huracanes se trabajó en 3 casos diferentes *Trayectoria Continua*, *Trayectoria en Intervalos* y $Y=f(x)$.

El primer caso implicaba una regla de correspondencia para la longitud (x) y una regla de correspondencia para la latitud (y); en el segundo caso se optó por utilizar varias reglas de correspondencia tanto para la latitud como para la longitud, el número de reglas de correspondencia variaba de acuerdo a la trayectoria medida de cada huracán, ya que se tomó en cuenta los puntos de inflexión que se presentan a lo largo de la trayectoria; en el caso tres se decidió optar por una ecuación cartesiana y lo realizamos por medio de la ecuación $Y=f(x)$.

Para el primer y segundo caso se realizó el análisis utilizando como variables dependientes a la presión y a la velocidad del viento (magnitud) para con ellas obtener el valor de la función objetivo aplicando programación genética; y en el último caso solo tomamos como variable dependiente a la presión.

Descripción de Gráficos:

Utilizando como datos la presión y la velocidad del viento se obtuvieron por medio de programación genética las ecuaciones para el eje X (longitud) y para el eje Y (latitud), las cuales se programaron para poder obtener el error calculado de dicha trayectoria como se muestra de la tabla 94 la 255.

En las imágenes de la 41 a la 202 se observa el valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética para los casos de las coordenadas x, y en función de la presión y de la magnitud de la velocidad del viento.

En los gráficos del 1 al 98 se plasmaron los datos medidos y calculados de las coordenadas x, y con respecto a una función identidad, para con ello obtener la correlación que existe en cada uno de ellos; en el apartado de anexos tabla 274 y tabla 275 se observan las correlaciones de los 20 huracanes.

Al final de cada caso podemos observar una gráfica en la cual se representa la trayectoria de cada huracán tanto medida como calculada, graficas 1 a la 58, respectivamente para cada huracán.

RESULTADOS OBTENIDOS

OCÉANO PACÍFICO

Huracán Paulina

Para el siguiente huracán en estudio se consideró solo una regla de correspondencia, la cual se representa en la siguiente ecuación aritmética.

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.10135 P - \frac{0.053032 P + 0.214154}{0.36356 + 0.370173 W_s} + 0.100318 \dots \text{Ecuación 1}$$

Utilizaremos la ecuación 1 presentada anteriormente para obtener el error de la trayectoria calculada como se muestra a continuación en la Tabla 94 la cual se programó para poder obtener el error cuadrático.

Tabla 94. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	102.2677	53.7234	9.6179	96.7822	96.7822	96.6	-0.1822	0.0332
1009	25	102.2677	53.7234	9.6179	96.7822	96.7822	96	-0.7822	0.6118
1008	30	102.1663	53.6704	11.4688	97.5869	97.5869	95.5	-2.0869	4.3552
1005	35	101.8622	53.5113	13.3196	97.9451	97.9451	95	-2.9451	8.6735
1000	45	101.3555	53.2462	17.0213	98.3276	98.3276	94.5	-3.8276	14.6504
990	55	100.3419	52.7158	20.7231	97.8984	97.8984	94.2	-3.6984	13.6782
977	70	99.0243	52.0264	26.2757	97.1446	97.1446	94.1	-3.0446	9.2695
955	100	96.7945	50.8597	37.3809	95.5342	95.5342	94.2	-1.3342	1.7801
948	115	96.0850	50.4885	42.9335	95.0093	95.0093	94.5	-0.5093	0.2594
949	110	96.1863	50.5415	41.0826	95.0564	95.0564	94.9	-0.1564	0.0245
955	100	96.7945	50.8597	37.3809	95.5342	95.5342	95.3	-0.2342	0.0549
959	100	97.1999	51.0718	37.3809	95.9339	95.9339	95.6	-0.3339	0.1115
954	110	96.6931	50.8067	41.0826	95.5567	95.5567	95.9	0.3433	0.1178
948	115	96.0850	50.4885	42.9335	95.0093	95.0093	96.3	1.2907	1.6658
960	95	97.3012	51.1249	35.5300	95.9626	95.9626	97.6	1.6374	2.6810
973	70	98.6189	51.8143	26.2757	96.7472	96.7472	99	2.2528	5.0750
989	60	100.2406	52.6628	22.5739	98.0080	98.0080	100.4	2.3920	5.7218
1000	50	101.3555	53.2462	18.8722	98.6344	98.6344	101.4	2.7656	7.6487
1005	40	101.8622	53.5113	15.1705	98.4352	98.4352	102	3.5648	12.7076
1009	30	102.2677	53.7234	11.4688	97.6836	97.6836	102.6	4.9164	24.1705
							error medio cuadrático		5.6645

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = -\frac{1.029577 Ws - 40.9221316}{-0.206785 Ws + 8.24359} + 9.198091 \dots \text{Ecuación 2}$$

Tabla 95. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-15.1827	3.0740	4.9391	14.1372	14.1372	12.2	-1.9372	3.7528
1009	25	-15.1827	3.0740	4.9391	14.1372	14.1372	12.1	-2.0372	4.1503
1008	30	-10.0348	2.0400	4.9189	14.1170	14.1170	12	-2.1170	4.4818
1005	35	-4.8869	1.0061	4.8572	14.0553	14.0553	11.9	-2.1553	4.6454
1000	45	5.4088	-1.0617	5.0943	14.2924	14.2924	11.9	-2.3924	5.7237
990	55	15.7046	-3.1296	5.0181	14.2162	14.2162	12.2	-2.0162	4.0651
977	70	31.1483	-6.2314	4.9986	14.1967	14.1967	12.5	-1.6967	2.8789
955	100	62.0356	-12.4349	4.9888	14.1869	14.1869	12.9	-1.2869	1.6561
948	115	77.4792	-15.5367	4.9869	14.1849	14.1849	13.2	-0.9849	0.9701
949	110	72.3313	-14.5028	4.9874	14.1855	14.1855	13.5	-0.6855	0.4699
955	100	62.0356	-12.4349	4.9888	14.1869	14.1869	13.8	-0.3869	0.1497
959	100	62.0356	-12.4349	4.9888	14.1869	14.1869	14.2	0.0131	0.0002
954	110	72.3313	-14.5028	4.9874	14.1855	14.1855	14.6	0.4145	0.1718
948	115	77.4792	-15.5367	4.9869	14.1849	14.1849	15.3	1.1151	1.2433
960	95	56.8877	-11.4010	4.9897	14.1878	14.1878	16	1.8122	3.2840
973	70	31.1483	-6.2314	4.9986	14.1967	14.1967	16.7	2.5033	6.2664
989	60	20.8525	-4.1635	5.0084	14.2065	14.2065	17.3	3.0935	9.5699
1000	50	10.5567	-2.0957	5.0374	14.2355	14.2355	17.9	3.6645	13.4285
1005	40	0.2609	-0.0278	9.3833	18.5813	18.5813	18.6	0.0187	0.0003
1009	30	-10.0348	2.0400	4.9189	14.1170	14.1170	19.2	5.0830	25.8366
							error medio cuadrático		4.6372

En la imagen 41 y 42 se puede observar el valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al momento de aplicar la programación genética, el cual se comparó con el que se obtuvo al utilizar los datos de la presión en mega bares y la Velocidad del viento (magnitud) en nodos y sustituirlos en las ecuaciones obtenidas para la longitud en grados y la latitud en grados, respectivamente.

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

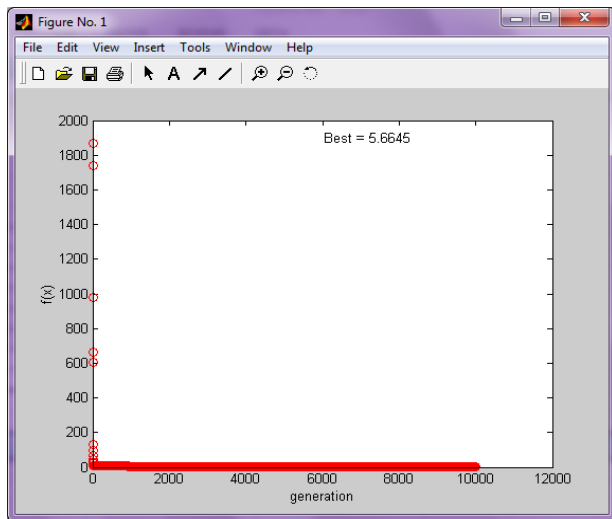


Imagen 41. Error medio cuadrático en x (programación genética)

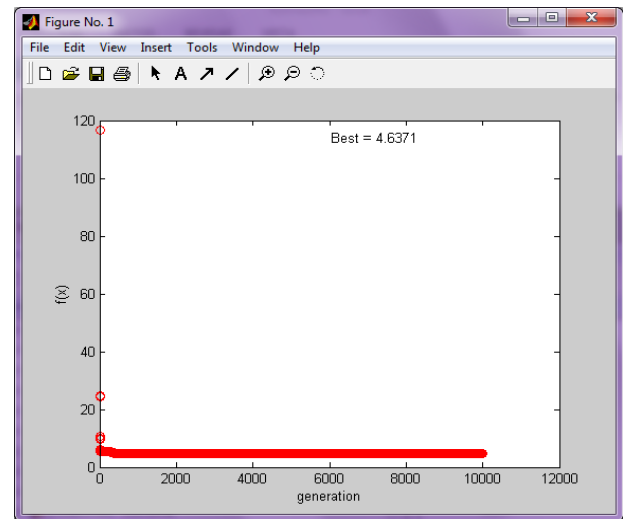


Imagen 42. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

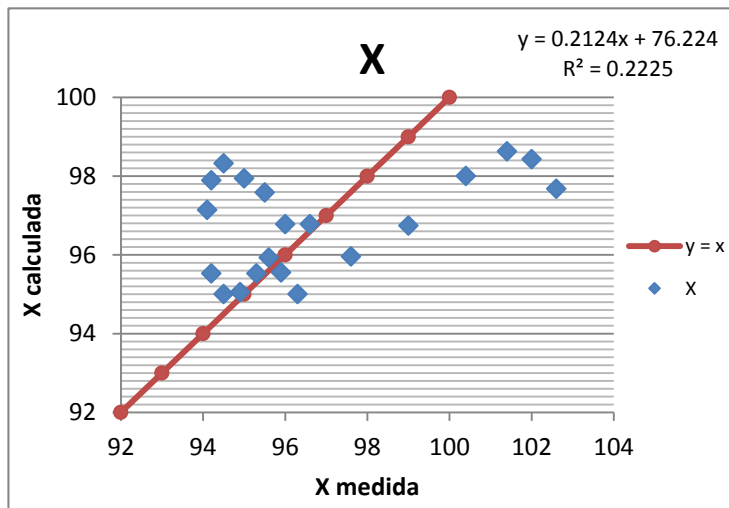


Gráfico 1. Correlación en X (longitud)

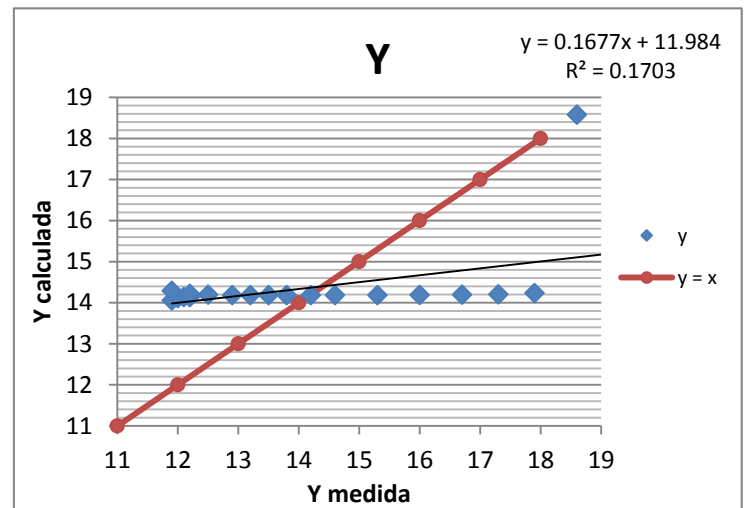
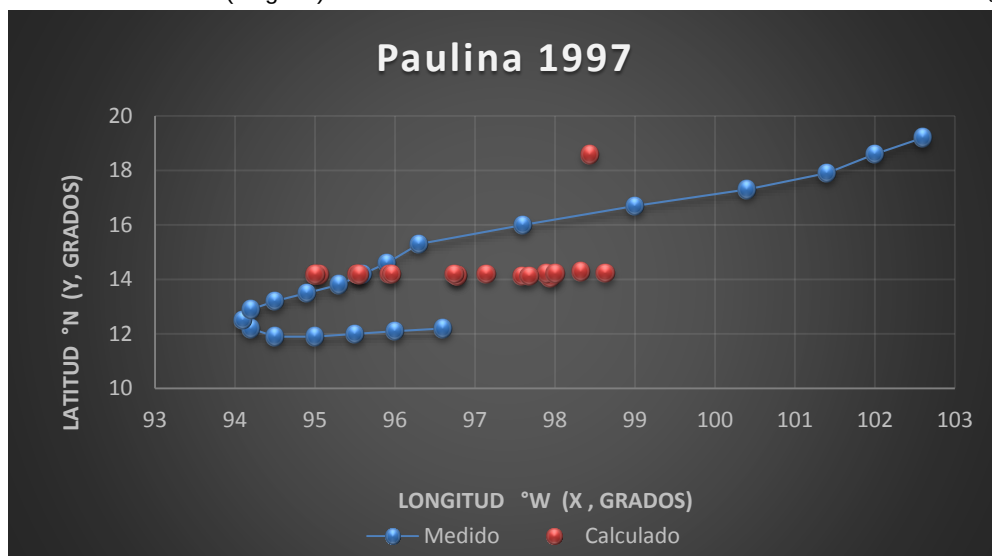


Gráfico 2. Correlación en Y (latitud)



Gráfica 1. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{P}{(Ws)^2} + \frac{0.4853(Ws)^2}{P} + 0.09402 P - 0.6922 \dots \text{Ecuación 3}$$

Tabla 96. Programación Trayectoria en X (Calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	94.8672	1.6144	0.3006	96.0900	96.0900	96.6	0.5100	0.2601
1009	25	94.8672	1.6144	0.3006	96.0900	96.0900	96.0	-0.0900	0.0081
1008	30	94.7732	1.1200	0.4333	95.6343	95.6343	95.5	-0.1343	0.0180
1005	35	94.4911	0.8204	0.5916	95.2108	95.2108	95.0	-0.2108	0.0445
1000	45	94.0210	0.4938	0.9828	94.8054	94.8054	94.5	-0.3054	0.0932
990	55	93.0808	0.3273	1.4829	94.1987	94.1987	94.2	0.0013	0.0000
977	70	91.8585	0.1994	2.4340	93.7997	93.7997	94.1	0.3003	0.0902
955	100	89.7901	0.0955	5.0819	94.2752	94.2752	94.2	-0.0752	0.0057
error medio cuadrático									0.0650

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{-0.1894 P + 0.0943 P^2}{(Ws)^2 - (Ws)^3 + P^2} + 0.10102 P \dots \text{Ecuación 4}$$

Tabla 97. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
948	115	84580.7686	-608946	-0.1389	95.6356	95.6356	94.5	-1.1356	1.2897
949	110	84759.4928	-418299	-0.2026	95.6729	95.6729	94.9	-0.7729	0.5974
955	100	85835.7992	-77975	-1.1008	95.3809	95.3809	95.3	-0.0809	0.0065
959	100	86557.1094	-70319	-1.2309	95.6549	95.6549	95.6	-0.0549	0.0030
954	110	85655.9432	-408784	-0.2095	96.1712	96.1712	95.9	-0.2712	0.0735
948	115	84580.7686	-608946	-0.1389	95.6356	95.6356	96.3	0.6644	0.4414
960	95	86737.9085	73250	1.1841	98.1710	98.1710	97.6	-0.5710	0.3261
973	70	89105.4621	608629	0.1464	98.4466	98.4466	99.0	0.5534	0.3062
989	60	92063.136	765721	0.1202	100.0369	100.0369	100.4	0.3631	0.1318
1000	50	94124.548	877500	0.1073	101.1353	101.1353	101.4	0.2647	0.0701
1005	40	95069.0986	947625	0.1003	101.6335	101.6335	102.0	0.3665	0.1343
1009	30	95828.1344	991981	0.0966	102.0339	102.0339	102.6	0.5661	0.3205
error medio cuadrático									0.3084

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{Ws + 1.7898}{0.0698 Ws + 1.0088} + \frac{P}{0.6634 Ws} \dots \text{Ecuación 5}$$

Tabla 98. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	9.72550	2.43345	12.15895	12.15895	12.15895	12.2	0.0411	0.0017
1009	25	9.72550	2.43345	12.15895	12.15895	12.15895	12.1	-0.0589	0.0035
1008	30	10.24238	1.68822	11.93060	11.93060	11.93060	12.0	0.0694	0.0048
1005	35	10.65474	1.23663	11.89137	11.89137	11.89137	11.9	0.0086	0.0001
1000	45	11.27134	0.74436	12.01571	12.01571	12.01571	11.9	-0.1157	0.0134
990	55	11.71037	0.49331	12.20369	12.20369	12.20369	12.2	-0.0037	0.0000
977	70	12.17396	0.30054	12.47451	12.47451	12.47451	12.5	0.0255	0.0006
955	100	12.73657	0.14395	12.88052	12.88052	12.88052	12.9	0.0195	0.0004
						error medio cuadrático			0.0031

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{\frac{P}{15.7628 - Ws} + 25.4160 - Ws}{-0.0760 Ws} \dots \text{Ecuación 6}$$

Tabla 99. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramos)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
948	115	-99.1369	-9.5625	-124.5625	14.2492	14.2492	13.2	-1.0492	1.1008
949	110	-94.6543	-10.0260	-120.0260	14.3543	14.3543	13.5	-0.8543	0.7299
955	100	-85.9210	-11.1149	-111.1149	14.6175	14.6175	13.8	-0.8175	0.6683
959	100	-85.9685	-11.1552	-111.1552	14.6228	14.6228	14.2	-0.4228	0.1788
954	110	-94.7074	-10.0731	-120.0731	14.3600	14.3600	14.6	0.2400	0.0576
948	115	-99.1369	-9.5625	-124.5625	14.2492	14.2492	15.3	1.0508	1.1042
960	95	-81.6995	-11.7504	-106.7504	14.7825	14.7825	16.0	1.2175	1.4824
973	70	-62.5237	-15.5621	-85.5621	16.0799	16.0799	16.7	0.6201	0.3845
989	60	-56.9408	-17.3689	-77.3689	16.9635	16.9635	17.3	0.3365	0.1132
1000	50	-53.7920	-18.5901	-68.5901	18.0465	18.0465	17.9	-0.1465	0.0215
1005	40	-56.0493	-17.9307	-57.9307	19.0524	19.0524	18.6	-0.4524	0.2046
1009	30	-75.4549	-13.3722	-43.3722	19.0191	19.0191	19.2	0.1809	0.0327
						error medio cuadrático			0.5065

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

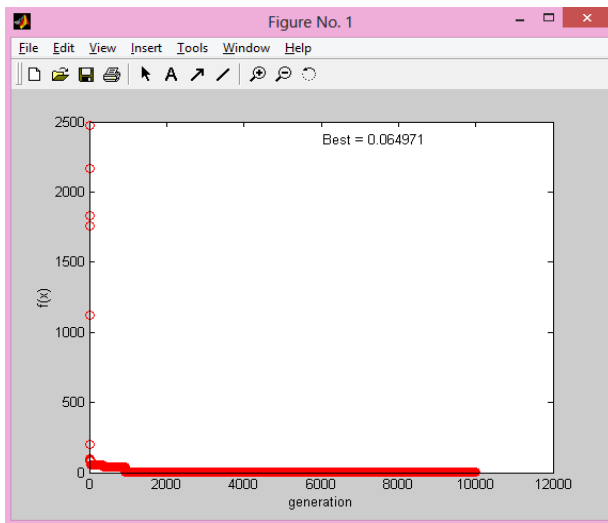


Imagen 43. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

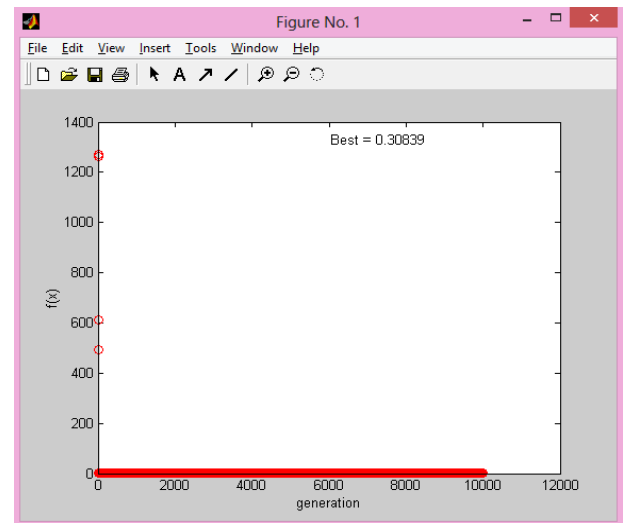


Imagen 44. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

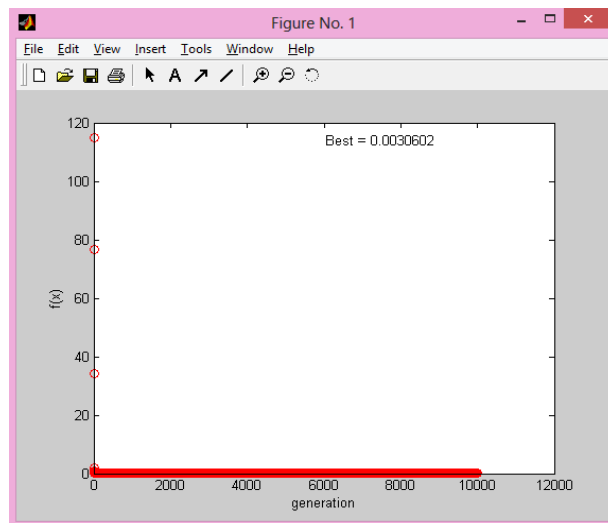


Imagen 45. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

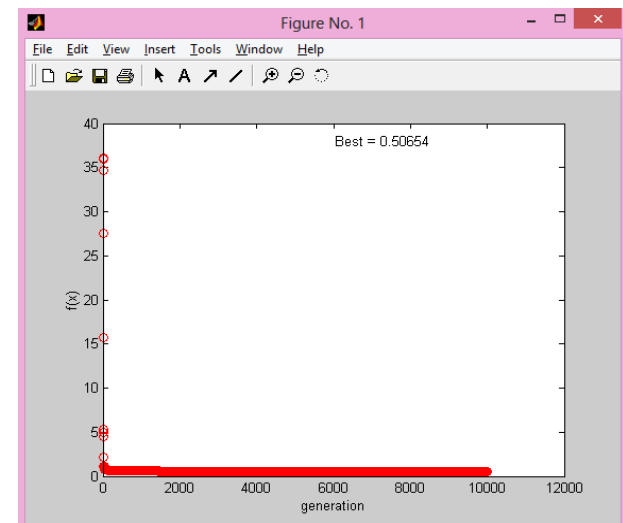


Imagen 46. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

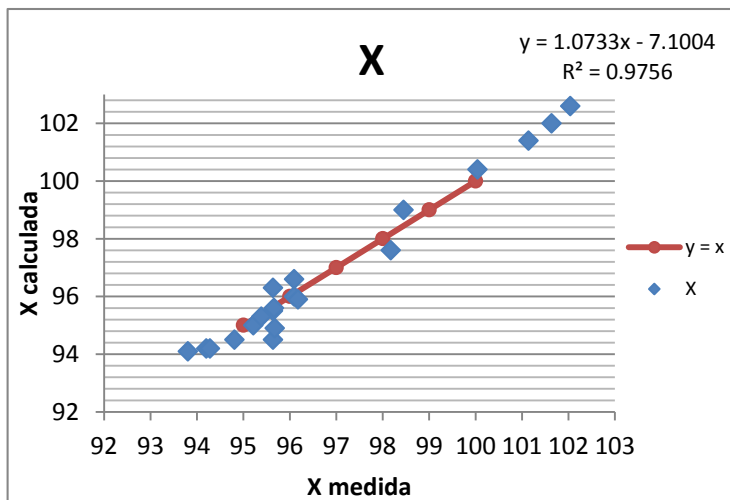


Gráfico 3. Correlación en X (longitud) en grados

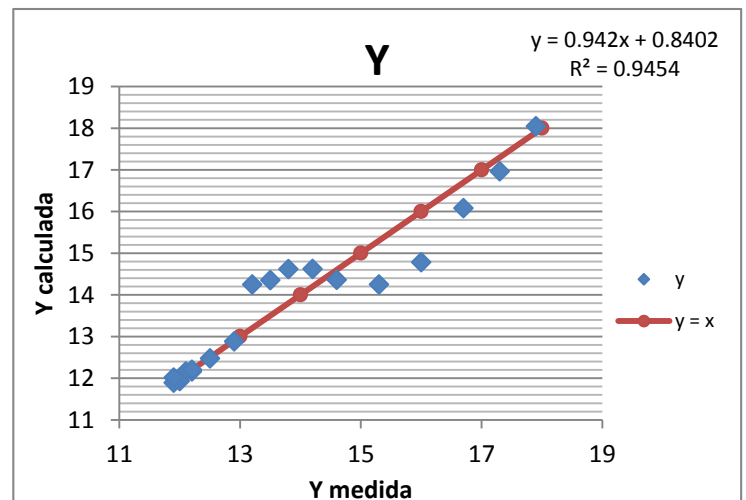
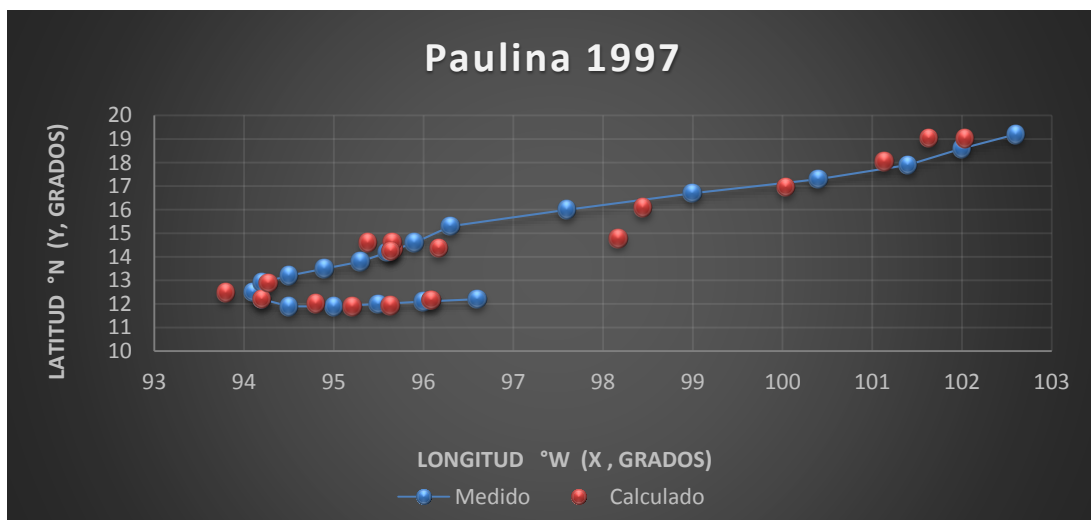


Gráfico 4. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 2. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “ $Y = f(x)$ ”

Ecuación Obtenida

$$Y = 0.3312 P + 0.8320 - \frac{0.17577}{-\frac{2.5232}{X} + 0.0356} \dots \text{Ecuación 7}$$

Tabla 100. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$ (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $y = f(x)$								
Longitud °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
96.6	32.8281	0.0095	18.4484	14.3798	14.3798	12.2	-2.1798	4.7514
96	32.6294	0.0094	18.7700	13.8594	13.8594	12.1	-1.7594	3.0956
95.5	32.4638	0.0092	19.0499	13.4139	13.4139	12	-1.4139	1.9990
95	32.2982	0.0091	19.3414	12.9568	12.9568	11.9	-1.0568	1.1168
94.5	32.1326	0.0089	19.6452	12.4874	12.4874	11.9	-0.5874	0.3450
94.2	32.0332	0.0089	19.8337	12.1995	12.1995	12.2	0.0005	0.0000
94.1	32.0001	0.0088	19.8976	12.1025	12.1025	12.5	0.3975	0.1580
94.2	32.0332	0.0089	19.8337	12.1995	12.1995	12.9	0.7005	0.4907
94.5	32.1326	0.0089	19.6452	12.4874	12.4874	13.2	0.7126	0.5078
94.9	32.2650	0.0091	19.4011	12.8639	12.8639	13.5	0.6361	0.4046
95.3	32.3975	0.0092	19.1651	13.2325	13.2325	13.8	0.5675	0.3221
95.6	32.4969	0.0093	18.9930	13.5039	13.5039	14.2	0.6961	0.4846
95.9	32.5963	0.0093	18.8251	13.7712	13.7712	14.6	0.8288	0.6869
96.3	32.7288	0.0094	18.6073	14.1215	14.1215	15.3	1.1785	1.3889
97.6	33.1593	0.0098	17.9443	15.2150	15.2150	16	0.7850	0.6162
99	33.6231	0.0102	17.2987	16.3244	16.3244	16.7	0.3756	0.1411
100.4	34.0868	0.0105	16.7141	17.3727	17.3727	17.3	-0.0727	0.0053
101.4	34.4180	0.0108	16.3293	18.0887	18.0887	17.9	-0.1887	0.0356
102	34.6167	0.0109	16.1102	18.5065	18.5065	18.6	0.0935	0.0087
102.6	34.8155	0.0111	15.8994	18.9161	18.9161	19.2	0.2839	0.0806
error medio cuadrático								0.8319

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

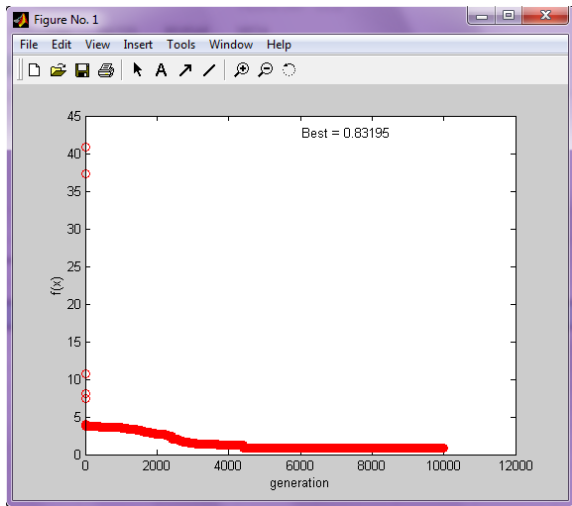


Imagen 47. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

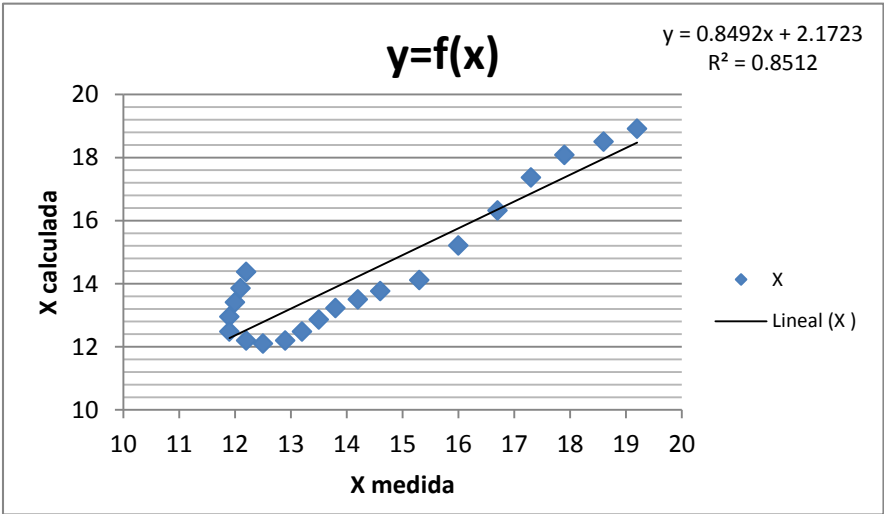
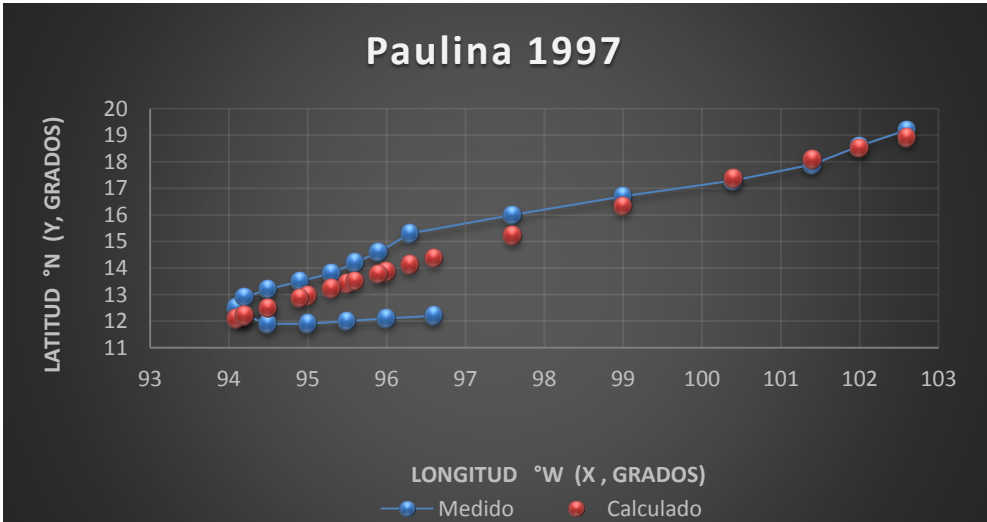


Gráfico 5. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 3. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Juliette

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \frac{0.014585666 P^2 - 0.745875 P}{0.043756998 P^2 - 2.2376 P - (W_s)^3} + 0.110374 P \dots \text{Ecuación 8}$$

Tabla 101. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	30	14039.48	15118.48	0.929	112.075	112.075	91.1	-20.975	439.961
1005	35	13982.28	-928.13	-15.065	95.861	95.861	92.8	-3.061	9.369
997	35	13754.64	-1611.04	-8.538	101.505	101.505	94.3	-7.205	51.914
996	40	13726.32	-22821.01	-0.601	109.331	109.331	95.8	-13.531	183.089
996	45	13726.32	-49946.01	-0.275	109.658	109.658	97.3	-12.358	152.712
995	45	13698.02	-50030.89	-0.274	109.548	109.548	98.5	-11.048	122.066
994	45	13669.76	-50115.69	-0.273	109.439	109.439	99.7	-9.739	94.848
992	50	13613.31	-84160.01	-0.162	109.329	109.329	100.4	-8.929	79.732
986	55	13444.69	-126040.90	-0.107	108.722	108.722	101.3	-7.422	55.087
976	65	13165.98	-235127.03	-0.056	107.669	107.669	102.2	-5.469	29.910
960	85	12726.10	-575946.65	-0.022	105.937	105.937	102.8	-3.137	9.840
941	110	12213.46	-1294359.59	-0.009	103.852	103.852	103.3	-0.552	0.305
941	115	12213.46	-1484234.59	-0.008	103.854	103.854	103.5	-0.354	0.125
952	100	12508.97	-962473.05	-0.013	105.063	105.063	103.8	-1.263	1.595
957	95	12644.46	-819441.58	-0.015	105.612	105.612	104.1	-1.512	2.288
941	115	12213.46	-1484234.59	-0.008	103.854	103.854	104.7	0.846	0.716
935	125	12053.76	-1916963.69	-0.006	103.193	103.193	105.3	2.107	4.438
928	125	11868.77	-1917518.67	-0.006	102.421	102.421	106.2	3.779	14.282
923	125	11737.50	-1917912.45	-0.006	101.869	101.869	107.2	5.331	28.419
925	125	11789.92	-1917755.20	-0.006	102.090	102.090	107.9	5.810	33.758
930	115	11921.47	-1485110.54	-0.008	102.640	102.640	108.6	5.960	35.524
935	105	12053.76	-1121463.69	-0.011	103.189	103.189	109.1	5.911	34.941
940	100	12186.77	-963439.66	-0.013	103.739	103.739	109.8	6.061	36.737
942	95	12240.18	-820654.43	-0.015	103.957	103.957	110.3	6.343	40.229
949	90	12428.02	-691715.89	-0.018	104.727	104.727	110.5	5.773	33.328
955	85	12590.18	-576354.43	-0.022	105.385	105.385	110.8	5.415	29.319
961	80	12753.38	-473739.83	-0.027	106.042	106.042	110.7	4.658	21.692
968	80	12945.11	-473164.64	-0.027	106.815	106.815	110.7	3.885	15.096
971	75	13027.71	-382791.82	-0.034	107.139	107.139	111	3.861	14.906
981	70	13304.97	-303085.06	-0.044	108.233	108.233	111.1	2.867	8.220
987	60	13472.72	-175581.80	-0.077	108.862	108.862	111.1	2.238	5.007
987	60	13472.72	-175581.80	-0.077	108.862	108.862	111.2	2.338	5.464
983	65	13360.77	-234542.65	-0.057	108.441	108.441	111.3	2.859	8.176
985	65	13416.69	-234374.90	-0.057	108.661	108.661	111.5	2.839	8.059
990	45	13556.99	-50453.99	-0.269	109.002	109.002	111.7	2.698	7.282
1000	35	13839.79	-1355.60	-10.209	100.165	100.165	112	11.835	140.075
1003	30	13925.19	14775.62	0.942	111.648	111.648	111.8	0.152	0.023
1005	30	13982.28	14946.87	0.935	111.861	111.861	111.8	-0.061	0.004
1005	30	13982.28	14946.87	0.935	111.861	111.861	112	0.139	0.019
1005	25	13982.28	26321.87	0.531	111.457	111.457	112.2	0.743	0.552
1006	25	14010.86	26407.63	0.531	111.567	111.567	112.5	0.933	0.871
1006	25	14010.86	26407.63	0.531	111.567	111.567	112.7	1.133	1.284
1006	30	14010.86	15032.63	0.932	111.968	111.968	113.1	1.132	1.281
1006	30	14010.86	15032.63	0.932	111.968	111.968	113.3	1.332	1.773
1006	30	14010.86	15032.63	0.932	111.968	111.968	113.6	1.632	2.663
1006	30	14010.86	15032.63	0.932	111.968	111.968	113.8	1.832	3.355
1007	30	14039.48	15118.48	0.929	112.075	112.075	114.4	2.325	5.404
1008	25	14068.12	26579.41	0.529	111.786	111.786	114.6	2.814	7.917
error medio cuadrático									37.1595

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{0.184589 P(W_s)}{P(W_s) + 0.0510575(W_s)^3 + P} + 0.594987 \frac{P}{W_s} \dots \text{Ecuación 9}$$

Tabla 102. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	30	167293.01	32595.55	5.13	25.10	25.10	12.6	-12.504	156.353
1005	35	227252.13	38369.09	5.92	23.01	23.01	13	-10.007	100.148
997	35	225443.16	38081.09	5.92	22.87	22.87	13.5	-9.369	87.773
996	40	294161.03	44103.68	6.67	21.48	21.48	13.6	-7.885	62.172
996	45	372297.55	50468.61	7.38	20.55	20.55	13.6	-6.946	48.245
995	45	371923.76	50422.61	7.38	20.53	20.53	13.5	-7.032	49.448
994	45	371549.97	50376.61	7.38	20.52	20.52	13.5	-7.018	49.253
992	50	457780.72	56974.19	8.03	19.84	19.84	14.2	-5.639	31.803
986	55	550564.38	63710.69	8.64	19.31	19.31	14.6	-4.708	22.166
976	65	761171.20	78437.67	9.70	18.64	18.64	14.8	-3.838	14.731
960	85	1280309.30	113915.69	11.24	17.96	17.96	14.9	-3.059	9.357
941	110	2101748.81	172408.53	12.19	17.28	17.28	14.8	-2.480	6.152
941	115	2297159.34	186808.08	12.30	17.17	17.17	15	-2.165	4.689
952	100	1757287.28	147209.50	11.94	17.60	17.60	15.1	-2.502	6.258
957	95	1594281.35	135647.42	11.75	17.75	17.75	15.2	-2.547	6.486
941	115	2297159.34	186808.08	12.30	17.17	17.17	15.4	-1.765	3.117
935	125	2696729.92	217531.68	12.40	16.85	16.85	15.9	-0.947	0.898
928	125	2676540.50	216649.68	12.35	16.77	16.77	16.2	-0.571	0.327
923	125	2662119.48	216019.68	12.32	16.72	16.72	16.4	-0.317	0.100
925	125	2667887.89	216271.68	12.34	16.74	16.74	16.8	0.061	0.004
930	115	2270306.26	185532.08	12.24	17.05	17.05	17.5	0.452	0.204
935	105	1902812.63	158215.44	12.03	17.32	17.32	18.2	0.875	0.766
940	100	1735136.60	145997.50	11.88	17.48	17.48	18.8	1.322	1.749
942	95	1569292.61	134207.42	11.69	17.59	17.59	19.4	1.807	3.266
949	90	1418917.18	123579.92	11.48	17.76	17.76	20.1	2.344	5.496
955	85	1273641.03	113485.69	11.22	17.91	17.91	20.7	2.792	7.797
961	80	1135296.19	103982.44	10.92	18.07	18.07	21.4	3.335	11.119
968	80	1143565.77	104549.44	10.94	18.14	18.14	22.3	4.163	17.327
971	75	1008202.04	95335.88	10.58	18.28	18.28	22.8	4.522	20.445
981	70	887300.86	87163.72	10.18	18.52	18.52	23	4.482	20.088
987	60	655881.63	71235.42	9.21	18.99	18.99	23.2	4.205	17.684
987	60	655881.63	71235.42	9.21	18.99	18.99	23.4	4.405	19.406
983	65	766630.42	78899.67	9.72	18.71	18.71	23.6	4.885	23.868
985	65	768190.20	79031.67	9.72	18.74	18.74	23.8	5.064	25.640
990	45	370054.80	50192.61	7.37	20.46	20.46	24	3.538	12.515
1000	35	226121.53	38189.09	5.92	22.92	22.92	25	2.079	4.323
1003	30	166628.49	32471.55	5.13	25.02	25.02	26.1	1.076	1.158
1005	30	166960.75	32533.55	5.13	25.06	25.06	27.1	2.036	4.145
1005	30	166960.75	32533.55	5.13	25.06	25.06	28.2	3.136	9.834
1005	25	115944.97	26927.77	4.31	28.22	28.22	28.7	0.476	0.226
1006	25	116060.33	26953.77	4.31	28.25	28.25	29.2	0.952	0.906
1006	25	116060.33	26953.77	4.31	28.25	28.25	29.7	1.452	2.108
1006	30	167126.88	32564.55	5.13	25.08	25.08	30.2	5.116	26.173
1006	30	167126.88	32564.55	5.13	25.08	25.08	30.4	5.316	28.259
1006	30	167126.88	32564.55	5.13	25.08	25.08	30.6	5.516	30.425
1006	30	167126.88	32564.55	5.13	25.08	25.08	30.5	5.416	29.332
1007	30	167293.01	32595.55	5.13	25.10	25.10	30.4	5.296	28.046
1008	25	116291.07	27005.77	4.31	28.30	28.30	30.2	1.904	3.625
error medio cuadrático									21.1544

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

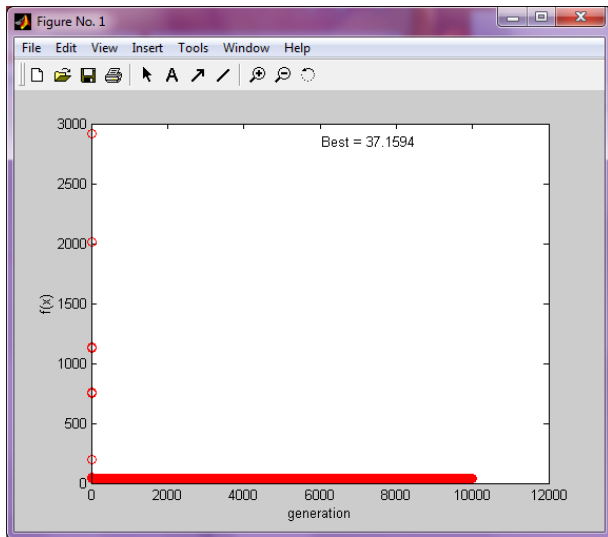


Imagen 48. Error medio cuadrático en X (programación genética)

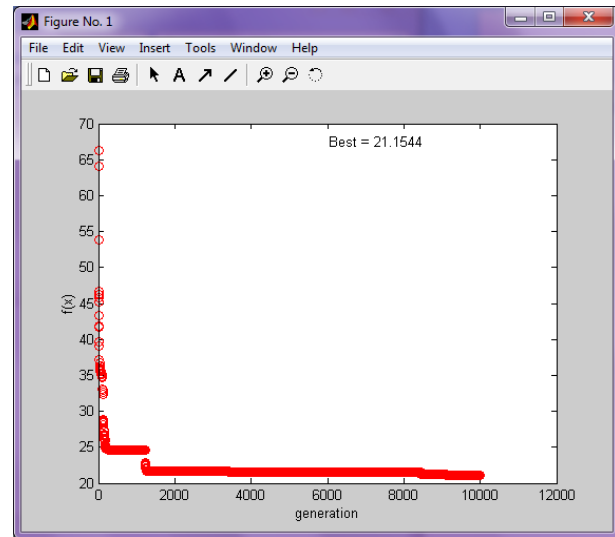


Imagen 49. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

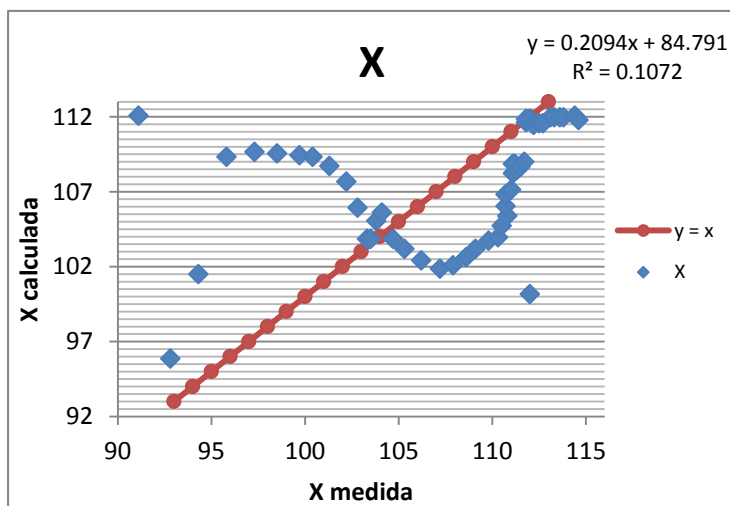


Gráfico 7. Correlación en X (longitud) en grados

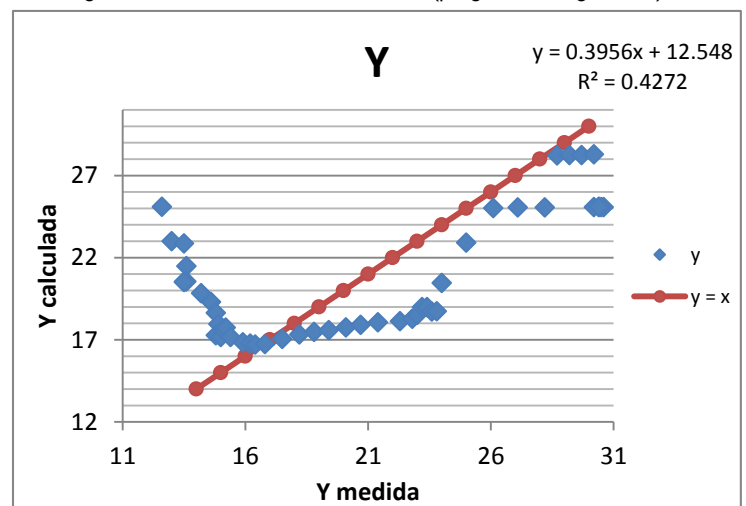
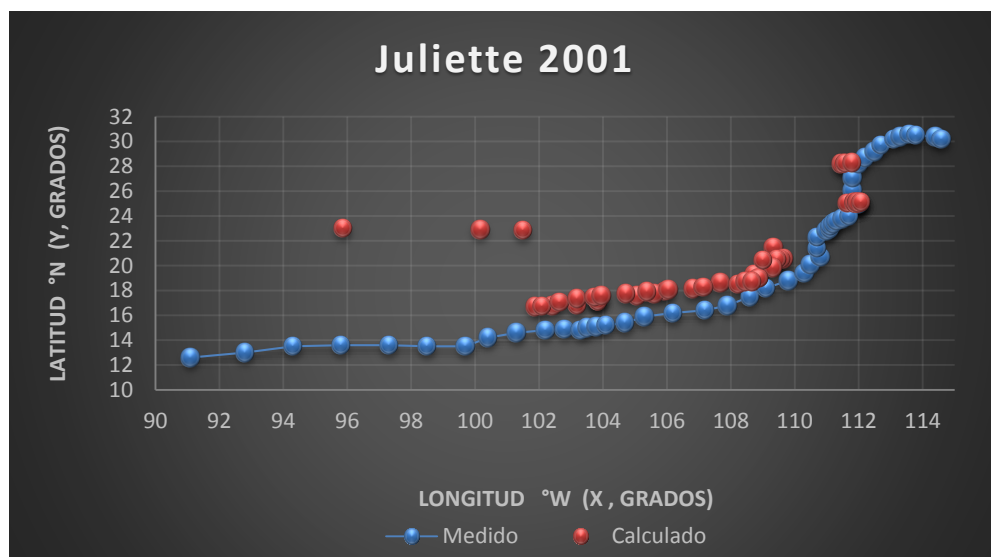


Gráfico 6. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 4. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{-0.8241 P + Ws + 0.1160 P(Ws) + 9.0715}{Ws} \dots \text{Ecuación 10}$$

Tabla 103. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	30	-829.945	3507.049	2716.175	90.539	90.5392	91.1	0.5608	0.3145
1005	35	-828.297	4083.431	3299.205	94.263	94.2630	92.8	-1.4630	2.1404
997	35	-821.703	4050.926	3273.294	93.523	93.5227	94.3	0.7773	0.6042
996	40	-820.879	4624.986	3853.178	96.329	96.3295	95.8	-0.5295	0.2803
996	45	-820.879	5203.109	4436.301	98.584	98.5845	97.3	-1.2845	1.6499
995	45	-820.055	5197.885	4431.901	98.487	98.4867	98.5	0.0133	0.0002
994	45	-819.231	5192.661	4427.502	98.389	98.3889	99.7	1.3111	1.7189
992	50	-817.583	5758.014	4999.503	99.990	99.9901	100.4	0.4099	0.1680
986	55	-812.638	6295.506	5546.941	100.853	100.8535	101.3	0.4465	0.1994
976	65	-804.396	7364.686	6634.362	102.067	102.0671	102.2	0.1329	0.0177
960	85	-791.209	9472.862	8775.725	103.244	103.2438	102.8	-0.4438	0.1970
941	110	-775.550	12016.372	11359.894	103.272	103.2718	103.3	0.0282	0.0008
error medio cuadrático									0.6076

“Segundo Tramo”

$$X2 = -0.091731 - \frac{-0.61598}{10.9014 Ws} + \frac{P}{P(Ws)} + 0.52627 + 0.09709 (P + Ws) \dots \text{Ecuación 11}$$

“Tercer Tramo”

Tabla 104. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
941	115	1191.927	-163.850	0.052	106.476	106.476	103.5	-2.9761	8.8570
952	100	901.268	126.451	0.060	107.565	107.565	103.8	-3.7651	14.1760
957	95	813.394	215.539	0.063	108.574	108.574	104.1	-4.4736	20.0127
941	115	1191.927	-163.850	0.052	106.476	106.476	104.7	-1.7761	3.1544
935	125	1408.231	-378.582	0.048	106.881	106.881	105.3	-1.5807	2.4985
928	125	1408.231	-385.582	0.048	106.546	106.546	106.2	-0.3456	0.1195
923	125	1408.231	-390.582	0.048	106.306	106.306	107.2	0.8937	0.7986
925	125	1408.231	-388.582	0.048	106.402	106.402	107.9	1.4979	2.2438
930	115	1191.927	-174.850	0.052	105.904	105.904	108.6	2.6962	7.2694
935	105	993.648	20.857	0.057	106.188	106.188	109.1	2.9116	8.4775
940	100	901.268	114.451	0.060	106.847	106.847	109.8	2.9528	8.7191
942	95	813.394	200.539	0.063	107.629	107.629	110.3	2.6711	7.1346
949	90	730.027	287.120	0.066	109.086	109.086	110.5	1.4141	1.9996
955	85	651.166	368.195	0.070	110.915	110.915	110.8	-0.1150	0.0132
error medio cuadrático									6.1053

$$X3 = \left\{ \left[(0.226231) * \left(\frac{(Ws)^2 + P(Ws) - 0.23554(Ws)^3}{-0.675089 P} \right) \right] + P \right\} * 0.113261 \dots \text{Ecuación 12}$$

Tabla 105. Programación Trayectoria en Y (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
961	80	-37316.48	57.52	974.01	110.32	110.32	110.7	0.3823	0.1462
968	80	-36756.48	56.25	980.72	111.08	111.08	110.7	-0.3779	0.1428
971	75	-20918.44	31.91	978.22	110.79	110.79	111.0	0.2059	0.0424
981	70	-7220.22	10.90	983.47	111.39	111.39	111.1	-0.2884	0.0832
987	60	11943.36	-17.92	982.94	111.33	111.33	111.1	-0.2293	0.0526
987	60	11943.36	-17.92	982.94	111.33	111.33	111.2	-0.1293	0.0167
983	65	3434.83	-5.18	981.83	111.20	111.20	111.3	0.0971	0.0094
985	65	3564.83	-5.36	983.79	111.42	111.42	111.5	0.0753	0.0057
990	45	25111.42	-37.57	981.50	111.17	111.17	111.7	0.5343	0.2855
1000	35	26126.22	-38.70	991.24	112.27	112.27	112.0	-0.2694	0.0726
error medio cuadrático									0.085702

“Cuarto Tramo”

$$X4 = -0.091731 - \frac{-0.61598}{\frac{10.9014 Ws}{P} + \frac{P}{P(Ws)} + 0.52627} + 0.09709 (P + Ws) \dots \text{Ecuación 13}$$

Tabla 106. Programación Trayectoria en Y (calculada, cuarto tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1003	30	112.423	-1.385	-5.159	112.536	112.536	111.8	-0.736	0.542
1005	30	112.647	-1.385	-3.159	112.930	112.930	111.8	-1.130	1.278
1005	30	112.647	-1.385	-3.159	112.930	112.930	112.0	-0.930	0.866
1005	25	112.647	-1.122	304.890	112.488	112.488	112.2	-0.288	0.083
1006	25	112.760	-1.122	305.890	112.601	112.601	112.5	-0.101	0.010
1006	25	112.760	-1.122	305.890	112.601	112.601	112.7	0.099	0.010
1006	30	112.760	-1.385	-2.159	113.246	113.246	113.1	-0.146	0.021
1006	30	112.760	-1.385	-2.159	113.246	113.246	113.3	0.054	0.003
1006	30	112.760	-1.385	-2.159	113.246	113.246	113.6	0.354	0.126
1006	30	112.760	-1.385	-2.159	113.246	113.246	113.8	0.554	0.307
1007	30	112.872	-1.385	-1.159	113.911	113.911	114.4	0.489	0.239
1008	25	112.984	-1.122	307.890	112.825	112.825	114.6	1.775	3.151
error medio cuadrático									0.55308

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{(8.8875 - 15.888 W_s) * \left(4.6300 - W_s + \frac{14.9818}{W_s}\right)}{21.1948 + (W_s)^2} \dots \text{Ecuación 14}$$

Tabla 107. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	30	-467.780	-24.871	11633.942	12.629	12.6292	12.6	-0.0292	0.0009
1005	35	-547.224	-29.942	16384.935	13.148	13.1480	13.0	-0.1480	0.0219
997	35	-547.224	-29.942	16384.935	13.148	13.1480	13.5	0.3520	0.1239
996	40	-626.669	-34.995	21930.531	13.527	13.5274	13.6	0.0726	0.0053
996	45	-706.114	-40.037	28270.679	13.816	13.8162	13.6	-0.2162	0.0468
995	45	-706.114	-40.037	28270.679	13.816	13.8162	13.5	-0.3162	0.1000
994	45	-706.114	-40.037	28270.679	13.816	13.8162	13.5	-0.3162	0.1000
992	50	-785.558	-45.070	35405.346	14.043	14.0431	14.2	0.1569	0.0246
986	55	-865.003	-50.098	43334.513	14.226	14.2258	14.6	0.3742	0.1400
976	65	-1023.892	-60.139	61576.296	14.502	14.5015	14.8	0.2985	0.0891
960	85	-1341.670	-80.194	107593.471	14.848	14.8483	14.9	0.0517	0.0027
941	110	-1738.893	-105.234	182990.214	15.097	15.0967	14.8	-0.2967	0.0880
error medio cuadrático									0.061929

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{2 P}{(W_s)^2} + \frac{0.8736 P + 34.5347}{W_s} + 8.9827 \dots \text{Ecuación 15}$$

Tabla 108. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
941	115	0.142	7.148	0.300	16.574	16.574	15.0	-1.5737	2.4765
952	100	0.190	8.317	0.345	17.835	17.835	15.1	-2.7352	7.4812
957	95	0.212	8.800	0.364	18.359	18.359	15.2	-3.1587	9.9776
941	115	0.142	7.148	0.300	16.574	16.574	15.4	-1.1737	1.3776
935	125	0.120	6.535	0.276	15.913	15.913	15.9	-0.0133	0.0002
928	125	0.119	6.486	0.276	15.863	15.863	16.2	0.3366	0.1133
923	125	0.118	6.451	0.276	15.828	15.828	16.4	0.5722	0.3274
925	125	0.118	6.465	0.276	15.842	15.842	16.8	0.9579	0.9176
930	115	0.141	7.065	0.300	16.488	16.488	17.5	1.0115	1.0232
935	105	0.170	7.779	0.329	17.260	17.260	18.2	0.9395	0.8827
940	100	0.188	8.212	0.345	17.728	17.728	18.8	1.0720	1.1493
942	95	0.209	8.662	0.364	18.217	18.217	19.4	1.1825	1.3984
949	90	0.234	9.212	0.384	18.812	18.812	20.1	1.2876	1.6578
955	85	0.264	9.815	0.406	19.469	19.469	20.7	1.2314	1.5164
error medio cuadrático									2.1642

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \frac{-0.3473 (Ws)^2 - \frac{-0.0182 P}{Ws - 0.0659 P} + 2.1564}{P} + 0.02515 P \dots \text{Ecuación 16}$$

Tabla 109. Programación Trayectoria en Y (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
961	80	-2219.92	-2.31	24.17	21.86	21.86	21.4	-0.4593	0.2109
968	80	-2219.88	-2.29	24.35	22.05	22.05	22.3	0.2479	0.0615
971	75	-1950.15	-2.01	24.42	22.41	22.41	22.8	0.3876	0.1502
981	70	-1696.54	-1.73	24.67	22.94	22.94	23.0	0.0571	0.0033
987	60	-1251.89	-1.27	24.82	23.55	23.55	23.2	-0.3548	0.1259
987	60	-1251.89	-1.27	24.82	23.55	23.55	23.4	-0.1548	0.0240
983	65	-1355.58	-1.38	24.72	23.34	23.34	23.6	0.2564	0.0658
985	65	-897.48	-0.91	24.77	23.86	23.86	23.8	-0.0617	0.0038
990	45	-702.15	-0.71	24.90	24.19	24.19	24.0	-0.1894	0.0359
1000	35	-423.96	-0.42	25.15	24.73	24.73	25.0	0.2738	0.0750
error medio cuadrático									0.075617

“Cuarto Tramo”

$$Y4 = -\frac{P}{P + 3.7884 Ws - 2(Ws)^2} + Ws - 2.2935 \dots \text{Ecuación 17}$$

Tabla 110. Programación Trayectoria en Y (calculada, cuarto tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1003	30	-683.345	1.468	31.468	29.174	29.174	26.1	-3.074	9.451
1005	30	-681.345	1.475	31.475	29.181	29.181	27.1	-2.081	4.332
1005	30	-681.345	1.475	31.475	29.181	29.181	28.2	-0.981	0.963
1005	25	-150.288	6.687	31.687	29.394	29.394	28.7	-0.694	0.481
1006	25	-149.288	6.739	31.739	29.445	29.445	29.2	-0.245	0.060
1006	25	-149.288	6.739	31.739	29.445	29.445	29.7	0.255	0.065
1006	30	-680.345	1.479	31.479	29.185	29.185	30.2	1.015	1.030
1006	30	-680.345	1.479	31.479	29.185	29.185	30.4	1.215	1.476
1006	30	-680.345	1.479	31.479	29.185	29.185	30.6	1.415	2.002
1006	30	-680.345	1.479	31.479	29.185	29.185	30.5	1.315	1.729
1007	30	-679.345	1.482	31.482	29.189	29.189	30.4	1.211	1.467
1008	25	-147.288	6.844	31.844	29.550	29.550	30.2	0.650	0.422
error medio cuadrático									1.9566

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

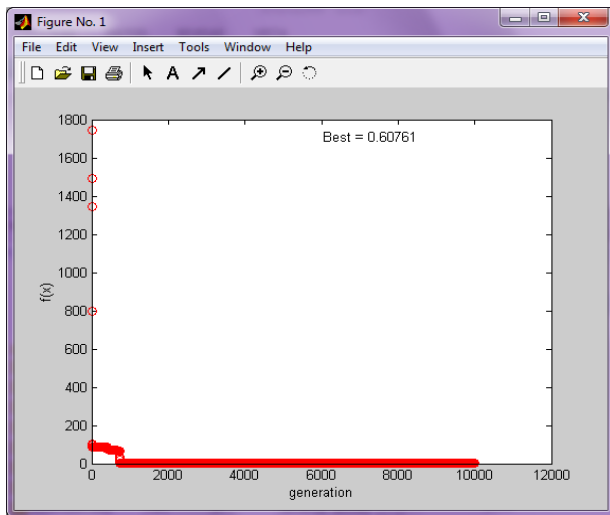


Imagen 50. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

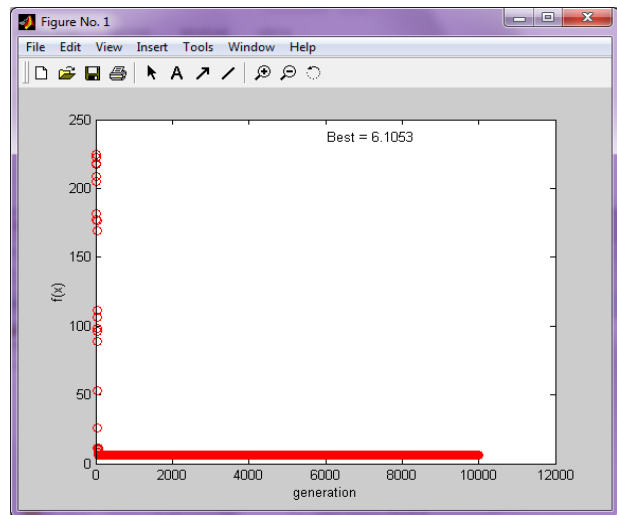


Imagen 51. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

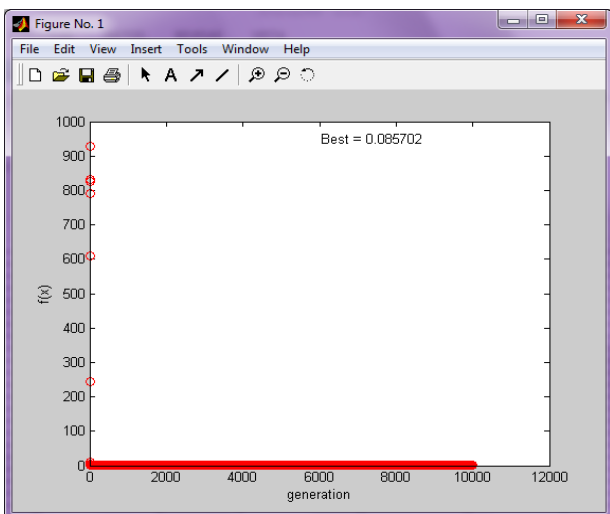


Imagen 53. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

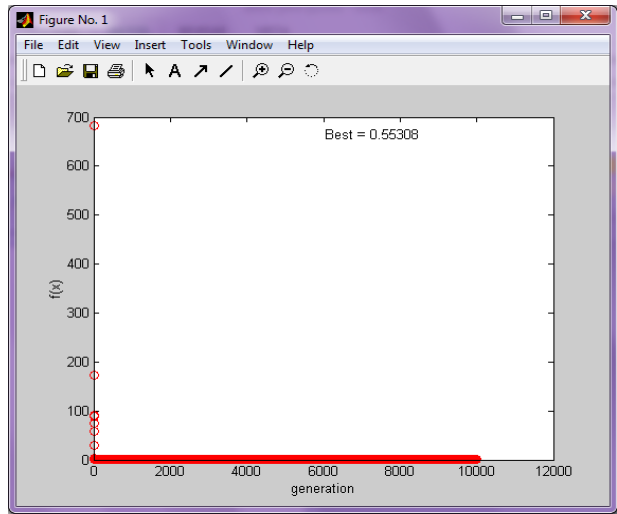


Imagen 52. Error medio cuadrático en X4 (programación genética)

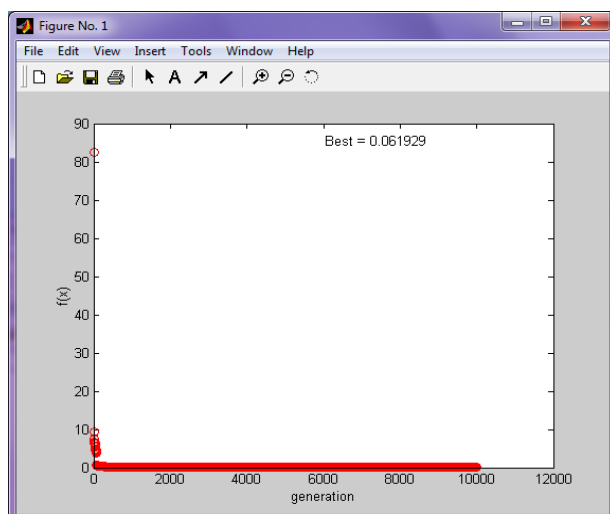


Imagen 55. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

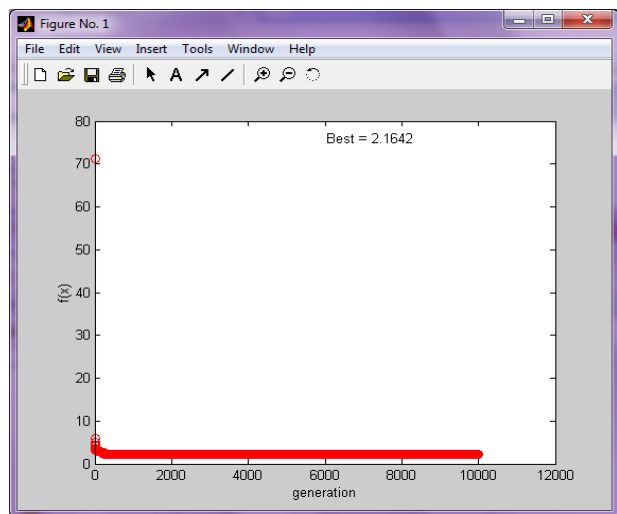


Imagen 54. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

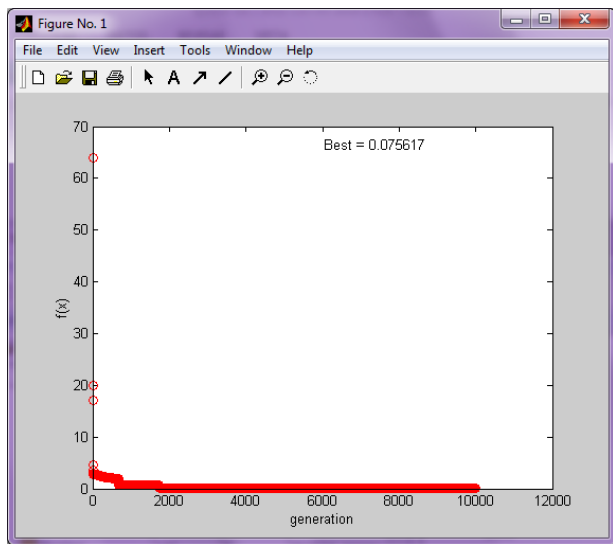


Imagen 56. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

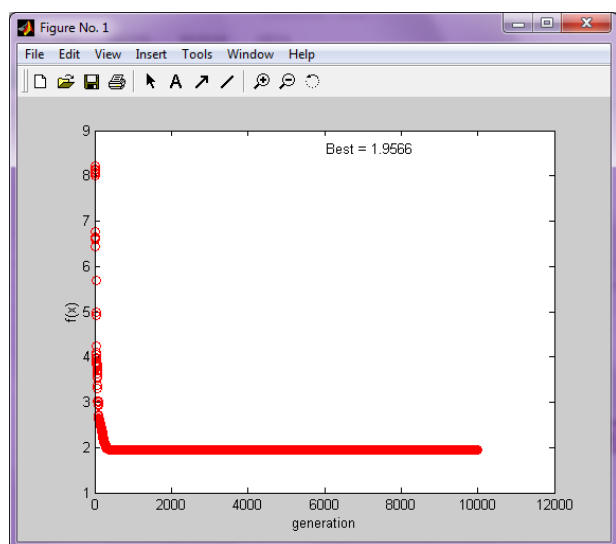


Imagen 57. Error medio cuadrático en Y4 (programación genética)

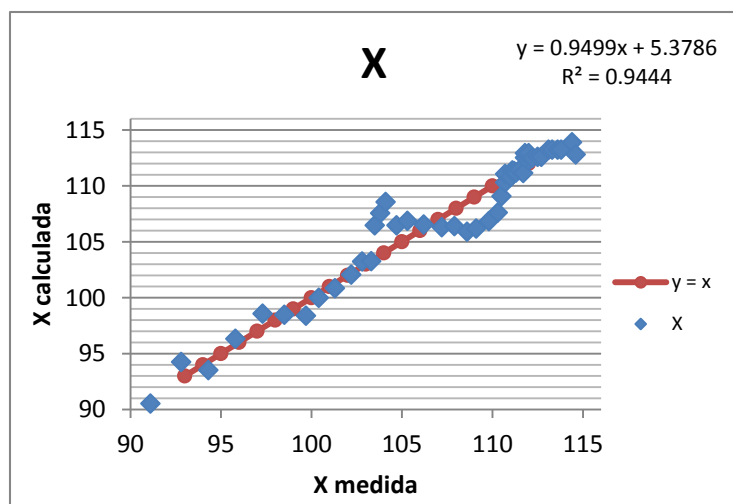


Gráfico 8. Correlación en X (longitud) en grados

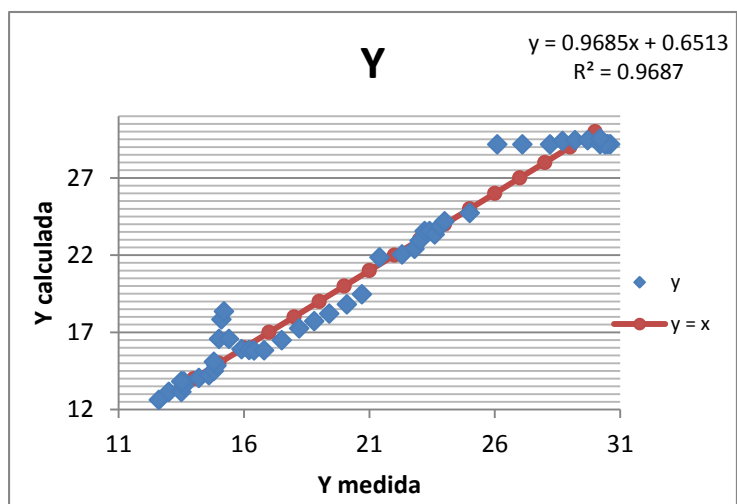
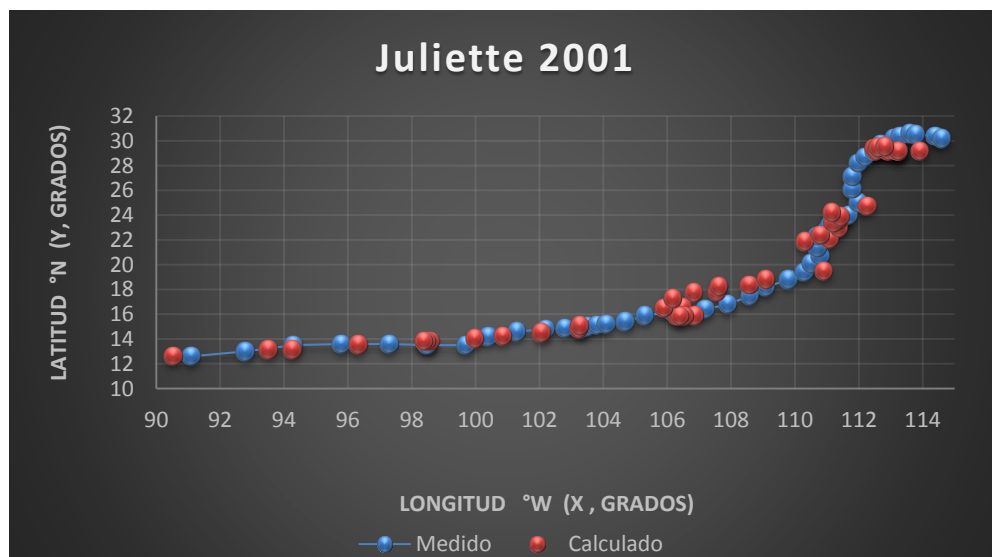


Gráfico 9. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 5. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = -70.13304 + 0.8462 X \dots \text{Ecuación 18}$$

Tabla 111. Programación Trayectoria en Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)						
Longitud °W	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
91.1	77.09	6.96	6.9569	12.6	5.643	31.845
92.8	78.53	8.40	8.3954	13	4.605	21.202
94.3	79.80	9.66	9.6647	13.5	3.835	14.709
95.8	81.07	10.93	10.9341	13.6	2.666	7.107
97.3	82.34	12.20	12.2034	13.6	1.397	1.951
98.5	83.35	13.22	13.2188	13.5	0.281	0.079
99.7	84.37	14.23	14.2343	13.5	-0.734	0.539
100.4	84.96	14.83	14.8266	14.2	-0.627	0.393
101.3	85.72	15.59	15.5882	14.6	-0.988	0.977
102.2	86.48	16.35	16.3498	14.8	-1.550	2.402
102.8	86.99	16.86	16.8575	14.9	-1.958	3.832
103.3	87.41	17.28	17.2807	14.8	-2.481	6.154
103.5	87.58	17.45	17.4499	15	-2.450	6.002
103.8	87.84	17.70	17.7038	15.1	-2.604	6.780
104.1	88.09	17.96	17.9576	15.2	-2.758	7.604
104.7	88.60	18.47	18.4653	15.4	-3.065	9.396
105.3	89.11	18.97	18.9731	15.9	-3.073	9.444
106.2	89.87	19.73	19.7347	16.2	-3.535	12.494
107.2	90.71	20.58	20.5809	16.4	-4.181	17.480
107.9	91.31	21.17	21.1732	16.8	-4.373	19.125
108.6	91.90	21.77	21.7656	17.5	-4.266	18.195
109.1	92.32	22.19	22.1887	18.2	-3.989	15.910
109.8	92.91	22.78	22.7810	18.8	-3.981	15.849
110.3	93.34	23.20	23.2041	19.4	-3.804	14.471
110.5	93.51	23.37	23.3734	20.1	-3.273	10.715
110.8	93.76	23.63	23.6272	20.7	-2.927	8.569
110.7	93.68	23.54	23.5426	21.4	-2.143	4.591
110.7	93.68	23.54	23.5426	22.3	-1.243	1.544
111	93.93	23.80	23.7965	22.8	-0.996	0.993
111.1	94.01	23.88	23.8811	23	-0.881	0.776
111.1	94.01	23.88	23.8811	23.2	-0.681	0.464
111.2	94.10	23.97	23.9657	23.4	-0.566	0.320
111.3	94.18	24.05	24.0503	23.6	-0.450	0.203
111.5	94.35	24.22	24.2196	23.8	-0.420	0.176
111.7	94.52	24.39	24.3888	24	-0.389	0.151
112	94.78	24.64	24.6427	25	0.357	0.128
111.8	94.61	24.47	24.4735	26.1	1.627	2.646
111.8	94.61	24.47	24.4735	27.1	2.627	6.899
112	94.78	24.64	24.6427	28.2	3.557	12.654
112.2	94.94	24.81	24.8119	28.7	3.888	15.117
112.5	95.20	25.07	25.0658	29.2	4.134	17.092
112.7	95.37	25.24	25.2350	29.7	4.465	19.936
113.1	95.71	25.57	25.5735	30.2	4.626	21.404
113.3	95.88	25.74	25.7428	30.4	4.657	21.690
113.6	96.13	26.00	25.9966	30.6	4.603	21.191
113.8	96.30	26.17	26.1659	30.5	4.334	18.785
114.4	96.81	26.67	26.6736	30.4	3.726	13.886
114.6	96.98	26.84	26.8428	30.2	3.357	11.270
error medio cuadrático						9.482

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

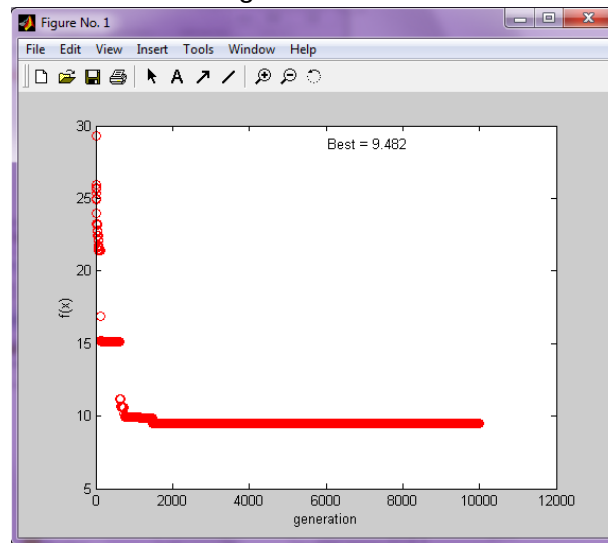


Imagen 58. Error medio cuadrático $Y=f(x)$

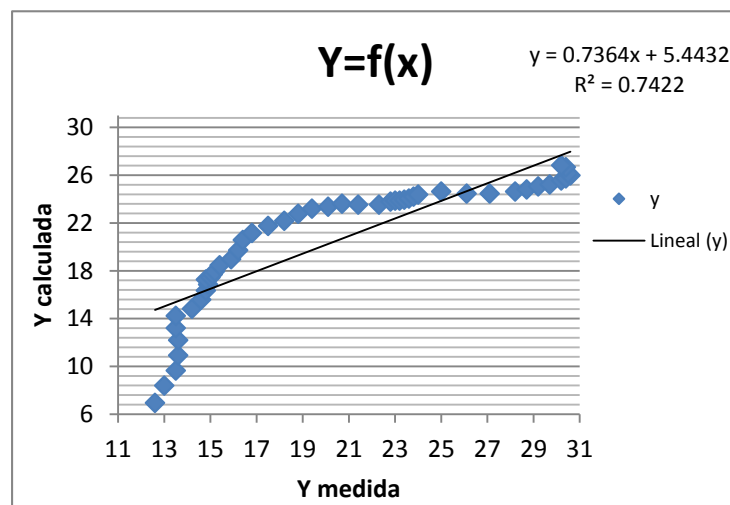
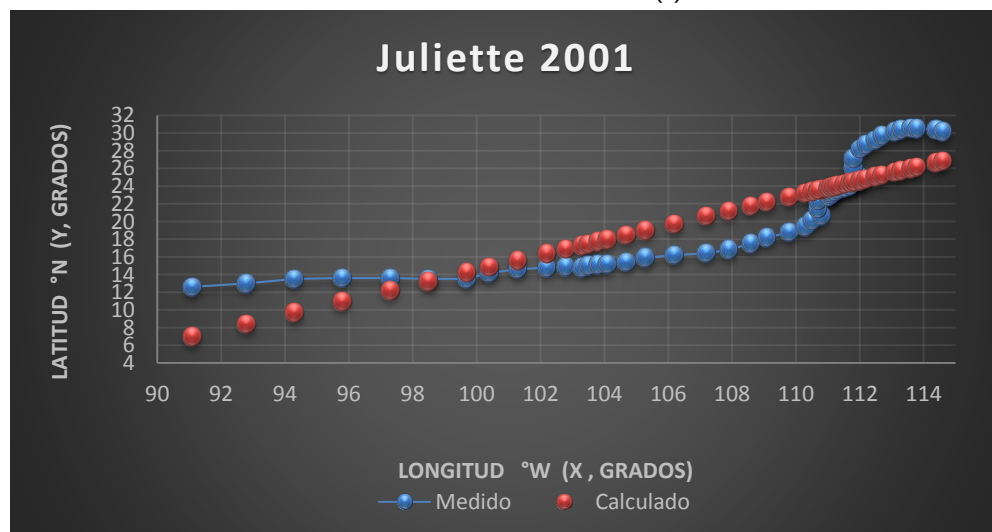


Gráfico 10. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 6. Trayectorias Medida vs Calculada

Huracán Kenna

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.096886 P + 0.131919 Ws + \frac{0.0024685 P(Ws) - 0.0844065P}{0.00017279(Ws)^3} \dots \text{Ecuación 19}$$

Tabla 112. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	97.47	3.96	-2.23	99.19	99.19	99.4	0.207	0.043
1004	35	97.27	4.62	0.27	102.16	102.16	100.4	-1.761	3.099
1003	35	97.18	4.62	0.27	102.06	102.06	101.4	-0.663	0.440
1003	35	97.18	4.62	0.27	102.06	102.06	102.5	0.437	0.191
1002	40	97.08	5.28	1.30	103.66	103.66	103.6	-0.055	0.003
997	50	96.60	6.60	1.80	104.99	104.99	104.6	-0.392	0.154
990	60	95.92	7.92	1.69	105.52	105.52	105.7	0.178	0.032
980	75	94.95	9.89	1.35	106.20	106.20	106.9	0.704	0.495
970	90	93.98	11.87	1.06	106.91	106.91	108	1.087	1.182
955	105	92.53	13.85	0.83	107.21	107.21	108.5	1.288	1.659
935	125	90.59	16.49	0.62	107.70	107.70	108.8	1.101	1.212
917	140	88.84	18.47	0.51	107.82	107.82	108.8	0.982	0.964
913	145	88.46	19.13	0.47	108.06	108.06	108.3	0.241	0.058
915	145	88.65	19.13	0.48	108.25	108.25	107.5	-0.754	0.569
939	130	90.98	17.15	0.58	108.71	108.71	106.5	-2.210	4.886
960	100	93.01	13.19	0.90	107.10	107.10	105.1	-2.005	4.020
1000	35	96.89	4.62	0.27	101.77	101.77	103.5	1.728	2.986
error medio cuadrático									1.2936

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{Ws}{0.082843 Ws - 0.104881 + \frac{0.000247231}{0.0042698 - 0.00004368 Ws}} + 0.040498 Ws \dots \text{Ecuación 20}$$

Tabla 113. Programación trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	2.485	0.084	12.176	13.391	13.391	11.4	-1.9905	3.9621
1004	35	2.900	0.090	12.132	13.550	13.550	11.5	-2.0499	4.2021
1003	35	2.900	0.090	12.132	13.550	13.550	11.7	-1.8499	3.4221
1003	35	2.900	0.090	12.132	13.550	13.550	12.1	-1.4499	2.1022
1002	40	3.314	0.098	12.096	13.716	13.716	12.6	-1.1160	1.2455
997	50	4.142	0.119	12.031	14.056	14.056	13.1	-0.9563	0.9145
990	60	4.971	0.150	11.963	14.392	14.392	13.6	-0.7925	0.6280
980	75	6.213	0.249	11.798	14.835	14.835	14.2	-0.6352	0.4034
970	90	7.456	0.730	11.137	14.782	14.782	14.9	0.1181	0.0140
955	105	8.699	-0.781	13.440	17.692	17.692	15.5	-2.1919	4.8043
935	125	10.355	-0.208	12.447	17.509	17.509	16.4	-1.1090	1.2299
917	140	11.598	-0.134	12.325	17.995	17.995	17.3	-0.6946	0.4824
913	145	12.012	-0.120	12.301	18.173	18.173	18.3	0.1267	0.0160
915	145	12.012	-0.120	12.301	18.173	18.173	19.3	1.1267	1.2694
939	130	10.770	-0.176	12.394	17.658	17.658	20.4	2.7416	7.5161
960	100	8.284	-2.518	17.662	21.712	21.712	22.1	0.3879	0.1505
1000	35	2.900	0.090	12.132	13.550	13.550	23.7	10.1501	103.0246
error medio cuadrático									7.9640

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

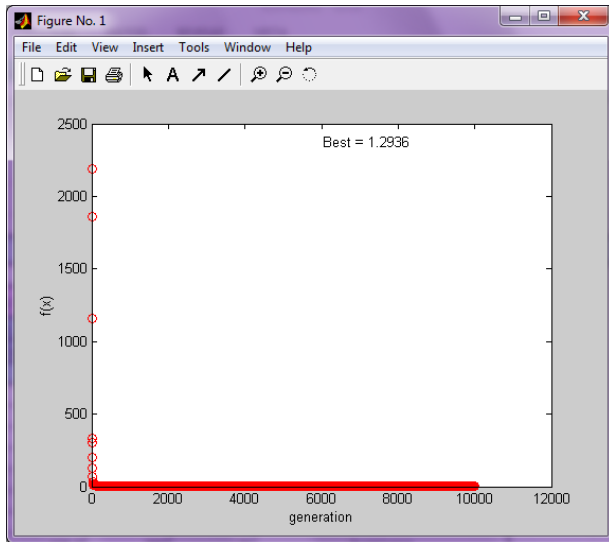


Imagen 59. Error medio cuadrático en X (programación genética)

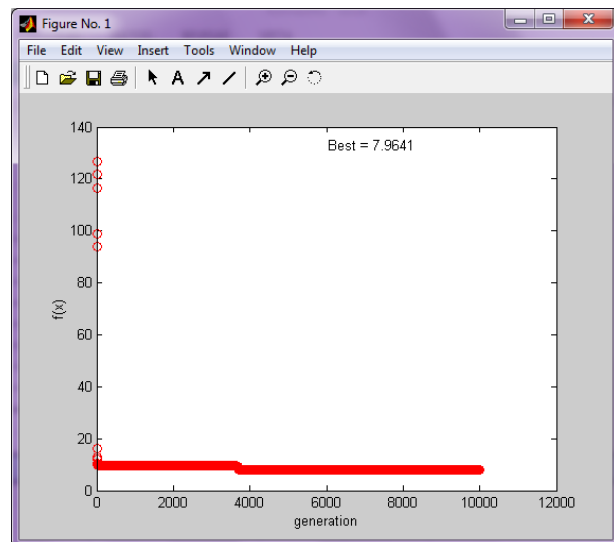


Imagen 60. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

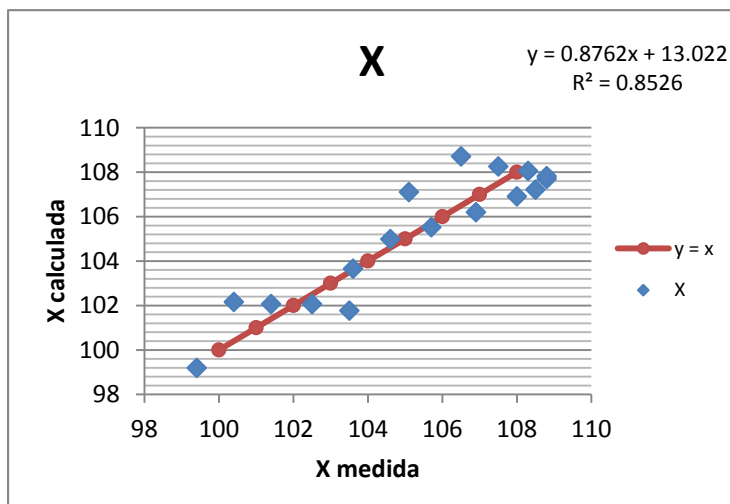


Gráfico 11. Correlación en X (longitud) en grados

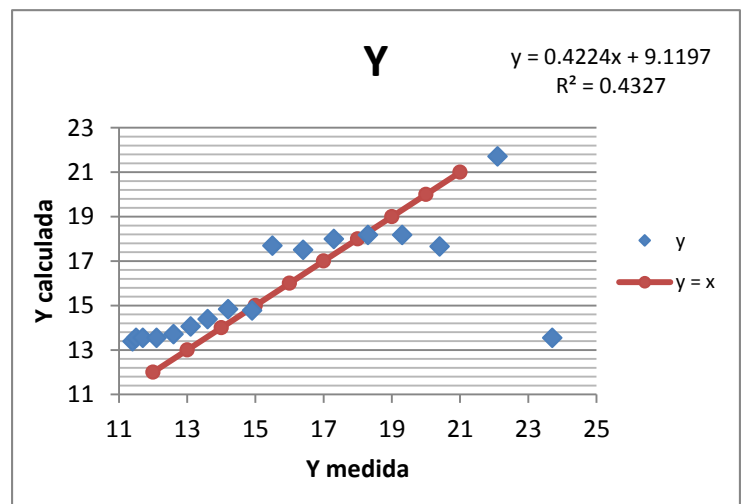
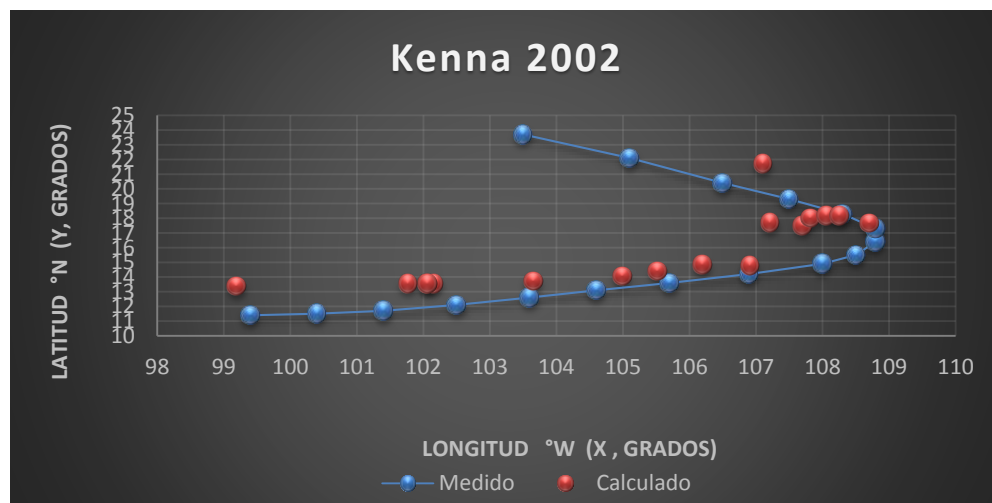


Gráfico 12. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 7. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{4 Ws}{\frac{P}{2 Ws + 8.7223} + 0.1556 Ws + 1.7096} + 0.0940 P \dots \text{Ecuación 21}$$

Tabla 114. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	14.639	21.016	5.710	100.288	100.288	99.4	-0.8879	0.7884
1004	35	12.754	19.909	7.032	101.422	101.422	100.4	-1.0219	1.0443
1003	35	12.741	19.897	7.036	101.332	101.332	101.4	0.0676	0.0046
1003	35	12.741	19.897	7.036	101.332	101.332	102.5	1.1676	1.3634
1002	40	11.294	19.227	8.321	102.523	102.523	103.6	1.0765	1.1589
997	50	9.170	18.660	10.718	104.450	104.450	104.6	0.1499	0.0225
990	60	7.691	18.737	12.809	105.883	105.883	105.7	-0.1828	0.0334
980	75	6.174	19.554	15.342	107.476	107.476	106.9	-0.5756	0.3313
970	90	5.140	20.854	17.263	108.457	108.457	108.0	-0.4566	0.2084
955	105	4.366	22.414	18.738	108.521	108.521	108.5	-0.0213	0.0005
935	125	3.614	24.774	20.182	108.085	108.085	108.8	0.7146	0.5106
error medio cuadrático									0.4969

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{0.6228(Ws)^2}{P} + 0.1027 P - 0.1083 \dots \text{Ecuación 22}$$

Tabla 115. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
917	140	13.314	94.221	107.426	107.426	107.426	108.8	1.3737	1.8870
913	145	14.344	93.810	108.046	108.046	108.046	108.3	0.2541	0.0646
915	145	14.313	94.015	108.220	108.220	108.220	107.5	-0.7200	0.5184
939	130	11.211	96.481	107.584	107.584	107.584	106.5	-1.0838	1.1746
960	100	6.489	98.639	105.019	105.019	105.019	105.1	0.0808	0.0065
1000	35	0.763	102.749	103.404	103.404	103.404	103.5	0.0963	0.0093
error medio cuadrático									0.61007

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{Ws}{-0.0925 + 0.0066 P + \frac{0.0575 Ws}{0.7884}} + 8.0466 \dots \text{Ecuación 23}$$

Tabla 116. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	6.703	2.190	8.800	11.456	11.456	11.4	-0.0558	0.0031
1004	35	6.689	2.554	9.151	11.871	11.871	11.5	-0.3712	0.1378
1003	35	6.683	2.554	9.145	11.874	11.874	11.7	-0.1740	0.0303
1003	35	6.683	2.554	9.145	11.874	11.874	12.1	0.2260	0.0511
1002	40	6.676	2.919	9.503	12.256	12.256	12.6	0.3441	0.1184
997	50	6.643	3.649	10.199	12.949	12.949	13.1	0.1511	0.0228
990	60	6.596	4.379	10.883	13.560	13.560	13.6	0.0400	0.0016
980	75	6.529	5.474	11.911	14.343	14.343	14.2	-0.1434	0.0206
970	90	6.463	6.569	12.939	15.002	15.002	14.9	-0.1024	0.0105
955	105	6.363	7.663	13.934	15.582	15.582	15.5	-0.0823	0.0068
935	125	6.230	9.123	15.260	16.238	16.238	16.4	0.1621	0.0263
error medio cuadrático									0.039023

“Segundo Tramo”

$$Y2 = 0.0236 P - \frac{0.3686(Ws)^3 - 1.6655 P(Ws)}{0.3262 P^2} \dots \text{Ecuación 24}$$

Tabla 117. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
917	140	21.661	797751.473	274302.196	18.753	18.753	17.3	-1.4531	2.1114
913	145	21.567	903380.707	271914.376	18.245	18.245	18.3	0.0554	0.0031
915	145	21.614	902897.702	273106.981	18.308	18.308	19.3	0.9919	0.9838
939	130	22.181	606609.996	287621.799	20.072	20.072	20.4	0.3280	0.1076
960	100	22.677	208757.640	300630.528	21.983	21.983	22.1	0.1173	0.0138
1000	35	23.622	-42487.899	326205.000	23.752	23.752	23.7	-0.0522	0.0027
error medio cuadrático									0.53707

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

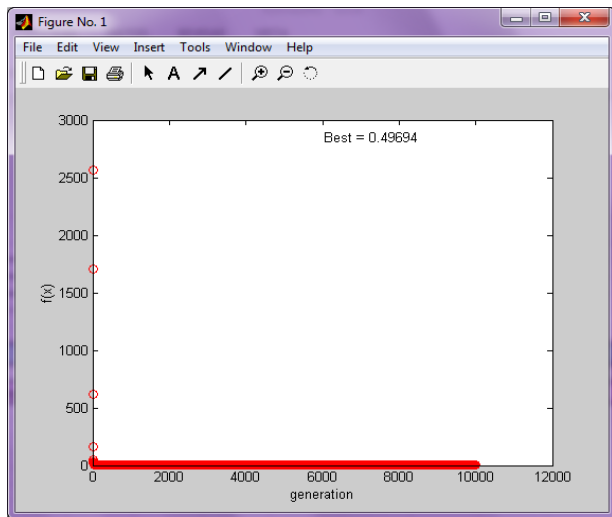


Imagen 62. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

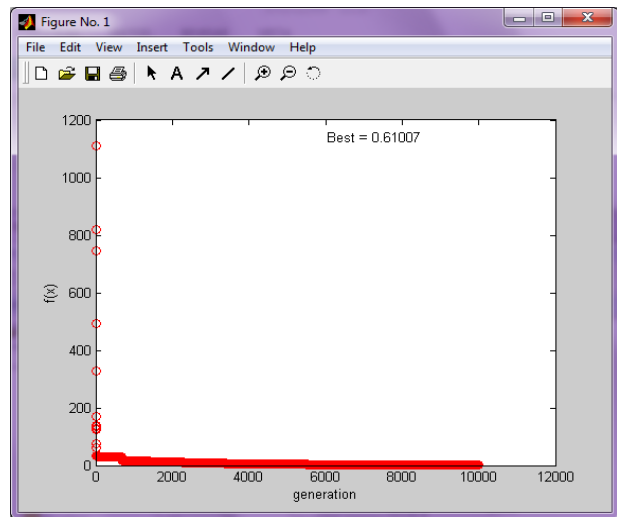


Imagen 61. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

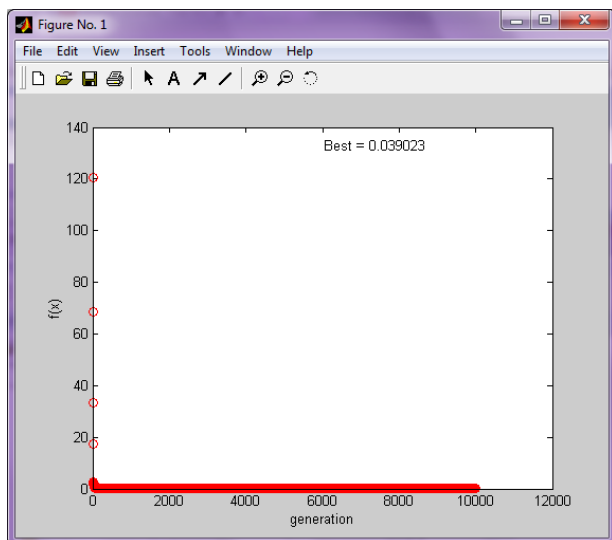


Imagen 63. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

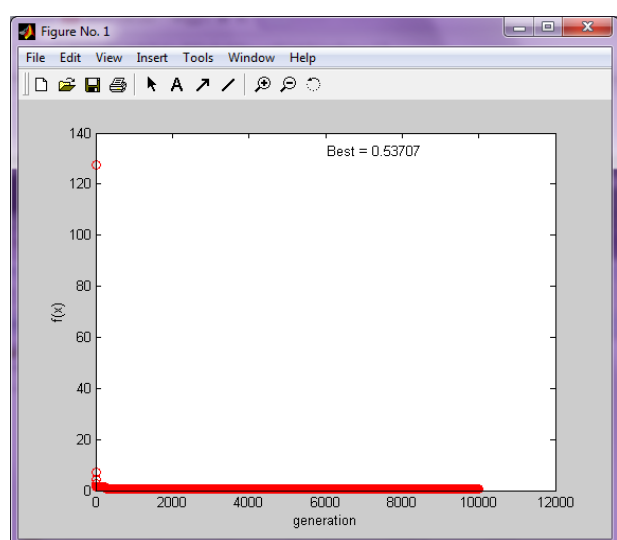


Imagen 64. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

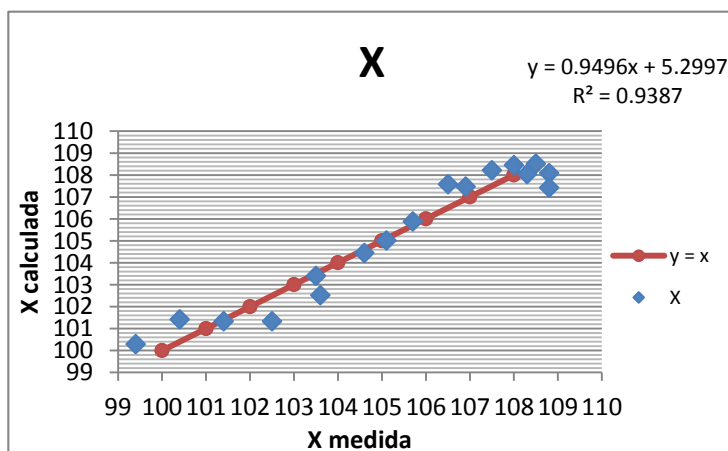


Gráfico 13. Correlación en X (longitud) en grados

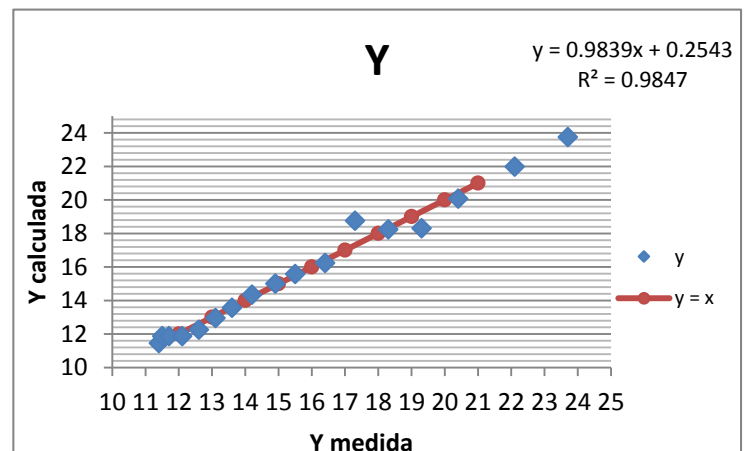
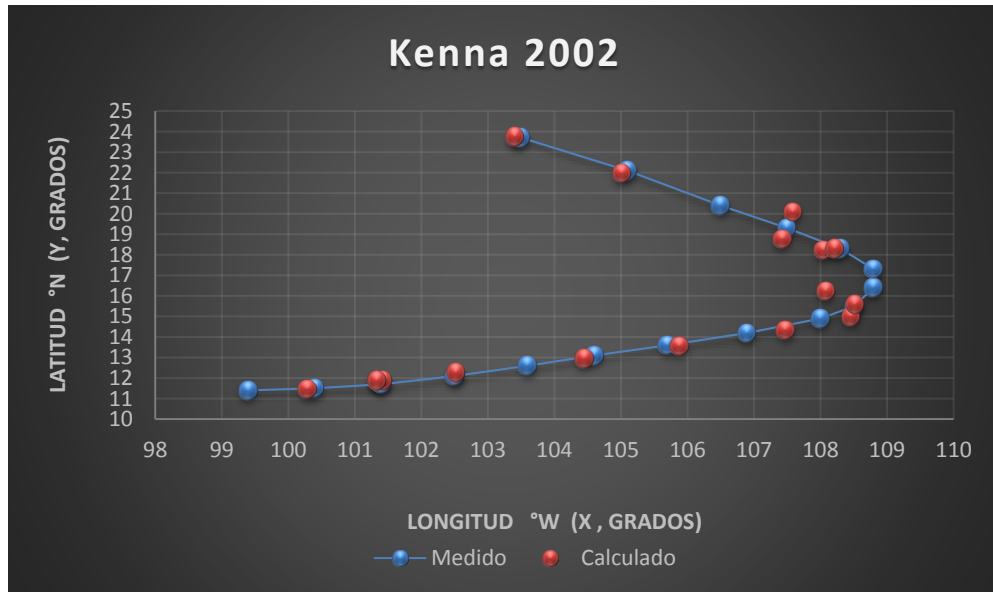


Gráfico 14. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 8. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “ $Y = f(x)$ ”
Ecuación Obtenida

$$Y = \frac{-0.3823}{X - 0.0096664 X^2} + 0.15722 X - 1.42393 \dots \text{Ecuacion 25}$$

Tabla 118. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $y = f(x)$							
Longitud °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
99.4	-1.522	14.106	14.106	14.106	11.4	-2.7062	7.3234
100.4	-1.553	14.233	14.233	14.233	11.5	-2.7325	7.4666
101.4	-1.614	14.329	14.329	14.329	11.7	-2.6286	6.9097
102.5	-1.830	14.286	14.286	14.286	12.1	-2.1859	4.7780
103.6	1.133	17.421	17.421	17.421	12.6	-4.8213	23.2446
104.6	-1.095	15.351	15.351	15.351	13.1	-2.2511	5.0673
105.7	-1.258	15.361	15.361	15.361	13.6	-1.7613	3.1023
106.9	-1.317	15.491	15.491	15.491	14.2	-1.2909	1.6665
108	-1.343	15.637	15.637	15.637	14.9	-0.7371	0.5433
108.5	-1.352	15.707	15.707	15.707	15.5	-0.2074	0.0430
108.8	-1.356	15.750	15.750	15.750	16.4	0.6497	0.4221
108.8	-1.356	15.750	15.750	15.750	17.3	1.5497	2.4015
108.3	-1.349	15.679	15.679	15.679	18.3	2.6209	6.8692
107.5	-1.333	15.569	15.569	15.569	19.3	3.7312	13.9215
106.5	-1.302	15.443	15.443	15.443	20.4	4.9574	24.5763
105.1	-1.196	15.329	15.329	15.329	22.1	6.7712	45.8487
103.5	6.319	22.592	22.592	22.592	23.7	1.1080	1.2277
				error medio cuadrático			9.1419

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

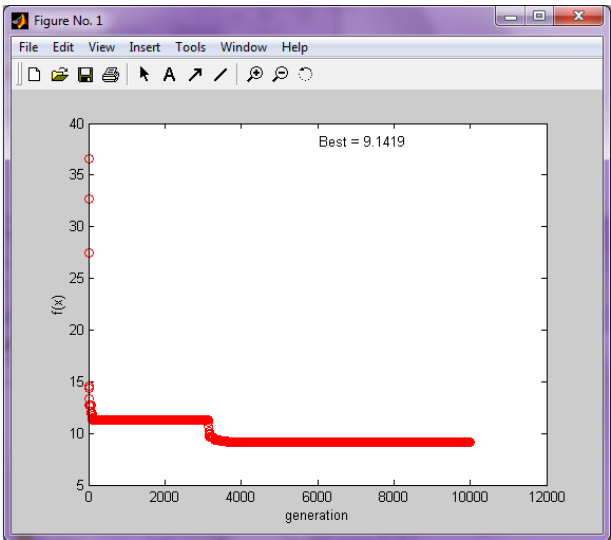


Imagen 65. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

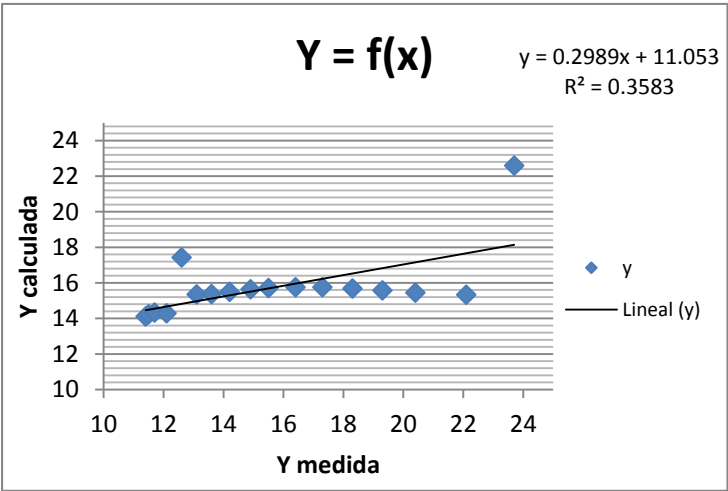
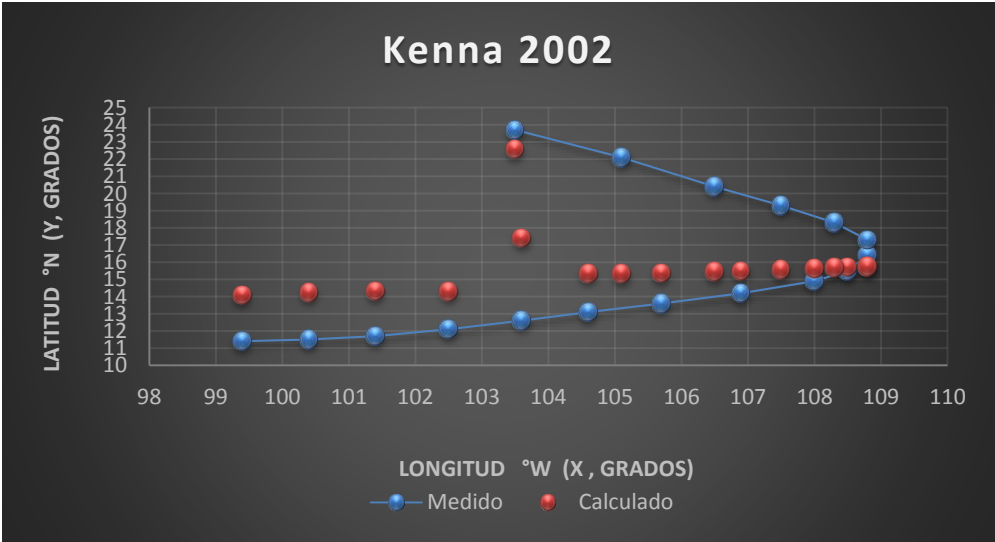


Gráfico 15. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 9. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán John

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \frac{0.5077 P - 3.2668 W_s}{P} + 0.11099 P \dots \text{Ecuación 26}$$

$$\frac{5.5666 - W_s}{P} - W_s$$

Tabla 119. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1005	25	428.6390	-51.7153	-76.7153	-5.5874	105.9626	94.6	-11.3626	129.1082
1005	30	412.3046	-41.1324	-71.1324	-5.7963	105.7537	95	-10.7537	115.6415
1004	35	395.4625	-34.1110	-69.1110	-5.7221	105.7168	95.6	-10.1168	102.3506
1002	40	378.1126	-29.0997	-69.0997	-5.4720	105.7450	96.3	-9.4450	89.2081
997	50	342.9050	-22.4381	-72.4381	-4.7338	105.9283	96.9	-9.0283	81.5093
990	60	306.6818	-18.1874	-78.1874	-3.9224	105.9627	97.5	-8.4627	71.6165
980	75	252.6010	-14.1143	-89.1143	-2.8346	105.9405	98.3	-7.6405	58.3776
965	95	179.6469	-10.7902	-105.7902	-1.6981	105.4120	99.2	-6.2120	38.5893
962	100	161.7893	-10.1871	-110.1871	-1.4683	105.3089	100	-5.3089	28.1842
960	105	144.4393	-9.6547	-114.6547	-1.2598	105.2954	100.8	-4.4954	20.2088
950	115	106.6929	-8.6811	-123.6811	-0.8626	104.5826	101.7	-2.8826	8.3094
948	115	105.6773	-8.6628	-123.6628	-0.8546	104.3687	102.7	-1.6687	2.7846
950	110	123.0272	-9.0967	-119.0967	-1.0330	104.4122	104	-0.4122	0.1699
950	110	123.0272	-9.0967	-119.0967	-1.0330	104.4122	104.9	0.4878	0.2379
960	100	160.7737	-10.1659	-110.1659	-1.4594	105.0958	105.8	0.7042	0.4959
968	90	197.5046	-11.4647	-101.4647	-1.9465	105.4966	106.7	1.2034	1.4481
968	90	197.5046	-11.4647	-101.4647	-1.9465	105.4966	107.6	2.1034	4.4242
955	100	158.2349	-10.1130	-110.1130	-1.4370	104.5632	108.4	3.8368	14.7210
955	100	158.2349	-10.1130	-110.1130	-1.4370	104.5632	108.7	4.1368	17.1131
958	95	176.0925	-10.7119	-105.7119	-1.6658	104.6674	108.9	4.2326	17.9146
958	95	176.0925	-10.7119	-105.7119	-1.6658	104.6674	109.2	4.5326	20.5442
962	85	210.7924	-12.1108	-97.1108	-2.1706	104.6066	109.9	5.2934	28.0206
975	70	266.3965	-15.1319	-85.1319	-3.1292	105.0909	110.5	5.4091	29.2583
985	60	304.1430	-18.0955	-78.0955	-3.8945	105.4356	111	5.5644	30.9628
988	50	338.3350	-22.2356	-72.2356	-4.6838	104.9793	111.4	6.4207	41.2256
990	45	355.6849	-25.1057	-70.1057	-5.0736	104.8115	111.8	6.9885	48.8392
992	40	373.0349	-28.8093	-68.8093	-5.4213	104.6858	112.3	7.6142	57.9767
996	35	391.4003	-33.8392	-68.8392	-5.6857	104.8653	112.5	7.6347	58.2886
1002	30	410.7813	-41.0096	-71.0096	-5.7849	105.4321	112.9	7.4679	55.7693
1004	25	428.1312	-51.6639	-76.6639	-5.5845	105.8545	113.1	7.2455	52.4979
1004	25	428.1312	-51.6639	-76.6639	-5.5845	105.8545	113.2	7.3455	53.9570
						error medio cuadrático			41.2824

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{0.88819 P}{0.0415 P + 0.0685 Ws - 8.0402} - 3.2168 \dots \text{Ecuación 27}$$

Tabla 120. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	892.6319	35.4607	25.1725	21.9556	21.9556	12.3	-9.6556	93.2312
1005	30	892.6319	35.8035	24.9314	21.7146	21.7146	12.7	-9.0146	81.2633
1004	35	891.7437	36.1047	24.6988	21.4820	21.4820	13.1	-8.3820	70.2582
1002	40	889.9673	36.3643	24.4736	21.2568	21.2568	13.5	-7.7568	60.1682
997	50	885.5263	36.8420	24.0358	20.8189	20.8189	13.7	-7.1189	50.6793
990	60	879.3090	37.2366	23.6141	20.3973	20.3973	13.8	-6.5973	43.5243
980	75	870.4271	37.8492	22.9973	19.7804	19.7804	14	-5.7804	33.4133
965	95	857.1042	38.5967	22.2067	18.9898	18.9898	14.2	-4.7898	22.9426
962	100	854.4396	38.8148	22.0133	18.7964	18.7964	14.9	-3.8964	15.1823
960	105	852.6633	39.0744	21.8215	18.6047	18.6047	15.3	-3.3047	10.9211
950	115	843.7814	39.3442	21.4461	18.2293	18.2293	16	-2.2293	4.9698
948	115	842.0050	39.2610	21.4463	18.2295	18.2295	16.9	-1.3295	1.7675
950	110	843.7814	39.0014	21.6346	18.4178	18.4178	17.6	-0.8178	0.6688
950	110	843.7814	39.0014	21.6346	18.4178	18.4178	18.2	-0.2178	0.0474
960	100	852.6633	38.7316	22.0147	18.7978	18.7978	19	0.2022	0.0409
968	90	859.7688	38.3786	22.4023	19.1855	19.1855	20.2	1.0145	1.0293
968	90	859.7688	38.3786	22.4023	19.1855	19.1855	21	1.8145	3.2926
955	100	848.2223	38.5237	22.0182	18.8014	18.8014	21.4	2.5986	6.7529
955	100	848.2223	38.5237	22.0182	18.8014	18.8014	21.7	2.8986	8.4021
958	95	850.8869	38.3056	22.2131	18.9963	18.9963	22.4	3.4037	11.5854
958	95	850.8869	38.3056	22.2131	18.9963	18.9963	23.2	4.2037	17.6714
962	85	854.4396	37.7864	22.6124	19.3956	19.3956	23.8	4.4044	19.3991
975	70	865.9861	37.2985	23.2177	20.0009	20.0009	24.2	4.1991	17.6324
985	60	874.8680	37.0287	23.6268	20.4099	20.4099	24.8	4.3901	19.2726
988	50	877.5326	36.4678	24.0632	20.8464	20.8464	25.4	4.5536	20.7354
990	45	879.3090	36.2082	24.2848	21.0680	21.0680	26	4.9320	24.3247
992	40	881.0854	35.9485	24.5096	21.2928	21.2928	26.7	5.4072	29.2377
996	35	884.6381	35.7720	24.7299	21.5130	21.5130	27.4	5.8870	34.6562
1002	30	889.9673	35.6787	24.9439	21.7271	21.7271	27.9	6.1729	38.1047
1004	25	891.7437	35.4191	25.1769	21.9601	21.9601	28.4	6.4399	41.4722
1004	25	891.7437	35.4191	25.1769	21.9601	21.9601	28.9	6.9399	48.1621
error medio cuadrático									26.8003

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

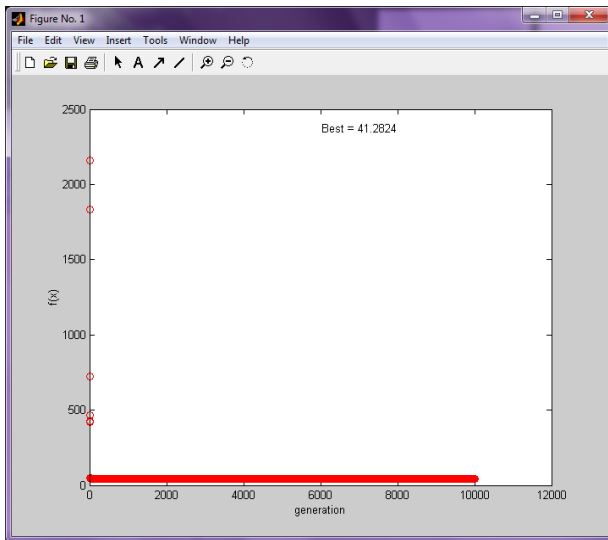


Imagen 67. Error medio cuadrático en X (programación genética)

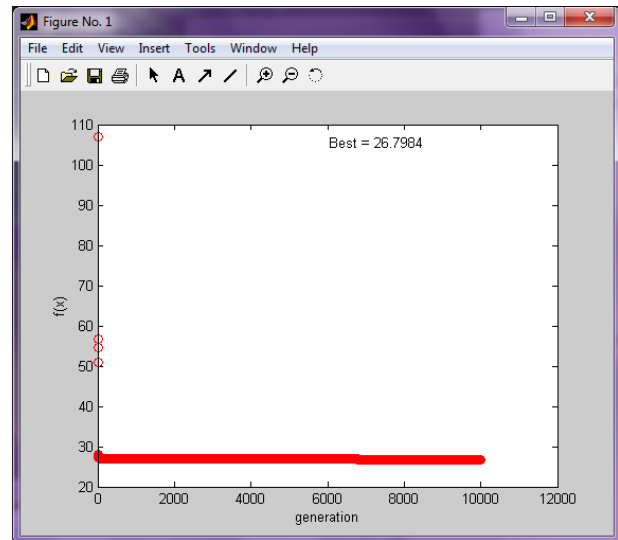


Imagen 66. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

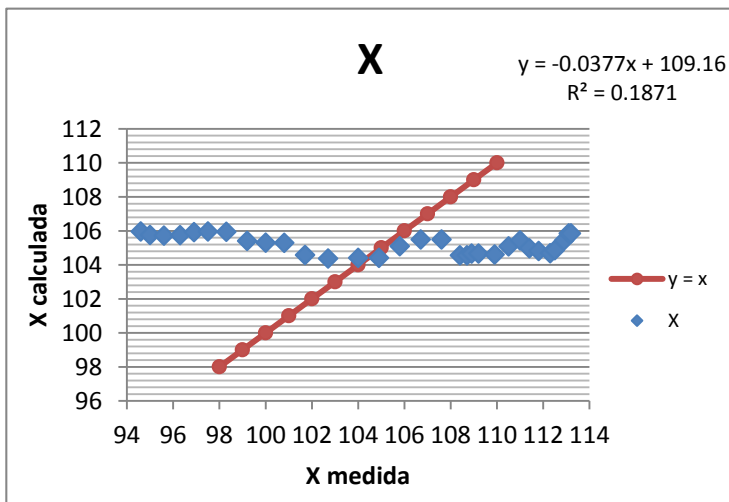


Gráfico 17. Correlación en X (longitud) en grados

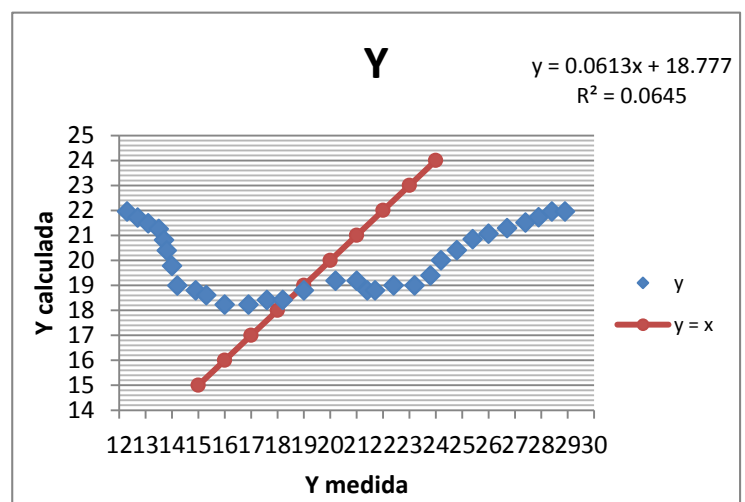
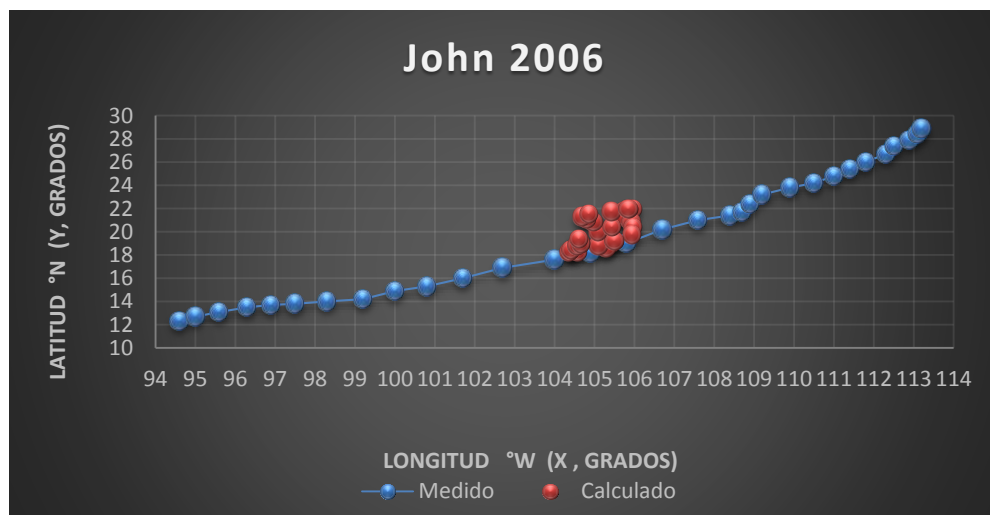


Gráfico 16. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 10. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{P}{-0.67324 W_s - \frac{0.566501 P}{W_s}} + 0.119769 P \dots \text{Ecuación 28}$$

Tabla 121. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	-16.831	22.773	-39.605	94.992	94.992	94.6	-0.392	0.154
1005	30	-20.197	18.978	-39.175	94.714	94.714	95.0	0.286	0.082
1004	35	-23.564	16.250	-39.814	95.031	95.031	95.6	0.569	0.324
1002	40	-26.930	14.191	-41.121	95.641	95.641	96.3	0.659	0.434
997	50	-33.662	11.296	-44.958	97.234	97.234	96.9	-0.334	0.111
990	60	-40.395	9.347	-49.742	98.669	98.669	97.5	-1.169	1.366
980	75	-50.494	7.402	-57.896	100.447	100.447	98.3	-2.147	4.608
965	95	-63.959	5.754	-69.713	101.735	101.735	99.2	-2.535	6.424
962	100	-67.325	5.450	-72.775	101.999	101.999	100.0	-1.999	3.995
960	105	-70.691	5.179	-75.870	102.325	102.325	100.8	-1.525	2.326
950	115	-77.424	4.680	-82.103	102.210	102.210	101.7	-0.510	0.260
948	115	-77.424	4.670	-82.093	101.993	101.993	102.7	0.707	0.500
950	110	-74.057	4.893	-78.950	101.748	101.748	104.0	2.252	5.073
950	110	-74.057	4.893	-78.950	101.748	101.748	104.9	3.152	9.938
960	100	-67.325	5.438	-72.763	101.785	101.785	105.8	4.015	16.122
Error medio cuadrático									3.4478

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(P + \frac{W_s}{P} - 0.862480 + \frac{-2.212854}{0.09308 P - W_s} \right) * (0.113309) \dots \text{Ecuación 29}$$

Tabla 122. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
968	90	-21.626	945.605	107.146	107.146	107.146	106.7	-0.4455	0.1985
968	90	-21.626	945.605	107.146	107.146	107.146	107.6	0.4545	0.2065
955	100	0.199	954.441	108.147	108.147	108.147	108.4	0.2532	0.0641
955	100	0.199	954.441	108.147	108.147	108.147	108.7	0.5532	0.3060
958	95	0.380	957.616	108.507	108.507	108.507	108.9	0.3935	0.1548
958	95	0.380	957.616	108.507	108.507	108.507	109.2	0.6935	0.4809
962	85	-0.487	960.739	108.860	108.860	108.860	109.9	1.0396	1.0809
975	70	-0.107	974.103	110.375	110.375	110.375	110.5	0.1254	0.0157
985	60	-0.070	984.129	111.511	111.511	111.511	111.0	-0.5106	0.2607
988	50	-0.053	987.135	111.851	111.851	111.851	111.4	-0.4513	0.2037
990	45	-0.047	989.136	112.078	112.078	112.078	111.8	-0.2780	0.0773
992	40	-0.042	991.136	112.305	112.305	112.305	112.3	-0.0046	0.0000
996	35	-0.038	995.134	112.758	112.758	112.758	112.5	-0.2577	0.0664
1002	30	-0.035	1001.132	113.437	113.437	113.437	112.9	-0.5373	0.2887
1004	25	-0.032	1003.130	113.664	113.664	113.664	113.1	-0.5637	0.3177
1004	25	-0.032	1003.130	113.664	113.664	113.664	113.2	-0.4637	0.2150
error medio cuadrático									0.2461

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)
 “Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{Ws + 4.2243 + \frac{P}{0.863277}}{0.10029 P - 0.20709 Ws} \dots\dots \text{Ecuación 30}$$

Tabla 123. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	1193.393	95.616	12.481	12.481	12.481	12.3	-0.181	0.033
1005	30	1198.393	94.581	12.671	12.671	12.671	12.7	0.029	0.001
1004	35	1202.235	93.445	12.866	12.866	12.866	13.1	0.234	0.055
1002	40	1204.918	92.209	13.067	13.067	13.067	13.5	0.433	0.187
997	50	1209.126	89.637	13.489	13.489	13.489	13.7	0.211	0.044
990	60	1211.017	86.863	13.942	13.942	13.942	13.8	-0.142	0.020
980	75	1214.433	82.754	14.675	14.675	14.675	14.0	-0.675	0.456
965	95	1217.058	77.108	15.784	15.784	15.784	14.2	-1.584	2.509
962	100	1218.583	75.771	16.082	16.082	16.082	14.9	-1.182	1.398
960	105	1221.266	74.535	16.385	16.385	16.385	15.3	-1.085	1.177
950	115	1219.682	71.461	17.068	17.068	17.068	16.0	-1.068	1.140
948	115	1217.365	71.261	17.083	17.083	17.083	16.9	-0.183	0.034
950	110	1214.682	72.497	16.755	16.755	16.755	17.6	0.845	0.714
950	110	1214.682	72.497	16.755	16.755	16.755	18.2	1.445	2.088
960	100	1216.266	75.571	16.094	16.094	16.094	19.0	2.906	8.443
error medio cuadrático									1.2199

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{P - 26.7432 Ws}{-0.2608 - Ws - \frac{(Ws)^2}{0.23924}} - \frac{P}{0.33347 - Ws} \dots\dots \text{Ecuación 31}$$

Tabla 124. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
968	90	-1438.896	-125.237	11.489	22.285	22.285	20.2	-2.0849	4.3470
968	90	-1438.896	-125.237	11.489	22.285	22.285	21.0	-1.2849	1.6511
955	100	-1719.329	-144.029	11.937	21.519	21.519	21.4	-0.1193	0.0142
955	100	-1719.329	-144.029	11.937	21.519	21.519	21.7	0.1807	0.0326
958	95	-1582.613	-134.638	11.755	21.874	21.874	22.4	0.5257	0.2763
958	95	-1582.613	-134.638	11.755	21.874	21.874	23.2	1.3257	1.7574
962	85	-1311.180	-116.653	11.240	22.602	22.602	23.8	1.1978	1.4347
975	70	-897.031	-91.267	9.829	23.824	23.824	24.2	0.3762	0.1415
985	60	-619.598	-75.538	8.203	24.711	24.711	24.8	0.0891	0.0079
988	50	-349.165	-60.837	5.739	25.632	25.632	25.4	-0.2320	0.0538
990	45	-213.448	-53.811	3.967	26.131	26.131	26.0	-0.1309	0.0171
992	40	-77.732	-47.003	1.654	26.662	26.662	26.7	0.0377	0.0014
996	35	59.985	-40.402	-1.485	27.246	27.246	27.4	0.1538	0.0237
1002	30	199.701	-34.015	-5.871	27.904	27.904	27.9	-0.0045	0.0000
1004	25	335.418	-27.863	-12.038	28.665	28.665	28.4	-0.2648	0.0701
1004	25	335.418	-27.863	-12.038	28.665	28.665	28.9	0.2352	0.0553
error medio cuadrático									0.6178

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

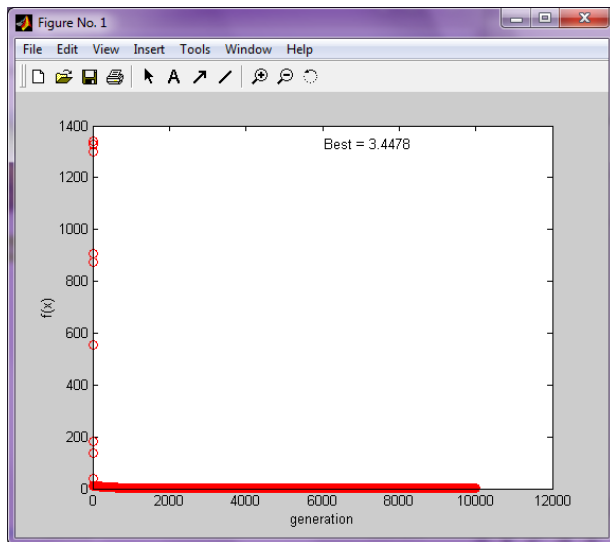


Imagen 68. Error medio cuadrático en X1(programación genética)

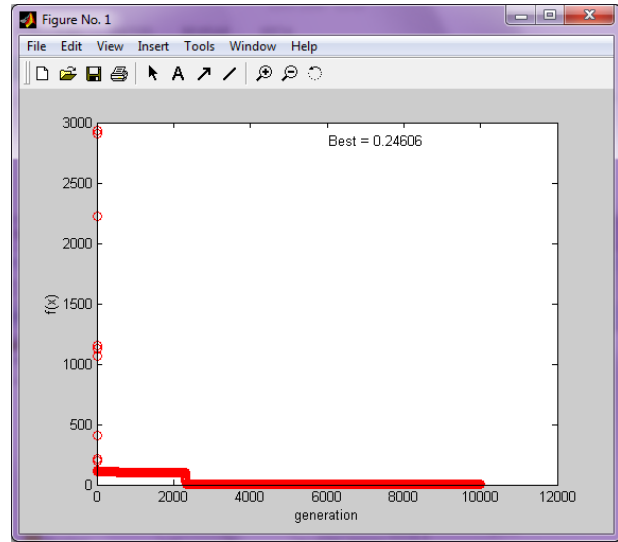


Imagen 69. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

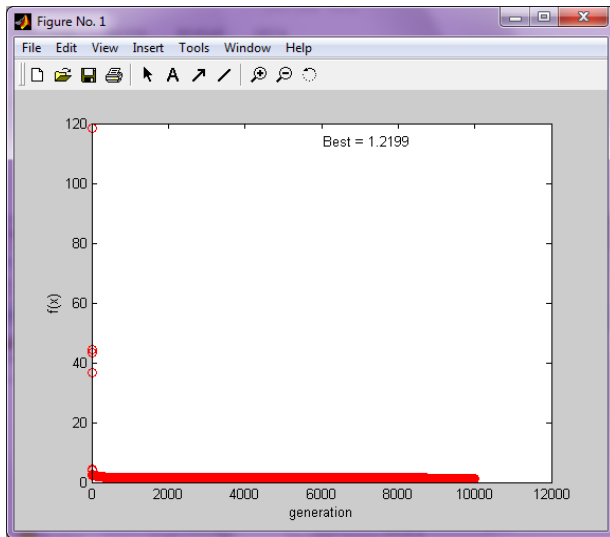


Imagen 70. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

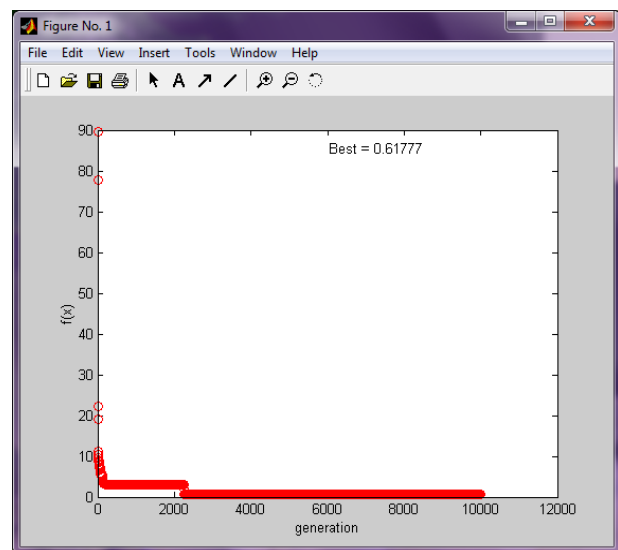


Imagen 71. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

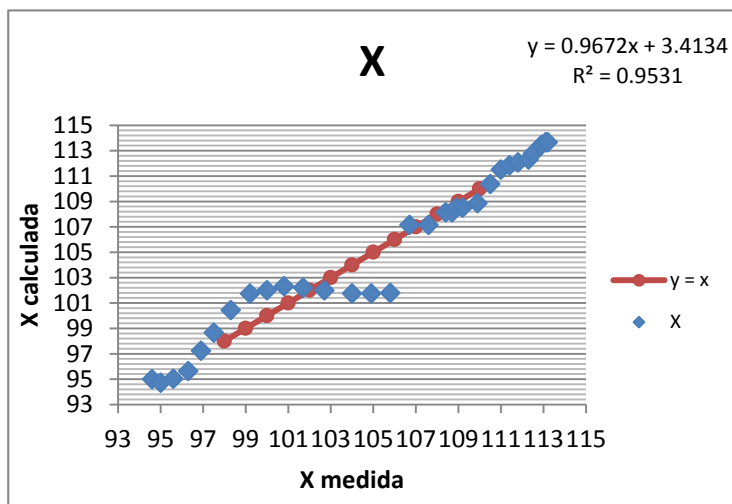


Gráfico 18. Correlación en X (longitud) en grados

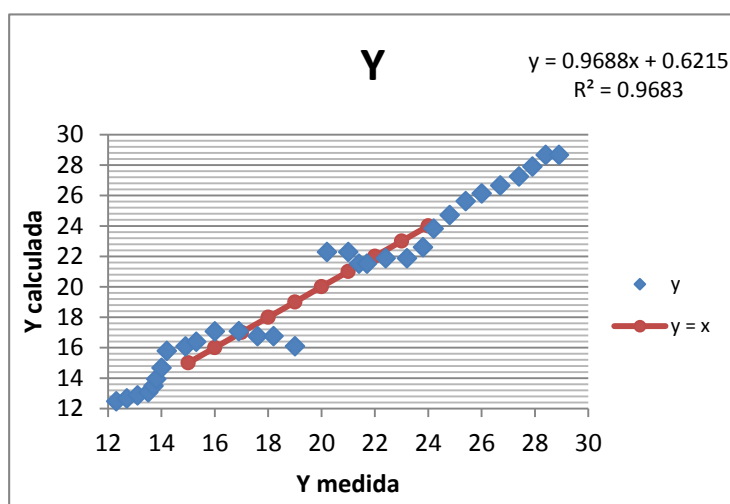


Gráfico 19. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 11. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \left[(-0.9943 X + 0.2166) * \left(\frac{-0.84397}{-1.2008 + \frac{18.2794}{0.0480 X}} \right) \right] - 16.8165 \dots \text{Ecuacion 32}$$

Tabla 125. Programación Trayectoria Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
Pressure (mb)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
94.6	-93.8461	2.8197	-0.2993	11.2729	11.2729	12.3	1.0271	1.0549
95	-94.2438	2.8028	-0.3011	11.5623	11.5623	12.7	1.1377	1.2943
95.6	-94.8404	2.7776	-0.3038	12.0003	12.0003	13.1	1.0997	1.2092
96.3	-95.5364	2.7487	-0.3070	12.5172	12.5172	13.5	0.9828	0.9658
96.9	-96.1330	2.7243	-0.3098	12.9654	12.9654	13.7	0.7346	0.5396
97.5	-96.7296	2.7001	-0.3126	13.4183	13.4183	13.8	0.3817	0.1457
98.3	-97.5251	2.6684	-0.3163	14.0296	14.0296	14	-0.0296	0.0009
99.2	-98.4200	2.6333	-0.3205	14.7276	14.7276	14.2	-0.5276	0.2784
100	-99.2154	2.6026	-0.3243	15.3574	15.3574	14.9	-0.4574	0.2092
100.8	-100.0109	2.5724	-0.3281	15.9959	15.9959	15.3	-0.6959	0.4843
101.7	-100.9058	2.5390	-0.3324	16.7249	16.7249	16	-0.7249	0.5255
102.7	-101.9001	2.5026	-0.3372	17.5483	17.5483	16.9	-0.6483	0.4203
104	-103.1927	2.4563	-0.3436	18.6401	18.6401	17.6	-1.0401	1.0818
104.9	-104.0876	2.4249	-0.3480	19.4103	19.4103	18.2	-1.2103	1.4649
105.8	-104.9825	2.3941	-0.3525	20.1925	20.1925	19	-1.1925	1.4221
106.7	-105.8774	2.3638	-0.3570	20.9868	20.9868	20.2	-0.7868	0.6191
107.6	-106.7723	2.3339	-0.3616	21.7934	21.7934	21	-0.7934	0.6294
108.4	-107.5677	2.3079	-0.3657	22.5207	22.5207	21.4	-1.1207	1.2559
108.7	-107.8660	2.2982	-0.3672	22.7960	22.7960	21.7	-1.0960	1.2012
108.9	-108.0649	2.2917	-0.3683	22.9803	22.9803	22.4	-0.5803	0.3367
109.2	-108.3632	2.2821	-0.3698	23.2579	23.2579	23.2	-0.0579	0.0034
109.9	-109.0592	2.2600	-0.3734	23.9113	23.9113	23.8	-0.1113	0.0124
110.5	-109.6558	2.2412	-0.3766	24.4774	24.4774	24.2	-0.2774	0.0770
111	-110.1529	2.2257	-0.3792	24.9536	24.9536	24.8	-0.1536	0.0236
111.4	-110.5507	2.2134	-0.3813	25.3375	25.3375	25.4	0.0625	0.0039
111.8	-110.9484	2.2011	-0.3834	25.7239	25.7239	26	0.2761	0.0762
112.3	-111.4456	2.1860	-0.3861	26.2106	26.2106	26.7	0.4894	0.2395
112.5	-111.6444	2.1800	-0.3871	26.4064	26.4064	27.4	0.9936	0.9872
112.9	-112.0422	2.1680	-0.3893	26.8001	26.8001	27.9	1.0999	1.2098
113.1	-112.2410	2.1620	-0.3904	26.9979	26.9979	28.4	1.4021	1.9659
113.2	-112.3405	2.1591	-0.3909	27.0970	27.0970	28.9	1.8030	3.2507
					error medio cuadrático			0.74157

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

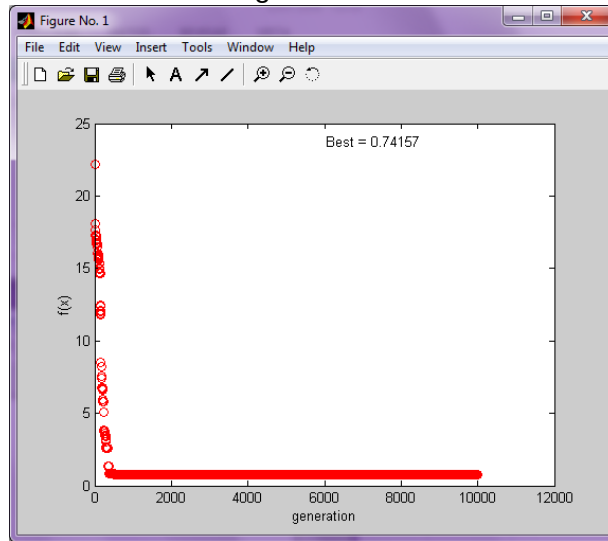


Imagen 72. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

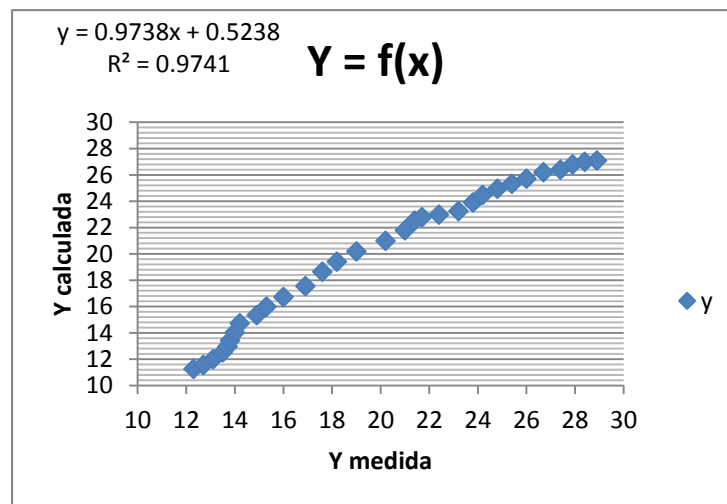
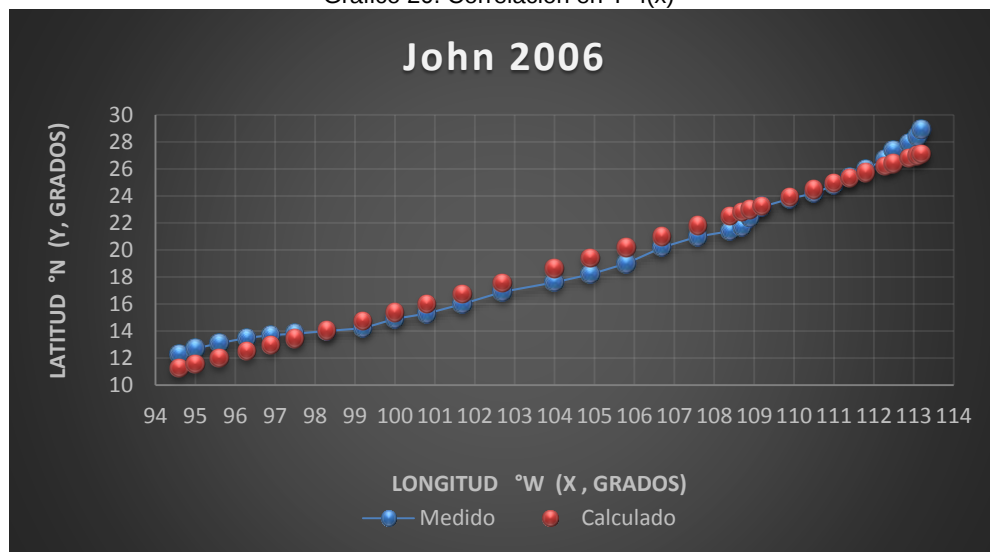


Gráfico 20. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 12. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Lane

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \left(\frac{-0.148484 W_s - 0.09418 P + \frac{0.094182 P}{W_s} - 0.094182}{W_s} \right) * (-2.646142 - W_s)$$

Ecuación 33

Tabla 126. Programación Trayectoria X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-96.1383	-3.2046	-32.6461	104.6181	104.6181	101	-3.6181	13.0908
1005	30	-96.0472	-3.2016	-32.6461	104.5190	104.5190	101.7	-2.8190	7.9470
1000	35	-96.7829	-2.7652	-37.6461	104.1001	104.1001	102.6	-1.5001	2.2503
999	40	-97.7699	-2.4442	-42.6461	104.2377	104.2377	103.6	-0.6377	0.4067
997	45	-98.5895	-2.1909	-47.6461	104.3868	104.3868	104.4	0.0132	0.0002
997	50	-99.5406	-1.9908	-52.6461	104.8085	104.8085	105	0.1915	0.0367
994	55	-100.1763	-1.8214	-57.6461	104.9959	104.9959	105.6	0.6041	0.3649
987	65	-101.2739	-1.5581	-67.6461	105.3967	105.3967	106	0.6033	0.3640
985	75	-102.7635	-1.3702	-77.6461	106.3892	106.3892	106.3	-0.0892	0.0080
975	90	-104.2656	-1.1585	-92.6461	107.3312	107.3312	106.6	-0.7312	0.5346
960	100	-104.4539	-1.0445	-102.6461	107.2178	107.2178	106.9	-0.3178	0.1010
952	110	-105.2743	-0.9570	-112.6461	107.8067	107.8067	107.1	-0.7067	0.4995
954	110	-105.4609	-0.9587	-112.6461	107.9979	107.9979	107.2	-0.7979	0.6366
978	65	-100.4393	-1.5452	-67.6461	104.5281	104.5281	107.3	2.7719	7.6833
990	35	-95.8680	-2.7391	-37.6461	103.1160	103.1160	107.4	4.2840	18.3526
1005	25	-94.6738	-3.7870	-27.6461	104.6946	104.6946	107.5	2.8054	7.8703
Error medio cuadrático									3.7591

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = 21.33071 - \frac{0.1259329 P}{5.425988 W_s + 5.685842 - \frac{5.425988 P}{7.585898 + W_s}} \dots \text{Ecuación 34}$$

Tabla 127. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	126.6885	23.2370	5.4520	15.8787	15.8787	15.7	-0.1787	0.0319
1005	30	126.5626	23.3813	5.4130	15.9177	15.9177	16.2	0.2823	0.0797
1000	35	125.9329	68.1826	1.8470	19.4837	19.4837	16.7	-2.7837	7.7491
999	40	125.8070	108.8143	1.1562	20.1745	20.1745	17.2	-2.9745	8.8479
997	45	125.5551	146.9815	0.8542	20.4765	20.4765	17.6	-2.8765	8.2742
997	50	125.5551	183.0437	0.6859	20.6448	20.6448	18	-2.6448	6.9949
994	55	125.1773	217.9387	0.5744	20.7563	20.7563	18.5	-2.2563	5.0911
987	65	124.2958	284.5942	0.4367	20.8940	20.8940	19.3	-1.5940	2.5407
985	75	124.0439	347.9193	0.3565	20.9742	20.9742	20.3	-0.6742	0.4545
975	90	122.7846	439.8126	0.2792	21.0515	21.0515	21.3	0.2485	0.0617
960	100	120.8956	499.8680	0.2419	21.0889	21.0889	22.2	1.1111	1.2346
952	110	119.8881	558.6146	0.2146	21.1161	21.1161	23.1	1.9839	3.9359
954	110	120.1400	558.5223	0.2151	21.1156	21.1156	24	2.8844	8.3197
978	65	123.1624	285.2670	0.4317	20.8990	20.8990	24.7	3.8010	14.4479
990	35	124.6736	69.4568	1.7950	19.5357	19.5357	25.4	5.8643	34.3897
1005	25	126.5626	-26.0104	-4.8658	26.1966	26.1966	26	-0.1966	0.0386
Error medio cuadrático									6.4058

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

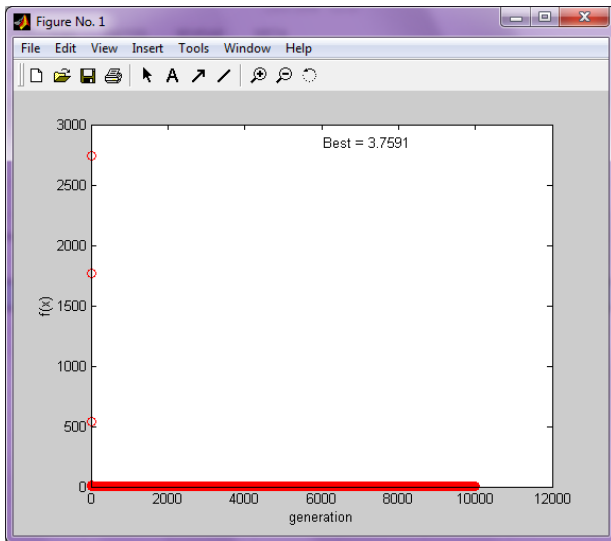


Imagen 73. Error medio cuadrático en X (programación genética)

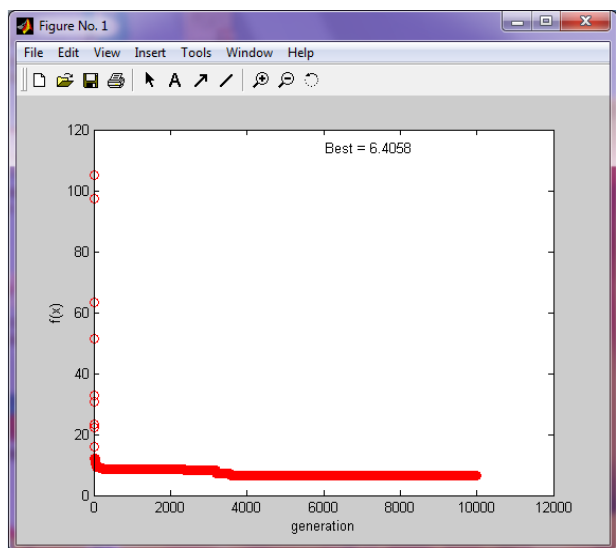


Imagen 74. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

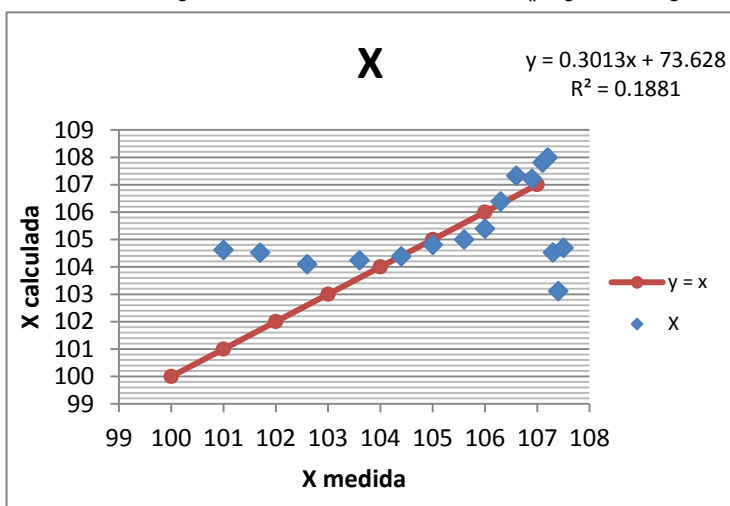


Gráfico 21. Correlación en X (longitud) en grados

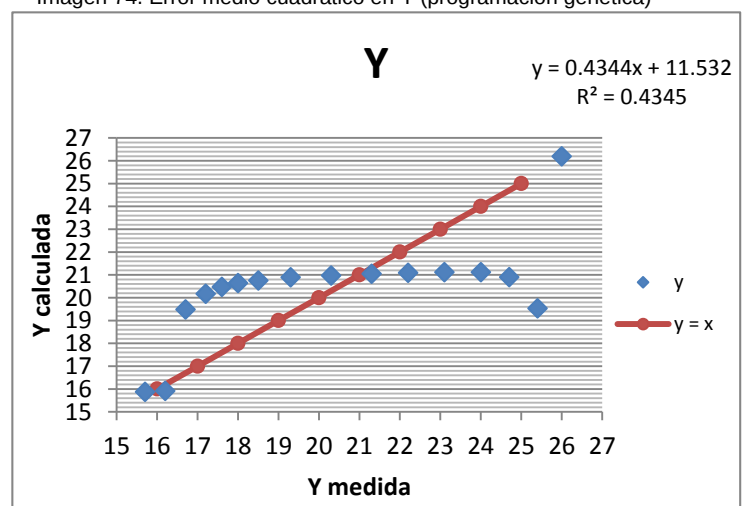
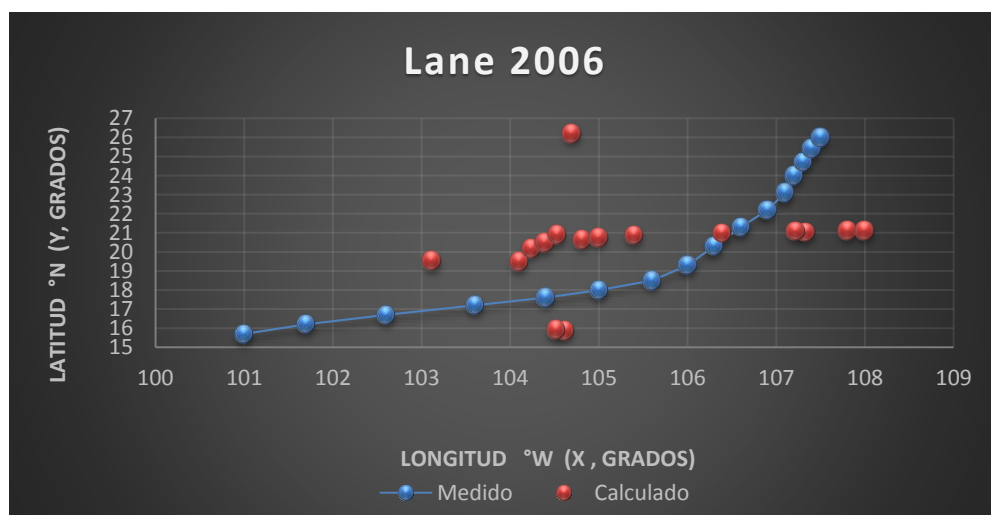


Gráfico 22. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 13. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = -0.9242 + \frac{-0.4923}{4.7655 - \frac{(W_s)^2}{P}} + 0.09667 P + 0.19334 W_s \dots \text{Ecuación 35}$$

Tabla 128. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-0.1272	5.6730	102.9240	101.9997	101.9997	101.0	-0.9997	0.9995
1005	30	-0.1272	5.6730	102.8273	101.9030	101.9030	101.7	-0.2030	0.0412
1000	35	-0.1391	6.6279	103.2988	102.3745	102.3745	102.6	0.2255	0.0508
999	40	-0.1556	7.5780	104.1523	103.2280	103.2280	103.6	0.3720	0.1384
997	45	-0.1801	8.5203	104.9012	103.9769	103.9769	104.4	0.4231	0.1790
997	50	-0.2180	9.4490	105.8299	104.9057	104.9057	105.0	0.0943	0.0089
994	55	-0.2859	10.3479	106.4388	105.5145	105.5145	105.6	0.0855	0.0073
987	65	-1.0153	11.5518	106.9660	106.0418	106.0418	106.0	-0.0418	0.0017
Error medio cuadrático									0.17835

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(-0.8372 P - 0.4883 W_s - \frac{0.28815 P}{W_s} - 1.4443 \right) * (-0.12450) \dots \text{Ecuación 36}$$

Tabla 129. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
985	75	3.7845	-866.5141	107.8852	107.8852	107.8852	106.3000	-1.5852	2.5128
975	90	3.1217	-864.8044	107.6723	107.6723	107.6723	106.6000	-1.0723	1.1498
960	100	2.7663	-856.7742	106.6725	106.6725	106.6725	106.9000	0.2275	0.0518
952	110	2.4939	-854.6875	106.4127	106.4127	106.4127	107.1000	0.6873	0.4724
954	110	2.4991	-856.3672	106.6218	106.6218	106.6218	107.2000	0.5782	0.3343
978	65	4.3356	-856.3213	106.6161	106.6161	106.6161	107.3000	0.6839	0.4677
990	35	8.1507	-855.5325	106.5179	106.5179	106.5179	107.4000	0.8821	0.7781
1005	25	11.5839	-866.6405	107.9009	107.9009	107.9009	107.5000	-0.4009	0.1607
Error medio cuadrático									0.74094

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y_1 = \frac{P(Ws) + 2.1262 P - 3(Ws)^2 - 6.3788 Ws}{P - 3 Ws + 0.0314 P(Ws)} \dots\dots \text{Ecuación 37}$$

Tabla 130. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	2700	29427.6826	1864.7988	15.7806	15.7806	15.7	-0.0806	0.0065
1005	30	2700	29395.5563	1862.8557	15.7798	15.7798	16.2	0.4202	0.1765
1000	35	3675	33228.0305	1995.3300	16.6529	16.6529	16.7	0.0471	0.0022
999	40	4800	37029.0098	2135.2625	17.3417	17.3417	17.2	-0.1417	0.0201
997	45	6075	40622.8629	2272.4659	17.8761	17.8761	17.6	-0.2761	0.0762
997	50	7500	44150.9685	2414.1843	18.2882	18.2882	18.0	-0.2882	0.0830
994	55	9075	47357.6953	2547.7155	18.5883	18.5883	18.5	-0.0883	0.0078
987	65	12675	53164.0226	2808.9049	18.9270	18.9270	19.3	0.3730	0.1392
Error medio cuadrático									0.06394

“Segundo Tramo”

$$Y_2 = \frac{0.11454 + 0.01858 P^2}{P - Ws} - \frac{-0.88207 - 0.15227 P}{Ws} + 1 \dots\dots \text{Ecuacion 38}$$

Tabla 131. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
985	75	19.9421	-2.0117	22.9537	22.9537	22.9537	20.3000	-2.6537	7.0422
975	90	20.0924	-1.6595	22.7519	22.7519	22.7519	21.3000	-1.4519	2.1080
960	100	20.0472	-1.4707	22.5178	22.5178	22.5178	22.2000	-0.3178	0.1010
952	110	20.1370	-1.3259	22.4629	22.4629	22.4629	23.1000	0.6371	0.4059
954	110	20.1735	-1.3287	22.5022	22.5022	22.5022	24.0000	1.4978	2.2436
978	65	19.5959	-2.3047	22.9006	22.9006	22.9006	24.7000	1.7994	3.2377
990	35	19.1952	-4.3324	24.5276	24.5276	24.5276	25.4000	0.8724	0.7610
1005	25	19.2749	-6.1568	26.4316	26.4316	26.4316	26.0000	-0.4316	0.1863
Error medio cuadrático									2.0107

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

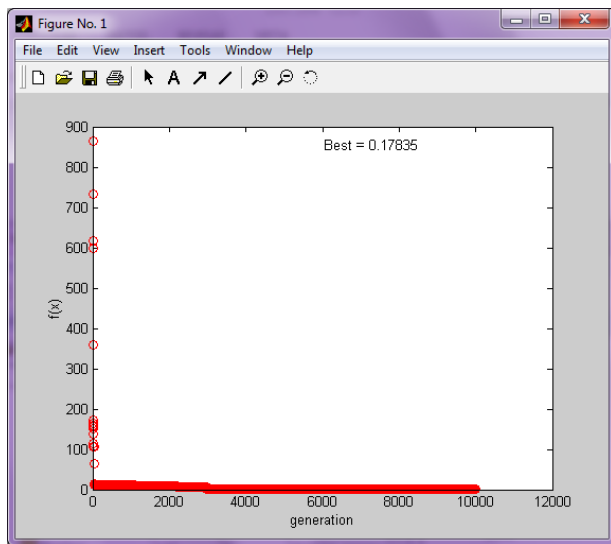


Imagen 75. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

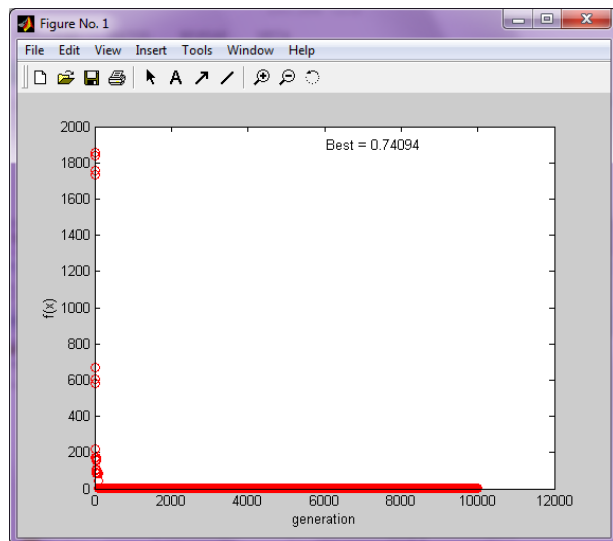


Imagen 78. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

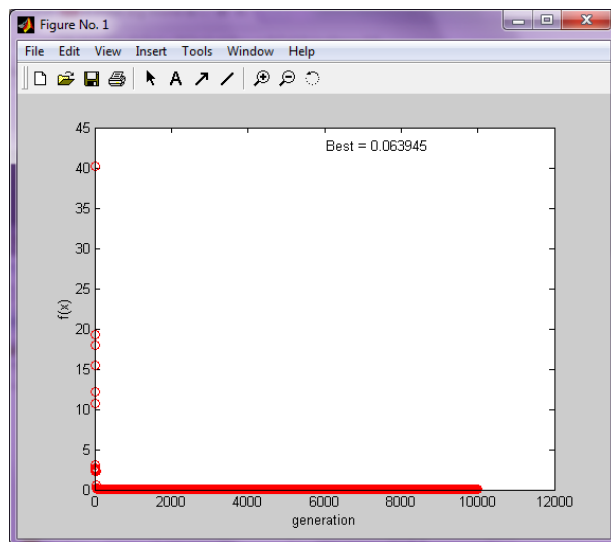


Imagen 76. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

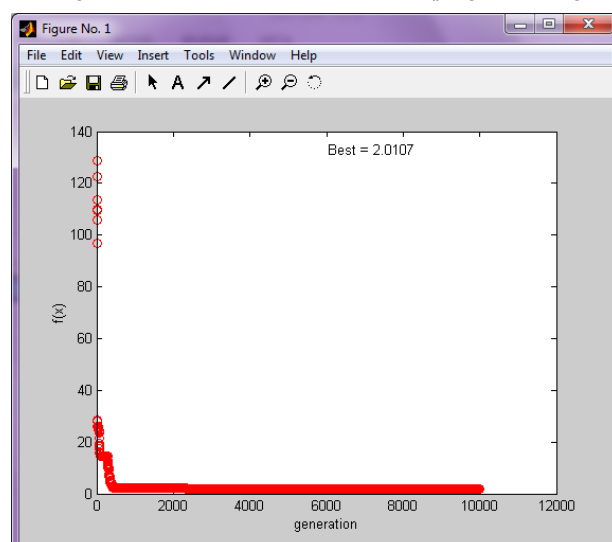


Imagen 77. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

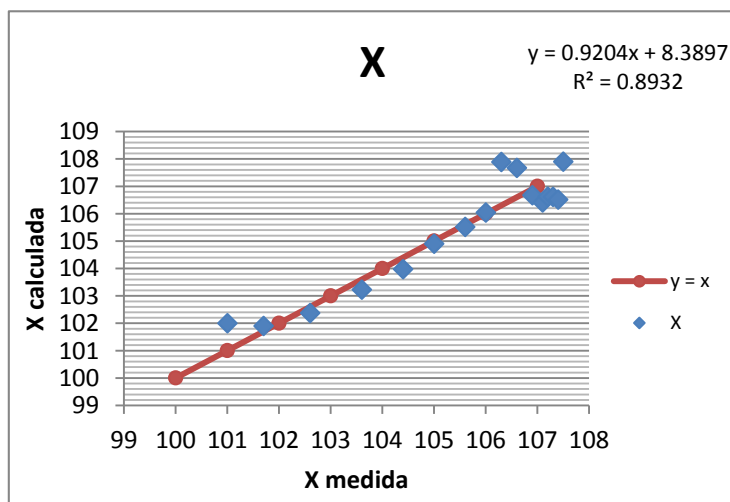


Gráfico 24. Correlación en X (longitud) en grados

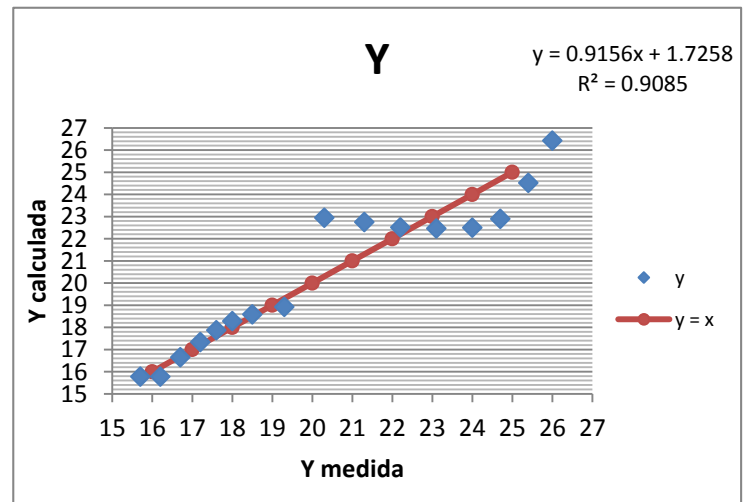
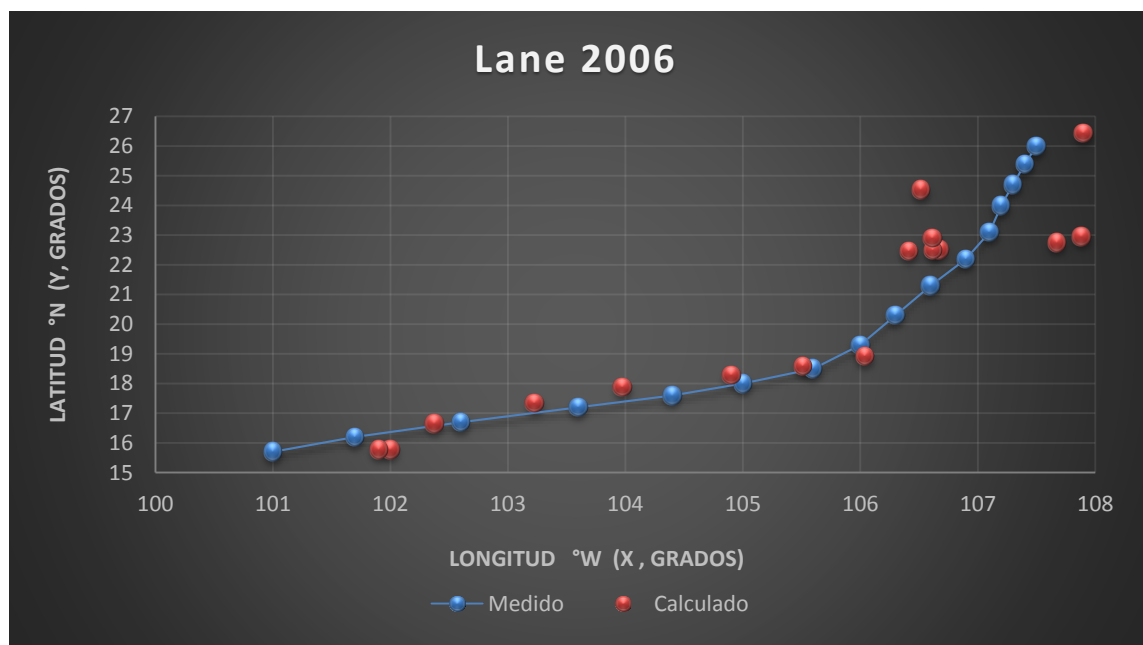


Gráfico 23. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 14. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “ $Y = f(x)$ ”

Ecuación Obtenida

$$Y = -133.78265 + 1.46288 X \dots \text{Ecuación 39}$$

Tabla 132. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $y = f(x)$						
Longitude °W	Ecuación parte 2	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
101	13.9692	13.9692	13.9692	15.7	1.7308	2.9958
101.7	14.9932	14.9932	14.9932	16.2	1.2068	1.4564
102.6	16.3098	16.3098	16.3098	16.7	0.3902	0.1523
103.6	17.7727	17.7727	17.7727	17.2	-0.5727	0.3280
104.4	18.9430	18.9430	18.9430	17.6	-1.3430	1.8036
105	19.8207	19.8207	19.8207	18	-1.8207	3.3150
105.6	20.6984	20.6984	20.6984	18.5	-2.1984	4.8332
106	21.2836	21.2836	21.2836	19.3	-1.9836	3.9347
106.3	21.7225	21.7225	21.7225	20.3	-1.4225	2.0234
106.6	22.1613	22.1613	22.1613	21.3	-0.8613	0.7419
106.9	22.6002	22.6002	22.6002	22.2	-0.4002	0.1602
107.1	22.8928	22.8928	22.8928	23.1	0.2072	0.0429
107.2	23.0391	23.0391	23.0391	24	0.9609	0.9234
107.3	23.1854	23.1854	23.1854	24.7	1.5146	2.2941
107.4	23.3317	23.3317	23.3317	25.4	2.0683	4.2781
107.5	23.4779	23.4779	23.4779	26	2.5221	6.3608
Error medio cuadrático						2.2277

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

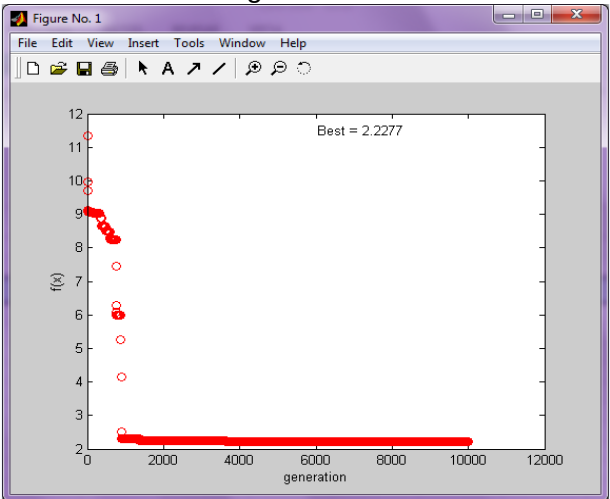


Imagen 79. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

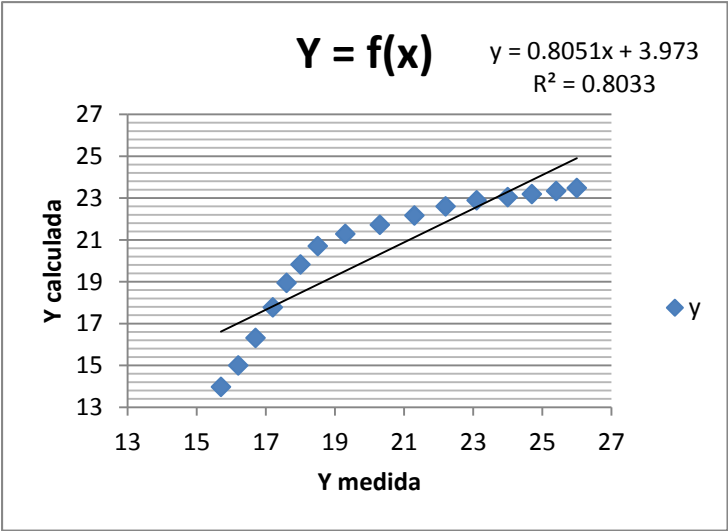
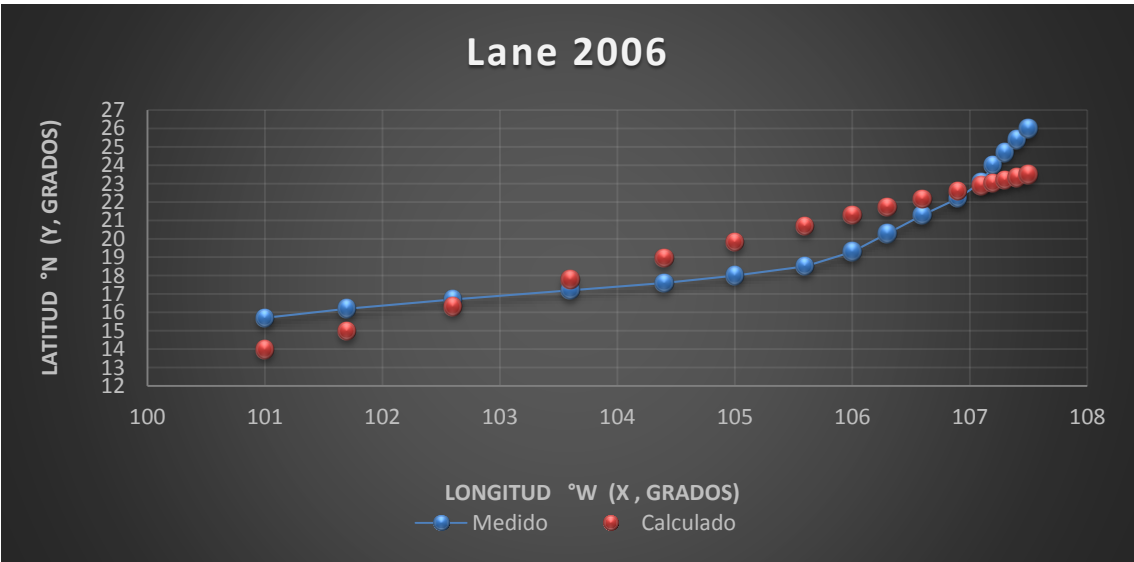


Gráfico 25. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 15. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Jimena

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.1252 W_s - 2.1117 + 0.1006 P - \frac{0.34509}{W_s} + \frac{0.12804 P}{W_s} \dots \text{Ecuación 40}$$

Tabla 133. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure (mb)	Wind (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1008	25	102.4345	102.4207	107.5836	107.5836	107.5836	96.8	-10.7836	116.2869
1008	25	102.4345	102.4207	107.5836	107.5836	107.5836	97.9	-9.6836	93.7729
1008	25	102.4345	102.4207	107.5836	107.5836	107.5836	99.0	-8.5836	73.6789
1007	30	102.9601	102.9486	107.2468	107.2468	107.2468	100.0	-7.2468	52.5161
1005	35	103.3851	103.3753	107.0521	107.0521	107.0521	101.0	-6.0521	36.6279
1000	45	104.1345	104.1269	106.9724	106.9724	106.9724	101.9	-5.0724	25.7291
990	60	105.0071	105.0013	107.1141	107.1141	107.1141	102.9	-4.2141	17.7590
980	75	105.8797	105.8750	107.5482	107.5482	107.5482	103.8	-3.7482	14.0491
970	90	106.7522	106.7484	108.1285	108.1285	108.1285	104.7	-3.4285	11.7543
957	105	107.3229	107.3196	108.4867	108.4867	108.4867	105.5	-2.9867	8.9205
948	115	107.6699	107.6669	108.7224	108.7224	108.7224	106.0	-2.7224	7.4117
945	120	107.9943	107.9914	108.9998	108.9998	108.9998	106.6	-2.3998	5.7589
945	120	107.9943	107.9914	108.9998	108.9998	108.9998	107.1	-1.8998	3.6092
945	120	107.9943	107.9914	108.9998	108.9998	108.9998	107.6	-1.3998	1.9594
945	120	107.9943	107.9914	108.9998	108.9998	108.9998	108.2	-0.7998	0.6396
935	135	108.8668	108.8643	109.7511	109.7511	109.7511	108.9	-0.8511	0.7244
931	135	108.4644	108.4618	109.3449	109.3449	109.3449	109.4	0.0551	0.0030
933	130	108.0394	108.0367	108.9557	108.9557	108.9557	109.9	0.9443	0.8916
940	125	108.1174	108.1147	109.0776	109.0776	109.0776	110.5	1.4224	2.0232
948	115	107.6699	107.6669	108.7224	108.7224	108.7224	111.0	2.2776	5.1873
957	105	107.3229	107.3196	108.4867	108.4867	108.4867	111.4	2.9133	8.4872
965	95	106.8754	106.8717	108.1724	108.1724	108.1724	111.7	3.5276	12.4436
971	90	106.8528	106.8490	108.2305	108.2305	108.2305	112.0	3.7695	14.2093
977	80	106.2040	106.1997	107.7635	107.7635	107.7635	112.4	4.6365	21.4970
985	65	105.1303	105.1250	107.0654	107.0654	107.0654	112.4	5.3346	28.4582
997	50	104.4589	104.4520	107.0053	107.0053	107.0053	112.3	5.2947	28.0338
999	45	104.0339	104.0263	106.8689	106.8689	106.8689	112.3	5.4311	29.4965
1002	40	103.7095	103.7009	106.9085	106.9085	106.9085	112.1	5.1915	26.9515
1004	35	103.2845	103.2747	106.9478	106.9478	106.9478	111.9	4.9522	24.5240
1005	30	102.7589	102.7474	107.0370	107.0370	107.0370	111.7	4.6630	21.7432
1006	25	102.2333	102.2195	107.3722	107.3722	107.3722	111.7	4.3278	18.7301
1006	25	102.2333	102.2195	107.3722	107.3722	107.3722	112.2	4.8278	23.3079
1007	20	101.7077	101.6904	108.1377	108.1377	108.1377	112.5	4.3623	19.0298
1008	20	101.8083	101.7911	108.2447	108.2447	108.2447	112.9	4.6553	21.6719
1010	15	101.3833	101.3603	109.9822	109.9822	109.9822	113.3	3.3178	11.0076
Error medio cuadrático									22.5398

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{-0.039253357 P(Ws) - 0.10290837 P}{1.325643752 - 2 Ws} \dots \text{Ecuación 41}$$

Tabla 134. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	-989.1846	-1092.9162	-48.6744	22.4536	22.4536	13.4	-9.0536	81.9683
1008	25	-989.1846	-1092.9162	-48.6744	22.4536	22.4536	13.5	-8.9536	80.1676
1008	25	-989.1846	-1092.9162	-48.6744	22.4536	22.4536	13.5	-8.9536	80.1676
1007	30	-1185.8439	-1289.4726	-58.6744	21.9768	21.9768	13.6	-8.3768	70.1702
1005	35	-1380.7368	-1484.1597	-68.6744	21.6116	21.6116	13.7	-7.9116	62.5927
1000	45	-1766.4011	-1869.3094	-88.6744	21.0806	21.0806	13.8	-7.2806	53.0073
990	60	-2331.6494	-2433.5287	-118.6744	20.5059	20.5059	14.2	-6.3059	39.7648
980	75	-2885.1217	-2985.9719	-148.6744	20.0840	20.0840	14.8	-5.2840	27.9204
970	90	-3426.8181	-3526.6392	-178.6744	19.7378	19.7378	15.4	-4.3378	18.8165
957	105	-3944.3736	-4042.8569	-208.6744	19.3740	19.3740	15.7	-3.6740	13.4983
948	115	-4279.4010	-4376.9581	-228.6744	19.1406	19.1406	16.0	-3.1406	9.8632
945	120	-4451.3307	-4548.5791	-238.6744	19.0577	19.0577	16.3	-2.7577	7.6048
945	120	-4451.3307	-4548.5791	-238.6744	19.0577	19.0577	16.7	-2.3577	5.5586
945	120	-4451.3307	-4548.5791	-238.6744	19.0577	19.0577	17.2	-1.8577	3.4510
945	120	-4451.3307	-4548.5791	-238.6744	19.0577	19.0577	17.7	-1.3577	1.8433
935	135	-4954.7550	-5050.9743	-268.6744	18.7996	18.7996	18.2	-0.5996	0.3595
931	135	-4933.5582	-5029.3659	-268.6744	18.7192	18.7192	18.9	0.1808	0.0327
933	130	-4761.0397	-4857.0532	-258.6744	18.7767	18.7767	19.7	0.9233	0.8525
940	125	-4612.2694	-4709.0033	-248.6744	18.9364	18.9364	20.6	1.6636	2.7675
948	115	-4279.4010	-4376.9581	-228.6744	19.1406	19.1406	21.5	2.3594	5.5669
957	105	-3944.3736	-4042.8569	-208.6744	19.3740	19.3740	22.4	3.0260	9.1567
965	95	-3598.5515	-3697.8581	-188.6744	19.5992	19.5992	23.4	3.8008	14.4464
971	90	-3430.3509	-3530.2749	-178.6744	19.7582	19.7582	24.6	4.8418	23.4435
977	80	-3068.0424	-3168.5839	-158.6744	19.9691	19.9691	25.8	5.8309	33.9994
985	65	-2513.1962	-2614.5609	-128.6744	20.3192	20.3192	26.7	6.3808	40.7145
997	50	-1956.7798	-2059.3795	-98.6744	20.8705	20.8705	27.4	6.5295	42.6349
999	45	-1764.6347	-1867.4401	-88.6744	21.0595	21.0595	27.6	6.5405	42.7778
1002	40	-1573.2745	-1676.3887	-78.6744	21.3079	21.3079	27.8	6.4921	42.1468
1004	35	-1379.3630	-1482.6830	-68.6744	21.5901	21.5901	27.6	6.0099	36.1195
1005	30	-1183.4887	-1286.9116	-58.6744	21.9331	21.9331	27.5	5.5669	30.9902
1006	25	-987.2219	-1090.7477	-48.6744	22.4091	22.4091	27.7	5.2909	27.9938
1006	25	-987.2219	-1090.7477	-48.6744	22.4091	22.4091	27.4	4.9909	24.9092
1007	20	-790.5626	-894.1913	-38.6744	23.1210	23.1210	27.2	4.0790	16.6379
1008	20	-791.3477	-895.0793	-38.6744	23.1440	23.1440	26.9	3.7560	14.1075
1010	15	-594.6884	-698.6258	-28.6744	24.3641	24.3641	26.5	2.1359	4.5619
Error medio cuadrático									27.7318

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

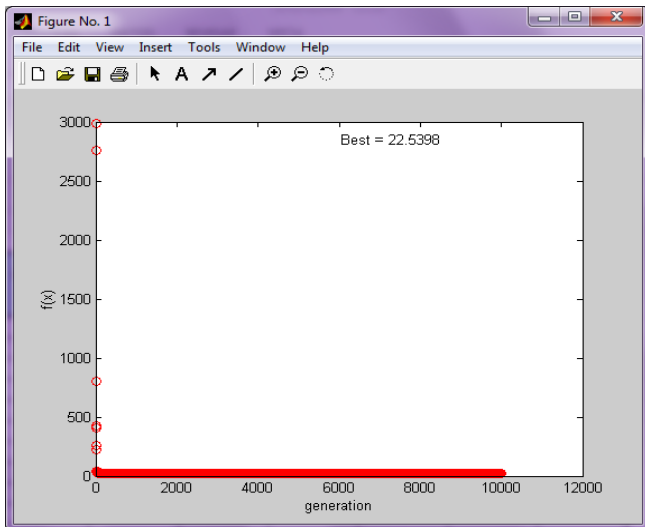


Imagen 81. Error medio cuadrático en X (programación genética)

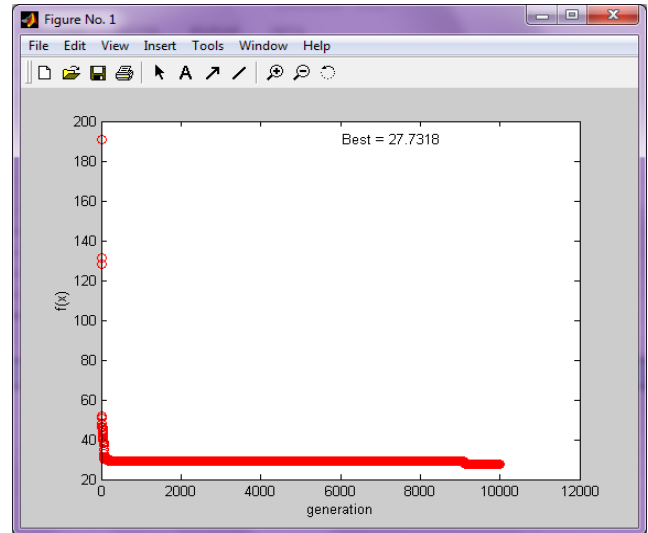


Imagen 80. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

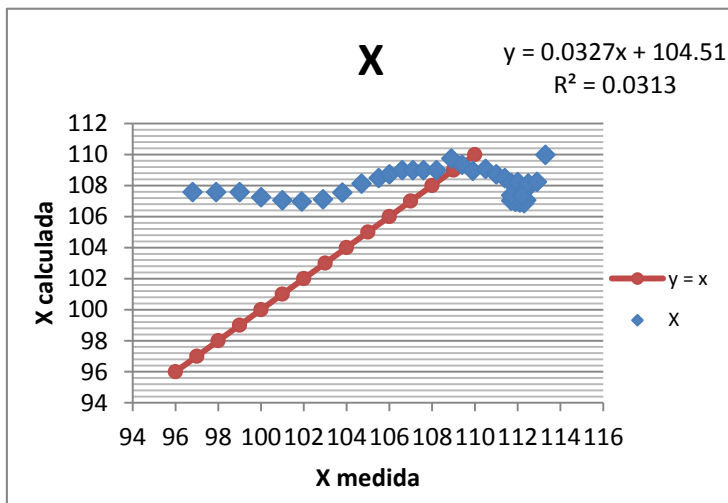


Gráfico 26. Correlación en X (longitud) en grados

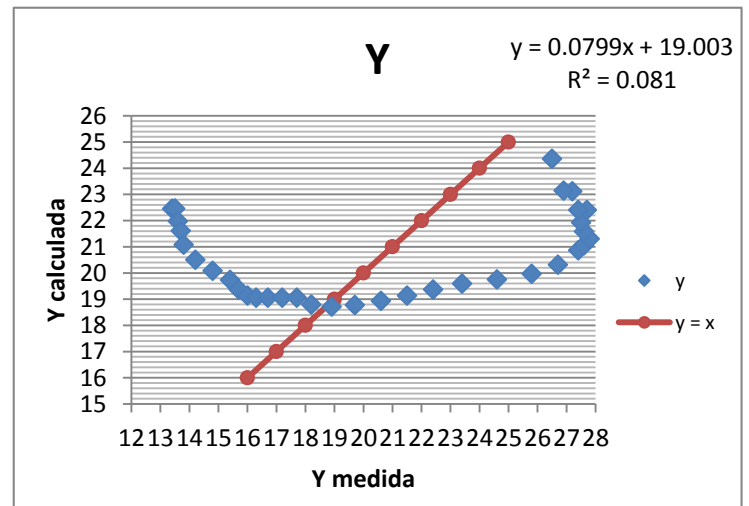
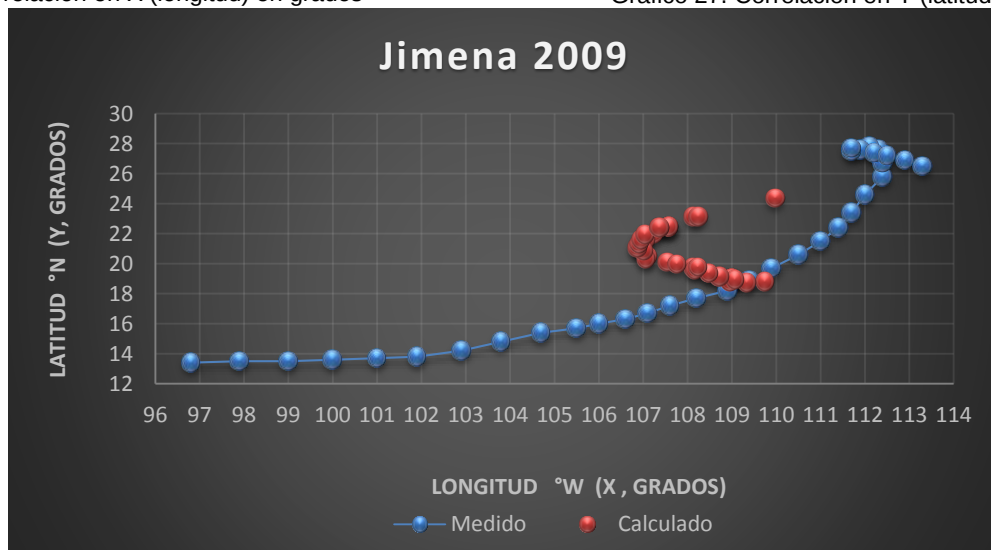


Gráfico 27. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 16. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{-0.1384 P + 0.1004 P(Ws)}{Ws} + 0.09903 Ws \dots \text{Ecuación 42}$$

Tabla 135. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	2391.68059	95.6672	98.1430	98.1430	98.1430	96.8	-1.3430	1.8036
1008	25	2391.68059	95.6672	98.1430	98.1430	98.1430	97.9	-0.2430	0.0590
1008	25	2391.68059	95.6672	98.1430	98.1430	98.1430	99.0	0.8570	0.7345
1007	30	2895.0529	96.5018	99.4727	99.4727	99.4727	100.0	0.5273	0.2781
1005	35	3394.04359	96.9727	100.4387	100.4387	100.4387	101.0	0.5613	0.3150
1000	45	4381.6166	97.3693	101.8256	101.8256	101.8256	101.9	0.0744	0.0055
990	60	5829.42175	97.1570	103.0988	103.0988	103.0988	102.9	-0.1988	0.0395
980	75	7247.09314	96.6279	104.0552	104.0552	104.0552	103.8	-0.2552	0.0651
970	90	8634.63076	95.9403	104.8531	104.8531	104.8531	104.7	-0.1531	0.0234
957	105	9960.80952	94.8649	105.2630	105.2630	105.2630	105.5	0.2370	0.0562
Error medio cuadrático									0.338

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(2 Ws - (Ws)^2 - 0.7791 Ws + \frac{Ws + P}{0.0915} \right) * \left(\frac{1.6957}{3 Ws} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 43}$$

Tabla 136. Programación Trayectoria en (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
948	115	-1291.84962	0.0049	-6.3498	108.6502	108.6502	106.0	-2.6502	7.0236
945	120	-2431.10351	0.0047	-11.4516	108.5484	108.5484	106.6	-1.9484	3.7961
945	120	-2431.10351	0.0047	-11.4516	108.5484	108.5484	107.1	-1.4484	2.0977
945	120	-2431.10351	0.0047	-11.4516	108.5484	108.5484	107.6	-0.9484	0.8994
945	120	-2431.10351	0.0047	-11.4516	108.5484	108.5484	108.2	-0.3484	0.1214
935	135	-6159.79042	0.0042	-25.7916	109.2084	109.2084	108.9	-0.3084	0.0951
931	135	-6203.49146	0.0042	-25.9746	109.0254	109.0254	109.4	0.3746	0.1403
933	130	-4925.16284	0.0043	-21.4152	108.5848	108.5848	109.9	1.3152	1.7299
940	125	-3642.20791	0.0045	-16.4703	108.5297	108.5297	110.5	1.9703	3.8819
948	115	-1291.84962	0.0049	-6.3498	108.6502	108.6502	111.0	2.3498	5.5215
957	105	869.433928	0.0054	4.6805	109.6805	109.6805	111.4	1.7195	2.9567
965	95	2819.79222	0.0060	16.7780	111.7780	111.7780	111.7	-0.0780	0.0061
Error medio cuadrático									2.3558

“Tercer Tramo”

$$X3 = \frac{3P - 2Ws}{0.8960Ws + \frac{0.2699P}{Ws}} + Ws \dots \text{Ecuación 44}$$

Tabla 137. Programación Trayectoria en X (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
971	90	2733	83.5553	32.7089	122.7089	122.7089	112.0	-10.7089	114.6803
977	80	2771	74.9793	36.9569	116.9569	116.9569	112.4	-4.5569	20.7652
985	65	2825	62.3328	45.3212	110.3212	110.3212	112.4	2.0788	4.3213
997	50	2891	50.1844	57.6076	107.6076	107.6076	112.3	4.6924	22.0190
999	45	2907	46.3143	62.7668	107.7668	107.7668	112.3	4.5332	20.5502
1002	40	2926	42.6035	68.6798	108.6798	108.6798	112.1	3.4202	11.6980
1004	35	2942	39.1048	75.2337	110.2337	110.2337	111.9	1.6663	2.7767
1005	30	2955	35.9243	82.2563	112.2563	112.2563	111.7	-0.5563	0.3094
1006	25	2968	33.2636	89.2266	114.2266	114.2266	111.7	-2.5266	6.3837
1006	25	2968	33.2636	89.2266	114.2266	114.2266	112.2	-2.0266	4.1071
1007	20	2981	31.5127	94.5968	114.5968	114.5968	112.5	-2.0968	4.3967
1008	20	2984	31.5262	94.6515	114.6515	114.6515	112.9	-1.7515	3.0677
1010	15	3000	31.6172	94.8850	109.8850	109.8850	113.3	3.4150	11.6619
Error medio cuadrático									17.4413

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left(\frac{-0.791504P(Ws) - 3.166014(Ws)^2}{-9.493695 + 5.1290037Ws} \right) * (-0.667214) \dots \text{Ecuación 45}$$

Tabla 138. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	-21924.6596	118.7314	1085.1474	-20.2043	13.4806	13.4	-0.0806	0.0065
1008	25	-21924.6596	118.7314	1085.1474	-20.2043	13.4806	13.5	0.0194	0.0004
1008	25	-21924.6596	118.7314	1085.1474	-20.2043	13.4806	13.5	0.0194	0.0004
1007	30	-26760.7484	144.3764	1319.5304	-20.2805	13.5314	13.6	0.0686	0.0047
1005	35	-31719.5204	170.0214	1553.9134	-20.4127	13.6196	13.7	0.0804	0.0065
1000	45	-42028.8584	221.3115	2022.6794	-20.7788	13.8639	13.8	-0.0639	0.0041
990	60	-58412.988	298.2465	2725.8285	-21.4294	14.2980	14.2	-0.0980	0.0096
980	75	-75984.3728	375.1816	3428.9776	-22.1595	14.7851	14.8	0.0149	0.0002
970	90	-94743.0126	452.1166	4132.1267	-22.9284	15.2981	15.4	0.1019	0.0104
957	105	-114439.584	529.0517	4835.2757	-23.6676	15.7914	15.7	-0.0914	0.0084
Error medio cuadrático									0.005105

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{Ws - 27.318262}{-13.8485 - 0.2166 \frac{P}{Ws} + 0.2236 Ws} + 10.4369 \dots \text{Ecuación 46}$$

Tabla 139. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
948	115	87.681738	10.0804	8.6982	19.1351	19.1351	16.0	-3.1351	9.8291
945	120	92.681738	11.2783	8.2177	18.6546	18.6546	16.3	-2.3546	5.5443
945	120	92.681738	11.2783	8.2177	18.6546	18.6546	16.7	-1.9546	3.8206
945	120	92.681738	11.2783	8.2177	18.6546	18.6546	17.2	-1.4546	2.1160
945	120	92.681738	11.2783	8.2177	18.6546	18.6546	17.7	-0.9546	0.9113
935	135	107.681738	14.8379	7.2572	17.6941	17.6941	18.2	0.5059	0.2559
931	135	107.681738	14.8444	7.2541	17.6910	17.6910	18.9	1.2090	1.4618
933	130	102.681738	13.6655	7.5139	17.9508	17.9508	19.7	1.7492	3.0596
940	125	97.681738	12.4732	7.8313	18.2682	18.2682	20.6	2.3318	5.4371
948	115	87.681738	10.0804	8.6982	19.1351	19.1351	21.5	2.3649	5.5926
957	105	77.681738	7.6557	10.1469	20.5838	20.5838	22.4	1.8162	3.2985
965	95	67.681738	5.1936	13.0318	23.4687	23.4687	23.4	-0.0687	0.0047
Error medio cuadrático									3.4443

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \frac{P - Ws}{\frac{P^2 - 0.0408P^2(Ws) - P(Ws)}{P(Ws)^2} + 0.03549 P + 0.04084} \dots \text{Ecuación 47}$$

Tabla 140. Programación Trayectoria en Y (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
971	90	-2606661.15	34.1770	881.0000	25.7776	25.7776	24.6	-1.1776	1.3866
977	80	-2239213.66	34.3633	897.0000	26.1034	26.1034	25.8	-0.3034	0.0921
985	65	-1666836.7	34.6049	920.0000	26.5859	26.5859	26.7	0.1141	0.0130
997	50	-1083619.36	34.9966	947.0000	27.0598	27.0598	27.4	0.3402	0.1158
999	45	-879283.836	35.0677	954.0000	27.2045	27.2045	27.6	0.3955	0.1564
1002	40	-674610.528	35.1881	962.0000	27.3388	27.3388	27.8	0.4612	0.2127
1004	35	-466570.848	35.3005	969.0000	27.4501	27.4501	27.6	0.1499	0.0225
1005	30	-256395.6	35.4319	975.0000	27.5176	27.5176	27.5	-0.0176	0.0003
1006	25	-45390.72	35.6786	981.0000	27.4954	27.4954	27.7	0.2046	0.0418
1006	25	-45390.72	35.6786	981.0000	27.4954	27.4954	27.4	-0.0954	0.0091
1007	20	166445.016	36.1995	987.0000	27.2655	27.2655	27.2	-0.0655	0.0043
1008	20	166795.776	36.2355	988.0000	27.2661	27.2661	26.9	-0.3661	0.1340
1010	15	380648.8	37.5678	995.0000	26.4854	26.4854	26.5	0.0146	0.0002
Error medio cuadrático									0.16837

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

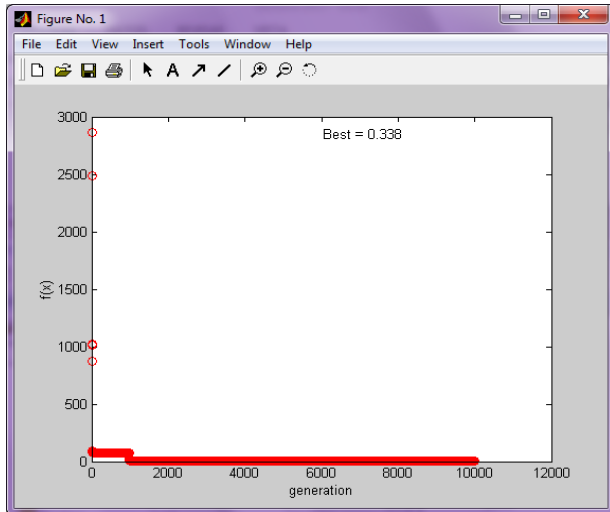


Imagen 85. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

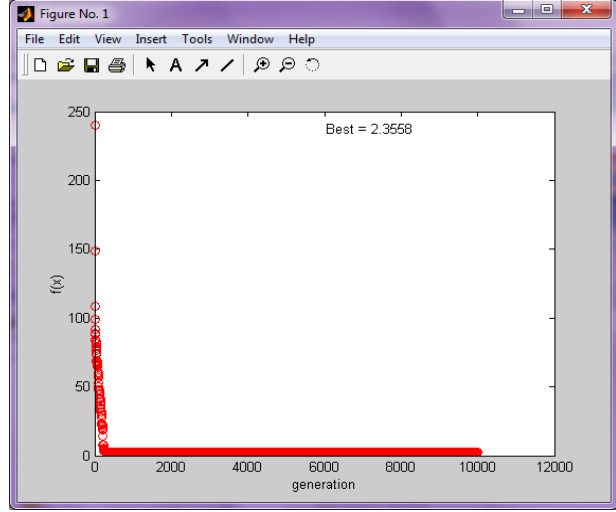


Imagen 84. Error medio cuadrático en X2(programación genética)

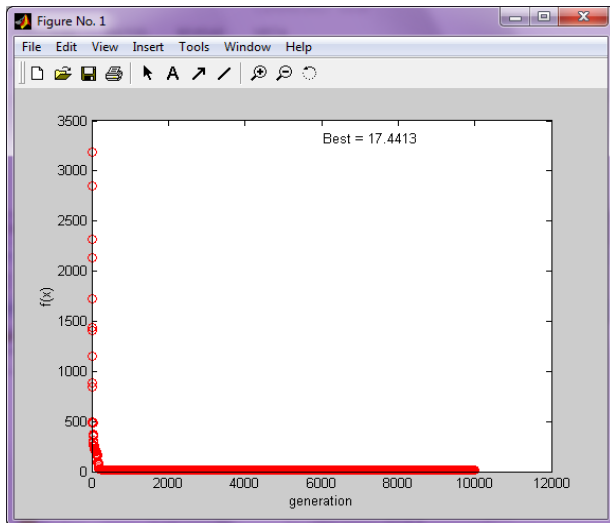


Imagen 83. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

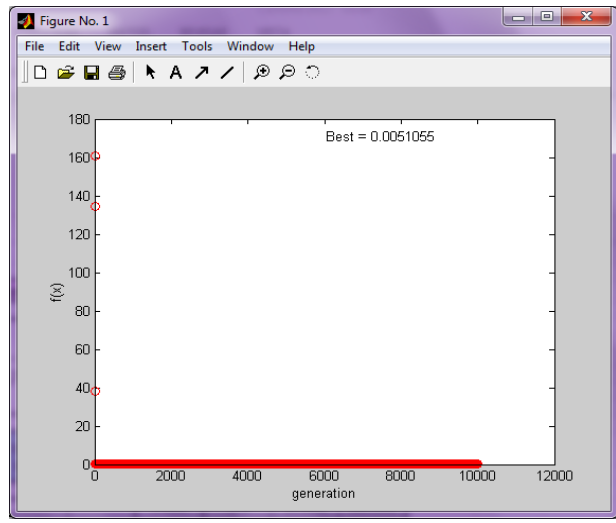


Imagen 82. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

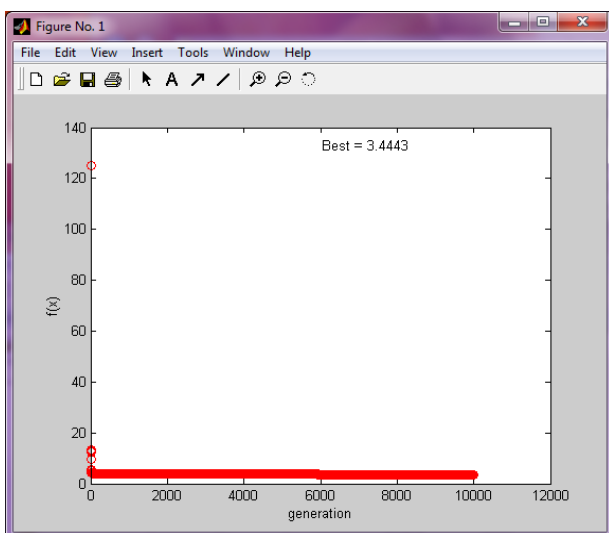


Imagen 86. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

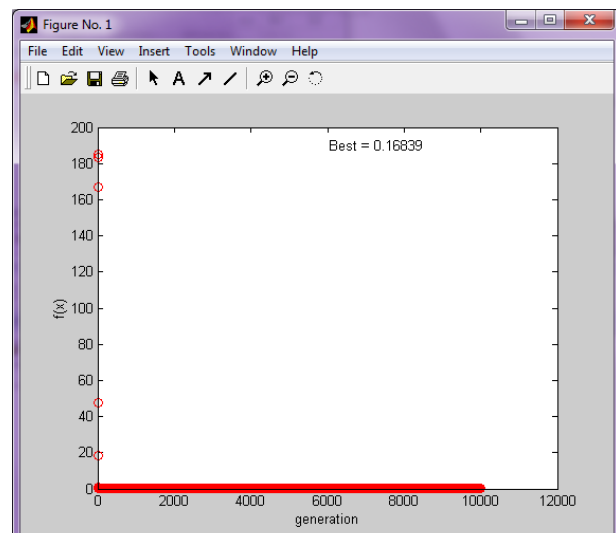


Imagen 87. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

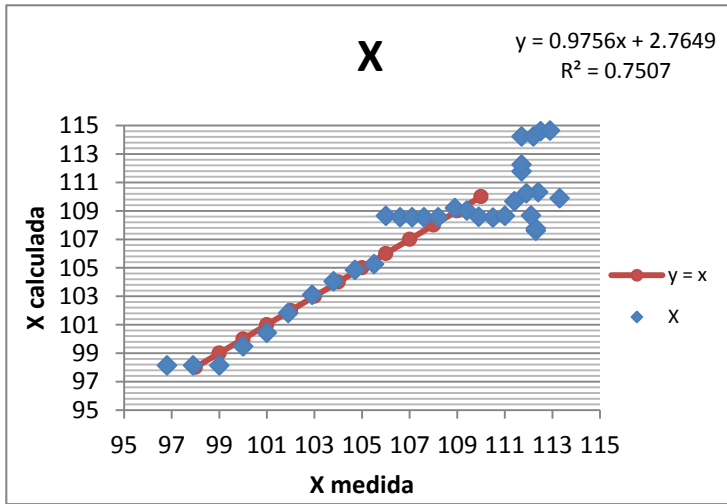


Gráfico 28. Correlación en X (longitud) en grados

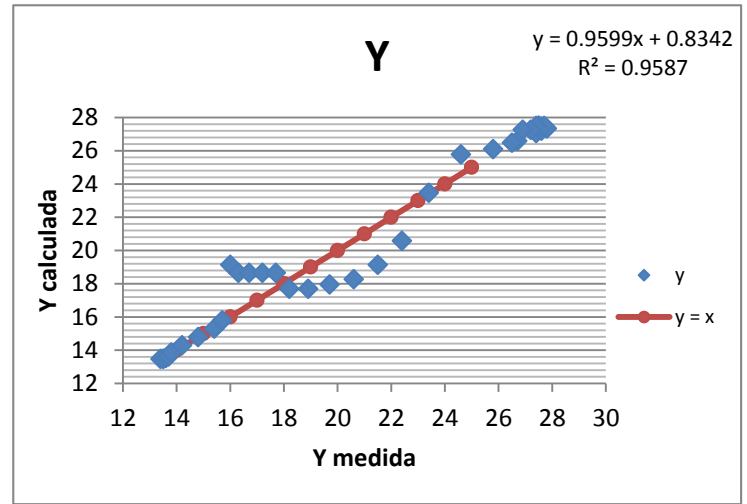
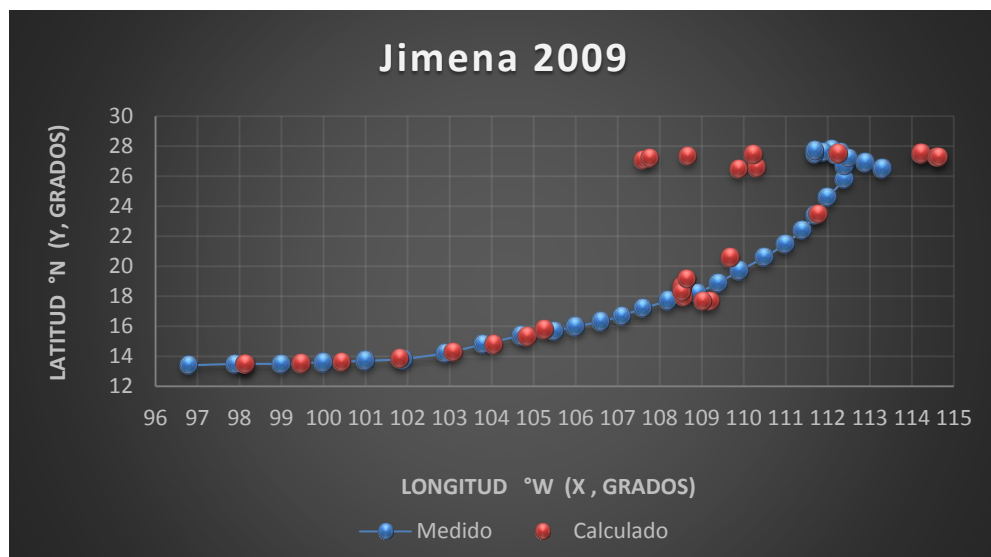


Gráfico 29. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 17. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = -\frac{-1.6861}{-0.0234 X + 2.7381} + 0.1102 X - 1.8307 \dots \text{Ecuación 48}$$

Tabla 141. Programación Trayectoria en Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
Longitudo °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
96.8	0.471	3.579	12.425	12.425	12.425	13.400	0.975	0.952
97.9	0.445	3.786	12.753	12.753	12.753	13.500	0.747	0.558
99.0	0.420	4.019	13.107	13.107	13.107	13.500	0.393	0.155
100.0	0.396	4.256	13.455	13.455	13.455	13.600	0.145	0.021
101.0	0.373	4.524	13.832	13.832	13.832	13.700	-0.132	0.017
101.9	0.352	4.795	14.203	14.203	14.203	13.800	-0.403	0.162
102.9	0.328	5.137	14.655	14.655	14.655	14.200	-0.455	0.207
103.8	0.307	5.489	15.107	15.107	15.107	14.800	-0.307	0.094
104.7	0.286	5.894	15.611	15.611	15.611	15.400	-0.211	0.044
105.5	0.267	6.307	16.112	16.112	16.112	15.700	-0.412	0.170
106.0	0.256	6.596	16.456	16.456	16.456	16.000	-0.456	0.208
106.6	0.242	6.979	16.906	16.906	16.906	16.300	-0.606	0.367
107.1	0.230	7.335	17.316	17.316	17.316	16.700	-0.616	0.380
107.6	0.218	7.729	17.765	17.765	17.765	17.200	-0.565	0.319
108.2	0.204	8.261	18.363	18.363	18.363	17.700	-0.663	0.440
108.9	0.188	8.982	19.162	19.162	19.162	18.200	-0.962	0.925
109.4	0.176	9.580	19.815	19.815	19.815	18.900	-0.915	0.837
109.9	0.164	10.262	20.553	20.553	20.553	19.700	-0.853	0.727
110.5	0.150	11.222	21.579	21.579	21.579	20.600	-0.979	0.958
111.0	0.139	12.171	22.582	22.582	22.582	21.500	-1.082	1.171
111.4	0.129	13.053	23.509	23.509	23.509	22.400	-1.109	1.230
111.7	0.122	13.804	24.293	24.293	24.293	23.400	-0.893	0.797
112.0	0.115	14.647	25.169	25.169	25.169	24.600	-0.569	0.323
112.4	0.106	15.944	26.510	26.510	26.510	25.800	-0.710	0.504
112.4	0.106	15.944	26.510	26.510	26.510	26.700	0.190	0.036
112.3	0.108	15.599	26.154	26.154	26.154	27.400	1.246	1.554
112.3	0.108	15.599	26.154	26.154	26.154	27.600	1.446	2.092
112.1	0.113	14.951	25.484	25.484	25.484	27.800	2.316	5.365
111.9	0.117	14.355	24.865	24.865	24.865	27.600	2.735	7.478
111.7	0.122	13.804	24.293	24.293	24.293	27.500	3.207	10.285
111.7	0.122	13.804	24.293	24.293	24.293	27.700	3.407	11.608
112.2	0.110	15.268	25.812	25.812	25.812	27.400	1.588	2.522
112.5	0.103	16.305	26.882	26.882	26.882	27.200	0.318	0.101
112.9	0.094	17.929	28.550	28.550	28.550	26.900	-1.650	2.724
113.3	0.085	19.913	30.578	30.578	30.578	26.500	-4.078	16.632
Error medio cuadrático								2.056

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

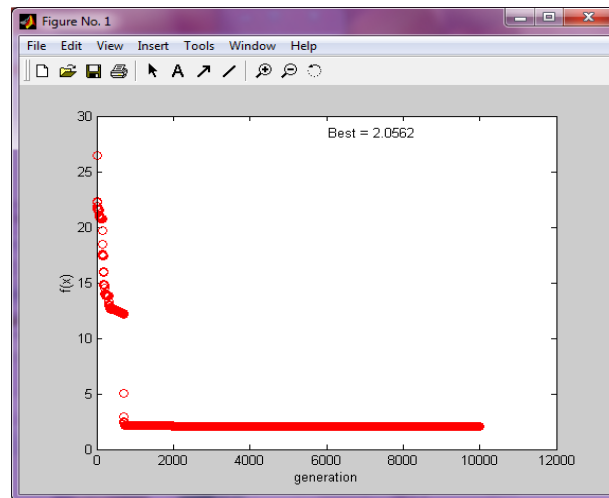


Imagen 88. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

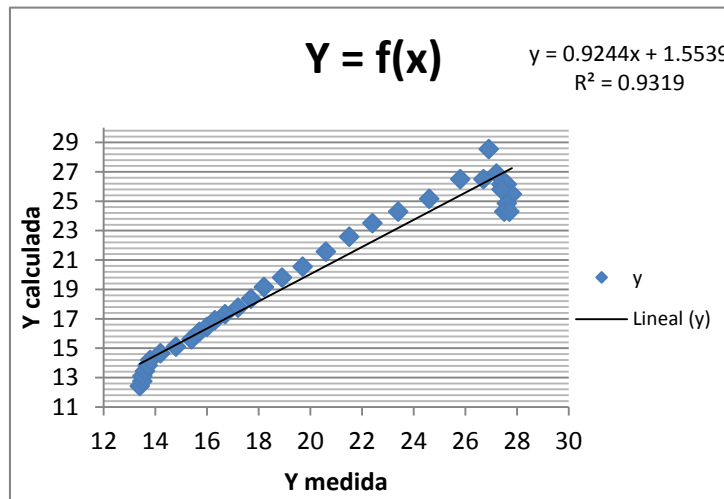
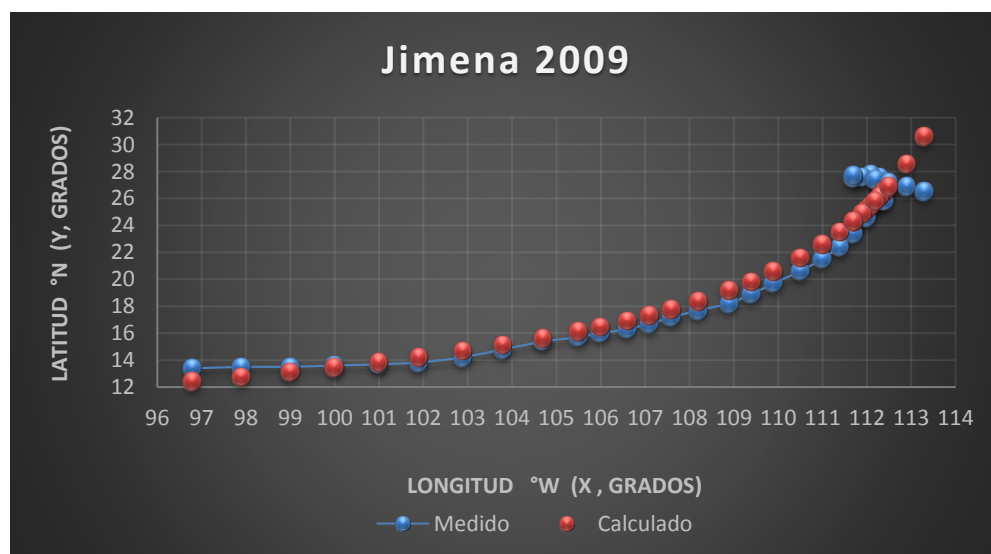


Gráfico 30. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 18. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Jova

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.1086 P - \frac{0.1086 P}{2 Ws - \frac{P}{Ws}} + 0.020605 Ws + 0.56675 \dots \text{Ecuación 49}$$

Tabla 142. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1009	25	109.577	7.172	0.502	103.474	103.47	102.8	-0.67	0.454
1006	25	109.252	7.095	0.502	103.225	103.22	103.7	0.48	0.226
1006	25	109.252	7.095	0.502	103.225	103.22	104.6	1.38	1.891
1006	30	109.252	3.403	0.602	107.017	107.02	105.5	-1.52	2.302
1006	30	109.252	3.403	0.602	107.017	107.02	106.3	-0.72	0.514
1004	35	109.034	2.322	0.702	107.981	107.98	107.1	-0.88	0.776
1002	40	108.817	1.796	0.802	108.390	108.39	108.1	-0.29	0.084
1000	45	108.600	1.479	0.903	108.590	108.59	109.1	0.51	0.260
999	50	108.491	1.267	1.003	108.795	108.79	109.9	1.11	1.222
997	55	108.274	1.110	1.103	108.834	108.83	110.3	1.47	2.149
997	55	108.274	1.110	1.103	108.834	108.83	110.5	1.67	2.776
996	55	108.166	1.109	1.103	108.727	108.73	110.6	1.87	3.510
993	60	107.840	0.989	1.204	108.622	108.62	110.6	1.98	3.914
989	65	107.405	0.892	1.304	108.384	108.38	110.4	2.02	4.064
986	70	107.080	0.814	1.404	108.237	108.24	110.0	1.76	3.110
982	75	106.645	0.748	1.505	107.968	107.97	109.5	1.53	2.346
978	80	106.211	0.692	1.605	107.690	107.69	108.9	1.21	1.464
975	80	105.885	0.690	1.605	107.367	107.37	108.3	0.93	0.871
969	90	105.233	0.602	1.805	107.004	107.00	107.7	0.70	0.485
964	100	104.690	0.534	2.006	106.729	106.73	107.2	0.47	0.222
961	105	104.365	0.505	2.106	106.532	106.53	106.8	0.27	0.072
955	110	103.713	0.478	2.207	106.008	106.01	106.5	0.49	0.242
958	105	104.039	0.504	2.106	106.208	106.21	106.2	-0.01	0.000
962	100	104.473	0.533	2.006	106.513	106.51	105.9	-0.61	0.376
965	95	104.799	0.565	1.906	106.706	106.71	105.7	-1.01	1.013
973	85	105.668	0.644	1.705	107.296	107.30	105.5	-1.80	3.226
974	85	105.776	0.644	1.705	107.404	107.40	105.3	-2.10	4.427
975	85	105.885	0.645	1.705	107.512	107.51	105.1	-2.41	5.817
987	60	107.188	0.982	1.204	107.977	107.98	104.9	-3.08	9.467
987	30	107.188	3.274	0.602	105.083	105.08	104.5	-0.58	0.340
Error medio cuadrático									1.921

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{0.032893 W_s}{\frac{0.60063}{W_s} + 0.0018 W_s + 0.005208} \dots \text{Ecuación 50}$$

Tabla 143. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	0.822	0.024	0.045	11.077	11.077	9.7	-1.3774	1.8973
1006	25	0.822	0.024	0.045	11.077	11.077	10	-1.0774	1.1608
1006	25	0.822	0.024	0.045	11.077	11.077	10.5	-0.5774	0.3334
1006	30	0.987	0.020	0.054	12.455	12.455	11.1	-1.3547	1.8353
1006	30	0.987	0.020	0.054	12.455	12.455	11.6	-0.8547	0.7306
1004	35	1.151	0.017	0.063	13.485	13.485	12.1	-1.3855	1.9196
1002	40	1.316	0.015	0.072	14.266	14.266	12.6	-1.6665	2.7771
1000	45	1.480	0.013	0.081	14.868	14.868	13.1	-1.7678	3.1252
999	50	1.645	0.012	0.090	15.339	15.339	13.7	-1.6388	2.6857
997	55	1.809	0.011	0.099	15.714	15.714	14.4	-1.3137	1.7259
997	55	1.809	0.011	0.099	15.714	15.714	15.1	-0.6137	0.3767
996	55	1.809	0.011	0.099	15.714	15.714	15.5	-0.2137	0.0457
993	60	1.974	0.010	0.108	16.017	16.017	15.6	-0.4168	0.1737
989	65	2.138	0.009	0.117	16.265	16.265	15.8	-0.4652	0.2164
986	70	2.303	0.009	0.126	16.471	16.471	16	-0.4713	0.2221
982	75	2.467	0.008	0.135	16.644	16.644	16.1	-0.5443	0.2963
978	80	2.631	0.008	0.144	16.791	16.791	16.1	-0.6911	0.4776
975	80	2.631	0.008	0.144	16.791	16.791	16.1	-0.6911	0.4776
969	90	2.960	0.007	0.162	17.025	17.025	16.2	-0.8251	0.6808
964	100	3.289	0.006	0.180	17.202	17.202	16.3	-0.9021	0.8138
961	105	3.454	0.006	0.189	17.275	17.275	16.4	-0.8749	0.7655
955	110	3.618	0.005	0.198	17.340	17.340	16.5	-0.8396	0.7049
958	105	3.454	0.006	0.189	17.275	17.275	16.8	-0.4749	0.2256
962	100	3.289	0.006	0.180	17.202	17.202	17.2	-0.0021	0.0000
965	95	3.125	0.006	0.171	17.119	17.119	17.5	0.3806	0.1448
973	85	2.796	0.007	0.153	16.917	16.917	17.9	0.9833	0.9669
974	85	2.796	0.007	0.153	16.917	16.917	18.6	1.6833	2.8336
975	85	2.796	0.007	0.153	16.917	16.917	19.6	2.6833	7.2002
987	60	1.974	0.010	0.108	16.017	16.017	20.6	4.5832	21.0058
987	30	0.987	0.020	0.054	12.455	12.455	21.3	8.8453	78.2386
Error medio cuadrático									4.4686

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

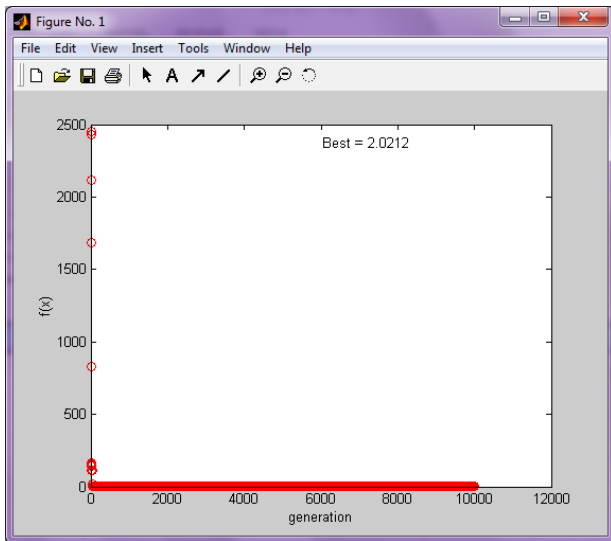


Imagen 90. Error medio cuadrático en X (programación genética)

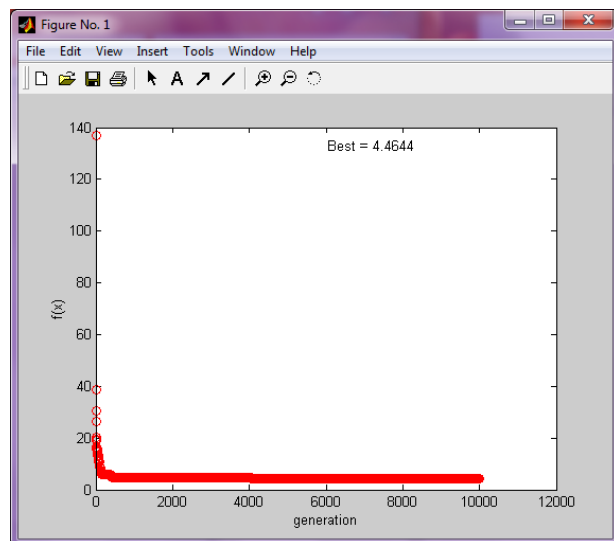


Imagen 89. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

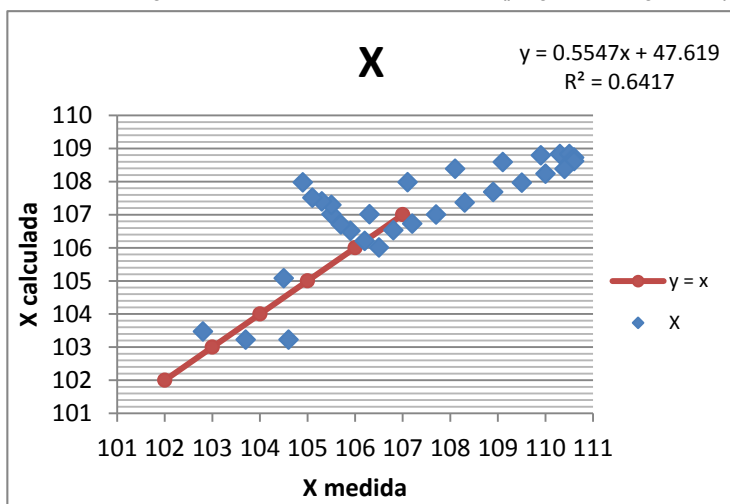


Gráfico 32. Correlación en X (longitud) en grados

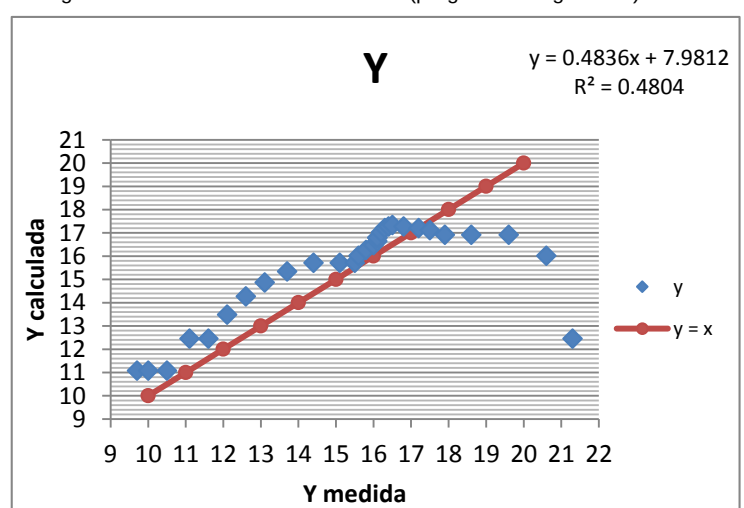
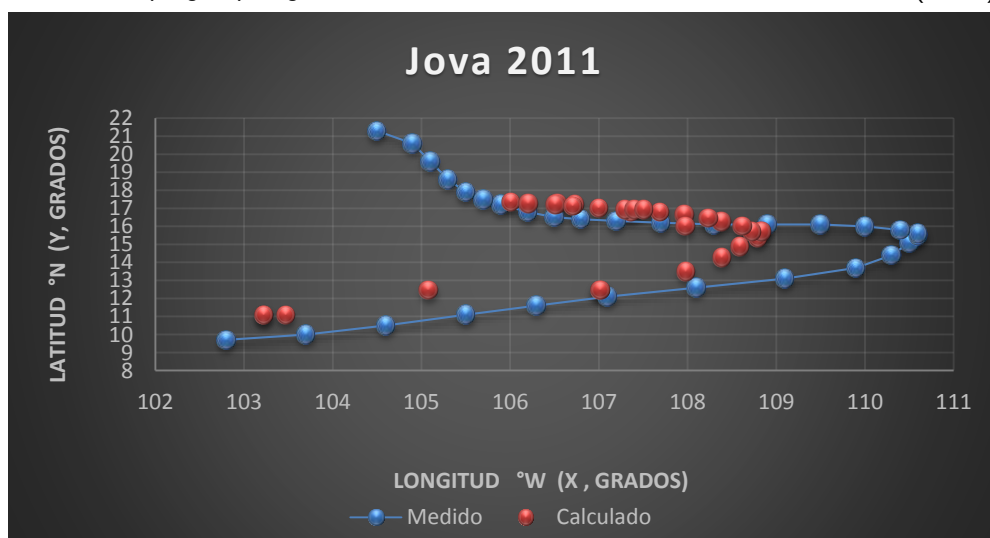


Gráfico 31. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 19. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(-0.4420 + \frac{1.0294}{W_s} \right) * \left(\frac{0.3265 - 0.1574 P}{0.6206} + 0.1337 - 0.1574 W_s \right) \dots \text{Ecuación 51}$$

Tabla 144. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-0.4009	-255.5049	-259.3082	103.9467	103.9467	102.8	-1.1467	1.3149
1006	25	-0.4009	-254.7436	-258.5470	103.6415	103.6415	103.7	0.0585	0.0034
1006	25	-0.4009	-254.7436	-258.5470	103.6415	103.6415	104.6	0.9585	0.9187
1006	30	-0.4077	-254.7436	-259.3344	105.7370	105.7370	105.5	-0.2370	0.0562
1006	30	-0.4077	-254.7436	-259.3344	105.7370	105.7370	106.3	0.5630	0.3170
1004	35	-0.4126	-254.2362	-259.6143	107.1238	107.1238	107.1	-0.0238	0.0006
1002	40	-0.4163	-253.7287	-259.8942	108.1949	108.1949	108.1	-0.0949	0.0090
1000	45	-0.4192	-253.2212	-260.1742	109.0554	109.0554	109.1	0.0446	0.0020
999	50	-0.4215	-252.9674	-260.7078	109.8755	109.8755	109.9	0.0245	0.0006
997	55	-0.4233	-252.4599	-260.9878	110.4820	110.4820	110.3	-0.1820	0.0331
997	55	-0.4233	-252.4599	-260.9878	110.4820	110.4820	110.5	0.0180	0.0003
996	55	-0.4233	-252.2062	-260.7340	110.3746	110.3746	110.6	0.2254	0.0508
993	60	-0.4249	-251.4449	-260.7602	110.7924	110.7924	110.6	-0.1924	0.0370
Error medio cuadrático									0.21104

“Segundo Tramo”

$$X2 = 0.1135 P + \frac{0.0840 P}{W_s} - 3.2269 \dots \text{Ecuación 52}$$

Tabla 145. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
989	65	112.3346	1.2788	110.3865	110.3865	110.3865	110.4	0.0135	0.0002
986	70	111.9938	1.1839	109.9508	109.9508	109.9508	110.0	0.0492	0.0024
982	75	111.5395	1.1005	109.4130	109.4130	109.4130	109.5	0.0870	0.0076
978	80	111.0852	1.0275	108.8857	108.8857	108.8857	108.9	0.0143	0.0002
975	80	110.7444	1.0243	108.5418	108.5418	108.5418	108.3	-0.2418	0.0585
969	90	110.0629	0.9049	107.7409	107.7409	107.7409	107.7	-0.0409	0.0017
964	100	109.4950	0.8102	107.0782	107.0782	107.0782	107.2	0.1218	0.0148
Error medio cuadrático									0.01219

“Tercer Tramo”

$$X3 = 0.09914y + 0.4649 + \frac{0.00169x^2}{y^2} + 0.09914x \dots \text{Ecuación 53}$$

Tabla 146. Programación Trayectoria en X (calculada, tercer tramo)

Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
961	105	10.4104853	0.1423	95.2807	106.2985	106.2985	106.8	0.5015	0.2515
955	110	10.90622269	0.1281	94.6858	106.1851	106.1851	106.5	0.3149	0.0992
958	105	10.4104853	0.1414	94.9833	106.0002	106.0002	106.2	0.1998	0.0399
962	100	9.9147479	0.1572	95.3799	105.9168	105.9168	105.9	-0.0168	0.0003
965	95	9.419010505	0.1753	95.6773	105.7366	105.7366	105.7	-0.0366	0.0013
973	85	8.427535715	0.2226	96.4705	105.5857	105.5857	105.5	-0.0857	0.0073
974	85	8.427535715	0.2231	96.5696	105.6853	105.6853	105.3	-0.3853	0.1484
975	85	8.427535715	0.2236	96.6688	105.7849	105.7849	105.1	-0.6849	0.4690
987	60	5.94884874	0.4598	97.8586	104.7322	104.7322	104.9	0.1678	0.0282
987	30	2.97442437	1.8392	97.8586	103.1371	103.1371	104.5	1.3629	1.8574
Error medio cuadrático									0.29026

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = 0.2416 - \frac{\frac{P}{Ws} + 0.1650 P + 0.1650(Ws)^2 - \frac{0.1650(P + Ws)}{0.02685}}{P} + 0.1605 Ws. \text{Ecuación 54}$$

Tabla 147. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-6045.69499	-5.9918	4.0145	10.2479	10.2479	9.7	-0.5479	0.3002
1006	25	-6027.86989	-5.9919	4.0145	10.2480	10.2480	10.0	-0.2480	0.0615
1006	25	-6027.86989	-5.9919	4.0145	10.2480	10.2480	10.5	0.2520	0.0635
1006	30	-6019.92426	-5.9840	4.8174	11.0430	11.0430	11.1	0.0570	0.0032
1006	30	-6019.92426	-5.9840	4.8174	11.0430	11.0430	11.6	0.5570	0.3102
1004	35	-5989.90419	-5.9660	5.6203	11.8280	11.8280	12.1	0.2720	0.0740
1002	40	-5950.4202	-5.9385	6.4232	12.6034	12.6034	12.6	-0.0034	0.0000
1000	45	-5901.87628	-5.9019	7.2261	13.3696	13.3696	13.1	-0.2696	0.0727
999	50	-5850.47651	-5.8563	8.0290	14.1269	14.1269	13.7	-0.4269	0.1823
997	55	-5784.45354	-5.8019	8.8319	14.8754	14.8754	14.4	-0.4754	0.2260
997	55	-5784.45354	-5.8019	8.8319	14.8754	14.8754	15.1	0.2246	0.0505
996	55	-5778.49002	-5.8017	8.8319	14.8752	14.8752	15.5	0.6248	0.3904
993	60	-5697.93972	-5.7381	9.6348	15.6145	15.6145	15.6	-0.0145	0.0002
Error medio cuadrático									0.13343

“Segundo Tramo”

$$Y_2 = \frac{0.5828 + W_s + P}{0.0184 W_s + 0.0705 P} + \frac{W_s}{P} + 0.9788 \dots \text{Ecuación 55}$$

Tabla 148. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
989	65	14.8619	0.0657	0.9789	15.9065	15.9065	15.8	-0.1065	0.0113
986	70	14.9152	0.0710	0.9789	15.9651	15.9651	16.0	0.0349	0.0012
982	75	14.9694	0.0764	0.9789	16.0247	16.0247	16.1	0.0753	0.0057
978	80	15.0239	0.0818	0.9789	16.0846	16.0846	16.1	0.0154	0.0002
975	80	15.0265	0.0821	0.9789	16.0874	16.0874	16.1	0.0126	0.0002
969	90	15.1348	0.0929	0.9789	16.2065	16.2065	16.2	-0.0065	0.0000
964	100	15.2428	0.1037	0.9789	16.3254	16.3254	16.3	-0.0254	0.0006
Error medio cuadrático									0.0027616

“Tercer Tramo”

$$Y_3 = \frac{(-0.0673 P^2 W_s + 0.1347 P(W_s)^2 - P(W_s)) * (-0.3285)}{P(W_s) - 1.0242 P} \dots \text{Ecuación 56}$$

Tabla 149. Programación Trayectoria en Y (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
961	105	-5207100.308	1710829.256	99920.692	17.122	17.1219	16.4	-0.7219	0.5211
955	110	-5307743.694	1743896.345	104071.837	16.757	16.7567	16.5	-0.2567	0.0659
958	105	-5170511.186	1698807.644	99608.765	17.055	17.0548	16.8	-0.2548	0.0649
962	100	-5035606.701	1654483.831	95214.668	17.376	17.3764	17.2	-0.1764	0.0311
965	95	-4879048.468	1603045.527	90686.595	17.677	17.6768	17.5	-0.1768	0.0312
973	85	-4557693.163	1497461.993	81708.401	18.327	18.3269	17.9	-0.4269	0.1822
974	85	-4567955.884	1500833.881	81792.377	18.349	18.3493	18.6	0.2507	0.0628
975	85	-4578230.061	1504209.534	81876.352	18.372	18.3717	19.6	1.2283	1.5087
987	60	-3518867.442	1156148.530	58209.061	19.862	19.8620	20.6	0.7380	0.5446
987	30	-1879143.694	617405.815	28599.061	21.588	21.5883	21.3	-0.2883	0.0831
Error medio cuadrático									0.30958

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

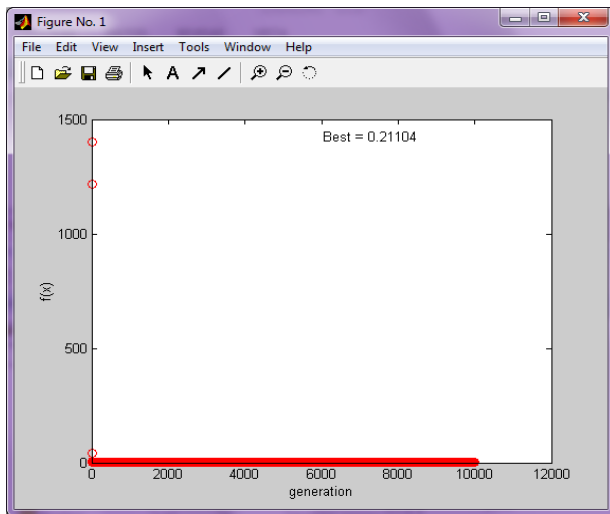


Imagen 92. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

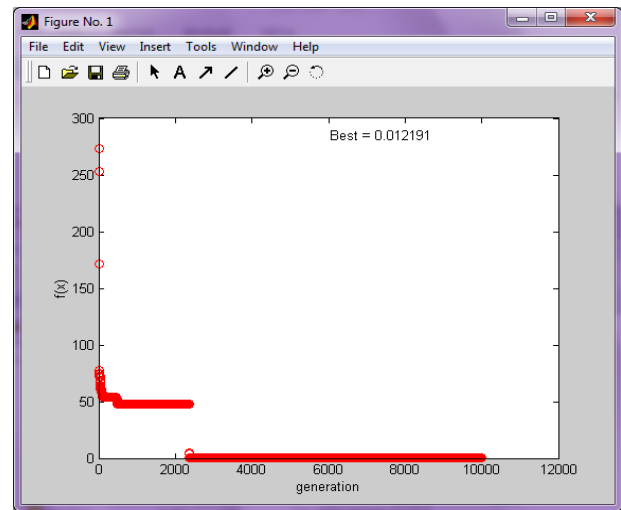


Imagen 91. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

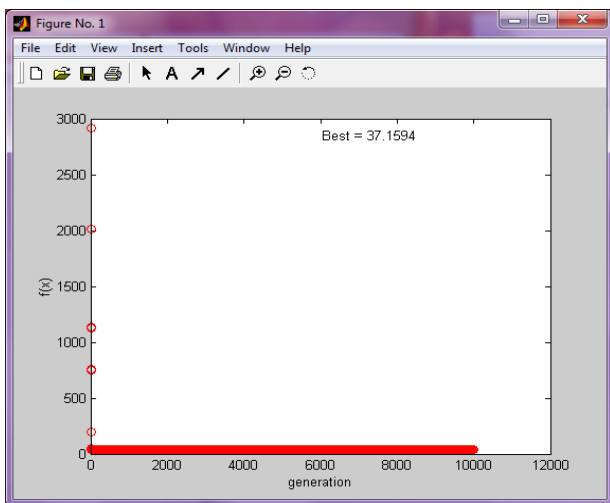


Imagen 95. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

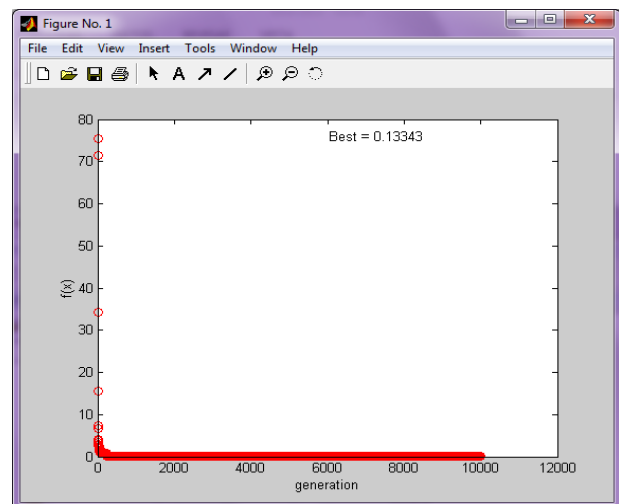


Imagen 96. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

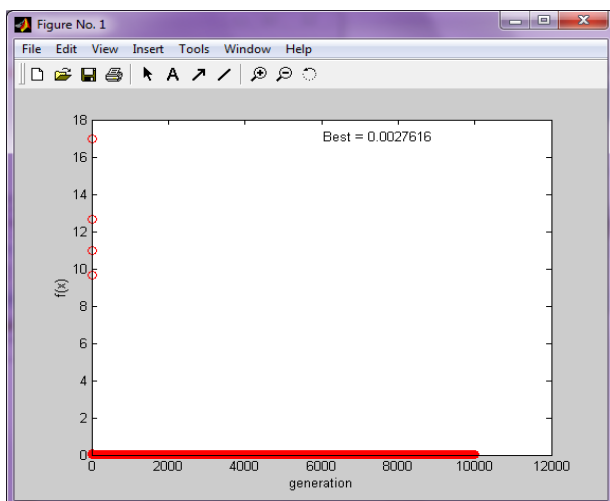


Imagen 93. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

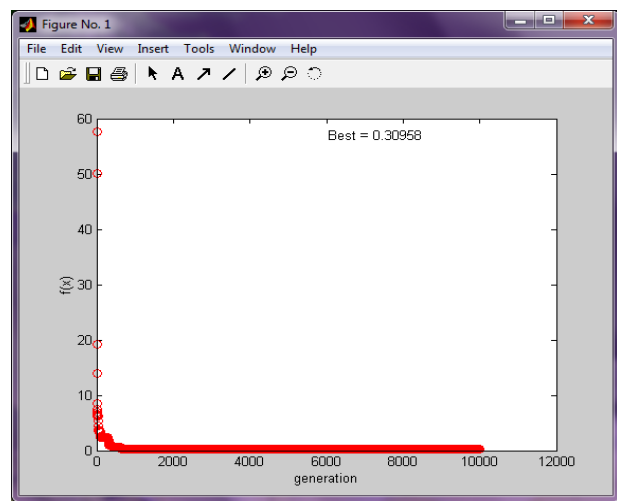


Imagen 94. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \left(\frac{-0.635763}{0.01653 + \frac{0.06271}{X - \frac{0.947881}{-0.6066 + \frac{-0.6596}{0.73944 - 0.01728 X}}} \right) * (-0.40411) \dots \text{Ecuación 57}$$

Tabla 150. Programación Trayectoria en Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
Longitude °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
102.8	0.0294	0.0174	-36.4995	14.7501	14.7501	9.7	-5.050	25.503
103.7	0.0200	0.0176	-36.0366	14.5630	14.5630	10.0	-4.563	20.821
104.6	0.0109	0.0201	-31.6842	12.8041	12.8041	10.5	-2.304	5.309
105.5	0.0020	0.0164	-38.8744	15.7098	15.7098	11.1	-4.610	21.250
106.3	-0.0056	0.0168	-37.9378	15.3313	15.3313	11.6	-3.731	13.923
107.1	-0.0131	0.0169	-37.6650	15.2211	15.2211	12.1	-3.121	9.741
108.1	-0.0222	0.0169	-37.5174	15.1614	15.1614	12.6	-2.561	6.561
109.1	-0.0310	0.0170	-37.4440	15.1318	15.1318	13.1	-2.032	4.128
109.9	-0.0379	0.0170	-37.4093	15.1177	15.1177	13.7	-1.418	2.010
110.3	-0.0412	0.0170	-37.3966	15.1126	15.1126	14.4	-0.713	0.508
110.5	-0.0429	0.0170	-37.3912	15.1104	15.1104	15.1	-0.010	0.000
110.6	-0.0437	0.0170	-37.3887	15.1094	15.1094	15.5	0.391	0.153
110.6	-0.0437	0.0170	-37.3887	15.1094	15.1094	15.6	0.491	0.241
110.4	-0.0421	0.0170	-37.3939	15.1115	15.1115	15.8	0.689	0.474
110	-0.0387	0.0170	-37.4059	15.1164	15.1164	16.0	0.884	0.781
109.5	-0.0344	0.0170	-37.4248	15.1240	15.1240	16.1	0.976	0.953
108.9	-0.0293	0.0170	-37.4554	15.1364	15.1364	16.1	0.964	0.929
108.3	-0.0240	0.0170	-37.4988	15.1539	15.1539	16.1	0.946	0.895
107.7	-0.0186	0.0169	-37.5632	15.1799	15.1799	16.2	1.020	1.041
107.2	-0.0140	0.0169	-37.6442	15.2127	15.2127	16.3	1.087	1.182
106.8	-0.0103	0.0168	-37.7406	15.2516	15.2516	16.4	1.148	1.319
106.5	-0.0075	0.0168	-37.8444	15.2936	15.2936	16.5	1.206	1.455
106.2	-0.0047	0.0167	-37.9949	15.3544	15.3544	16.8	1.446	2.090
105.9	-0.0018	0.0166	-38.2310	15.4498	15.4498	17.2	1.750	3.063
105.7	0.0001	0.0165	-38.4791	15.5501	15.5501	17.5	1.950	3.802
105.5	0.0020	0.0164	-38.8744	15.7098	15.7098	17.9	2.190	4.797
105.3	0.0040	0.0161	-39.6010	16.0034	16.0034	18.6	2.597	6.742
105.1	0.0060	0.0154	-41.3671	16.7171	16.7171	19.6	2.883	8.311
104.9	0.0079	0.0122	-51.9247	20.9837	20.9837	20.6	-0.384	0.147
104.5	0.0119	0.0190	-33.3817	13.4901	13.4901	21.3	7.810	60.994
Error medio cuadrático								6.9708

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

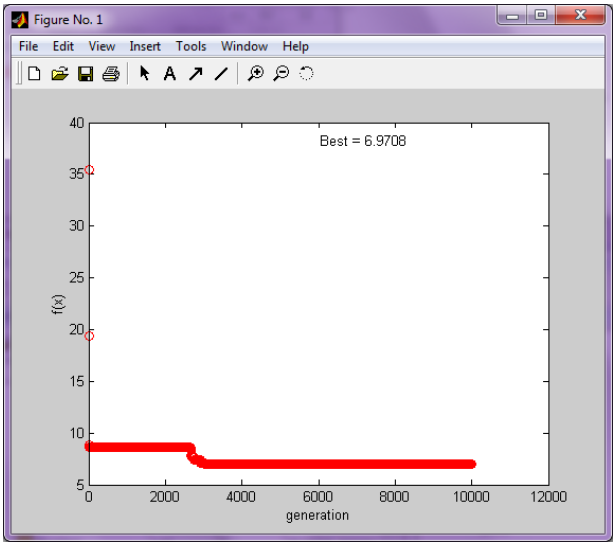


Imagen 97. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

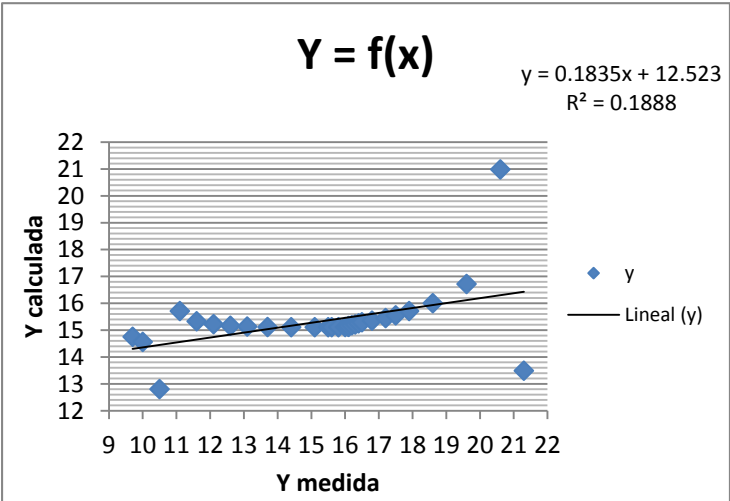
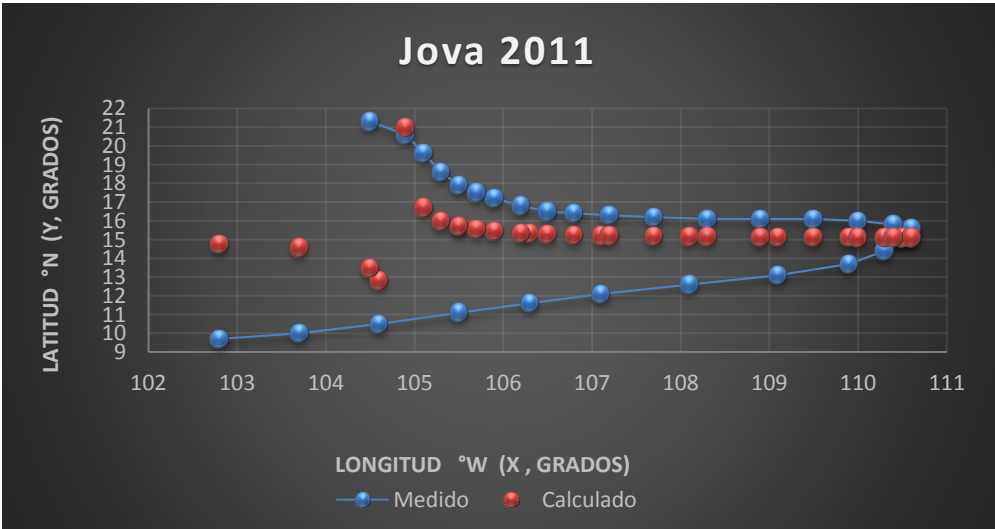


Gráfico 33. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 20. Trayectorias Medida y calculada

Huracán Carlotta

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.1214 W_s - 0.5892 + \frac{0.0878 P}{1.2955 W_s - 17.0968} + 0.0878 P \dots \text{Ecuación 58}$$

Tabla 151. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	3.054	4.060	88.385	95.499	95.499	91.5	-3.999	15.995
1005	30	3.054	4.056	88.297	95.408	95.408	92.3	-3.108	9.657
1003	35	3.661	3.120	88.122	94.903	94.903	92.9	-2.003	4.011
1001	40	4.269	2.533	87.946	94.747	94.747	93.4	-1.347	1.815
999	45	4.876	2.130	87.770	94.776	94.776	94.0	-0.776	0.602
994	55	6.090	1.613	87.331	95.034	95.034	94.5	-0.534	0.285
993	60	6.697	1.439	87.243	95.379	95.379	95.0	-0.379	0.144
988	65	7.305	1.293	86.804	95.402	95.402	95.6	0.198	0.039
978	85	9.734	0.924	85.925	96.582	96.582	96.1	-0.482	0.233
973	95	10.948	0.807	85.486	97.241	97.241	96.3	-0.941	0.885
976	90	10.341	0.862	85.749	96.952	96.952	96.7	-0.252	0.064
982	70	7.912	1.172	86.277	95.361	95.361	97.9	2.539	6.447
992	45	4.876	2.115	87.155	94.146	94.146	98.5	4.354	18.955
1000	30	3.054	4.036	87.858	94.948	94.948	99.0	4.052	16.418
1005	25	2.447	5.774	88.297	96.519	96.519	99.6	3.081	9.495
1006	20	1.840	10.028	88.385	100.253	100.253	100.1	-0.153	0.023
1009	20	1.840	10.058	88.649	100.547	100.547	100.3	-0.247	0.061
Error medio cuadrático									5.0076

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{P}{-0.36662 W_s + 0.0990 P} + \frac{P^2}{-2.9000302 (W_s)^3 + (W_s)^4} \dots \text{Ecuación 59}$$

Tabla 152. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	11.3442	1.3831	12.7273	12.7273	12.7273	8.7	-4.0273	16.2192
1005	30	11.3456	1.3804	12.7260	12.7260	12.7260	9.2	-3.5260	12.4324
1003	35	11.5885	0.7310	12.3194	12.3194	12.3194	9.8	-2.5194	6.3475
1001	40	11.8430	0.4220	12.2650	12.2650	12.2650	10.5	-1.7650	3.1153
999	45	12.1101	0.2601	12.3703	12.3703	12.3703	11.3	-1.0703	1.1455
994	55	12.6890	0.1140	12.8030	12.8030	12.8030	12.0	-0.8030	0.6448
993	60	12.9965	0.0799	13.0764	13.0764	13.0764	12.7	-0.3764	0.1417
988	65	13.3371	0.0572	13.3944	13.3944	13.3944	13.5	0.1056	0.0112
978	85	14.8714	0.0190	14.8904	14.8904	14.8904	14.4	-0.4904	0.2405
973	95	15.7939	0.0120	15.8059	15.8059	15.8059	14.9	-0.9059	0.8206
976	90	15.3135	0.0150	15.3285	15.3285	15.3285	15.6	0.2715	0.0737
982	70	13.7049	0.0419	13.7468	13.7468	13.7468	16.5	2.7532	7.5802
992	45	12.1272	0.2565	12.3837	12.3837	12.3837	16.9	4.5163	20.3968
1000	30	11.3526	1.3667	12.7193	12.7193	12.7193	17.3	4.5807	20.9828
1005	25	11.1158	2.9250	14.0408	14.0408	14.0408	17.7	3.6592	13.3900
1006	20	10.8943	7.3979	18.2922	18.2922	18.2922	18.0	-0.2922	0.0854
1009	20	10.8917	7.4421	18.3338	18.3338	18.3338	18.0	-0.3338	0.1114
Error medio cuadrático									6.1023

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

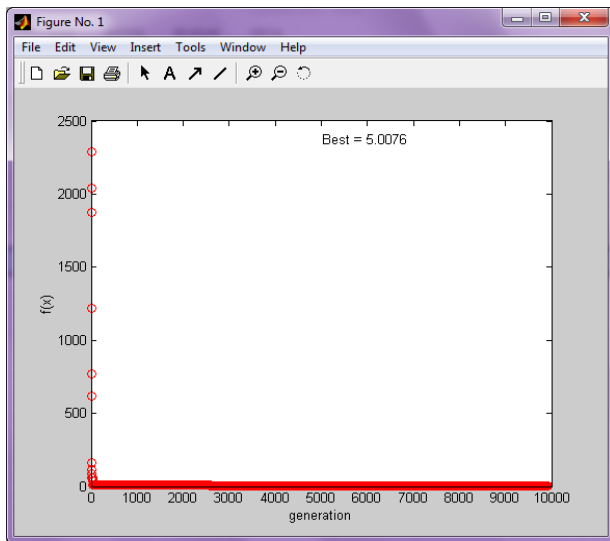


Imagen 98. Error medio cuadrático en X (programación genética)

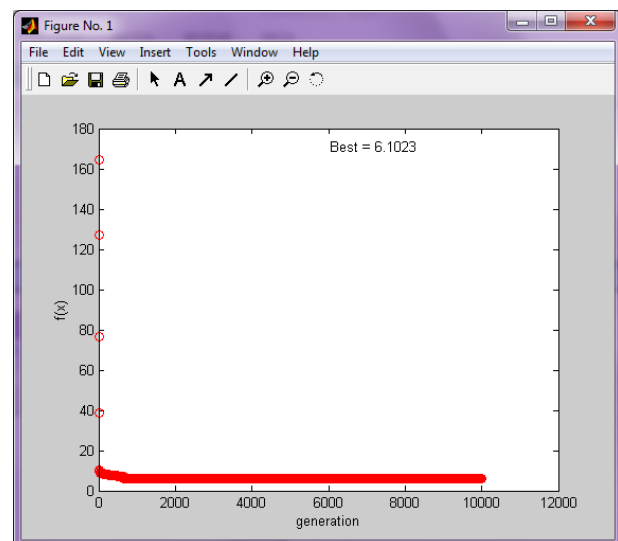


Imagen 99. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

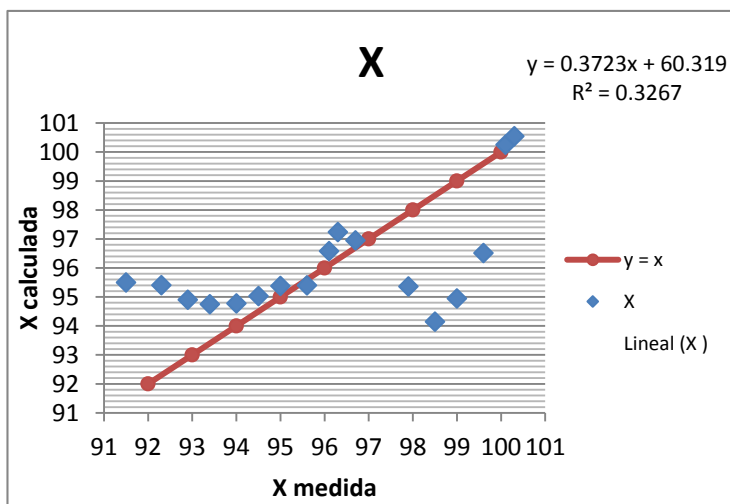


Gráfico 35. Correlación en X (longitud) en grados

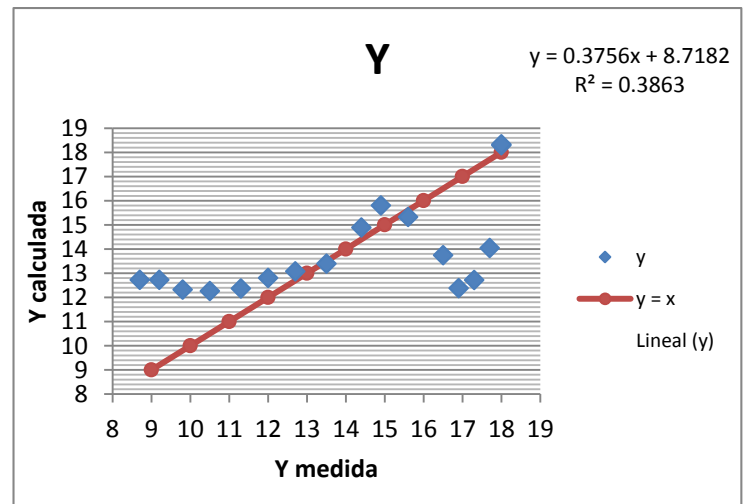
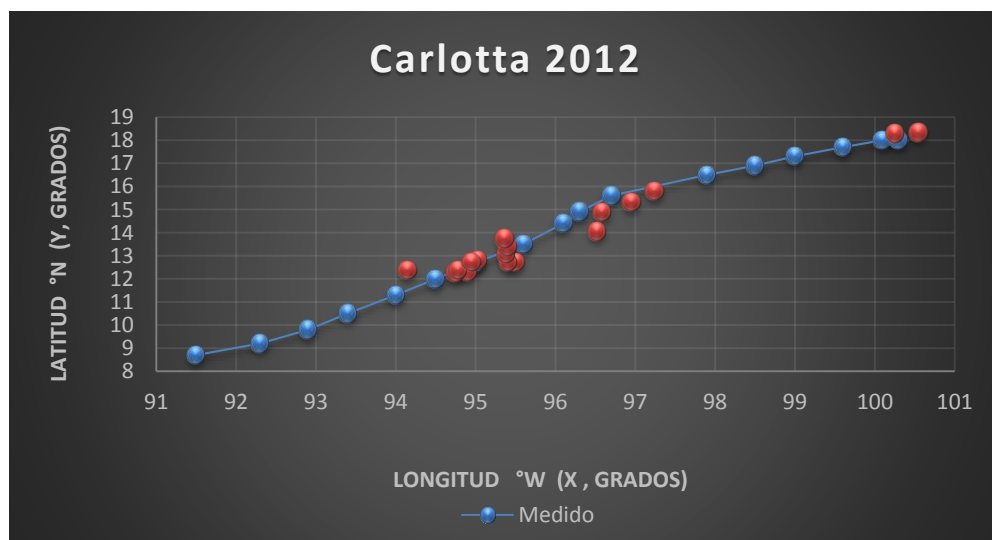


Gráfico 34. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 21. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{-1.2276 P(Ws) + 5.677543P}{-Ws - 12.352251 P} + 89.653209 \dots \text{Ecuación 60}$$

Tabla 153, Programación Trayectoria en x (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-31338.5368	-12456.3645	2.5159	92.1691	92.1691	91.5	-0.6691	0.4477
1005	30	-31307.3851	-12444.0123	2.5159	92.1691	92.1691	92.3	0.1309	0.0171
1003	35	-37401.6915	-12424.3078	3.0104	92.6636	92.6636	92.9	0.2364	0.0559
1001	40	-43471.445	-12404.6033	3.5045	93.1577	93.1577	93.4	0.2423	0.0587
999	45	-49516.6458	-12384.8987	3.9981	93.6514	93.6514	94.0	0.3486	0.1216
994	55	-61471.5464	-12333.1375	4.9843	94.6375	94.6375	94.5	-0.1375	0.0189
993	60	-67504.9314	-12325.7852	5.4767	95.1299	95.1299	95.0	-0.1299	0.0169
988	65	-73229.5641	-12269.0240	5.9687	95.6219	95.6219	95.6	-0.0219	0.0005
Error medio cuadrático									0.0922

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{0.08905422 P}{0.895615 - \frac{-0.04455 Ws}{P - Ws}} \dots \text{Ecuación 61}$$

Tabla 154. Programación Trayectoria en x (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
978	85	-0.00424048	0.8999	96.7878	96.7878	96.7878	96.1	-0.6878	0.4731
973	95	-0.00482033	0.9004	96.2310	96.2310	96.2310	96.3	0.0690	0.0048
976	90	-0.0045254	0.9001	96.5593	96.5593	96.5593	96.7	0.1407	0.0198
982	70	-0.00341941	0.8990	97.2724	97.2724	97.2724	97.9	0.6276	0.3939
992	45	-0.00211695	0.8977	98.4055	98.4055	98.4055	98.5	0.0945	0.0089
1000	30	-0.00137784	0.8970	99.2809	99.2809	99.2809	99.0	-0.2809	0.0789
1005	25	-0.00113648	0.8968	99.8041	99.8041	99.8041	99.6	-0.2041	0.0417
1006	20	-0.00090365	0.8965	99.9294	99.9294	99.9294	100.1	0.1706	0.0291
1009	20	-0.00090091	0.8965	100.2277	100.2277	100.2277	100.3	0.0723	0.0052
Error medio cuadrático									0.11726

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = 5.0975 - \frac{0.1488(Ws)^2 - 0.2109 Ws - 0.1373 P(Ws)}{P} \dots \text{Ecuación 62}$$

Tabla 155. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-4018.70601	-3.9947	9.0923	9.0923	9.0923	8.7	-0.3923	0.1539
1005	30	-4014.58437	-3.9946	9.0921	9.0921	9.0921	9.2	0.1079	0.0116
1003	35	-4648.01078	-4.6341	9.7316	9.7316	9.7316	9.8	0.0684	0.0047
1001	40	-5271.24548	-5.2660	10.3635	10.3635	10.3635	10.5	0.1365	0.0186
999	45	-5884.28847	-5.8902	10.9877	10.9877	10.9877	11.3	0.3123	0.0975
994	55	-7072.24298	-7.1149	12.2125	12.2125	12.2125	12.0	-0.2125	0.0451
993	60	-7662.26718	-7.7163	12.8138	12.8138	12.8138	12.7	-0.1138	0.0130
988	65	-8207.75267	-8.3074	13.4050	13.4050	13.4050	13.5	0.0950	0.0090
Error medio cuadrático									0.044182

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{(0.910595 + Ws) * \left(\frac{P}{0.054572} \right)}{-2.9139 Ws + P(Ws) + 3(Ws)^2 + 1.511298 P} + 0.747260 \dots \text{Ecuación 63}$$

Tabla 156. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
978	85	1539620.55	105683.280	14.5683	15.3155	15.3155	14.4	-0.9155	0.8382
973	95	1710045.02	120353.384	14.2085	14.9558	14.9558	14.9	-0.0558	0.0031
976	90	1625894.77	113001.407	14.3883	15.1355	15.1355	15.6	0.4645	0.2157
982	70	1276000.18	84366.595	15.1245	15.8717	15.8717	16.5	0.6283	0.3947
992	45	834550.674	51725.958	16.1341	16.8813	16.8813	16.9	0.0187	0.0003
1000	30	566415.964	33763.878	16.7758	17.5231	17.5231	17.3	-0.2231	0.0498
1005	25	477168.283	28084.205	16.9906	17.7379	17.7379	17.7	-0.0379	0.0014
1006	20	385471.695	22419.926	17.1933	17.9405	17.9405	18.0	0.0595	0.0035
1009	20	386621.213	22483.380	17.1959	17.9431	17.9431	18.0	0.0569	0.0032
Error medio cuadrático									0.16778

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

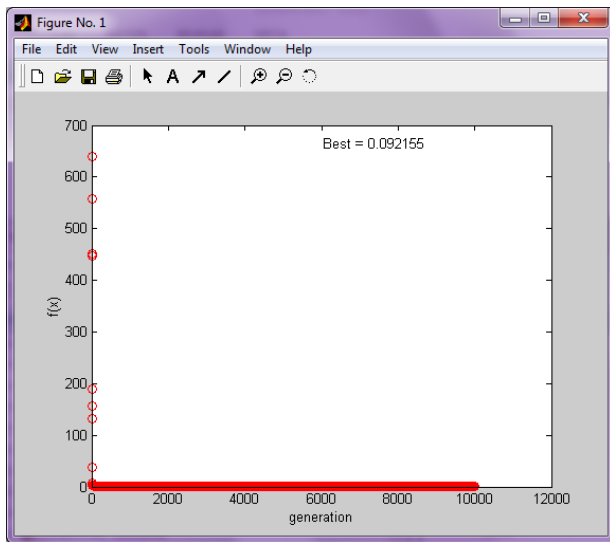


Imagen 101. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

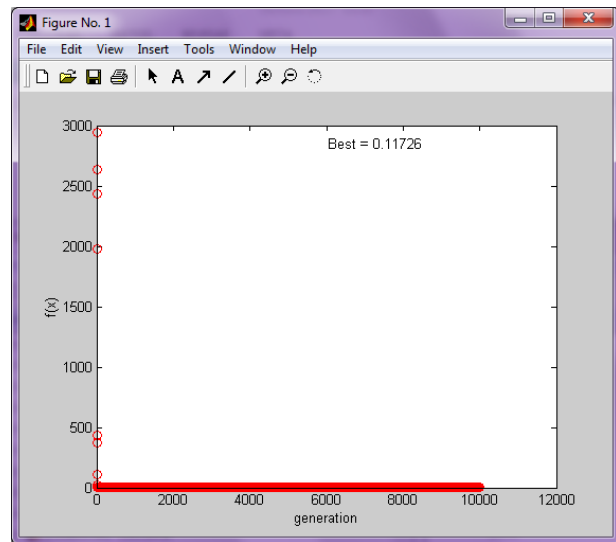


Imagen 100. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

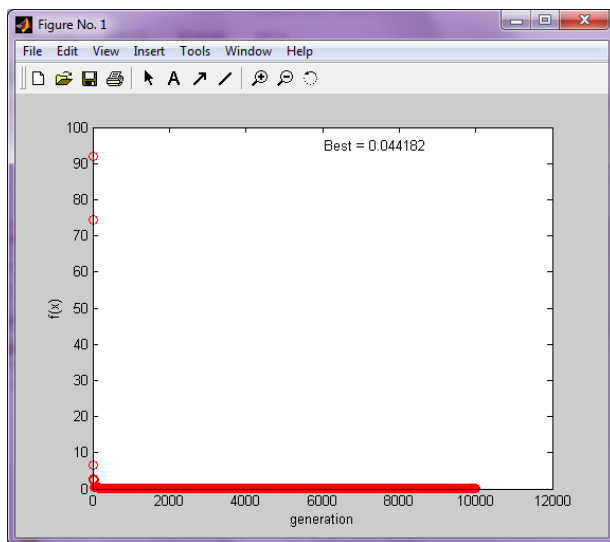


Imagen 103. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

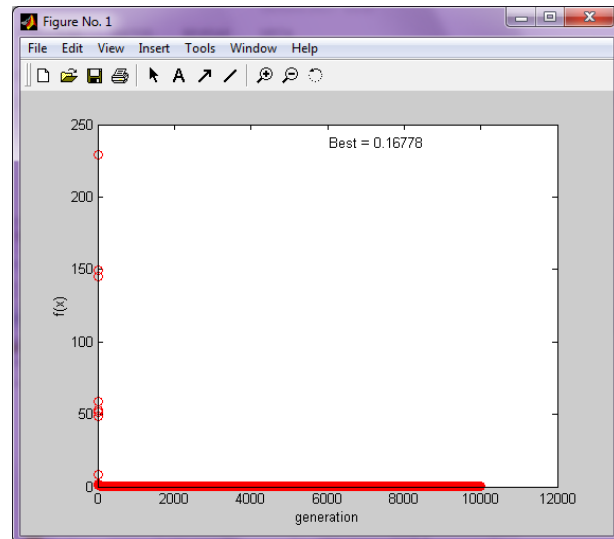


Imagen 102. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

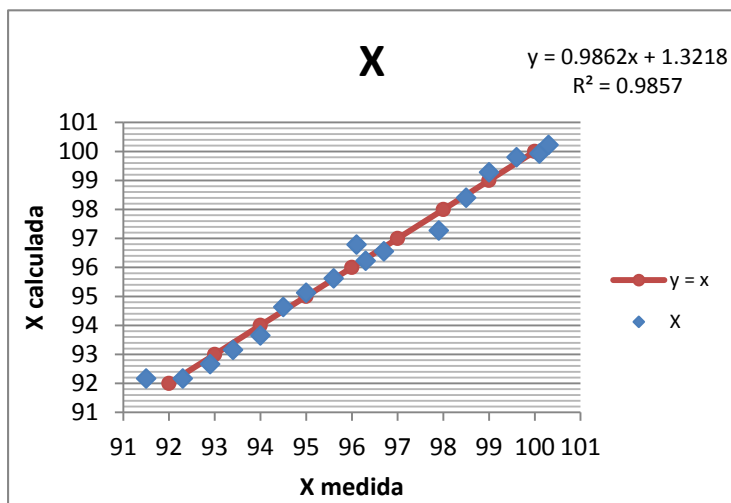


Gráfico 37. Correlación en X (longitud) en grados

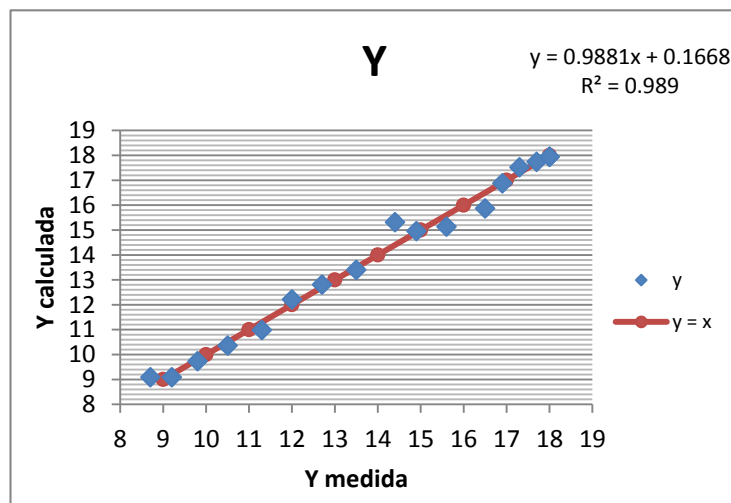
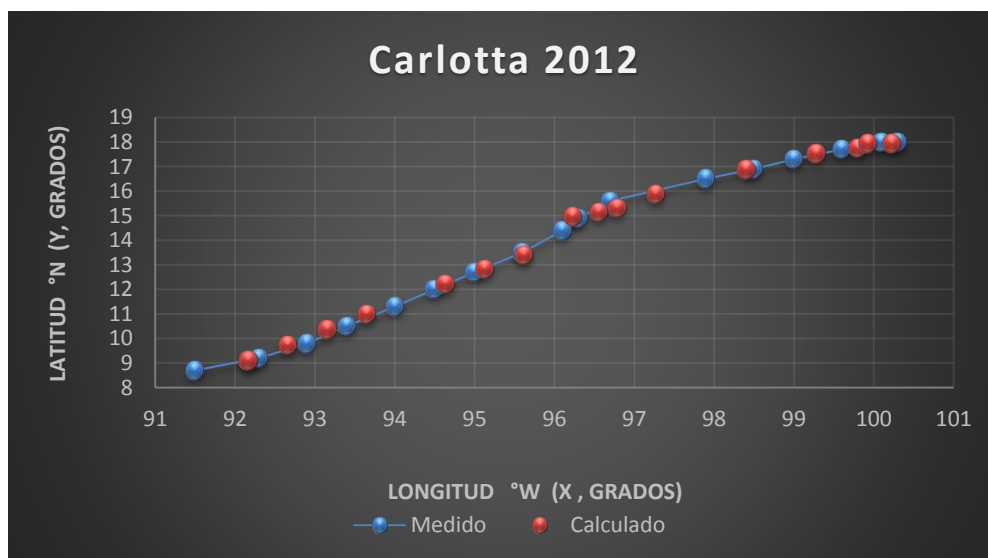


Gráfico 36. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 22. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = 0.8336 X - \frac{0.8336 X^2}{0.0183 X^2 - 0.5453 X} - 0.12999 \dots \text{Ecuación 64}$$

Tabla 157. Programación Trayectoria en Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)							
Longitude °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
91.5	76.2768	67.5314	8.6154	8.6154	8.7	0.0846	0.0072
92.3	76.9437	67.2499	9.5637	9.5637	9.2	-0.3637	0.1323
92.9	77.4439	67.0436	10.2703	10.2703	9.8	-0.4703	0.2212
93.4	77.8607	66.8746	10.8561	10.8561	10.5	-0.3561	0.1268
94	78.3608	66.6752	11.5556	11.5556	11.3	-0.2556	0.0653
94.5	78.7777	66.5119	12.1357	12.1357	12.0	-0.1357	0.0184
95	79.1945	66.3512	12.7133	12.7133	12.7	-0.0133	0.0002
95.6	79.6946	66.1615	13.4032	13.4032	13.5	0.0968	0.0094
96.1	80.1115	66.0060	13.9755	13.9755	14.4	0.4245	0.1802
96.3	80.2782	65.9444	14.2037	14.2037	14.9	0.6963	0.4848
96.7	80.6116	65.8225	14.6592	14.6592	15.6	0.9408	0.8852
97.9	81.6120	65.4652	16.0168	16.0168	16.5	0.4832	0.2335
98.5	82.1122	65.2912	16.6910	16.6910	16.9	0.2090	0.0437
99	82.5290	65.1485	17.2504	17.2504	17.3	0.0496	0.0025
99.6	83.0291	64.9800	17.9191	17.9191	17.7	-0.2191	0.0480
100.1	83.4460	64.8418	18.4742	18.4742	18.0	-0.4742	0.2248
100.3	83.6127	64.7871	18.6956	18.6956	18.0	-0.696	0.484
Error medio cuadrático							0.18631

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

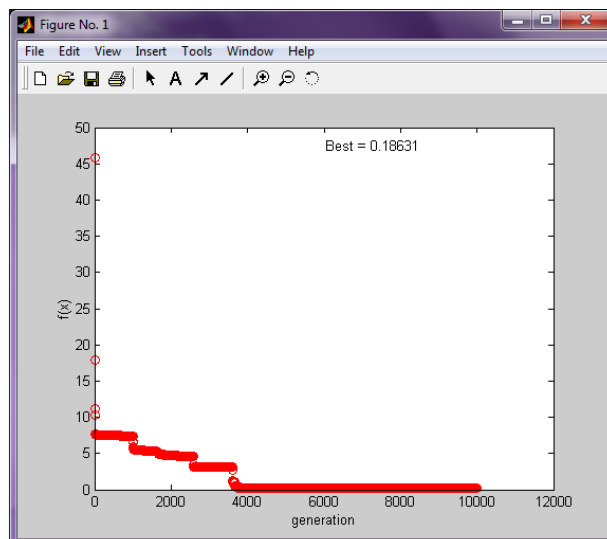


Imagen 104. Error medio cuadrático en Y=f(x)

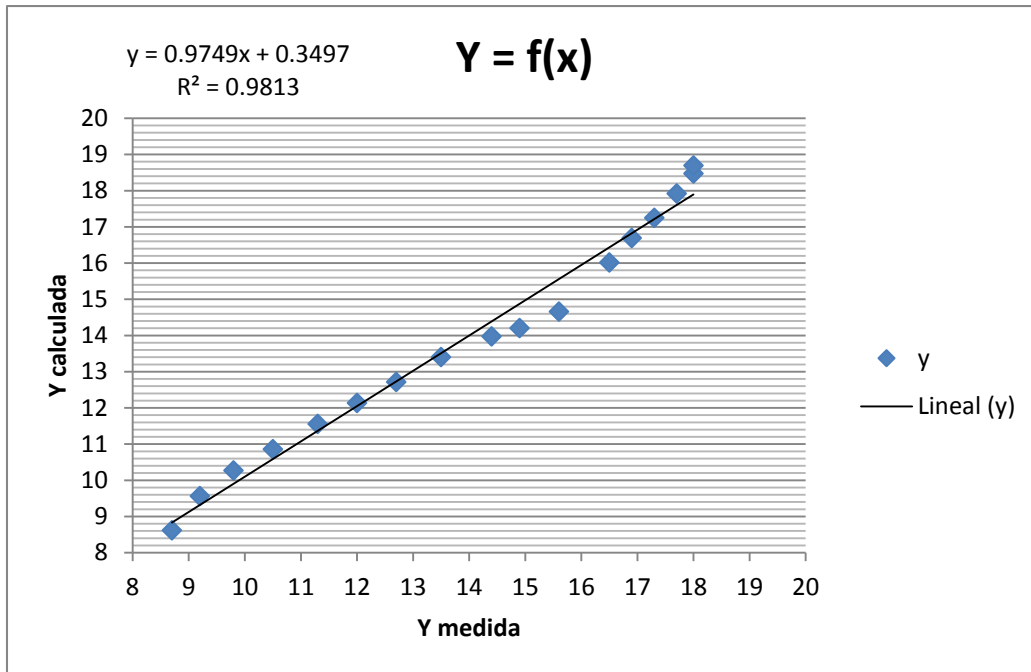
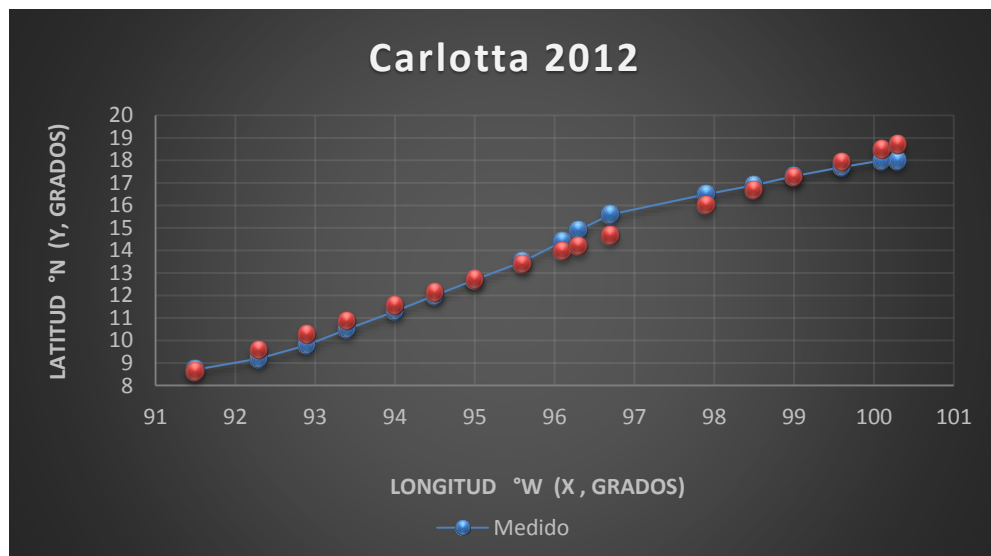


Gráfico 38. Correlación en Y=f(x)



Gráfica 23. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Bárbara

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = -\frac{1.3086(P - Ws)}{1.1716 (Ws)^2} + 0.0995 P - 3.6410 \dots \text{Ecuación 65}$$

Tabla 158. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-1.2112	98.9180	95.2769	95.2769	95.2769	96.1	0.8231	0.6775
1004	35	-0.8835	99.0466	95.4056	95.4056	95.4056	96.1	0.6944	0.4822
1001	40	-0.6709	98.9607	95.3196	95.3196	95.3196	96.0	0.6804	0.4629
998	50	-0.4235	98.9094	95.2684	95.2684	95.2684	95.5	0.2316	0.0537
994	55	-0.3467	98.5881	94.9471	94.9471	94.9471	94.8	-0.1471	0.0216
986	65	-0.2435	97.8951	94.2540	94.2540	94.2540	94.2	-0.0540	0.0029
983	70	-0.2081	97.6318	93.9908	93.9908	93.9908	94.0	0.0092	0.0001
993	50	-0.4213	98.4140	94.7729	94.7729	94.7729	93.9	-0.8729	0.7620
1001	30	-1.2050	98.4265	94.7855	94.7855	94.7855	93.9	-0.8855	0.7840
1004	25	-1.7495	98.1806	94.5395	94.5395	94.5395	93.9	-0.6395	0.4090
1006	20	-2.7532	97.3760	93.7349	93.7349	93.7349	93.9	0.1651	0.0272
Error medio cuadrático									0.3348

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{-0.2181 P + 0.02418 P(Ws) - 0.6544 Ws + 0.0725 (Ws)^2}{2 Ws - 25.1389} \dots \text{Ecuación 66}$$

Tabla 159. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	490.9367	556.2461	15.9561	15.9561	15.9561	13.9	-2.0561	4.2275
1004	35	608.0767	696.9701	15.5362	15.5362	15.5362	14.1	-1.4362	2.0626
1001	40	723.9835	840.0892	15.3130	15.3130	15.3130	14.2	-1.1130	1.2388
998	50	956.5942	1138.0092	15.2016	15.2016	15.2016	14.6	-0.6016	0.3619
994	55	1069.5746	1289.0868	15.1906	15.1906	15.1906	15.1	-0.0906	0.0082
986	65	1292.6329	1599.2243	15.2509	15.2509	15.2509	15.7	0.4491	0.2017
983	70	1404.1858	1759.7592	15.3208	15.3208	15.3208	16	0.6792	0.4614
993	50	951.6377	1133.0527	15.1354	15.1354	15.1354	16.7	1.5646	2.4480
1001	30	488.3991	553.7085	15.8833	15.8833	15.8833	17.6	1.7167	2.9471
1004	25	371.7665	417.1203	16.7780	16.7780	16.7780	18.2	1.4220	2.0219
1006	20	254.1427	283.1691	19.0544	19.0544	19.0544	18.8	-0.2544	0.0647
Error medio cuadrático									1.4585

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

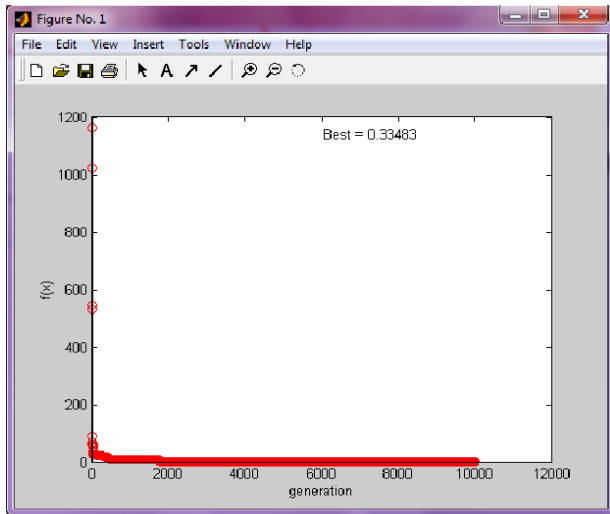


Imagen 106. Error medio cuadrático en X (programación genética)

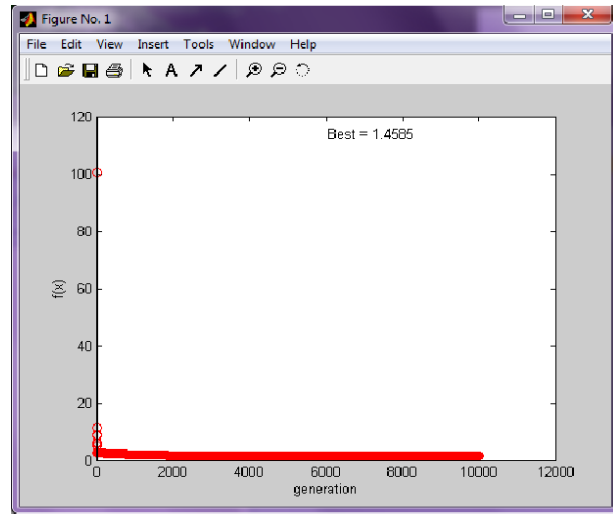


Imagen 105. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

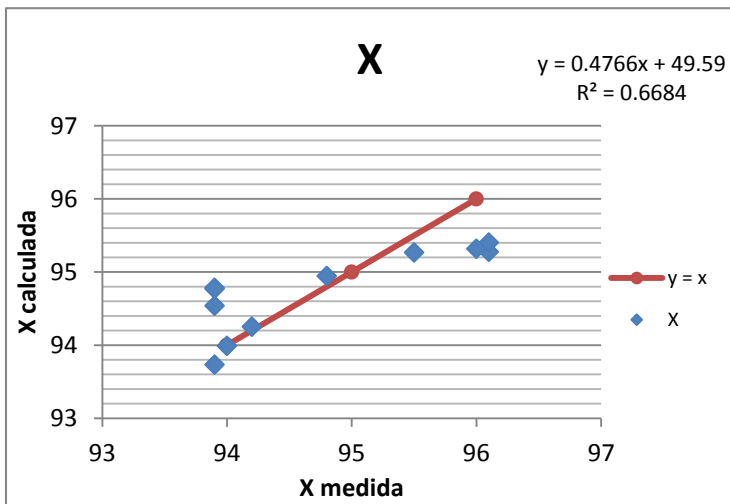


Gráfico 39. Correlación en X (longitud) en grados

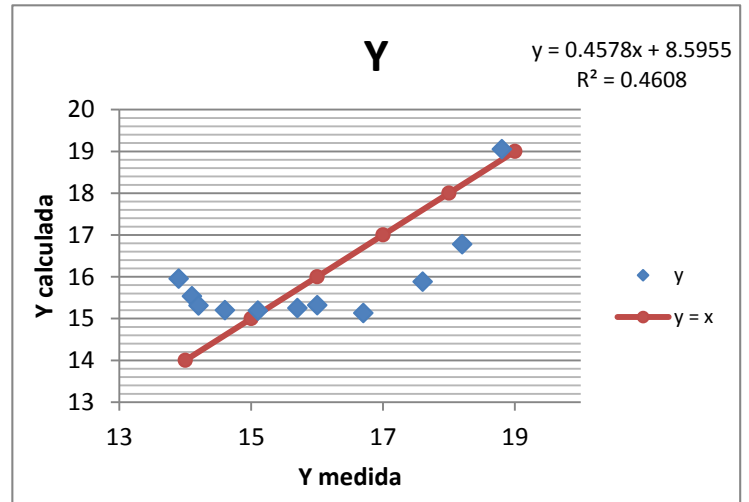
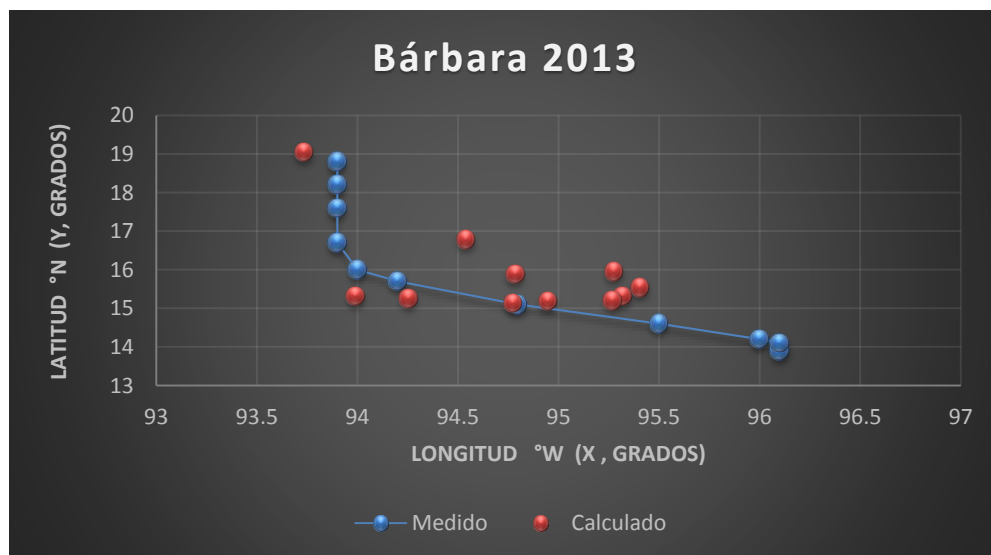


Gráfico 40. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 24. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{\frac{(Ws)^2 - 5.9898}{1.44369 P} - P - 2.37833}{-10.4679} \dots \text{Ecuación 67}$$

Tabla 160. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	0.6156	-1007.7628	96.2715	96.2715	96.2715	96.1	-0.2	0.0294
1004	35	0.8410	-1005.5373	96.0589	96.0589	96.0589	96.1	0.0	0.0017
1001	40	1.1030	-1002.2753	95.7472	95.7472	95.7472	96.0	0.3	0.0639
998	50	1.7310	-998.6474	95.4007	95.4007	95.4007	95.5	0.1	0.0099
994	55	2.1038	-994.2745	94.9829	94.9829	94.9829	94.8	-0.2	0.0335
986	65	2.9639	-985.4145	94.1365	94.1365	94.1365	94.2	0.1	0.0040
Error medio cuadrático									0.0237

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(-\frac{-0.109953}{\frac{1.002582}{1.006064 P + 2.586206} + \frac{0.318675}{\frac{1.002257}{0.092605 WS} - WS}} - P - 1.016287 \right) * (-0.92605) \dots \text{Ecuación 68}$$

Tabla 161. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
983	70	0.00101	-0.0046	30.9600	-1014.9763	93.9919	94.0	0.0081	0.0001
993	50	0.00100	-0.0064	20.3608	-1014.3771	93.9364	93.9	-0.0364	0.0013
1001	30	0.00099	-0.0108	11.2671	-1013.2833	93.8351	93.9	0.0649	0.0042
1004	25	0.00099	-0.0130	9.1768	-1014.1931	93.9194	93.9	-0.0194	0.0004
1006	20	0.00099	-0.0164	7.1450	-1014.1613	93.9164	93.9	-0.0164	0.0003
Error medio cuadrático									0.001249

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{Ws}{0.020559 * (P - Ws)} - \frac{1.012229}{0.85788 - 0.17026 Ws} + 12.0935 \dots \text{Ecuación 69}$$

Tabla 162. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	1.4951	-0.2382	13.8268	13.8268	13.8268	13.9	0.0732	0.0054
1004	35	1.7569	-0.1984	14.0488	14.0488	14.0488	14.1	0.0512	0.0026
1001	40	2.0246	-0.1700	14.2881	14.2881	14.2881	14.2	-0.0881	0.0078
998	50	2.5654	-0.1322	14.7911	14.7911	14.7911	14.6	-0.1911	0.0365
994	55	2.8490	-0.1190	15.0615	15.0615	15.0615	15.1	0.0385	0.0015
986	65	3.4328	-0.0991	15.6255	15.6255	15.6255	15.7	0.0745	0.0056
Error medio cuadrático									0.0099

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{-0.490350 * \left[(-5.6457 P + 6.6457 Ws) * \left(-18.0348 - \frac{Ws}{0.1645} \right) \right]}{-5.697531 Ws - P(Ws)} \dots \text{Ecuación 70}$$

Tabla 163. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
983	70	-5084.530	-443.388	-1105455.299	15.9728	15.9728	16.0	0.0272	0.0007
993	50	-5273.901	-321.859	-832345.093	16.6686	16.6686	16.7	0.0314	0.0010
1001	30	-5451.981	-200.329	-535555.691	17.7331	17.7331	17.6	-0.1331	0.0177
1004	25	-5502.146	-169.947	-458512.524	18.1644	18.1644	18.2	0.0356	0.0013
1006	20	-5546.666	-139.564	-379588.256	18.7600	18.7600	18.8	0.0400	0.0016
Error medio cuadrático									0.0044627

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

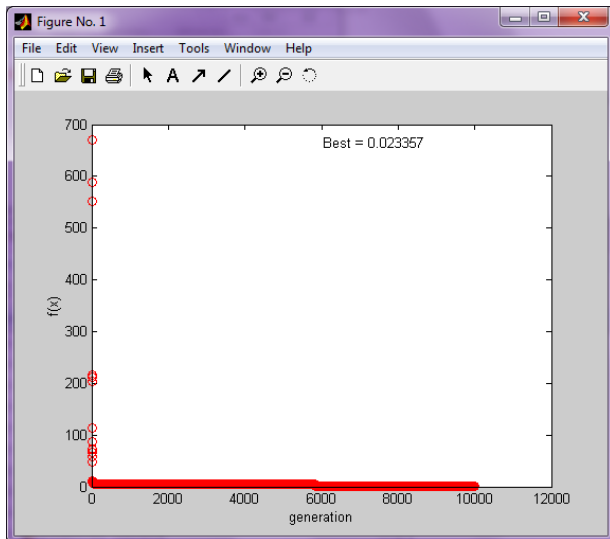


Imagen 107. Error medio cuadrático en X1(programación genética)

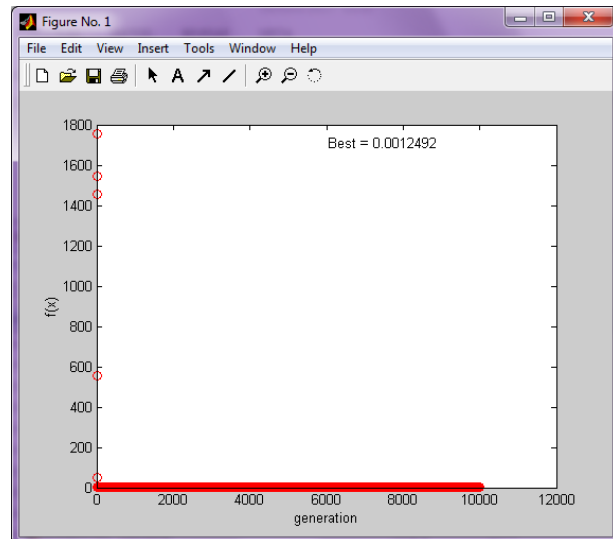


Imagen 108. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

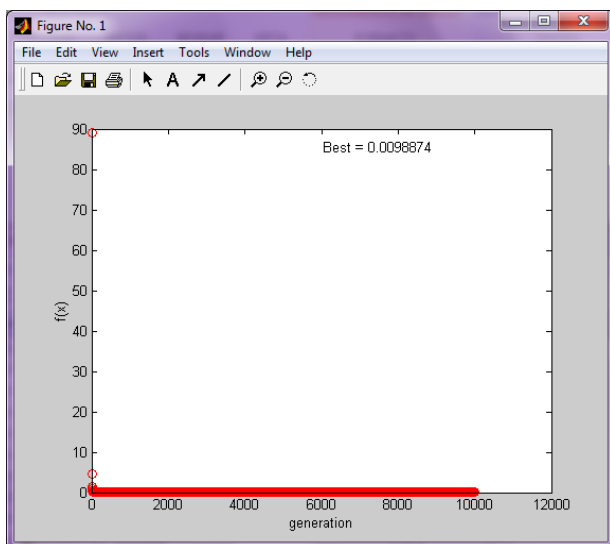


Imagen 109. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

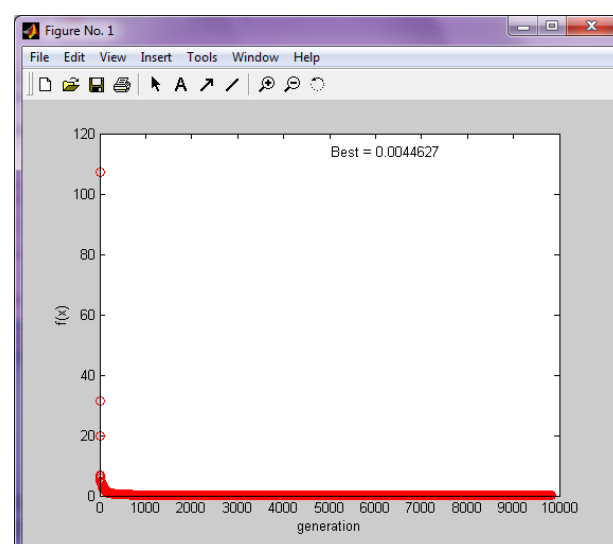


Imagen 110. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

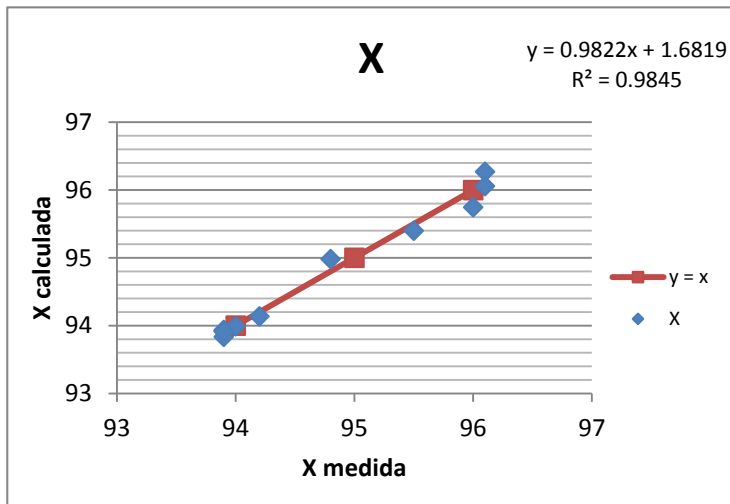


Gráfico 41. Correlación en X (longitud) en grados

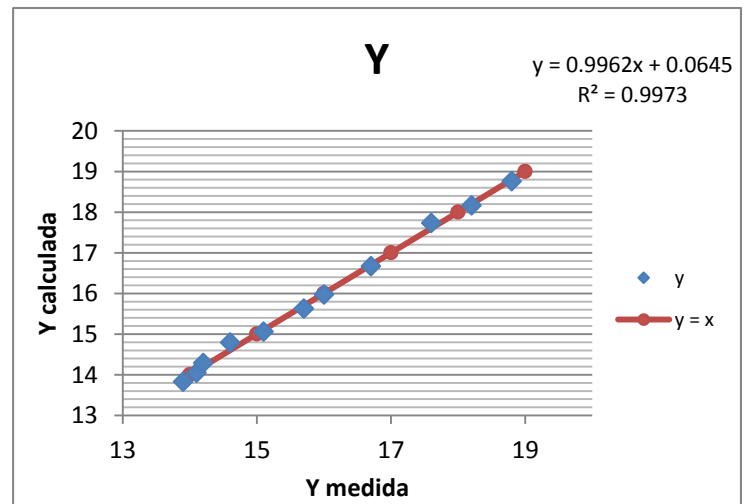
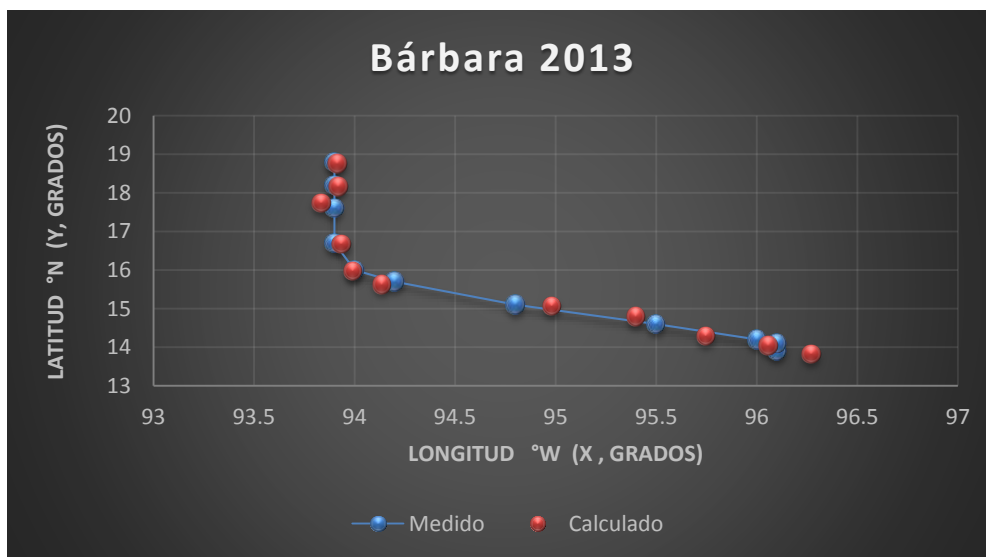


Gráfico 42. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 25. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “ $Y = f(x)$ ”

Ecuación Obtenida

$$Y = 162.9049 - 1.5514 X \dots \text{Ecuación 71}$$

Tabla 164. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $y = f(x)$						
Longitudo °W	Ecuación	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
96.1	13.8126	13.8126	13.8126	13.9	0.0874	0.0076
96.1	13.8126	13.8126	13.8126	14.1	0.2874	0.0826
96.0	13.9678	13.9678	13.9678	14.2	0.2322	0.0539
95.5	14.7435	14.7435	14.7435	14.6	-0.1435	0.0206
94.8	15.8295	15.8295	15.8295	15.1	-0.7295	0.5322
94.2	16.7604	16.7604	16.7604	15.7	-1.0604	1.1243
94.0	17.0706	17.0706	17.0706	16.0	-1.0706	1.1463
93.9	17.2258	17.2258	17.2258	16.7	-0.5258	0.2764
93.9	17.2258	17.2258	17.2258	17.6	0.3742	0.1400
93.9	17.2258	17.2258	17.2258	18.2	0.9742	0.9491
93.9	17.2258	17.2258	17.2258	18.8	1.5742	2.4782
Error medio cuadrático						0.61921

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

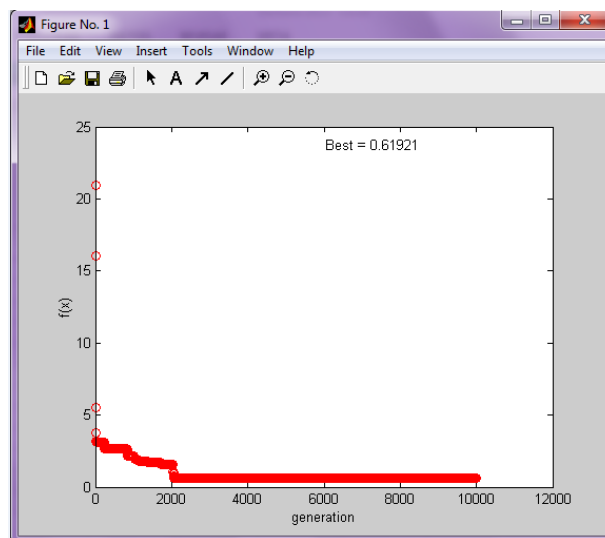


Imagen 111. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

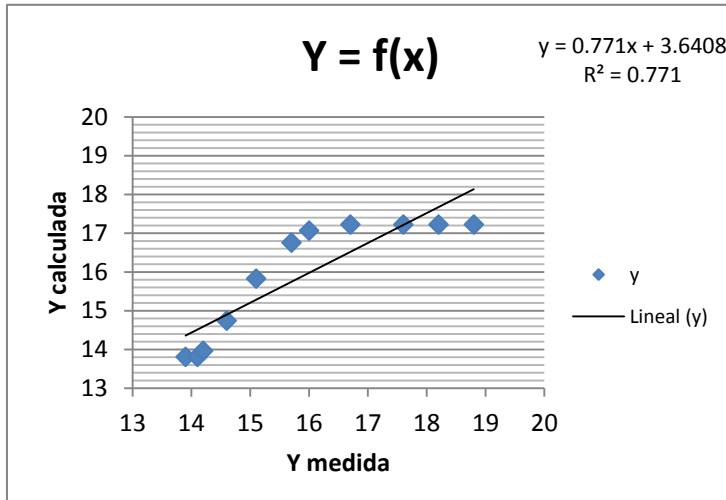
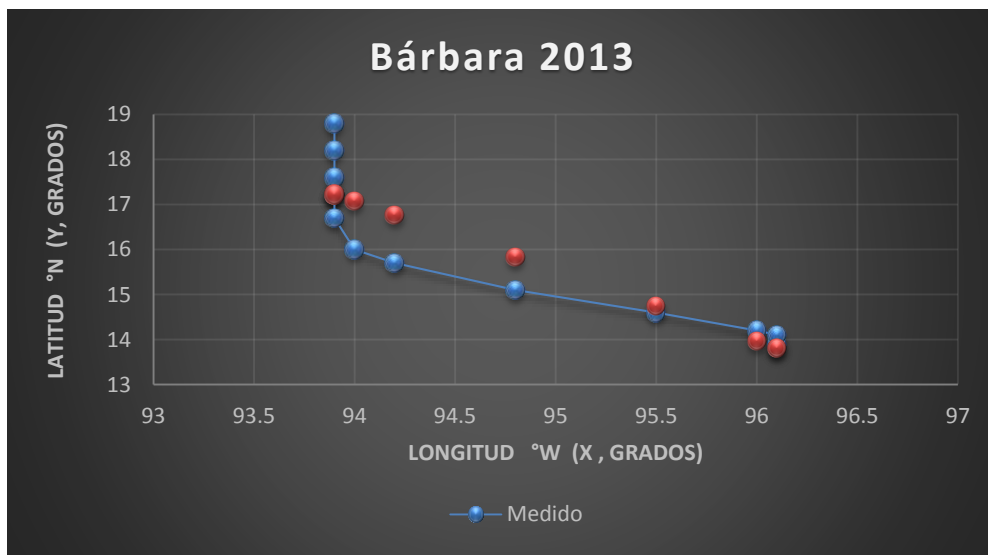


Gráfico 43. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 26. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Manuel

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = -0.9702 + 0.1048 P + \frac{23.9150}{W_s} + \frac{0.64401(W_s)^4}{3.07944 P^2} \dots \text{Ecuación 72}$$

Tabla 165. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
999	30	104.7871	0.7972	0.1697	104.7837	104.7837	101.4	-3.3837	11.4496
998	35	104.6822	0.6833	0.3151	104.7103	104.7103	101.9	-2.8103	7.8978
997	40	104.5773	0.5979	0.5386	104.7435	104.7435	102.2	-2.5435	6.4695
995	45	104.3675	0.5314	0.8662	104.7949	104.7949	102.3	-2.4949	6.2246
993	45	104.1578	0.5314	0.8697	104.5886	104.5886	102.1	-2.4886	6.1933
990	50	103.8431	0.4783	1.3336	104.6847	104.6847	102.1	-2.5847	6.6808
987	55	103.5284	0.4348	1.9645	104.9574	104.9574	102.2	-2.7574	7.6032
984	60	103.2137	0.3986	2.7992	105.4413	105.4413	102.6	-2.8413	8.0728
985	60	103.3186	0.3986	2.7936	105.5405	105.5405	103.2	-2.3405	5.4778
996	45	104.4724	0.5314	0.8645	104.8981	104.8981	104	-0.8981	0.8065
1000	30	104.8920	0.7972	0.1694	104.8883	104.8883	104.7	-0.1883	0.0354
1002	25	105.1018	0.9566	0.0814	105.1695	105.1695	105.2	0.0305	0.0009
1003	25	105.2067	0.9566	0.0812	105.2742	105.2742	105.5	0.2258	0.0510
1004	20	105.3116	1.1958	0.0332	105.5702	105.5702	105.8	0.2298	0.0528
1004	20	105.3116	1.1958	0.0332	105.5702	105.5702	106.1	0.5298	0.2807
1003	20	105.2067	1.1958	0.0333	105.4654	105.4654	106.4	0.9346	0.8735
1002	25	105.1018	0.9566	0.0814	105.1695	105.1695	106.8	1.6305	2.6586
1001	30	104.9969	0.7972	0.1691	104.9928	104.9928	107.2	2.2072	4.8716
1000	30	104.8920	0.7972	0.1694	104.8883	104.8883	107.5	2.6117	6.8211
998	35	104.6822	0.6833	0.3151	104.7103	104.7103	107.7	2.9897	8.9383
995	45	104.3675	0.5314	0.8662	104.7949	104.7949	107.9	3.1051	9.6415
989	55	103.7382	0.4348	1.9565	105.1592	105.1592	108.1	2.9408	8.6481
984	65	103.2137	0.3679	3.8556	106.4669	106.4669	108.2	1.7331	3.0035
983	65	103.1088	0.3679	3.8634	106.3699	106.3699	108.2	1.8301	3.3493
984	65	103.2137	0.3679	3.8556	106.4669	106.4669	108	1.5331	2.3503
999	40	104.7871	0.5979	0.5365	104.9512	104.9512	107.6	2.6488	7.0164
Error medio cuadrático									4.8257

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = 0.259734 W_s + \frac{0.4073 P - 0.91742 W_s}{W_s + 2.983957} \dots \text{Ecuación 73}$$

Tabla 166. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
999	30	7.7920	379.3774	32.9840	19.2939	19.2939	15.3	-3.9939	15.9512
998	35	9.0907	374.3830	37.9840	18.9470	18.9470	15.3	-3.6470	13.3009
997	40	10.3894	369.3886	42.9840	18.9830	18.9830	15.4	-3.5830	12.8379
995	45	11.6880	363.9869	47.9840	19.2736	19.2736	15.5	-3.7736	14.2402
993	45	11.6880	363.1723	47.9840	19.2566	19.2566	15.9	-3.3566	11.2671
990	50	12.9867	357.3632	52.9840	19.7314	19.7314	16.4	-3.3314	11.0985
987	55	14.2854	351.5542	57.9840	20.3483	20.3483	17	-3.3483	11.2113
984	60	15.5840	345.7452	62.9840	21.0735	21.0735	17.6	-3.4735	12.0649
985	60	15.5840	346.1525	62.9840	21.0799	21.0799	18.2	-2.8799	8.2940
996	45	11.6880	364.3942	47.9840	19.2821	19.2821	18.9	-0.3821	0.1460
1000	30	7.7920	379.7847	32.9840	19.3062	19.3062	19.6	0.2938	0.0863
1002	25	6.4934	385.1864	27.9840	20.2579	20.2579	20.2	-0.0579	0.0034
1003	25	6.4934	385.5937	27.9840	20.2724	20.2724	20.6	0.3276	0.1073
1004	20	5.1947	390.5881	22.9840	22.1886	22.1886	21	-1.1886	1.4128
1004	20	5.1947	390.5881	22.9840	22.1886	22.1886	21.4	-0.7886	0.6219
1003	20	5.1947	390.1808	22.9840	22.1709	22.1709	21.8	-0.3709	0.1376
1002	25	6.4934	385.1864	27.9840	20.2579	20.2579	22.2	1.9421	3.7718
1001	30	7.7920	380.1920	32.9840	19.3186	19.3186	22.5	3.1814	10.1213
1000	30	7.7920	379.7847	32.9840	19.3062	19.3062	22.7	3.3938	11.5176
998	35	9.0907	374.3830	37.9840	18.9470	18.9470	22.9	3.9530	15.6259
995	45	11.6880	363.9869	47.9840	19.2736	19.2736	23.2	3.9264	15.4164
989	55	14.2854	352.3688	57.9840	20.3624	20.3624	23.6	3.2376	10.4822
984	65	16.8827	341.1581	67.9840	21.9009	21.9009	24.1	2.1991	4.8359
983	65	16.8827	340.7508	67.9840	21.8949	21.8949	24.5	2.6051	6.7864
984	65	16.8827	341.1581	67.9840	21.9009	21.9009	24.8	2.8991	8.4046
999	40	10.3894	370.2032	42.9840	19.0020	19.0020	25.3	6.2980	39.6654
Error medio cuadrático									9.2080

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

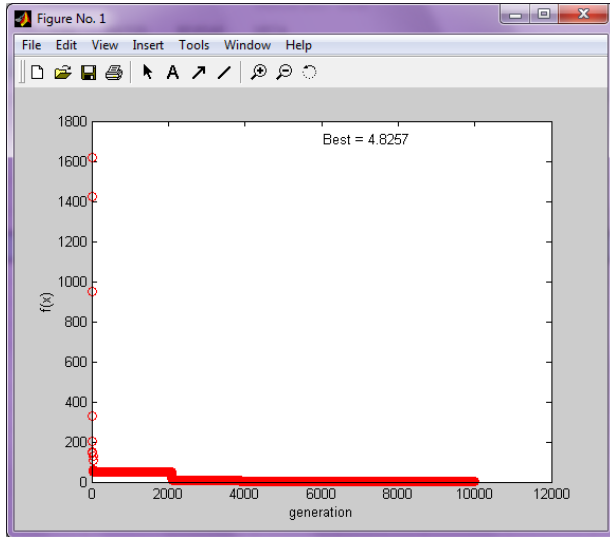


Imagen 112. Error medio cuadrático en X (programación genética)

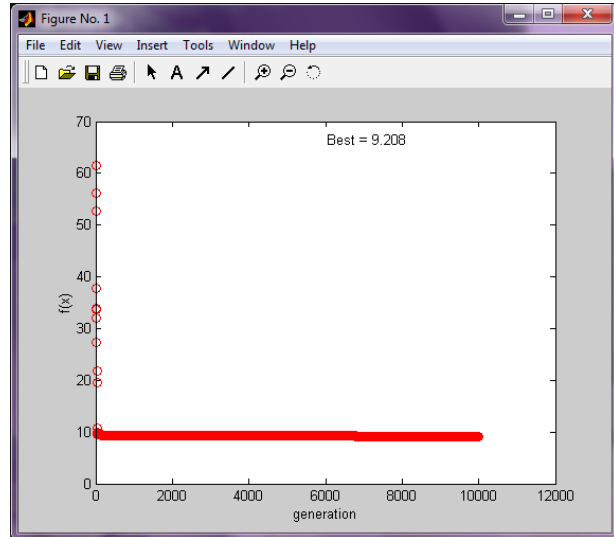


Imagen 113. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

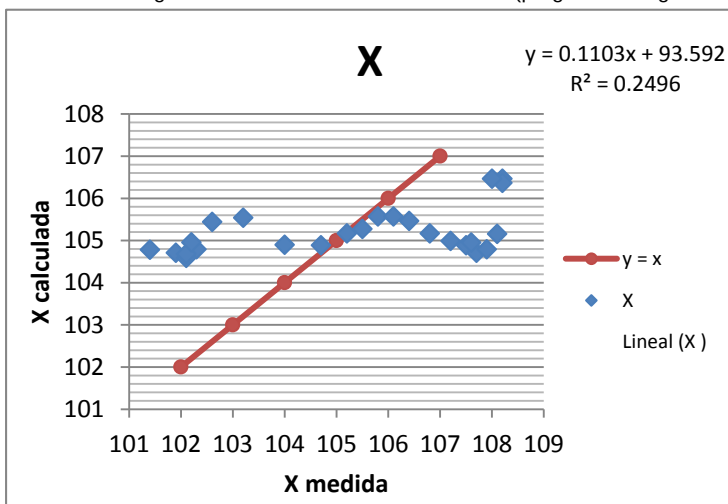


Gráfico 44. Correlación en X (longitud) en grados

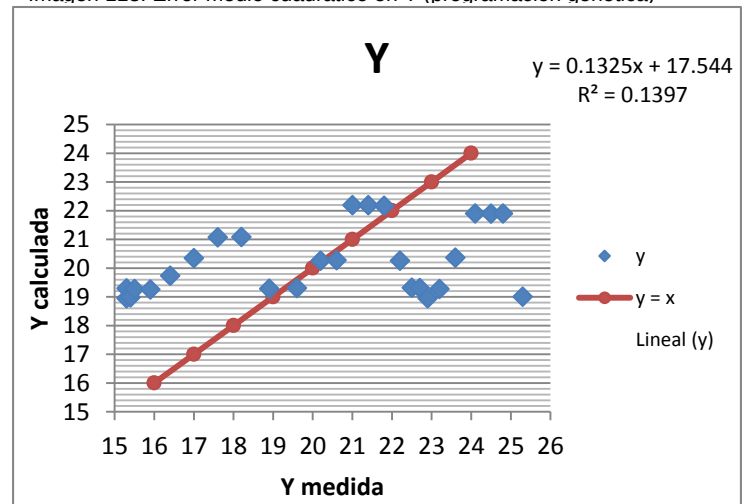
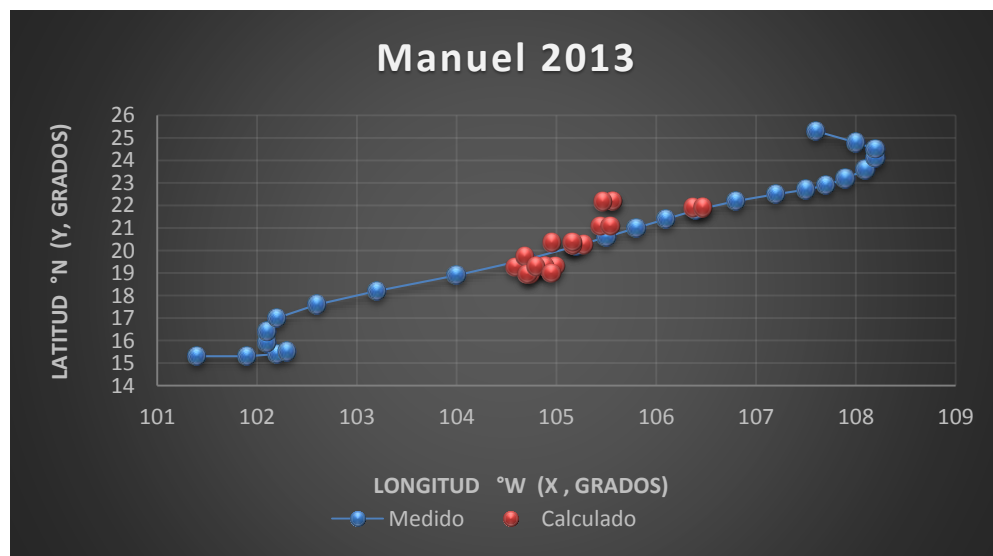


Gráfico 45. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 27. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(1.0356 W_s - \frac{-1.3246 + \frac{0.3648 P}{W_s} + 1.0005549 P}{(W_s)^2} \right) * (0.09725) \dots \text{Ecuación 74}$$

Tabla 167. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
999	30	-1013.0295	-1.1256	1044.0990	101.5459	101.5459	101.4	-0.1459	0.0213
998	35	-1010.2827	-0.8247	1046.5305	101.7824	101.7824	101.9	0.1176	0.0138
997	40	-1007.9725	-0.6300	1049.3985	102.0614	102.0614	102.2	0.1386	0.0192
995	45	-1004.9447	-0.4963	1051.5489	102.2705	102.2705	102.3	0.0295	0.0009
993	45	-1002.9274	-0.4953	1049.5316	102.0743	102.0743	102.1	0.0257	0.0007
990	50	-999.0986	-0.3996	1050.8811	102.2055	102.2055	102.1	-0.1055	0.0111
987	55	-995.4203	-0.3291	1052.3810	102.3514	102.3514	102.2	-0.1514	0.0229
984	60	-991.8547	-0.2755	1053.9937	102.5083	102.5083	102.6	0.0917	0.0084
Error medio cuadrático									0.012295

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{P}{27.5142 P + 145.6175 - P(W_s) - 6.2924 W_s} + \frac{28.0098}{W_s - 2.8731} + 0.1039 P$$

Ecuación 75

Tabla 168. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
985	60	-32230.3676	-0.0306	0.4903	102.8751	102.8751	103.2	0.3249	0.1055
996	45	-17553.3241	-0.0567	0.6649	104.1673	104.1673	104.0	-0.1673	0.0280
1000	30	-2528.8804	-0.3954	1.0326	104.6121	104.6121	104.7	0.0879	0.0077
1002	25	2507.6103	0.3996	1.2659	105.8484	105.8484	105.2	-0.6484	0.4204
1003	25	2510.1246	0.3996	1.2659	105.9524	105.9524	105.5	-0.4524	0.2047
1004	20	7564.1010	0.1327	1.6354	106.1591	106.1591	105.8	-0.3591	0.1289
1004	20	7564.1010	0.1327	1.6354	106.1591	106.1591	106.1	-0.0591	0.0035
1003	20	7556.5867	0.1327	1.6354	106.0551	106.0551	106.4	0.3449	0.1190
1002	25	2507.6103	0.3996	1.2659	105.8484	105.8484	106.8	0.9516	0.9055
Error medio cuadrático									0.213692

“Tercer Tramo”

$$X3 = 0.1066 P + \frac{2 Ws}{0.07326 P - 0.6484 Ws + 6.6345} \dots \text{Ecuación 76}$$

Tabla 169. Programación Trayectoria en X (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1001	30	106.7232	51.4123	60.5193	107.5728	107.5728	107.2	-0.3728	0.1389
1000	30	106.6166	51.4123	60.4460	107.4672	107.4672	107.5	0.0328	0.0011
998	35	106.4034	61.4123	57.0572	107.4797	107.4797	107.7	0.2203	0.0485
995	45	106.0835	81.4123	50.3528	107.7004	107.7004	107.9	0.1996	0.0399
989	55	105.4438	101.4123	43.4287	107.7790	107.7790	108.1	0.3210	0.1031
984	65	104.9108	121.4123	36.5778	108.2300	108.2300	108.2	-0.0300	0.0009
983	65	104.8041	121.4123	36.5046	108.1301	108.1301	108.2	0.0699	0.0049
984	65	104.9108	121.4123	36.5778	108.2300	108.2300	108.0	-0.2300	0.0529
999	40	106.5100	71.4123	53.8882	107.8352	107.8352	107.6	-0.2352	0.0553
Error medio cuadrático									0.049498

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{2.2900 + 0.3589 Ws - 1.57493 P}{Ws + \frac{P}{Ws} + 17.0885 - 0.18306 P} \dots \text{Ecuación 77}$$

Tabla 170. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
999	30	-1560.30705	-102.4883	15.2242	15.2242	15.2242	15.3	0.0758	0.0057
998	35	-1556.9376	-102.0910	15.2505	15.2505	15.2505	15.3	0.0495	0.0025
997	40	-1553.56815	-100.4972	15.4588	15.4588	15.4588	15.4	-0.0588	0.0035
995	45	-1548.62376	-97.9450	15.8112	15.8112	15.8112	15.5	-0.3112	0.0968
993	45	-1545.47389	-97.6233	15.8310	15.8310	15.8310	15.9	0.0690	0.0048
990	50	-1538.95456	-94.3408	16.3127	16.3127	16.3127	16.4	0.0873	0.0076
987	55	-1532.43523	-90.6462	16.9057	16.9057	16.9057	17.0	0.0943	0.0089
984	60	-1525.91591	-86.6424	17.6116	17.6116	17.6116	17.6	-0.0116	0.0001
Error medio cuadrático									0.016235

“Segundo Tramo”

$$Y_2 = \frac{33.8671 W_s + 0.1998 P - 5.1521}{2.02038 W_s} \dots\dots \text{Ecuación 78}$$

Tabla 171. Programación Trayectoria en Y (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
985	60	2223.7521	121.2233	18.3443	18.3443	18.3443	18.2	-0.1443	0.0208
996	45	1717.9431	90.9175	18.8956	18.8956	18.8956	18.9	0.0044	0.0000
1000	30	1210.7350	60.6117	19.9753	19.9753	19.9753	19.6	-0.3753	0.1408
1002	25	1041.7989	50.5097	20.6257	20.6257	20.6257	20.2	-0.4257	0.1812
1003	25	1041.9988	50.5097	20.6297	20.6297	20.6297	20.6	-0.0297	0.0009
1004	20	872.8628	40.4078	21.6014	21.6014	21.6014	21.0	-0.6014	0.3616
1004	20	872.8628	40.4078	21.6014	21.6014	21.6014	21.4	-0.2014	0.0405
1003	20	872.6629	40.4078	21.5964	21.5964	21.5964	21.8	0.2036	0.0414
1002	25	1041.7989	50.5097	20.6257	20.6257	20.6257	22.2	1.5743	2.4784
Error medio cuadrático									0.362865

“Tercer Tramo”

$$Y_3 = 0.0269 P + 0.01235 - \frac{0.13203 P + 0.19805 W_s}{2.7072 + W_s} \dots\dots \text{Ecuación 79}$$

Tabla 172. Programación Trayectoria en Y (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1001	30	26.9731	138.1087	4.2226	22.7505	22.7505	22.5	-0.2505	0.0628
1000	30	26.9462	137.9766	4.2185	22.7276	22.7276	22.7	-0.0276	0.0008
998	35	26.8923	138.7028	3.6784	23.2139	23.2139	22.9	-0.3139	0.0985
995	45	26.8115	140.2873	2.9406	23.8709	23.8709	23.2	-0.6709	0.4501
989	55	26.6499	141.4756	2.4516	24.1983	24.1983	23.6	-0.5983	0.3579
984	65	26.5152	142.7959	2.1090	24.4062	24.4062	24.1	-0.3062	0.0938
983	65	26.4883	142.6639	2.1071	24.3812	24.3812	24.5	0.1188	0.0141
984	65	26.5152	142.7959	2.1090	24.4062	24.4062	24.8	0.3938	0.1551
999	40	26.9192	139.8251	3.2740	23.6452	23.6452	25.3	1.6548	2.7384
Error medio cuadrático									0.441272

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

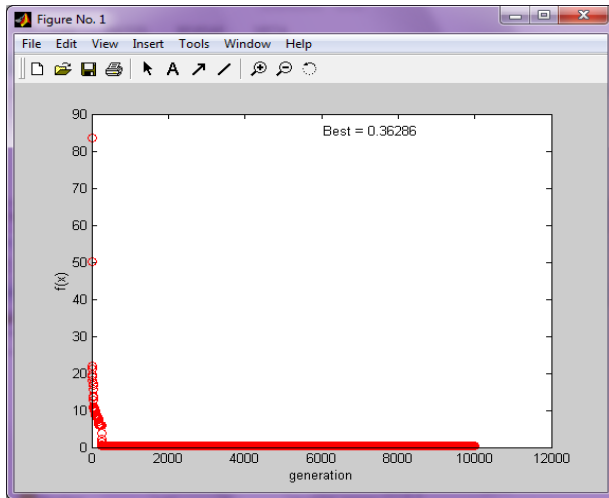


Imagen 116. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

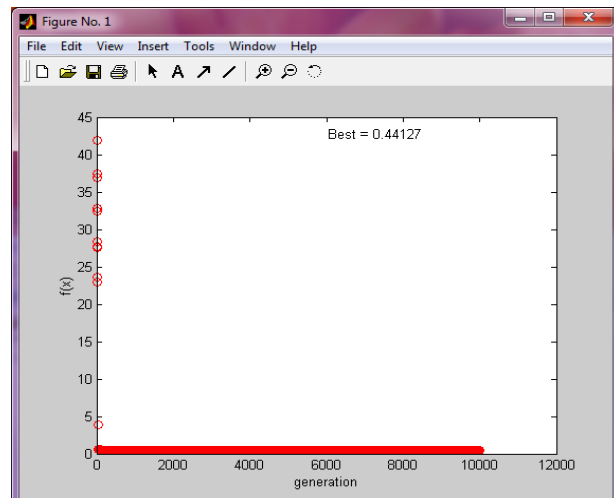


Imagen 114. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

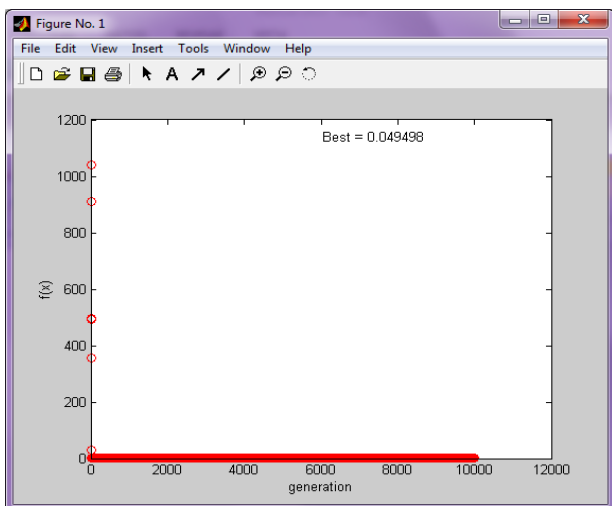


Imagen 117. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

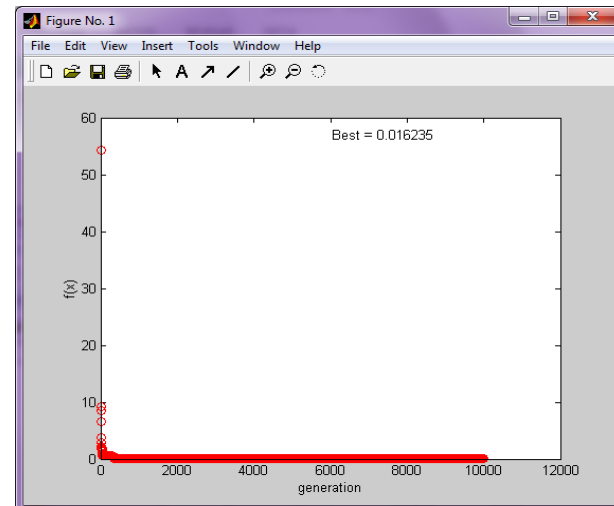


Imagen 115. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

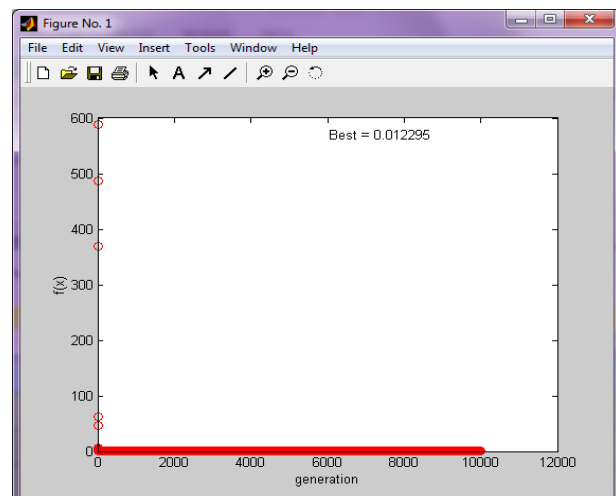


Imagen 119. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

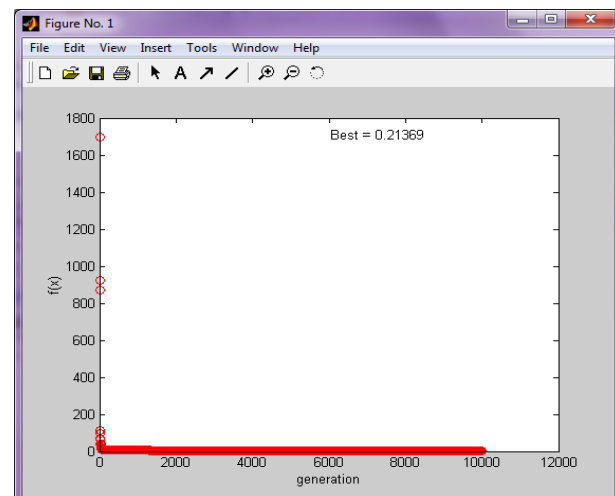


Imagen 118. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

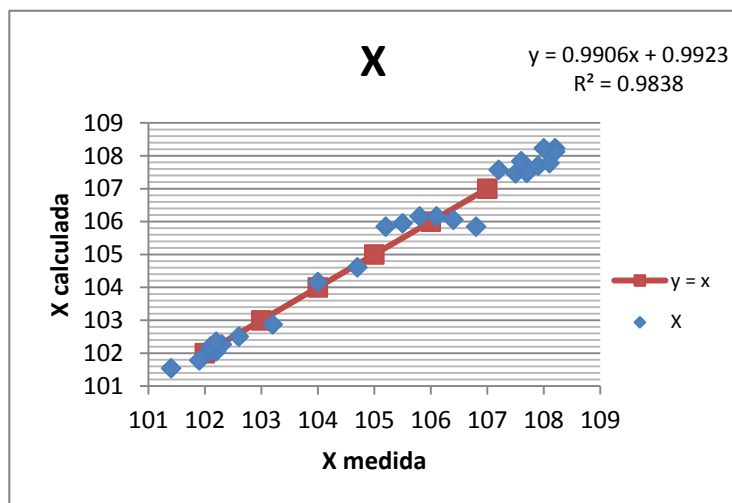


Gráfico 47. Correlación en x (longitud) en grados

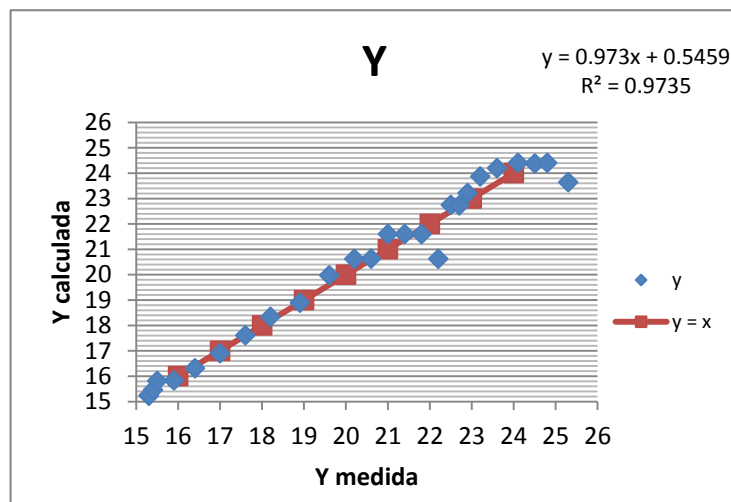
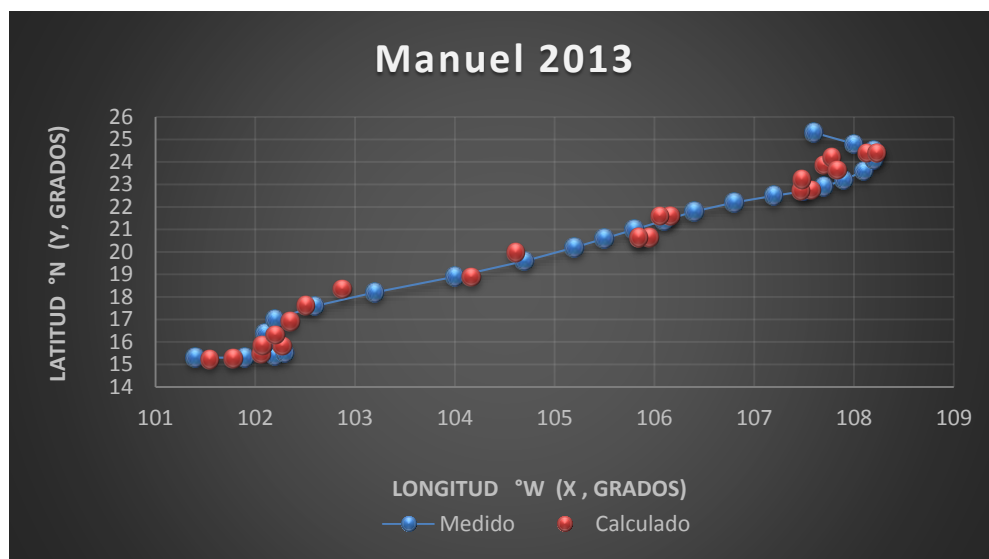


Gráfico 46. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 28. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \frac{X^2 - 86.9986 X}{94.85968} \dots \text{Ecuación 80}$$

Tabla 173. Programación Trayectoria Y=f(x)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)							
Longitude °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
101.4	1460.3003	15.3943	15.3943	15.3943	15.3	-0.0943	0.0089
101.9	1518.4510	16.0073	16.0073	16.0073	15.3	-0.7073	0.5003
102.2	1553.5814	16.3777	16.3777	16.3777	15.4	-0.9777	0.9559
102.3	1565.3316	16.5015	16.5015	16.5015	15.5	-1.0015	1.0031
102.1	1541.8513	16.2540	16.2540	16.2540	15.9	-0.3540	0.1253
102.1	1541.8513	16.2540	16.2540	16.2540	16.4	0.1460	0.0213
102.2	1553.5814	16.3777	16.3777	16.3777	17	0.6223	0.3873
102.6	1600.7020	16.8744	16.8744	16.8744	17.6	0.7256	0.5265
103.2	1671.9828	17.6259	17.6259	17.6259	18.2	0.5741	0.3296
104	1768.1439	18.6396	18.6396	18.6396	18.9	0.2604	0.0678
104.7	1853.3349	19.5376	19.5376	19.5376	19.6	0.0624	0.0039
105.2	1914.7856	20.1855	20.1855	20.1855	20.2	0.0145	0.0002
105.5	1951.8960	20.5767	20.5767	20.5767	20.6	0.0233	0.0005
105.8	1989.1864	20.9698	20.9698	20.9698	21	0.0302	0.0009
106.1	2026.6568	21.3648	21.3648	21.3648	21.4	0.0352	0.0012
106.4	2064.3072	21.7617	21.7617	21.7617	21.8	0.0383	0.0015
106.8	2114.7878	22.2939	22.2939	22.2939	22.2	-0.0939	0.0088
107.2	2165.5883	22.8294	22.8294	22.8294	22.5	-0.3294	0.1085
107.5	2203.8988	23.2332	23.2332	23.2332	22.7	-0.5332	0.2844
107.7	2229.5390	23.5035	23.5035	23.5035	22.9	-0.6035	0.3643
107.9	2255.2593	23.7747	23.7747	23.7747	23.2	-0.5747	0.3303
108.1	2281.0596	24.0467	24.0467	24.0467	23.6	-0.4467	0.1995
108.2	2293.9897	24.1830	24.1830	24.1830	24.1	-0.0830	0.0069
108.2	2293.9897	24.1830	24.1830	24.1830	24.5	0.3170	0.1005
108	2268.1495	23.9106	23.9106	23.9106	24.8	0.8894	0.7911
107.6	2216.7089	23.3683	23.3683	23.3683	25.3	1.9317	3.7315
				Error medio cuadrático			0.37923

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

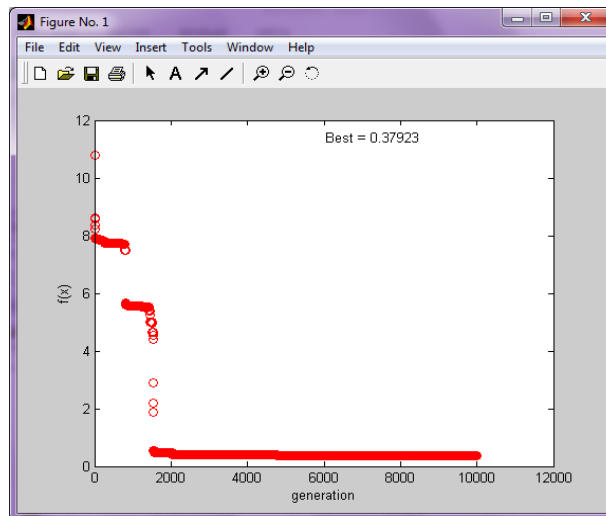


Imagen 120. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$

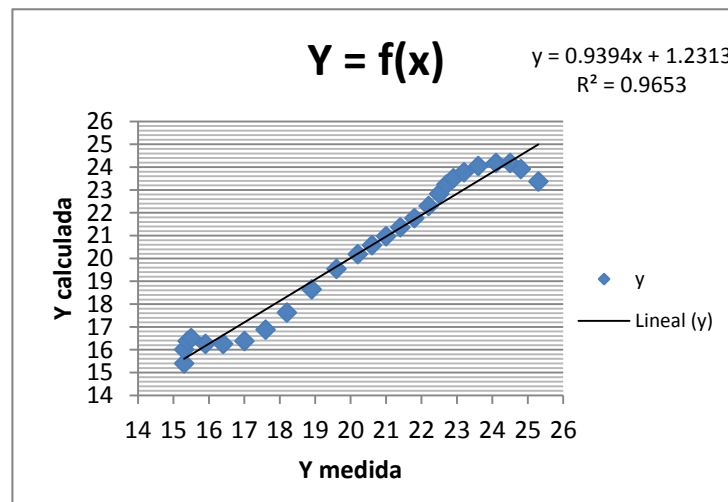
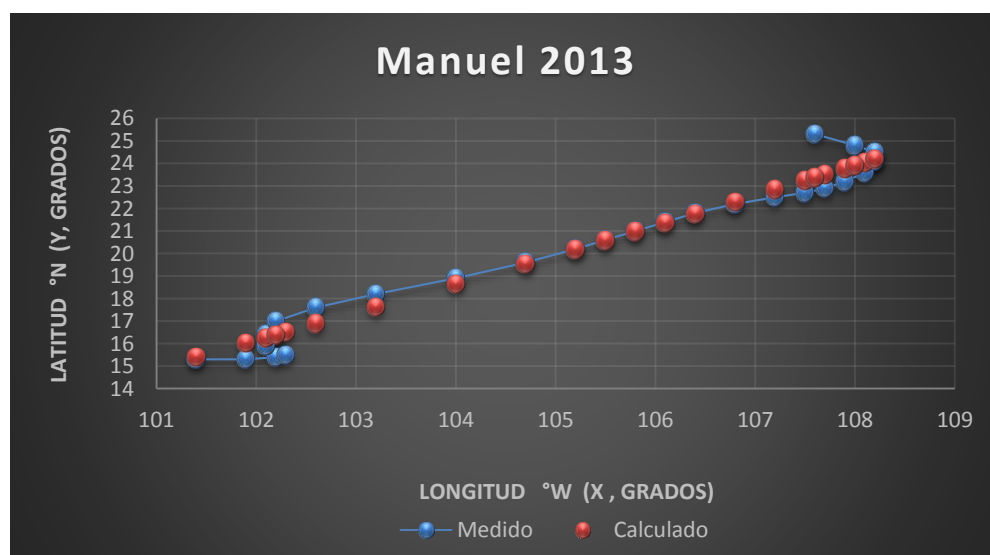


Gráfico 48. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 29. Trayectorias Medida y Calculada

GOLFO DE MÉXICO

Huracán Isidoro

El siguiente huracán en estudio se consideró solo una regla de correspondencia, el resultado de esto se ve reflejado en la siguiente ecuación aritmética.

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 28.255439946 - 0.00516796479 P - \frac{0.348551 P}{W_s} + 67.68630215 \dots \text{Ecuación 81}$$

La ecuación descrita anteriormente, la utilizaremos para obtener el error calculado de dicha trayectoria, como se muestra en la Tabla 174 la cual se programó para llegar a la obtención del error al cuadrado.

Tabla 174. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	28.26	23.04	8.97	76.66	76.66	60.50	-16.16	261.15
1009	25	28.26	23.04	8.97	76.66	76.66	62.40	-14.26	203.35
1009	25	28.26	23.04	8.97	76.66	76.66	64.30	-12.36	152.77
1009	25	28.26	23.04	8.97	76.66	76.66	66.40	-10.26	105.27
1009	25	28.26	23.04	8.97	76.66	76.66	68.50	-8.16	66.59
1009	20	28.26	23.04	5.46	73.14	73.14	70.50	-2.64	6.99
1008	20	28.26	23.05	5.48	73.17	73.17	71.90	-1.27	1.60
1008	20	28.26	23.05	5.48	73.17	73.17	73.20	0.03	0.00
1008	20	28.26	23.05	5.48	73.17	73.17	74.50	1.33	1.78
1008	25	28.26	23.05	8.99	76.68	76.68	75.30	-1.38	1.90
1008	25	28.26	23.05	8.99	76.68	76.68	76.10	-0.58	0.34
1008	30	28.26	23.05	11.33	79.02	79.02	76.80	-2.22	4.93
1006	30	28.26	23.06	11.37	79.06	79.06	77.40	-1.66	2.74
1006	30	28.26	23.06	11.37	79.06	79.06	77.70	-1.36	1.84
1006	35	28.26	23.06	13.04	80.72	80.72	78.10	-2.62	6.89
1004	40	28.26	23.07	14.32	82.00	82.00	78.50	-3.50	12.28
1001	45	28.26	23.08	15.33	83.02	83.02	78.60	-4.42	19.50
998	50	28.26	23.10	16.14	83.83	83.83	79.30	-4.53	20.50
990	50	28.26	23.14	16.24	83.92	83.92	80.40	-3.52	12.42
990	60	28.26	23.14	17.39	85.07	85.07	80.90	-4.17	17.43
983	65	28.26	23.18	17.90	85.59	85.59	81.70	-3.89	15.14
979	75	28.26	23.20	18.65	86.33	86.33	82.30	-4.03	16.26
967	90	28.26	23.26	19.51	87.20	87.20	83.00	-4.20	17.64
966	85	28.26	23.26	19.30	86.99	86.99	83.50	-3.49	12.17
965	75	28.26	23.27	18.78	86.47	86.47	84.00	-2.47	6.10
964	75	28.26	23.27	18.79	86.48	86.48	84.30	-2.18	4.75
964	85	28.26	23.27	19.32	87.01	87.01	85.10	-1.91	3.64
955	100	28.26	23.32	19.99	87.68	87.68	85.80	-1.88	3.53
946	110	28.26	23.37	20.37	88.06	88.06	86.10	-1.96	3.82
947	110	28.26	23.36	20.36	88.05	88.05	86.50	-1.55	2.39
936	110	28.26	23.42	20.45	88.14	88.14	87.40	-0.74	0.55
934	110	28.26	23.43	20.47	88.16	88.16	88.20	0.04	0.00
935	110	28.26	23.42	20.46	88.15	88.15	88.90	0.75	0.57
950	100	28.26	23.35	20.03	87.72	87.72	89.40	1.68	2.82
952	70	28.26	23.34	18.60	86.28	86.28	89.60	3.32	11.01
960	60	28.26	23.29	17.72	85.40	85.40	89.60	4.20	17.61
968	50	28.26	23.25	16.51	84.19	84.19	89.40	5.21	27.13
980	35	28.26	23.19	13.43	81.12	81.12	89.30	8.18	66.94
985	45	28.26	23.17	15.54	83.22	83.22	89.50	6.28	39.41
987	50	28.26	23.15	16.27	83.96	83.96	89.70	5.74	32.94
988	50	28.26	23.15	16.26	83.95	83.95	89.80	5.85	34.24
987	50	28.26	23.15	16.27	83.96	83.96	89.70	5.74	32.94
987	50	28.26	23.15	16.27	83.96	83.96	89.70	5.74	32.94
990	50	28.26	23.14	16.24	83.92	83.92	90.20	6.28	39.38
988	55	28.26	23.15	16.89	84.57	84.57	90.40	5.83	33.93
989	55	28.26	23.14	16.88	84.56	84.56	90.30	5.74	32.91
984	55	28.26	23.17	16.93	84.62	84.62	90.30	5.68	32.25
985	55	28.26	23.17	16.92	84.61	84.61	89.90	5.29	27.99
988	40	28.26	23.15	14.54	82.23	82.23	89.80	7.57	57.35
992	20	28.26	23.13	5.84	73.53	73.53	89.00	15.47	239.40
995	20	28.26	23.11	5.77	73.46	73.46	86.50	13.04	170.05
998	20	28.26	23.10	5.71	73.39	73.39	82.90	9.51	90.41
999	20	28.26	23.09	5.68	73.37	73.37	79.50	6.13	37.59
						error medio cuadrático			38.6049

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{8.27023}{3.2745 W_s - 77.24} - 3.9196 - 0.17544 \dots \text{Ecuación 82}$$

Tabla 175. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	10.00	-2.14	4.60
1009	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	10.20	-1.94	3.78
1009	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	10.60	-1.54	2.38
1009	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	11.20	-0.94	0.89
1009	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	12.30	0.16	0.02
1009	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	14.20	-12.15	147.71
1008	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	15.00	-11.35	128.90
1008	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	15.50	-10.85	117.80
1008	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	15.70	-10.65	113.50
1008	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	15.80	3.66	13.37
1008	25	1.79	-2.13	12.14	12.14	12.14	15.80	3.66	13.37
1008	30	0.39	-3.53	20.10	20.10	20.10	15.90	-4.20	17.61
1006	30	0.39	-3.53	20.10	20.10	20.10	16.30	-3.80	14.41
1006	30	0.39	-3.53	20.10	20.10	20.10	16.70	-3.40	11.53
1006	35	0.22	-3.70	21.08	21.08	21.08	17.10	-3.98	15.84
1004	40	0.15	-3.77	21.46	21.46	21.46	17.70	-3.76	14.17
1001	45	0.12	-3.80	21.67	21.67	21.67	18.70	-2.97	8.82
998	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	19.30	-2.50	6.23
990	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	19.70	-2.10	4.40
990	60	0.07	-3.85	21.95	21.95	21.95	19.90	-2.05	4.19
983	65	0.06	-3.86	21.99	21.99	21.99	20.40	-1.59	2.54
979	75	0.05	-3.87	22.06	22.06	22.06	20.70	-1.36	1.85
967	90	0.04	-3.88	22.12	22.12	22.12	21.10	-1.02	1.05
966	85	0.04	-3.88	22.11	22.11	22.11	21.50	-0.61	0.37
965	75	0.05	-3.87	22.06	22.06	22.06	21.80	-0.26	0.07
964	75	0.05	-3.87	22.06	22.06	22.06	22.10	0.04	0.00
964	85	0.04	-3.88	22.11	22.11	22.11	22.30	0.19	0.04
955	100	0.03	-3.89	22.15	22.15	22.15	22.00	-0.15	0.02
946	110	0.03	-3.89	22.17	22.17	22.17	21.90	-0.27	0.08
947	110	0.03	-3.89	22.17	22.17	22.17	22.10	-0.07	0.01
936	110	0.03	-3.89	22.17	22.17	22.17	22.00	-0.17	0.03
934	110	0.03	-3.89	22.17	22.17	22.17	21.90	-0.27	0.08
935	110	0.03	-3.89	22.17	22.17	22.17	21.60	-0.57	0.33
950	100	0.03	-3.89	22.15	22.15	22.15	21.00	-1.15	1.33
952	70	0.05	-3.87	22.03	22.03	22.03	20.60	-1.43	2.05
960	60	0.07	-3.85	21.95	21.95	21.95	20.10	-1.85	3.41
968	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	20.30	-1.50	2.24
980	35	0.22	-3.70	21.08	21.08	21.08	20.50	-0.58	0.34
985	45	0.12	-3.80	21.67	21.67	21.67	21.00	-0.67	0.45
987	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	21.70	-0.10	0.01
988	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	22.10	0.30	0.09
987	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	23.00	1.20	1.45
987	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	24.20	2.40	5.78
990	50	0.10	-3.82	21.80	21.80	21.80	25.40	3.60	12.99
988	55	0.08	-3.84	21.88	21.88	21.88	26.30	4.42	19.51
989	55	0.08	-3.84	21.88	21.88	21.88	27.50	5.62	31.55
984	55	0.08	-3.84	21.88	21.88	21.88	29.10	7.22	52.08
985	55	0.08	-3.84	21.88	21.88	21.88	30.00	8.12	65.88
988	40	0.15	-3.77	21.46	21.46	21.46	32.20	10.74	115.25
992	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	33.00	6.65	44.18
995	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	35.00	8.65	74.76
998	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	39.10	12.75	162.47
999	20	-0.70	-4.62	26.35	26.35	26.35	40.90	14.55	211.60
						error medio cuadrático			27.4977

En la imagen 121 y 122 se puede observar el valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al momento de aplicar la programación genética, el cual se comparó con el que se obtuvo al utilizar los datos de la presión en mega bares y la Velocidad del viento (magnitud) en nodos y sustituirlos en las ecuaciones obtenidas para la longitud en grados y la latitud en grados, respectivamente.

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

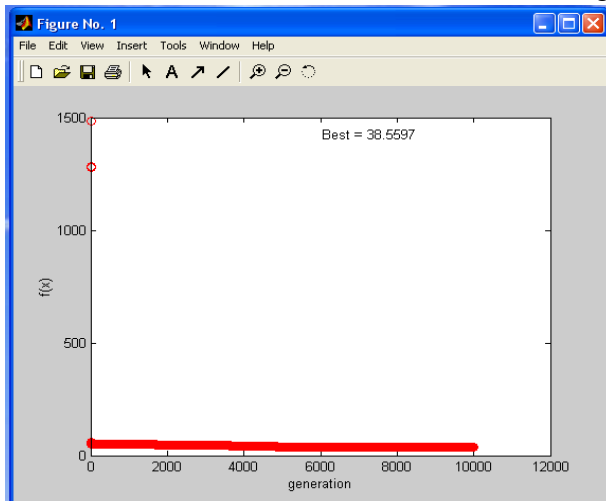


Imagen 121. Error medio cuadrático en X (programación genética)

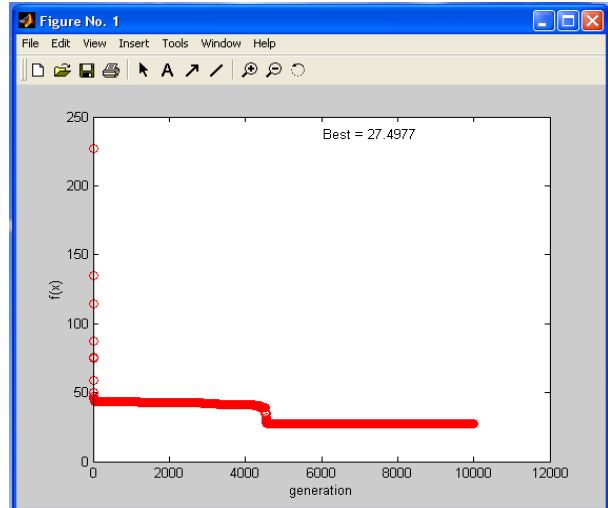


Imagen 122. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

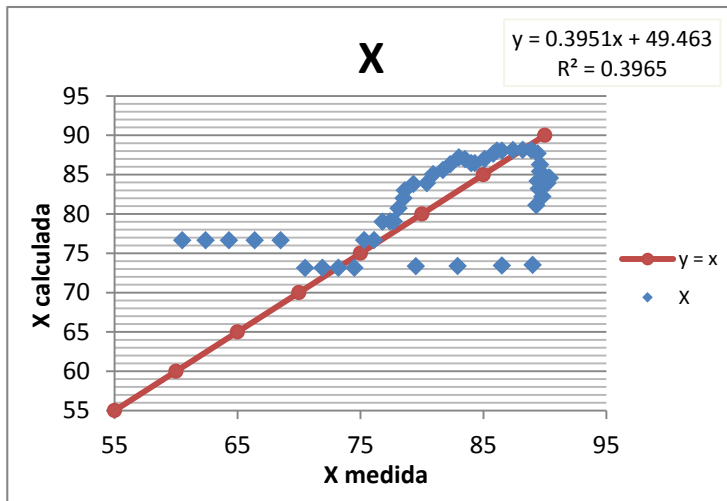


Gráfico 49. Correlación en x (longitud) en grados

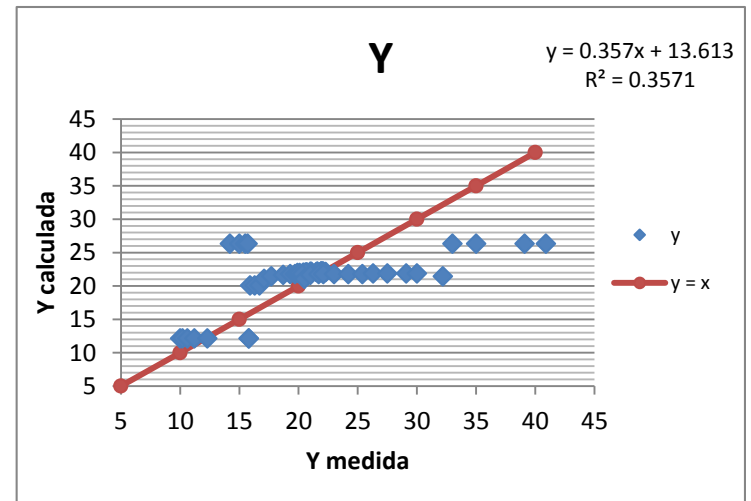
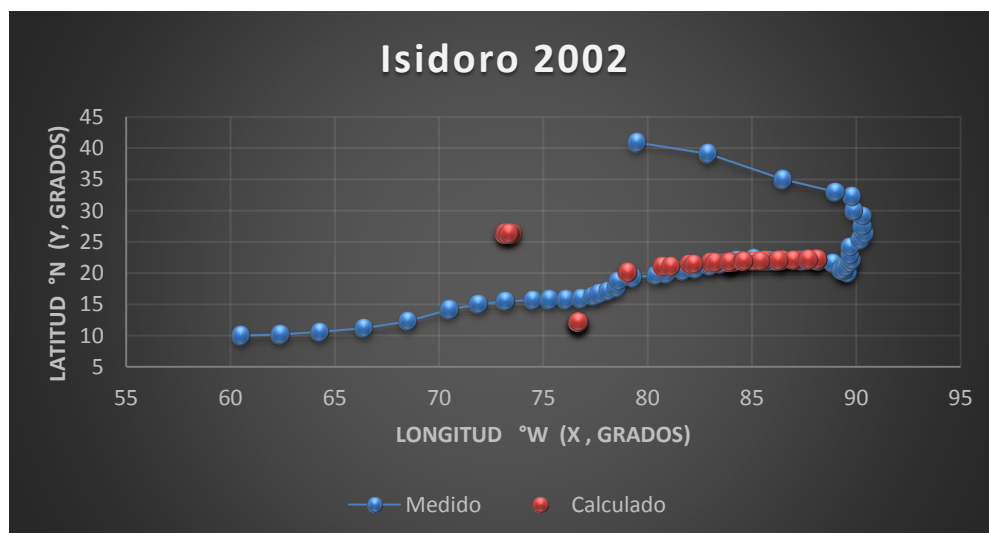


Gráfico 50. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 30. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(Ws + \frac{P}{(16.06971732 + 0.462795Ws)} \right) - \left(\frac{Ws - \frac{P}{0.85599} - \frac{Ws^3}{27.647329}}{P} \right) \dots \text{Ecuación 83}$$

Tabla 176. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	61.51	11222.37	-11.10	72.60	72.60	60.5	-12.10	146.48
1009	25	61.51	11222.37	-11.10	72.60	72.60	62.4	-10.20	104.10
1009	25	61.51	11222.37	-11.10	72.60	72.60	64.3	-8.30	68.94
1009	25	61.51	11222.37	-11.10	72.60	72.60	66.4	-6.20	38.48
1009	25	61.51	11222.37	-11.10	72.60	72.60	68.5	-4.10	16.84
1009	20	59.84	11498.16	-11.38	71.22	71.22	70.5	-0.72	0.51
1008	20	59.80	11486.48	-11.38	71.18	71.18	71.9	0.72	0.52
1008	20	59.80	11486.48	-11.38	71.18	71.18	73.2	2.02	4.09
1008	20	59.80	11486.48	-11.38	71.18	71.18	74.5	3.32	11.04
1008	25	61.47	11210.68	-11.10	72.57	72.57	75.3	2.73	7.47
1008	25	61.47	11210.68	-11.10	72.57	72.57	76.1	3.53	12.49
1008	30	63.65	10799.25	-10.68	74.34	74.34	76.8	2.46	6.07
1006	30	63.59	10775.89	-10.68	74.27	74.27	77.4	3.13	9.81
1006	30	63.59	10775.89	-10.68	74.27	74.27	77.7	3.43	11.78
1006	35	66.18	10201.69	-10.11	76.28	76.28	78.1	1.82	3.30
1004	40	69.03	9414.24	-9.34	78.37	78.37	78.5	0.13	0.02
1001	45	72.13	8398.08	-8.34	80.48	80.48	78.6	-1.88	3.52
998	50	75.45	7137.78	-7.10	82.56	82.56	79.3	-3.26	10.60
990	50	75.25	7044.32	-7.06	82.31	82.31	80.4	-1.91	3.66
990	60	82.58	3752.87	-3.73	86.31	86.31	80.9	-5.41	29.31
983	65	86.30	1550.63	-1.51	87.81	87.81	81.7	-6.11	37.34
979	75	94.28	-3822.11	3.98	90.30	90.30	82.3	-8.00	63.98
967	90	106.75	-15070.97	15.68	91.07	91.07	83	-8.07	65.20
966	85	102.43	-10927.64	11.40	91.03	91.03	83.5	-7.53	56.77
965	75	94.00	-3985.66	4.21	89.80	89.80	84	-5.80	33.59
964	75	93.98	-3997.35	4.22	89.76	89.76	84.3	-5.46	29.81
964	85	102.40	-10951.00	11.45	90.95	90.95	85.1	-5.85	34.23
955	100	115.32	-25013.19	26.30	89.02	89.02	85.8	-3.22	10.37
946	110	124.12	-37090.55	39.32	84.80	84.80	86.1	1.30	1.69
947	110	124.14	-37078.87	39.27	84.87	84.87	86.5	1.63	2.66
936	110	123.97	-37207.38	39.87	84.11	84.11	87.4	3.29	10.85
934	110	123.95	-37230.74	39.98	83.97	83.97	88.2	4.23	17.93
935	110	123.96	-37219.06	39.92	84.04	84.04	88.9	4.86	23.66
950	100	115.24	-25071.60	26.50	88.74	88.74	89.4	0.66	0.44
952	70	89.64	-1284.64	1.42	88.22	88.22	89.6	1.38	1.90
960	60	81.90	3402.39	-3.48	85.38	85.38	89.6	4.22	17.80
968	50	74.69	6787.31	-6.96	81.65	81.65	89.4	7.75	60.09
980	35	65.37	9897.95	-10.06	75.44	75.44	89.3	13.86	192.23
985	45	71.70	8211.17	-8.29	79.99	79.99	89.5	9.51	90.49
987	50	75.17	7009.28	-7.05	82.22	82.22	89.7	7.48	55.90
988	50	75.20	7020.96	-7.06	82.25	82.25	89.8	7.55	56.95
987	50	75.17	7009.28	-7.05	82.22	82.22	89.7	7.48	55.90
987	50	75.17	7009.28	-7.05	82.22	82.22	89.7	7.48	55.90
error medio cuadrático									34.0632

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{-5.272769 - \left(Ws + \frac{P}{0.0457135} \right) + \left(\frac{P}{0.188019Ws} \right)}{\frac{P - \frac{0.93147542}{1.1421481}}{0.252207P}} \dots \text{Ecuación 84}$$

Tabla 177. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
990	50	-21711.89	-21606.59	-63.77	338.84	89.16	90.2	1.04	1.09
988	55	-21673.14	-21577.60	-63.64	339.07	89.89	90.4	0.51	0.26
989	55	-21695.02	-21599.38	-63.70	339.07	89.64	90.3	0.66	0.44
984	55	-21585.64	-21490.49	-63.38	339.08	90.91	90.3	-0.61	0.37
985	55	-21607.52	-21512.27	-63.44	339.08	90.65	89.9	-0.75	0.57
988	40	-21658.14	-21526.77	-63.64	338.27	89.09	89.8	0.71	0.50
992	20	-21725.65	-21461.84	-63.89	335.89	85.71	89	3.29	10.86
995	20	-21791.27	-21526.67	-64.09	335.89	84.95	86.5	1.55	2.41
998	20	-21856.90	-21591.50	-64.28	335.89	84.19	82.9	-1.29	1.66
999	20	-21878.77	-21613.11	-64.35	335.89	83.94	79.5	-4.44	19.69
						error medio cuadrático			3.7826

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{8.27023}{3.2745Ws - 77.24} - 3.9196 \dots \text{Ecuación 85}$$

Tabla 178. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	573.92	-569.29	1156.27	-39.85	14.29	10.00	-4.29	18.37
1009	25	573.92	-569.29	1156.27	-39.85	14.29	10.20	-4.09	16.69
1009	25	573.92	-569.29	1156.27	-39.85	14.29	10.60	-3.69	13.58
1009	25	573.92	-569.29	1156.27	-39.85	14.29	11.20	-3.09	9.52
1009	25	573.92	-569.29	1156.27	-39.85	14.29	12.30	-1.99	3.94
1009	20	568.50	-563.87	1107.25	-46.11	12.23	14.20	1.97	3.88
1008	20	567.96	-563.32	1106.25	-46.06	12.23	15.00	2.77	7.68
1008	20	567.96	-563.32	1106.25	-46.06	12.23	15.50	3.27	10.70
1008	20	567.96	-563.32	1106.25	-46.06	12.23	15.70	3.47	12.05
1008	25	573.38	-568.74	1155.27	-39.82	14.28	15.80	1.52	2.30
1008	25	573.38	-568.74	1155.27	-39.82	14.28	15.80	1.52	2.30
1008	30	578.80	-574.16	1214.07	-35.69	16.09	15.90	-0.19	0.03
1006	30	577.72	-573.08	1212.07	-35.63	16.08	16.30	0.22	0.05
1006	30	577.72	-573.08	1212.07	-35.63	16.08	16.70	0.62	0.38
1006	35	583.14	-578.50	1280.65	-32.82	17.62	17.10	-0.52	0.27
1004	40	587.47	-582.83	1357.01	-30.83	18.90	17.70	-1.20	1.45
1001	45	591.27	-586.63	1442.15	-29.42	19.94	18.70	-1.24	1.53
998	50	595.06	-590.42	1537.08	-28.46	20.75	19.30	-1.45	2.10
990	50	590.72	-586.09	1529.08	-28.31	20.70	19.70	-1.00	1.01
990	60	601.56	-596.93	1754.27	-27.40	21.78	19.90	-1.88	3.54
983	65	603.19	-598.55	1874.54	-27.16	22.04	20.40	-1.64	2.68
979	75	611.86	-607.22	2154.42	-27.27	22.27	20.70	-1.57	2.47
967	90	621.62	-616.98	2641.61	-28.10	21.96	21.10	-0.86	0.74
966	85	615.65	-611.02	2464.43	-27.69	22.07	21.50	-0.57	0.32
965	75	604.27	-599.63	2140.42	-27.09	22.14	21.80	-0.34	0.11
964	75	603.73	-599.09	2139.42	-27.08	22.13	22.10	-0.03	0.00
964	85	614.57	-609.93	2462.43	-27.66	22.05	22.30	0.25	0.06
955	100	625.95	-621.31	3011.30	-28.95	21.46	22.00	0.54	0.29
946	110	631.91	-627.27	3423.13	-30.02	20.89	21.90	1.01	1.01
947	110	632.45	-627.82	3424.13	-30.03	20.90	22.10	1.20	1.43
936	110	626.49	-621.85	3413.13	-29.94	20.77	22.00	1.23	1.51
934	110	625.41	-620.77	3411.13	-29.92	20.75	21.90	1.15	1.32
935	110	625.95	-621.31	3412.13	-29.93	20.76	21.60	0.84	0.70
950	100	623.24	-618.60	3006.30	-28.90	21.40	21.00	-0.40	0.16
952	70	591.81	-587.17	1980.59	-26.76	21.94	20.60	-1.34	1.80
960	60	585.31	-580.67	1724.27	-26.94	21.56	20.10	-1.46	2.13
968	50	578.80	-574.16	1507.08	-27.90	20.58	20.30	-0.28	0.08
980	35	569.05	-564.41	1254.65	-32.16	17.55	20.50	2.95	8.70
985	45	582.60	-577.96	1426.15	-29.10	19.86	21.00	1.14	1.29
987	50	589.10	-584.46	1526.08	-28.25	20.69	21.70	1.01	1.03
988	50	589.64	-585.00	1527.08	-28.27	20.69	22.10	1.41	1.98
987	50	589.10	-584.46	1526.08	-28.25	20.69	23.00	2.31	5.35
987	50	589.10	-584.46	1526.08	-28.25	20.69	24.20	3.51	12.34
						error medio cuadrático			3.695

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{2P - Ws^2 - Ws}{6.3654645Ws} - \frac{Ws - 5.64399133}{-0.02908178Ws} \dots \text{Ecuación 86}$$

Tabla 179. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
990	50	-1.79	44.36	-30.50	28.71	28.71	25.40	-3.31	10.98
988	55	-3.15	49.36	-30.86	27.70	27.70	26.30	-1.40	1.97
989	55	-3.15	49.36	-30.86	27.71	27.71	27.50	-0.21	0.04
984	55	-3.18	49.36	-30.86	27.68	27.68	29.10	1.42	2.01
985	55	-3.17	49.36	-30.86	27.69	27.69	30.00	2.31	5.35
988	40	1.32	34.36	-29.53	30.85	30.85	32.20	1.35	1.81
992	20	12.29	14.36	-24.68	36.97	36.97	33.00	-3.97	15.74
995	20	12.33	14.36	-24.68	37.01	37.01	35.00	-2.01	4.06
998	20	12.38	14.36	-24.68	37.06	37.06	39.10	2.04	4.16
999	20	12.40	14.36	-24.68	37.08	37.08	40.90	3.82	14.61
error medio cuadrático									6.0737

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

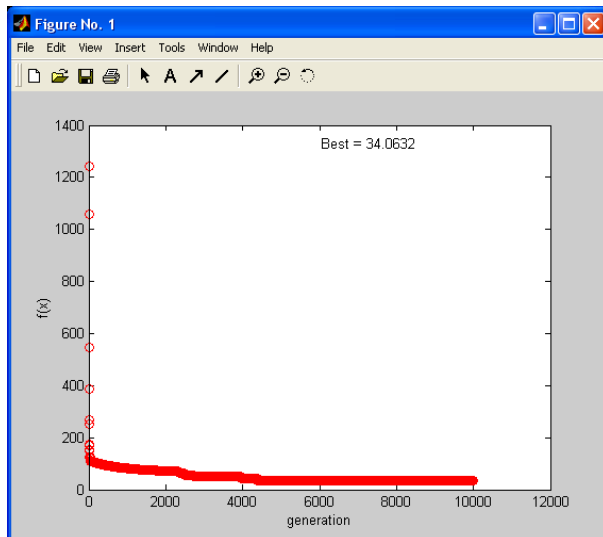


Imagen 124. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

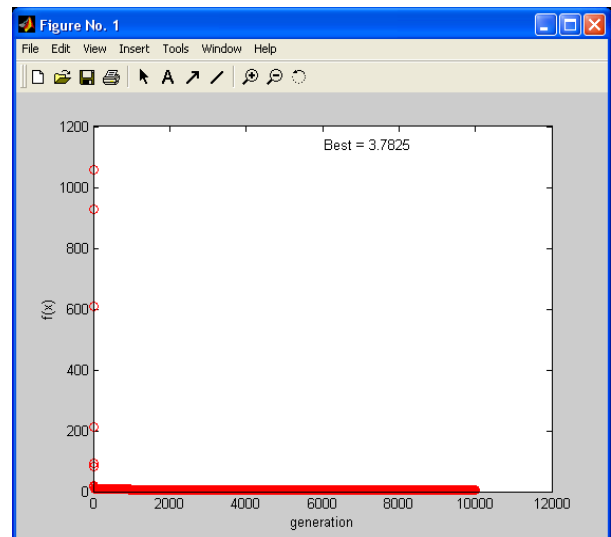


Imagen 123. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

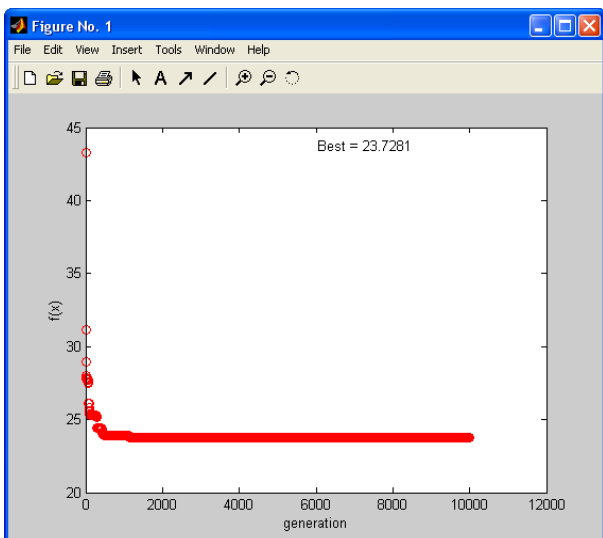


Imagen 125. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

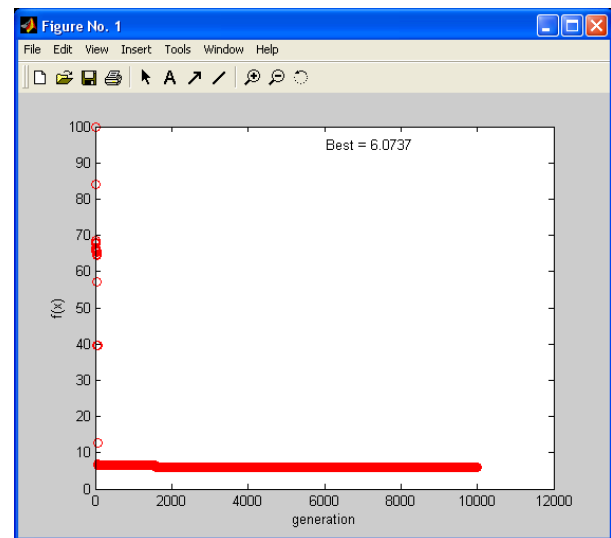


Imagen 126. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

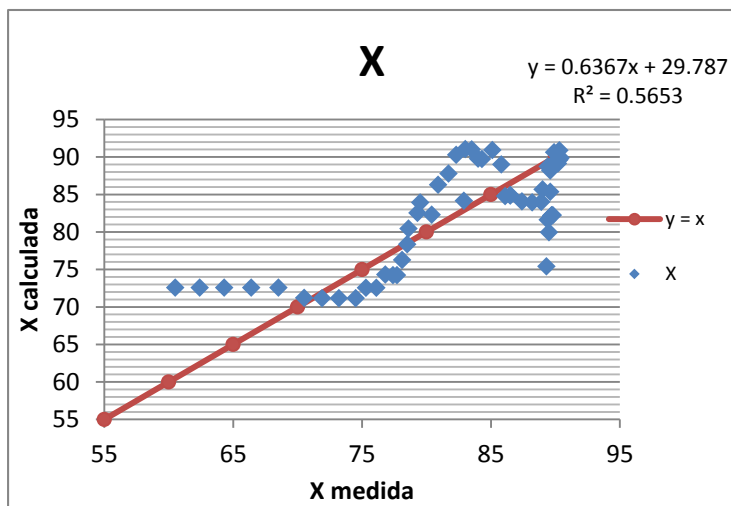


Gráfico 51. Correlación en x (longitud) en grados

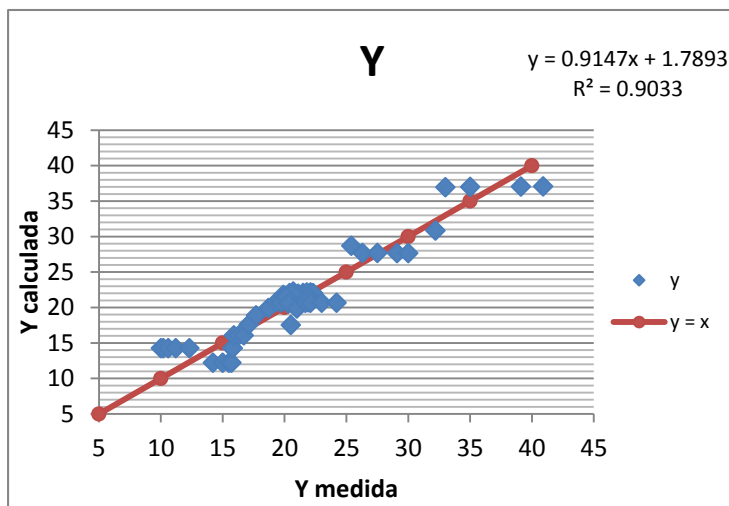
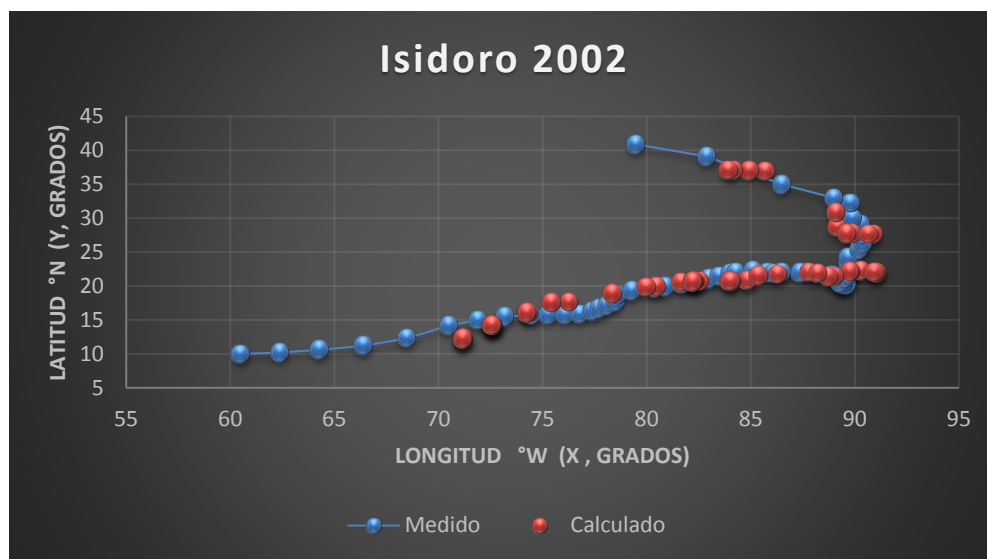


Gráfico 52. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 31. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “ $Y = f(x)$ ”

Ecuación Obtenida

$$Y = (-22.9526586398732 + X) + ((-1.120416 - X) * (0.456508296921694)) \dots \text{Ecuación 87}$$

Tabla 180. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X								
x °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
60.5	37.5473414	-61.62	0.46	-28.13	9.42	10.00	0.58	0.34
62.4	39.4473414	-63.52	0.46	-29.00	10.45	10.20	-0.25	0.06
64.3	41.3473414	-65.42	0.46	-29.86	11.48	10.60	-0.88	0.78
66.4	43.4473414	-67.52	0.46	-30.82	12.62	11.20	-1.42	2.03
68.5	45.5473414	-69.62	0.46	-31.78	13.77	12.30	-1.47	2.15
70.5	47.5473414	-71.62	0.46	-32.70	14.85	14.20	-0.65	0.43
71.9	48.9473414	-73.02	0.46	-33.33	15.61	15.00	-0.61	0.38
73.2	50.2473414	-74.32	0.46	-33.93	16.32	15.50	-0.82	0.67
74.5	51.5473414	-75.62	0.46	-34.52	17.03	15.70	-1.33	1.76
75.3	52.3473414	-76.42	0.46	-34.89	17.46	15.80	-1.66	2.76
76.1	53.1473414	-77.22	0.46	-35.25	17.90	15.80	-2.10	4.39
76.8	53.8473414	-77.92	0.46	-35.57	18.28	15.90	-2.38	5.65
77.4	54.4473414	-78.52	0.46	-35.85	18.60	16.30	-2.30	5.30
77.7	54.7473414	-78.82	0.46	-35.98	18.77	16.70	-2.07	4.26
78.1	55.1473414	-79.22	0.46	-36.16	18.98	17.10	-1.88	3.54
78.5	55.5473414	-79.62	0.46	-36.35	19.20	17.70	-1.50	2.25
78.6	55.6473414	-79.72	0.46	-36.39	19.25	18.70	-0.55	0.31
79.3	56.3473414	-80.42	0.46	-36.71	19.63	19.30	-0.33	0.11
80.4	57.4473414	-81.52	0.46	-37.21	20.23	19.70	-0.53	0.28
80.9	57.9473414	-82.02	0.46	-37.44	20.50	19.90	-0.60	0.37
81.7	58.7473414	-82.82	0.46	-37.81	20.94	20.40	-0.54	0.29
82.3	59.3473414	-83.42	0.46	-38.08	21.27	20.70	-0.57	0.32
83	60.0473414	-84.12	0.46	-38.40	21.65	21.10	-0.55	0.30
83.5	60.5473414	-84.62	0.46	-38.63	21.92	21.50	-0.42	0.17
84	61.0473414	-85.12	0.46	-38.86	22.19	21.80	-0.39	0.15
84.3	61.3473414	-85.42	0.46	-39.00	22.35	22.10	-0.25	0.06
85.1	62.1473414	-86.22	0.46	-39.36	22.79	22.30	-0.49	0.24
85.8	62.8473414	-86.92	0.46	-39.68	23.17	22.00	-1.17	1.36
86.1	63.1473414	-87.22	0.46	-39.82	23.33	21.90	-1.43	2.05
86.5	63.5473414	-87.62	0.46	-40.00	23.55	22.10	-1.45	2.10
87.4	64.4473414	-88.52	0.46	-40.41	24.04	22.00	-2.04	4.15
88.2	65.2473414	-89.32	0.46	-40.78	24.47	21.90	-2.57	6.61
88.9	65.9473414	-90.02	0.46	-41.10	24.85	21.60	-3.25	10.58
89.4	66.4473414	-90.52	0.46	-41.32	25.12	21.00	-4.12	17.01
89.6	66.6473414	-90.72	0.46	-41.41	25.23	20.60	-4.63	21.46
89.6	66.6473414	-90.72	0.46	-41.41	25.23	20.10	-5.13	26.34
89.4	66.4473414	-90.52	0.46	-41.32	25.12	20.30	-4.82	23.27
89.3	66.3473414	-90.42	0.46	-41.28	25.07	20.50	-4.57	20.88
89.5	66.5473414	-90.62	0.46	-41.37	25.18	21.00	-4.18	17.46
89.7	66.7473414	-90.82	0.46	-41.46	25.29	21.70	-3.59	12.87
89.8	66.8473414	-90.92	0.46	-41.51	25.34	22.10	-3.24	10.51
89.7	66.7473414	-90.82	0.46	-41.46	25.29	23.00	-2.29	5.23
89.7	66.7473414	-90.82	0.46	-41.46	25.29	24.20	-1.09	1.18
90.2	67.2473414	-91.32	0.46	-41.69	25.56	25.40	-0.16	0.03
90.4	67.4473414	-91.52	0.46	-41.78	25.67	26.30	0.63	0.40
90.3	67.3473414	-91.42	0.46	-41.73	25.61	27.50	1.89	3.56
90.3	67.3473414	-91.42	0.46	-41.73	25.61	29.10	3.49	12.16
89.9	66.9473414	-91.02	0.46	-41.55	25.40	30.00	4.60	21.20
89.8	66.8473414	-90.92	0.46	-41.51	25.34	32.20	6.86	47.04
89	66.0473414	-90.12	0.46	-41.14	24.91	33.00	8.09	65.50
86.5	63.5473414	-87.62	0.46	-40.00	23.55	35.00	11.45	131.15
82.9	59.9473414	-84.02	0.46	-38.36	21.59	39.10	17.51	306.55
79.5	56.5473414	-80.62	0.46	-36.80	19.74	40.90	21.16	447.60
							error medio cuadrático	23.7281

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

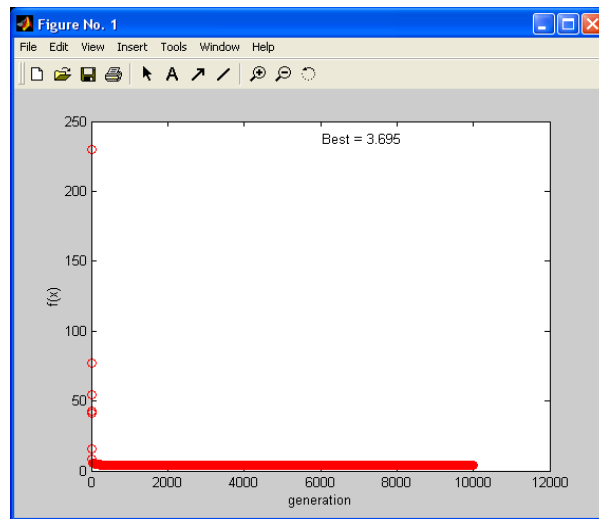


Imagen 127. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

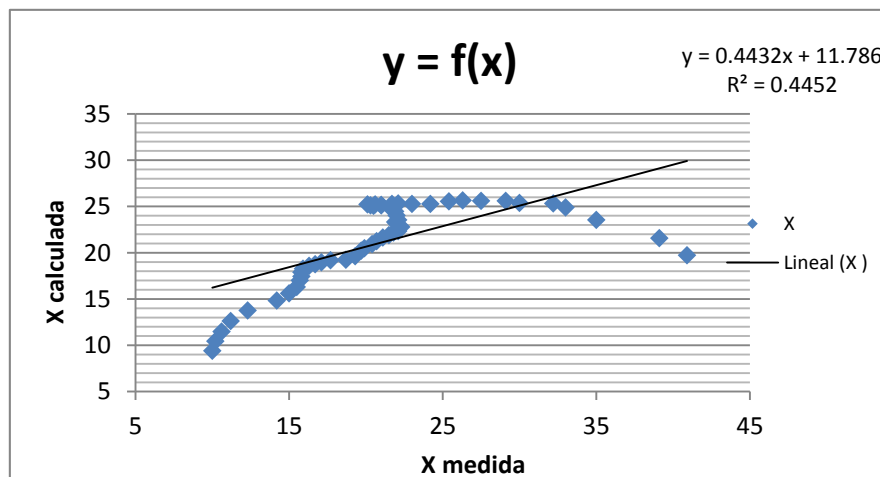
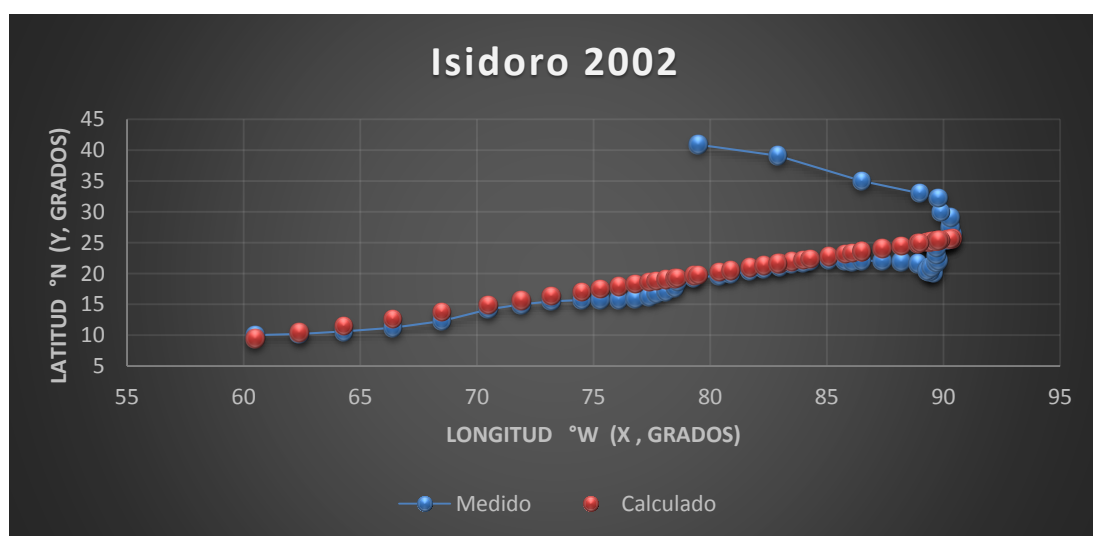


Gráfico 53. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 32. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Cindy

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.067039398 P + 0.451297061 W_s - 0.6665558 \dots \text{Ecuación 88}$$

Tabla 181. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	30	67.643	81.182	80.515	80.515	80.515	86.7	6.185	38.253
1007	30	67.509	81.048	80.381	80.381	80.381	87.2	6.819	46.498
1007	30	67.509	81.048	80.381	80.381	80.381	87.9	7.519	56.535
1011	25	67.777	79.059	78.393	78.393	78.393	88.5	10.107	102.157
1010	30	67.710	81.249	80.582	80.582	80.582	89.0	8.418	70.860
1009	30	67.643	81.182	80.515	80.515	80.515	89.7	9.185	84.362
1009	35	67.643	83.438	82.772	82.772	82.772	90.2	7.428	55.181
1002	45	67.173	87.482	86.815	86.815	86.815	90.4	3.585	12.850
997	60	66.838	93.916	93.250	93.250	93.250	90.5	-2.750	7.560
992	65	66.503	95.837	95.171	95.171	95.171	90.3	-4.871	23.725
994	50	66.637	89.202	88.535	88.535	88.535	90.0	1.465	2.145
998	40	66.905	84.957	84.291	84.291	84.291	88.9	4.609	21.246
1000	30	67.039	80.578	79.912	79.912	79.912	88.1	8.188	67.047
1004	25	67.308	78.590	77.923	77.923	77.923	87.2	9.277	86.055
1008	20	67.576	76.602	75.935	75.935	75.935	86.2	10.265	105.368
1009	20	67.643	76.669	76.002	76.002	76.002	84.1	8.098	65.575
1010	20	67.710	76.736	76.069	76.069	76.069	81.8	5.731	32.842
1010	20	67.710	76.736	76.069	76.069	76.069	80.0	3.931	15.451
1010	20	67.710	76.736	76.069	76.069	76.069	78.3	2.231	4.977
1009	25	67.643	78.925	78.259	78.259	78.259	76.7	-1.559	2.429
1009	25	67.643	78.925	78.259	78.259	78.259	74.8	-3.459	11.962
1009	25	67.643	78.925	78.259	78.259	78.259	72.0	-6.259	39.170
1009	25	67.643	78.925	78.259	78.259	78.259	70.7	-7.559	57.133
1007	30	67.509	81.048	80.381	80.381	80.381	69.8	-10.581	111.958
1006	30	67.442	80.981	80.314	80.314	80.314	69.6	-10.714	114.790
1006	30	67.442	80.981	80.314	80.314	80.314	69.8	-10.514	110.544
1006	30	67.442	80.981	80.314	80.314	80.314	70.0	-10.314	106.378
1006	25	67.442	78.724	78.058	78.058	78.058	67.6	-10.458	109.359
1006	20	67.442	76.468	75.801	75.801	75.801	66.4	-9.401	88.379
1006	20	67.442	76.468	75.801	75.801	75.801	64.5	-11.301	127.713
1006	20	67.442	76.468	75.801	75.801	75.801	62.5	-13.301	176.917
error medio cuadrático									63.0782

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left(\frac{P - W_s^2}{-11.275108 - \frac{PW_s}{0.2650391 P + 0.2650391 W_s}} \right) - \left(\frac{P + 4.1260514}{-W_s - 1.0819162} \right) \dots \text{Ecuación 89}$$

Tabla 182. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1009	30	109	-121.198	-0.899	31.696	31.696	18.3	-13.396	179.451
1007	30	107	-121.191	-0.883	31.648	31.648	18.6	-13.048	170.252
1007	30	107	-121.191	-0.883	31.648	31.648	19.3	-12.348	152.475
1011	25	386	-103.325	-3.736	35.185	35.185	20.9	-14.285	204.056
1010	30	110	-121.201	-0.908	31.720	31.720	22.3	-9.420	88.734
1009	30	109	-121.198	-0.899	31.696	31.696	23.9	-7.796	60.777
1009	35	-216	-138.904	1.555	29.633	29.633	25.1	-4.533	20.553
1002	45	-1023	-173.764	5.887	27.721	27.721	26.4	-1.321	1.744
997	60	-2603	-224.806	11.579	27.969	27.969	27.6	-0.369	0.136
992	65	-3233	-241.441	13.390	28.465	28.465	28.5	0.035	0.001
994	50	-1506	-190.891	7.889	27.429	27.429	29.6	2.171	4.713
998	40	-602	-156.380	3.850	28.243	28.243	30.8	2.557	6.539
1000	30	100	-121.169	-0.825	31.480	31.480	31.6	0.120	0.014
1004	25	379	-103.309	-3.669	34.984	34.984	32.4	-2.584	6.675
1008	20	608	-85.268	-7.130	40.879	40.879	33.2	-7.679	58.961
1009	20	609	-85.269	-7.142	40.914	40.914	34.6	-6.314	39.872
1010	20	610	-85.270	-7.154	40.950	40.950	35.6	-5.350	28.625
1010	20	610	-85.270	-7.154	40.950	40.950	37.1	-3.850	14.824
1010	20	610	-85.270	-7.154	40.950	40.950	37.8	-3.150	9.924
1009	25	384	-103.320	-3.717	35.127	35.127	38.4	3.273	10.710
1009	25	384	-103.320	-3.717	35.127	35.127	39.1	3.973	15.782
1009	25	384	-103.320	-3.717	35.127	35.127	39.5	4.373	19.120
1009	25	384	-103.320	-3.717	35.127	35.127	40.8	5.673	32.179
1007	30	107	-121.191	-0.883	31.648	31.648	41.6	9.952	99.041
1006	30	106	-121.188	-0.875	31.624	31.624	43.5	11.876	141.037
1006	30	106	-121.188	-0.875	31.624	31.624	44.9	13.276	176.249
1006	30	106	-121.188	-0.875	31.624	31.624	45.5	13.876	192.540
1006	25	381	-103.314	-3.688	35.041	35.041	46.5	11.459	131.306
1006	20	606	-85.265	-7.107	40.807	40.807	48	7.193	51.740
1006	20	606	-85.265	-7.107	40.807	40.807	48.5	7.693	59.183
1006	20	606	-85.265	-7.107	40.807	40.807	48.5	7.693	59.183
error medio cuadrático									65.6903

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

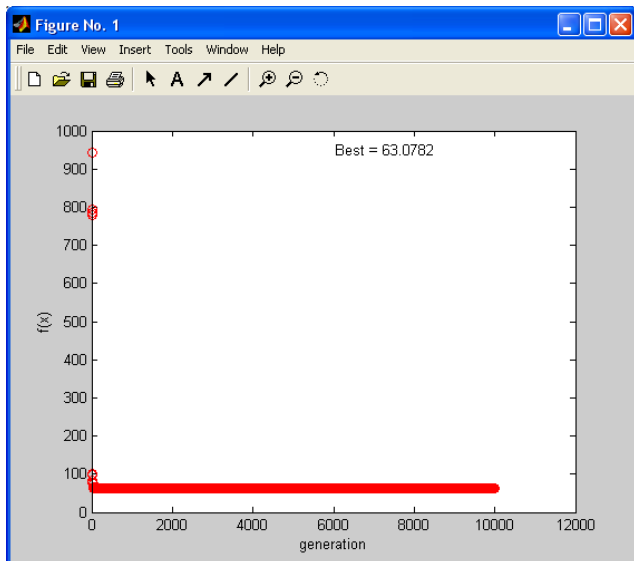


Imagen 129. Error medio cuadrático en X (programación genética)

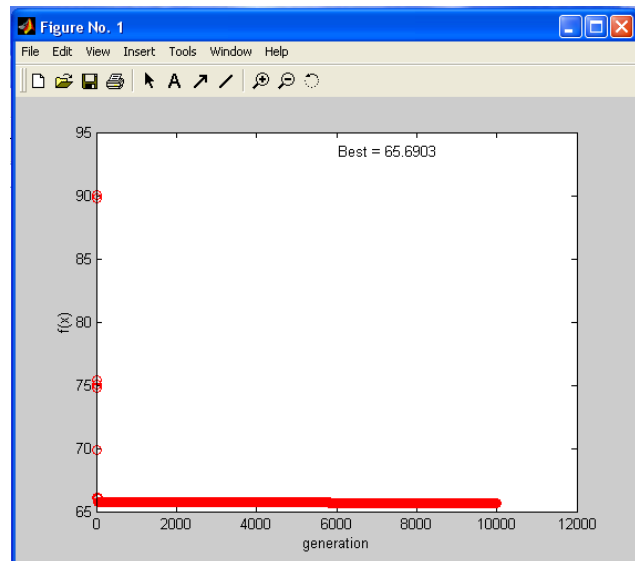


Imagen 128. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

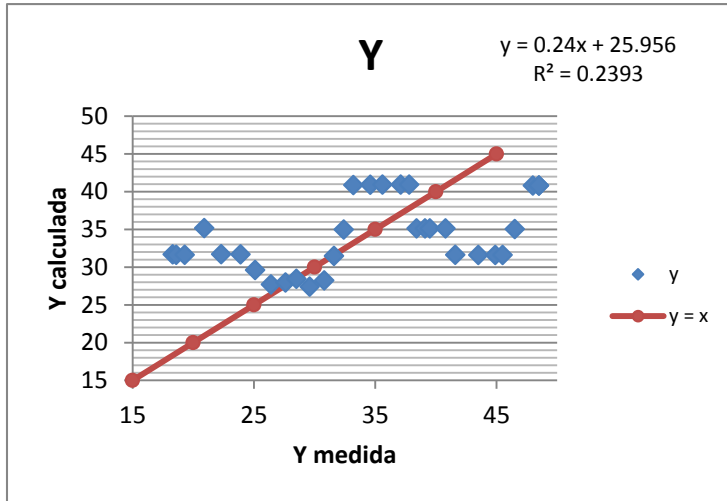


Gráfico 54. Correlación en x (longitud) en grados

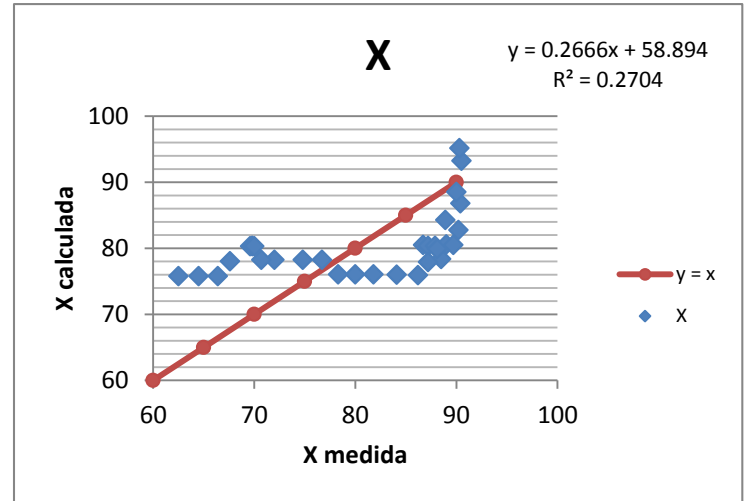
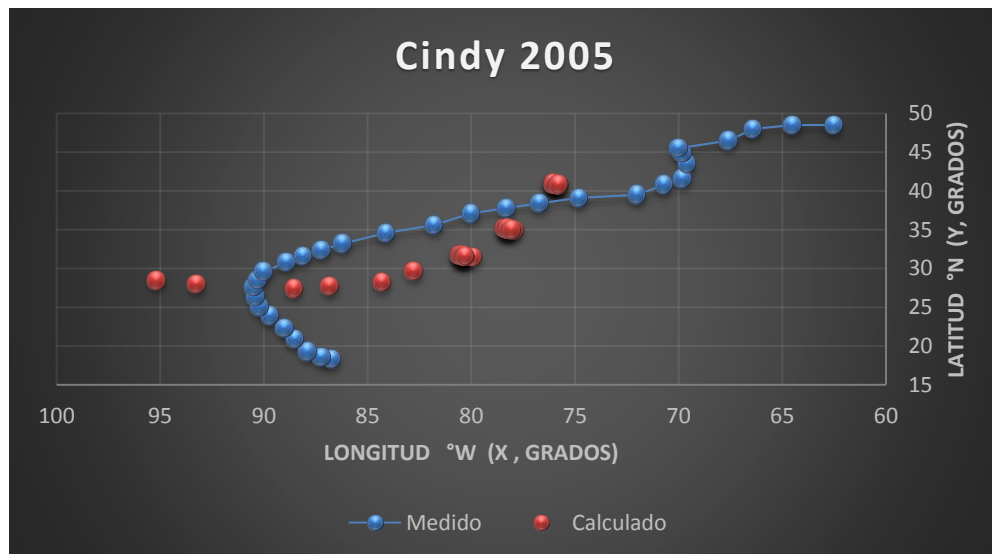


Gráfico 55. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 33. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{\frac{P}{7.858152} - \frac{0.645307}{-1.796771}}{Ws} + Ws + \frac{Ws}{2.695073} \dots \text{Ecuación 90}$$

Tabla 183. Programación Trayectoria en X (Calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	136.379	34.546	29.121	59.121	70.252	70	-0.252	0.064
1006	25	138.787	30.551	32.928	57.928	67.204	67.6	0.396	0.157
1006	20	142.400	27.120	37.094	57.094	64.515	66.4	1.885	3.552
1006	20	142.400	27.120	37.094	57.094	64.515	64.5	-0.015	0.000
1006	20	142.400	27.120	37.094	57.094	64.515	62.5	-2.015	4.062
error medio cuadrático									1.5668

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(\frac{W_s^2}{0.934380} - W_s + \frac{0.171636 + W_s + \frac{W_s}{0.896000} + P}{W_s} + \frac{P}{0.896000} \right) \dots \text{Ecuación 91}$$

Tabla 184. Programación Trayectoria en X (Calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	42.483	1168.599	1812.492	72.500	72.500	74.8	2.300	5.292
1009	25	42.483	1168.599	1812.492	72.500	72.500	72	-0.500	0.250
1009	25	42.483	1168.599	1812.492	72.500	72.500	70.7	-1.800	3.239
1007	30	35.688	1159.572	2092.778	69.759	69.759	69.8	0.041	0.002
1006	30	35.655	1158.423	2091.629	69.721	69.721	69.6	-0.121	0.015
1006	30	35.655	1158.423	2091.629	69.721	69.721	69.8	0.079	0.006
error medio cuadrático									1.4671

“Tercer Tramo”

$$X3 = \left(W_s - \frac{P + 37.548127 + \frac{P}{W_s} - W_s}{0.070618 P - 0.566164} - \frac{P}{-8.666941 - W_s} \right) \dots \text{Ecuación 92}$$

Tabla 185. Programación Trayectoria en X (Calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
994	50	998.547	14.225	-25.126	75.126	92.069	90	-2.069	4.281
998	40	969.236	13.753	-24.291	64.291	84.798	88.9	4.102	16.830
1000	30	1337.548	18.941	-33.454	63.454	89.316	88.1	-1.216	1.479
1004	25	1107.775	15.624	-27.597	52.597	82.418	87.2	4.782	22.863
1008	20	1078.706	15.154	-26.766	46.766	81.929	86.2	4.271	18.245
1009	20	1079.684	15.153	-26.764	46.764	81.961	84.1	2.139	4.575
1010	20	1080.663	15.151	-26.762	46.762	81.994	81.8	-0.194	0.038
1010	20	1080.663	15.151	-26.762	46.762	81.994	80	-1.994	3.975
1010	20	1080.663	15.151	-26.762	46.762	81.994	78.3	-3.694	13.644
1009	25	1112.238	15.610	-27.571	52.571	82.541	76.7	-5.841	34.115
error medio cuadrático									12.0046

“Cuarto Tramo”

$$X4 = \left(0.949500 - \frac{0.088500P + 2.473879}{0.505906W_s} + 0.088844P + 4.01 \right) \dots \text{Ecuación 93}$$

Tabla 186. Programación Trayectoria en X (Calculada, cuarto tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X4									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	30	6.047	-5.097	84.546	88.563	88.563	86.7	-1.863	3.472
1007	30	6.035	-5.085	84.380	88.397	88.397	87.2	-1.197	1.434
1007	30	6.035	-5.085	84.380	88.397	88.397	87.9	-0.497	0.247
1011	25	7.270	-6.320	83.501	87.518	87.518	88.5	0.982	0.965
1010	30	6.052	-5.103	84.630	88.646	88.646	89	0.354	0.125
1009	30	6.047	-5.097	84.546	88.563	88.563	89.7	1.137	1.292
1009	35	5.183	-4.233	85.410	89.427	89.427	90.2	0.773	0.597
1002	45	4.004	-3.054	85.967	89.984	89.984	90.4	0.416	0.173
997	60	2.988	-2.039	86.539	90.556	90.556	90.5	-0.056	0.003
992	65	2.745	-1.795	86.338	90.355	90.355	90.3	-0.055	0.003
error medio cuadrático									0.83112

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left(\frac{-0.75049781 + P - 0.5904197 W_s}{W_s + 8.237377525} + 0.6593324 W_s \right) \dots \text{Ecuación 94}$$

Tabla 187. Programación Trayectoria en Y (Calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	987.537	38.237	25.826	25.826	45.606	45.5	-0.106	0.011
1006	25	990.489	33.237	29.800	29.800	46.284	46.5	0.216	0.047
1006	20	993.441	28.237	35.182	35.182	48.368	48	-0.368	0.136
1006	20	993.441	28.237	35.182	35.182	48.368	48.5	0.132	0.017
1006	20	993.441	28.237	35.182	35.182	48.368	48.5	0.132	0.017
error medio cuadrático									0.04569

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \left(\frac{P}{P} + W_s \right) \dots \text{Ecuación 95}$$

$$W_s - \frac{-1.151831}{1.4720291} + W_s + 6.1727233$$

Tabla 188. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	48.156	-875.997	68.191	14.797	39.797	39.1	-0.697	0.485
1009	25	48.156	-875.997	68.191	14.797	39.797	39.5	-0.297	0.088
1009	25	48.156	-875.997	68.191	14.797	39.797	40.8	1.003	1.007
1007	30	56.553	-874.260	75.459	13.345	43.345	41.6	-1.745	3.045
1006	30	56.553	-873.392	75.444	13.334	43.334	43.5	0.166	0.027
1006	30	56.553	-873.392	75.444	13.334	43.334	44.9	1.566	2.451
error medio cuadrático									1.1839

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \left(\frac{8.751460449 - Ws}{\frac{2Ws + Ws^2}{1.0994582 * \left(\frac{Ws}{-0.08443632 - P - Ws} \right)}} \right) \dots \text{Ecuación 96}$$

Tabla 189. Programación Trayectoria en Y (Calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
994	50	2600.000	-1798.892	-41.249	-1.445	28.539	29.6	1.061	1.126
998	40	1680.000	-1662.084	-31.249	-1.011	30.915	30.8	-0.115	0.013
1000	30	960.000	-1523.077	-21.249	-0.630	33.712	31.6	-2.112	4.459
1004	25	675.000	-1456.871	-16.249	-0.463	35.070	32.4	-2.670	7.127
1008	20	440.000	-1390.666	-11.249	-0.316	35.552	33.2	-2.352	5.533
1009	20	440.000	-1391.766	-11.249	-0.316	35.580	34.6	-0.980	0.961
1010	20	440.000	-1392.865	-11.249	-0.316	35.608	35.6	-0.008	0.000
1010	20	440.000	-1392.865	-11.249	-0.316	35.608	37.1	1.492	2.225
1010	20	440.000	-1392.865	-11.249	-0.316	35.608	37.8	2.192	4.803
1009	25	675.000	-1462.369	-16.249	-0.462	35.202	38.4	3.198	10.227
error medio cuadrático									3.6474

“Cuarto Tramo”

$$Y4 = (8.3654259 + 2Ws) * \left(\frac{-0.4147091}{P} + 0.41565924 - \frac{3Ws + 15.22461808}{P} \right) \dots \text{Ecuación 97}$$

Tabla 190. Programación Trayectoria en Y (Calculada, cuarto tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y4									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	30	0.42	0.104	0.311	68.365	21.259	18.3	-2.959	8.756
1007	30	0.42	0.104	0.311	68.365	21.245	18.6	-2.645	6.995
1007	30	0.42	0.104	0.311	68.365	21.245	19.3	-1.945	3.782
1011	25	0.42	0.089	0.326	58.365	19.027	20.9	1.873	3.506
1010	30	0.42	0.104	0.311	68.365	21.266	22.3	1.034	1.069
1009	30	0.42	0.104	0.311	68.365	21.259	23.9	2.641	6.975
1009	35	0.42	0.119	0.296	78.365	23.204	25.1	1.896	3.596
1002	45	0.42	0.150	0.265	98.365	26.098	26.4	0.302	0.091
997	60	0.42	0.196	0.219	128.365	28.167	27.6	-0.567	0.322
992	65	0.42	0.212	0.203	138.365	28.133	28.5	0.367	0.135
error medio cuadrático									3.5227

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

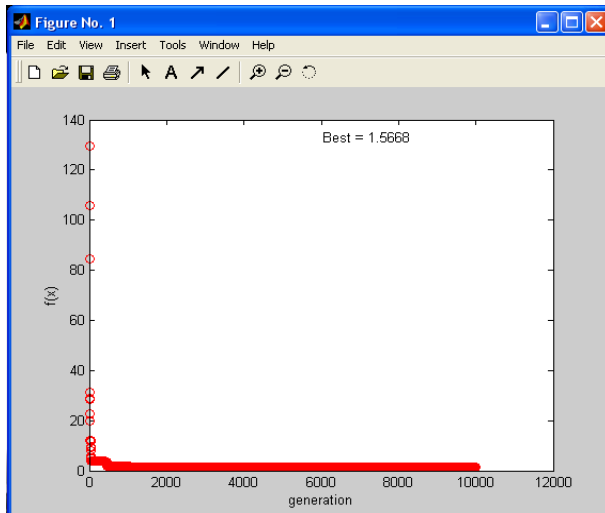


Imagen 131. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

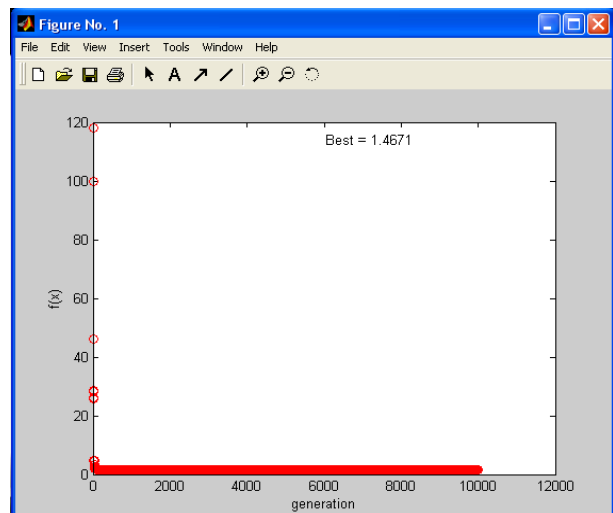


Imagen 130. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

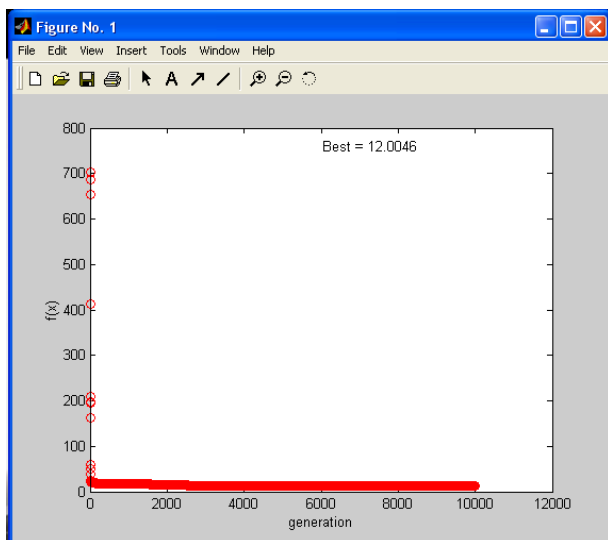


Imagen 132. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

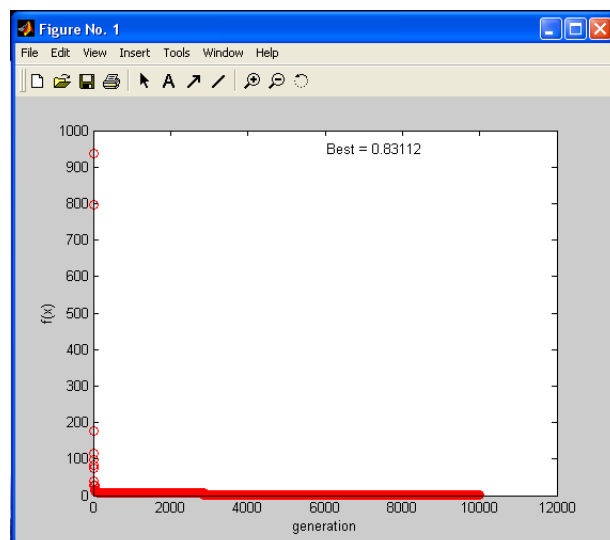


Imagen 133. Error medio cuadrático en X4 (programación genética)

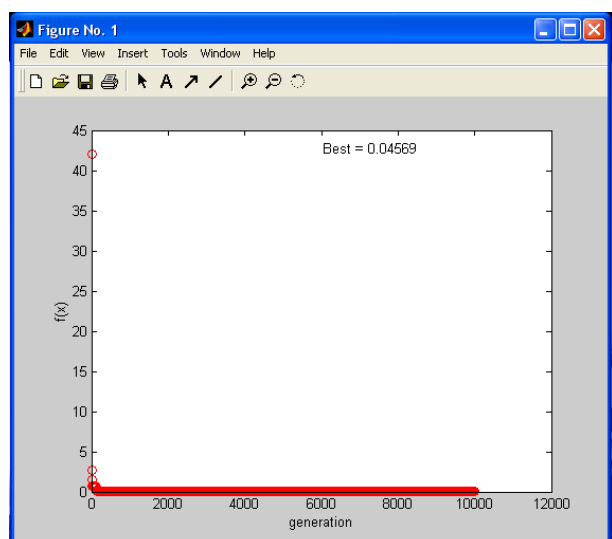


Imagen 134. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

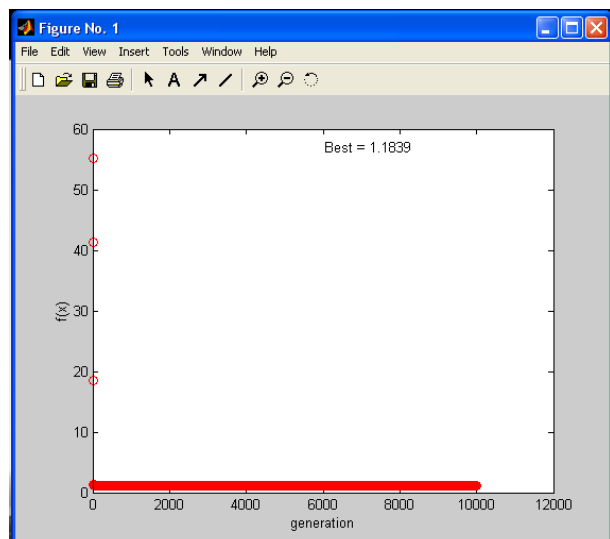


Imagen 135. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

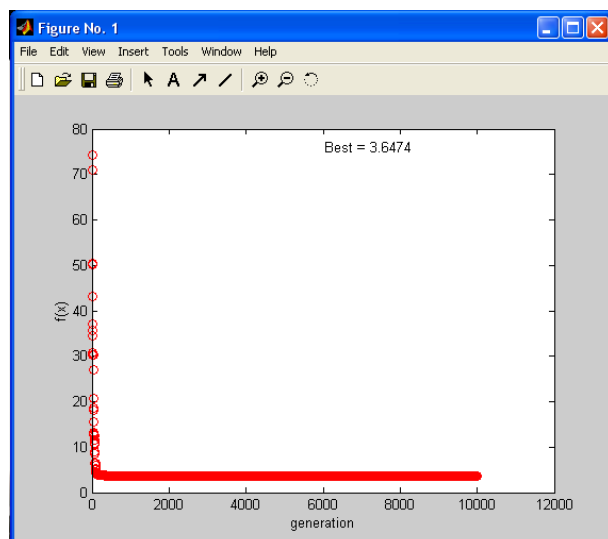


Imagen 136. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

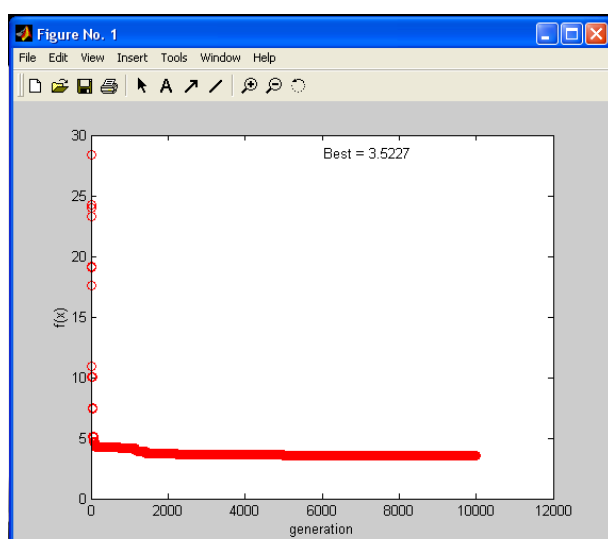


Imagen 137. Error medio cuadrático en Y4 (programación genética)

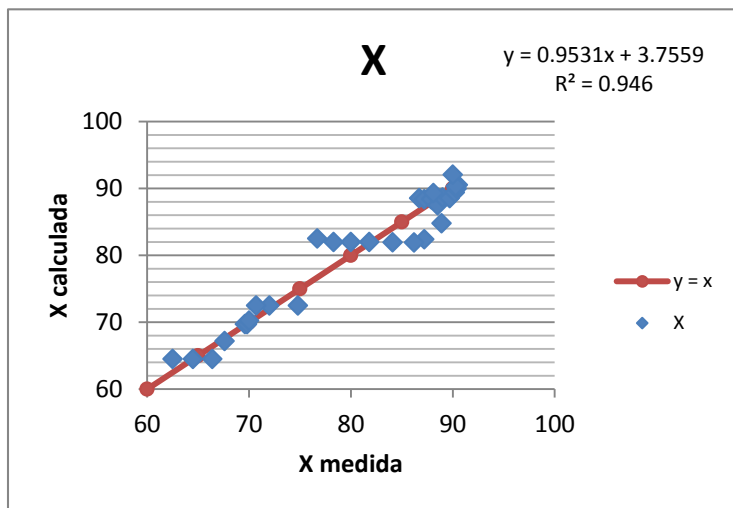


Gráfico 56. Correlación en x (longitud) en grados

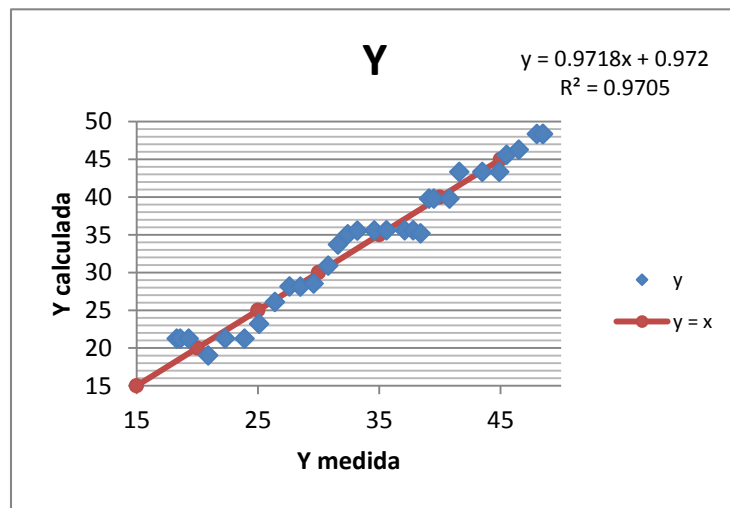
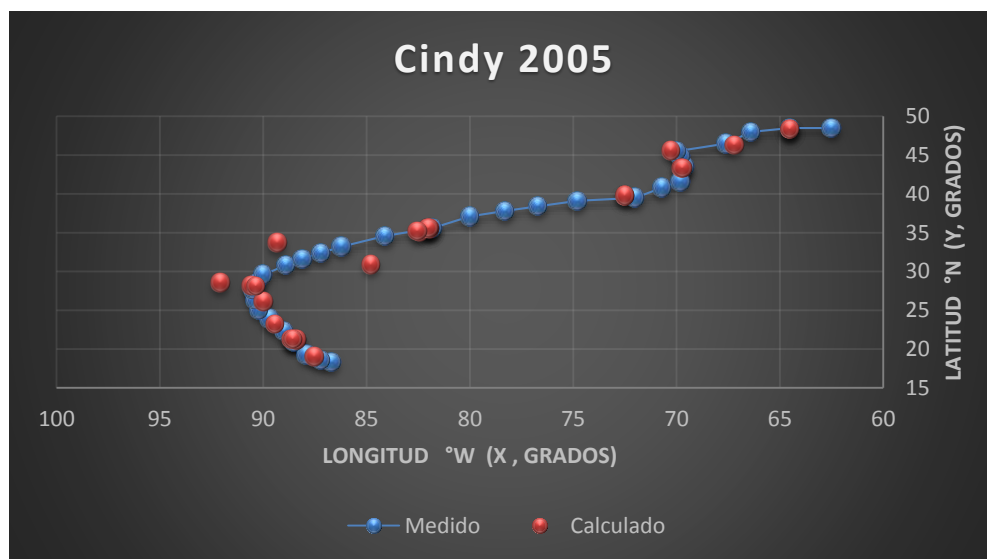


Gráfico 57. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 34. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \frac{\begin{pmatrix} 0.898648 \\ X+1.584866 \\ -0.898648 \\ 0.03532 \\ 0.898648 \\ X+1.586118 \\ -0.317451 \\ 0.317451 \\ -0.067761 \\ 0.035320 \\ -0.388673 \end{pmatrix}}{0.035320} \dots \text{Ecuación 98}$$

Tabla 191. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)													
x	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Ecuación parte 4	Ecuación parte 5	Ecuación parte 6	Ecuación parte 7	Ecuación parte 8	Ecuación parte 9	Calculado	Medido	Error al cuadrado	Error al cuadrado
86.7	-0.01	-3.47	0.26	-0.82	2.57	37.93	2.33	-0.39	-10.93	28.12	18.30	-9.82	96.453
87.2	-0.01	-3.49	0.26	-0.81	2.56	37.71	2.35	-0.38	-10.81	27.81	18.60	-9.21	84.736
87.9	-0.01	-3.52	0.26	-0.80	2.54	37.42	2.39	-0.38	-10.64	27.37	19.30	-8.07	65.155
88.5	-0.01	-3.54	0.25	-0.80	2.52	37.17	2.42	-0.37	-10.50	27.01	20.90	-6.11	37.314
89	-0.01	-3.56	0.25	-0.80	2.50	36.96	2.45	-0.37	-10.38	26.71	22.30	-4.41	19.458
89.7	-0.01	-3.59	0.25	-0.79	2.49	36.68	2.49	-0.36	-10.22	26.30	23.90	-2.40	5.775
90.2	-0.01	-3.61	0.25	-0.78	2.47	36.48	2.52	-0.36	-10.11	26.02	25.10	-0.92	0.841
90.4	-0.01	-3.62	0.25	-0.78	2.47	36.40	2.53	-0.36	-10.07	25.90	26.40	0.50	0.246
90.5	-0.01	-3.62	0.25	-0.78	2.46	36.36	2.53	-0.35	-10.05	25.85	27.60	1.75	3.069
90.3	-0.01	-3.61	0.25	-0.78	2.47	36.44	2.52	-0.36	-10.09	25.96	28.50	2.54	6.448
90	-0.01	-3.60	0.25	-0.79	2.48	36.56	2.51	-0.36	-10.16	26.13	29.60	3.47	12.034
88.9	-0.01	-3.56	0.25	-0.80	2.51	37.00	2.45	-0.37	-10.40	26.77	30.80	4.03	16.239
88.1	-0.01	-3.52	0.25	-0.80	2.53	37.33	2.40	-0.37	-10.59	27.25	31.60	4.35	18.923
87.2	-0.01	-3.49	0.26	-0.81	2.56	37.71	2.35	-0.38	-10.81	27.81	32.40	4.59	21.112
86.2	-0.01	-3.45	0.26	-0.82	2.58	38.14	2.30	-0.39	-11.05	28.44	33.20	4.76	22.636
84.1	-0.01	-3.37	0.27	-0.84	2.65	39.08	2.19	-0.41	-11.60	29.85	34.60	4.75	22.529
81.8	-0.01	-3.28	0.27	-0.86	2.72	40.15	2.08	-0.43	-12.25	31.52	35.60	4.08	16.621
80	-0.01	-3.21	0.28	-0.88	2.78	41.04	1.99	-0.45	-12.80	32.93	37.10	4.17	17.394
78.3	-0.01	-3.14	0.29	-0.90	2.84	41.91	1.91	-0.47	-13.35	34.35	37.80	3.45	11.931
76.7	-0.01	-3.08	0.29	-0.92	2.90	42.77	1.83	-0.49	-13.90	35.76	38.40	2.64	6.948
74.8	-0.01	-3.00	0.30	-0.94	2.97	43.83	1.74	-0.52	-14.60	37.57	39.10	1.53	2.355
72	-0.01	-2.89	0.31	-0.98	3.08	45.50	1.62	-0.56	-15.73	40.48	39.50	-0.98	0.958
70.7	-0.01	-2.84	0.32	-1.00	3.14	46.32	1.56	-0.58	-16.30	41.95	40.80	-1.15	1.317
69.8	-0.01	-2.81	0.32	-1.01	3.18	46.90	1.52	-0.59	-16.72	43.01	41.60	-1.41	1.994
69.6	-0.01	-2.80	0.32	-1.01	3.19	47.04	1.51	-0.59	-16.81	43.25	43.50	0.25	0.060
69.8	-0.01	-2.81	0.32	-1.01	3.18	46.90	1.52	-0.59	-16.72	43.01	44.90	1.89	3.564
70	-0.01	-2.81	0.32	-1.01	3.17	46.77	1.53	-0.59	-16.62	42.77	45.50	2.73	7.442
67.6	-0.01	-2.72	0.33	-1.04	3.28	48.40	1.43	-0.63	-17.80	45.79	46.50	0.71	0.503
66.4	-0.01	-2.67	0.34	-1.06	3.34	49.25	1.38	-0.65	-18.43	47.42	48.00	0.58	0.334
64.5	-0.01	-2.60	0.35	-1.09	3.43	50.67	1.30	-0.69	-19.51	50.19	48.50	-1.69	2.848
62.5	-0.01	-2.52	0.36	-1.12	3.54	52.25	1.23	-0.73	-20.74	53.37	48.50	-4.87	23.709
error medio cuadrático												17.1273	

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

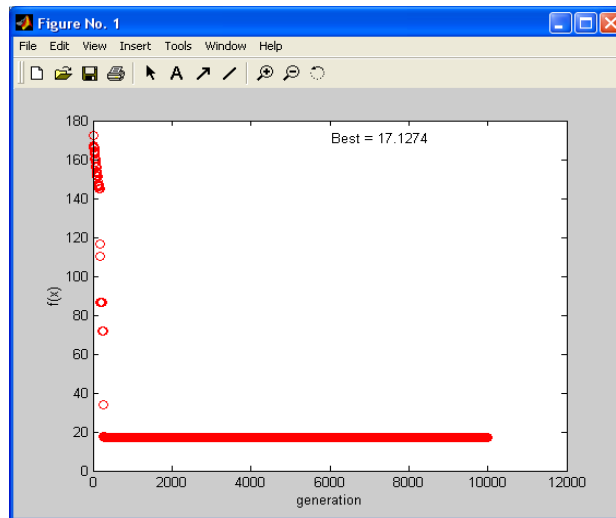


Imagen 138. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

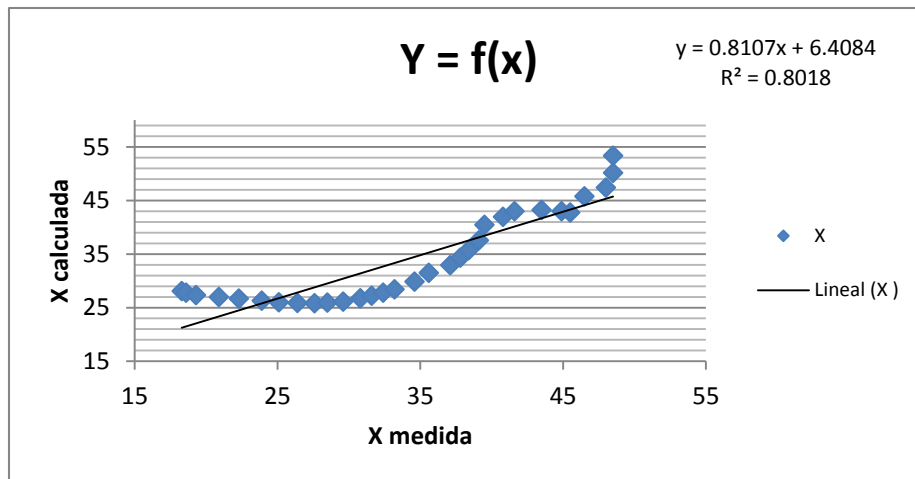
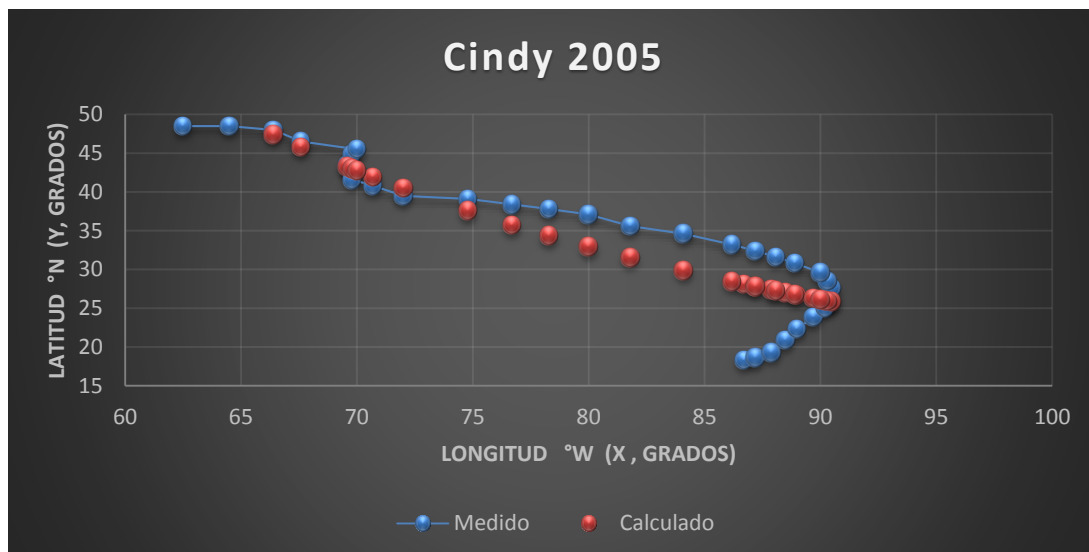


Gráfico 58. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 35. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Emily

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \frac{P}{1.299603 * Ws} - \frac{\left(\frac{(Ws - 5.405853) * (1.268665 * Ws)}{0.248197} \right)}{P} + \left((1.87027 * Ws) * (-1.053176) \right) \dots \text{Ecuación 99}$$

Tabla 192. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1010	25	2503.90	2.48	-28.77	31.09	59.86	42.4	-17.46	304.887121
1009	30	3771.41	3.74	-33.77	25.88	59.65	43.4	-16.25	263.944898
1009	30	3771.41	3.74	-33.77	25.88	59.65	44.4	-15.25	232.452136
1007	30	3771.41	3.75	-33.76	25.83	59.59	45.4	-14.19	201.28969
1006	35	5294.49	5.26	-38.49	22.12	60.61	46.8	-13.81	190.686321
1005	40	7073.15	7.04	-42.97	19.33	62.30	48.5	-13.80	190.46202
1004	45	9107.39	9.07	-47.19	17.17	64.35	50.2	-14.15	200.313238
1004	45	9107.39	9.07	-47.19	17.17	64.35	52	-12.35	152.601697
1003	45	9107.39	9.08	-47.18	17.15	64.33	53.7	-10.63	112.934462
1003	45	9107.39	9.08	-47.18	17.15	64.33	55.4	-8.93	79.6924489
1003	50	11397.20	11.36	-51.14	15.44	66.58	57.2	-9.38	87.9803927
1003	55	13942.59	13.90	-54.86	14.03	68.89	58.9	-9.99	99.7906339
999	70	23112.22	23.14	-64.38	10.98	75.36	60.2	-15.16	229.716637
991	75	26679.91	26.92	-66.84	10.17	77.01	61.5	-15.51	240.439775
980	85	34582.03	35.29	-70.97	8.87	79.85	63.2	-16.65	277.099664
971	100	48352.03	49.80	-75.22	7.47	82.69	64.9	-17.79	316.492342
959	110	58809.91	61.32	-76.19	6.71	82.90	66.7	-16.20	262.454923
952	115	64422.21	67.67	-76.10	6.37	82.47	68.4	-14.07	197.866635
964	115	64422.21	66.83	-76.94	6.45	83.39	70.1	-13.29	176.60203
969	95	43506.45	44.90	-73.87	7.85	81.71	71.8	-9.91	98.2942098
958	110	58809.91	61.39	-76.13	6.70	82.83	73.4	-9.43	88.9145784
954	120	70290.09	73.68	-76.34	6.12	82.46	75	-7.46	55.5876489
944	130	82792.58	87.70	-74.82	5.59	80.40	76.5	-3.90	15.231727
937	135	89427.19	95.44	-73.33	5.34	78.67	78	-0.67	0.44995221
929	140	96317.38	103.68	-71.34	5.11	76.45	79.5	3.05	9.31366247
940	135	89427.19	95.14	-73.63	5.36	78.99	81.2	2.21	4.87314698
946	130	82792.58	87.52	-75.00	5.60	80.60	82.8	2.20	4.83981001
948	125	76413.55	80.61	-75.66	5.84	81.50	84.3	2.80	7.84469077
951	120	70290.09	73.91	-76.11	6.10	82.20	85.8	3.60	12.9308642
955	115	64422.21	67.46	-76.31	6.39	82.70	87.3	4.60	21.1677496
975	65	19800.10	20.31	-60.95	11.54	72.49	88.9	16.41	269.1623
984	75	26679.91	27.11	-66.65	10.10	76.74	90.3	13.56	183.798107
981	80	30503.18	31.09	-68.92	9.44	78.35	91.5	13.15	172.831185
980	80	30503.18	31.13	-68.89	9.43	78.31	92.8	14.49	209.898503
977	80	30503.18	31.22	-68.79	9.40	78.19	94	15.81	250.028978
959	85	34582.03	36.06	-70.20	8.68	78.88	95.1	16.22	262.975447
948	110	58809.91	62.04	-75.48	6.63	82.11	96.1	13.99	195.665647
944	110	58809.91	62.30	-75.22	6.60	81.82	96.9	15.08	227.373156
944	110	58809.91	62.30	-75.22	6.60	81.82	97.6	15.78	248.973613
975	70	23112.22	23.70	-63.81	10.72	74.52	98.7	24.18	584.522332
995	45	9107.39	9.15	-47.10	17.01	64.12	99.7	35.58	1266.1312
1000	30	3771.41	3.77	-33.73	25.65	59.38	100.5	41.12	1690.69803
1007	25	2503.90	2.49	-28.77	30.99	59.76	101.1	41.34	1708.88847
error medio cuadrático									265.3047

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{(-0.83324497) * (-10.91739052 + W_s) * (1.6987052 + P + W_s)}{P + 6.0143596} + W_s \dots \text{Ecuación 100}$$

Tabla 193. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1010	25	-11.73	-12164.90	1016.01	-11.97	13.03	10.7	-2.33	5.41
1009	30	-15.90	-16547.62	1015.01	-16.30	13.70	10.8	-2.90	8.39
1009	30	-15.90	-16547.62	1015.01	-16.30	13.70	10.9	-2.80	7.82
1007	30	-15.90	-16515.82	1013.01	-16.30	13.70	11	-2.70	7.27
1006	35	-20.07	-20923.54	1012.01	-20.68	14.32	11	-3.32	11.05
1005	40	-24.23	-25364.58	1011.01	-25.09	14.91	11	-3.91	15.30
1004	45	-28.40	-29838.96	1010.01	-29.54	15.46	11	-4.46	19.86
1004	45	-28.40	-29838.96	1010.01	-29.54	15.46	11	-4.46	19.86
1003	45	-28.40	-29810.56	1009.01	-29.54	15.46	11.1	-4.36	18.97
1003	45	-28.40	-29810.56	1009.01	-29.54	15.46	11.1	-4.36	18.97
1003	50	-32.57	-34346.67	1009.01	-34.04	15.96	11.2	-4.76	22.66
1003	55	-36.73	-38924.44	1009.01	-38.58	16.42	11.4	-5.02	25.23
999	70	-49.23	-52710.80	1005.01	-52.45	17.55	11.6	-5.95	35.43
991	75	-53.40	-57011.39	997.01	-57.18	17.82	11.9	-5.92	35.02
980	85	-61.73	-65846.20	986.01	-66.78	18.22	12.4	-5.82	33.87
971	100	-74.23	-79623.89	977.01	-81.50	18.50	12.9	-5.60	31.39
959	110	-82.56	-88396.98	965.01	-91.60	18.40	13.3	-5.10	25.99
952	115	-86.73	-92684.30	958.01	-96.75	18.25	13.7	-4.55	20.74
964	115	-86.73	-93725.01	970.01	-96.62	18.38	14.1	-4.28	18.30
969	95	-70.06	-74664.36	975.01	-76.58	18.42	14.5	-3.92	15.38
958	110	-82.56	-88314.42	964.01	-91.61	18.39	14.9	-3.49	12.17
954	120	-90.89	-97772.98	960.01	-101.85	18.15	15.4	-2.75	7.59
944	130	-99.22	-106736.19	950.01	-112.35	17.65	15.9	-1.75	3.05
937	135	-103.39	-111011.01	943.01	-117.72	17.28	16.4	-0.88	0.78
929	140	-107.56	-115161.61	935.01	-123.17	16.83	17.1	0.27	0.07
940	135	-103.39	-111321.18	946.01	-117.67	17.33	17.7	0.37	0.14
946	130	-99.22	-106934.64	952.01	-112.32	17.68	18.3	0.62	0.39
948	125	-95.06	-102159.53	954.01	-107.08	17.92	18.9	0.98	0.97
951	120	-90.89	-97500.31	957.01	-101.88	18.12	19.5	1.38	1.90
955	115	-86.73	-92944.48	961.01	-96.71	18.29	20.3	2.01	4.06
975	65	-45.06	-46943.18	981.01	-47.85	17.15	21.3	4.15	17.24
984	75	-53.40	-56637.61	990.01	-57.21	17.79	22	4.21	17.71
981	80	-57.56	-61171.85	987.01	-61.98	18.02	22.6	4.58	20.95
980	80	-57.56	-61114.28	986.01	-61.98	18.02	23.2	5.18	26.84
977	80	-57.56	-60941.59	983.01	-61.99	18.01	23.7	5.69	32.43
959	85	-61.73	-64549.90	965.01	-66.89	18.11	24.1	5.99	35.88
948	110	-82.56	-87488.82	954.01	-91.71	18.29	24.4	6.11	37.28
944	110	-82.56	-87158.58	950.01	-91.74	18.26	24.6	6.34	40.25
944	110	-82.56	-87158.58	950.01	-91.74	18.26	24.8	6.54	42.83
975	70	-49.23	-51529.28	981.01	-52.53	17.47	25	7.53	56.65
995	45	-28.40	-29583.37	1001.01	-29.55	15.45	25	9.55	91.27
1000	30	-15.90	-16404.51	1006.01	-16.31	13.69	25	11.31	127.84
1007	25	-11.73	-12129.69	1013.01	-11.97	13.03	25	11.97	143.37
error medio cuadrático									26.0143

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

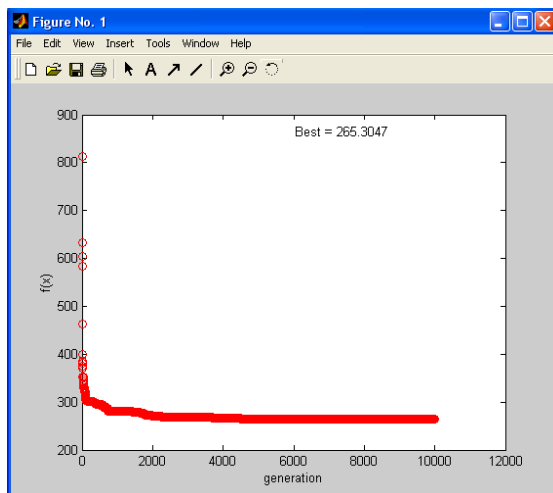


Imagen 140. Error medio cuadrático en X (programación genética)

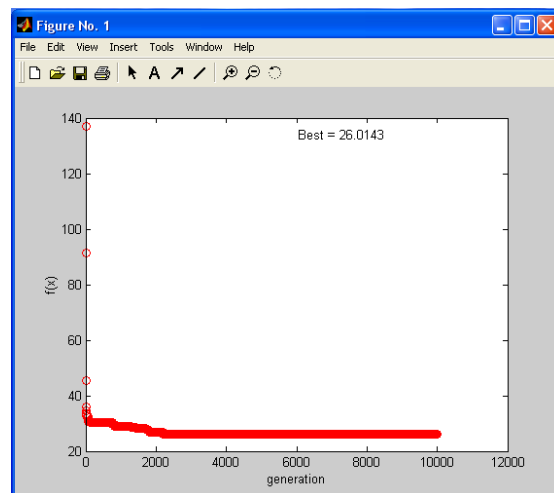


Imagen 139. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

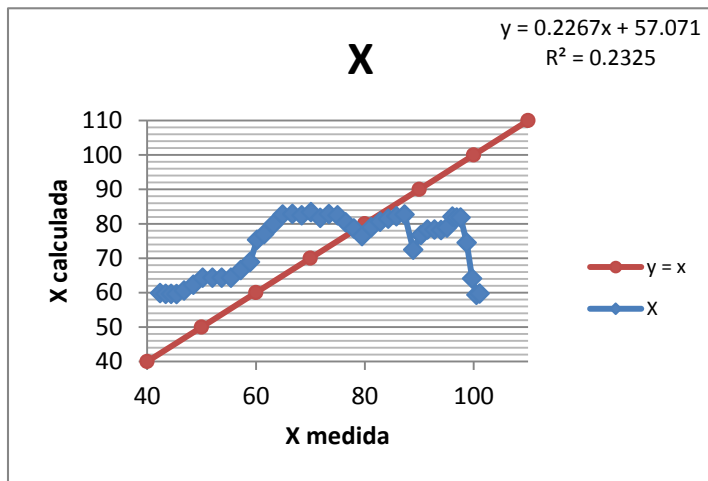


Gráfico 60. Correlación en x (longitud) en grados

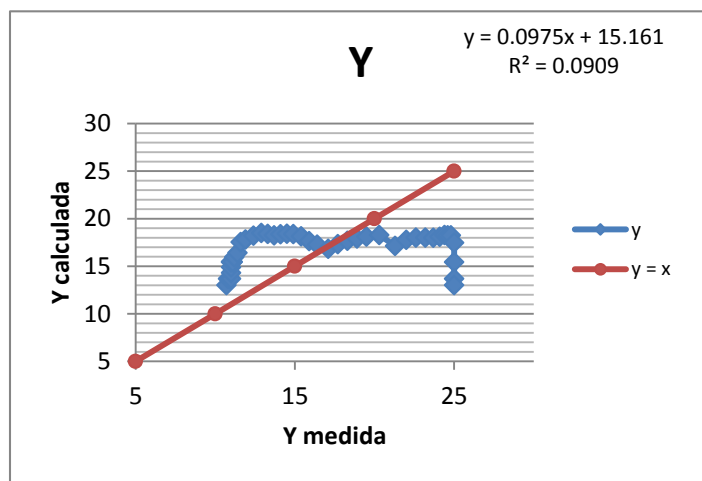
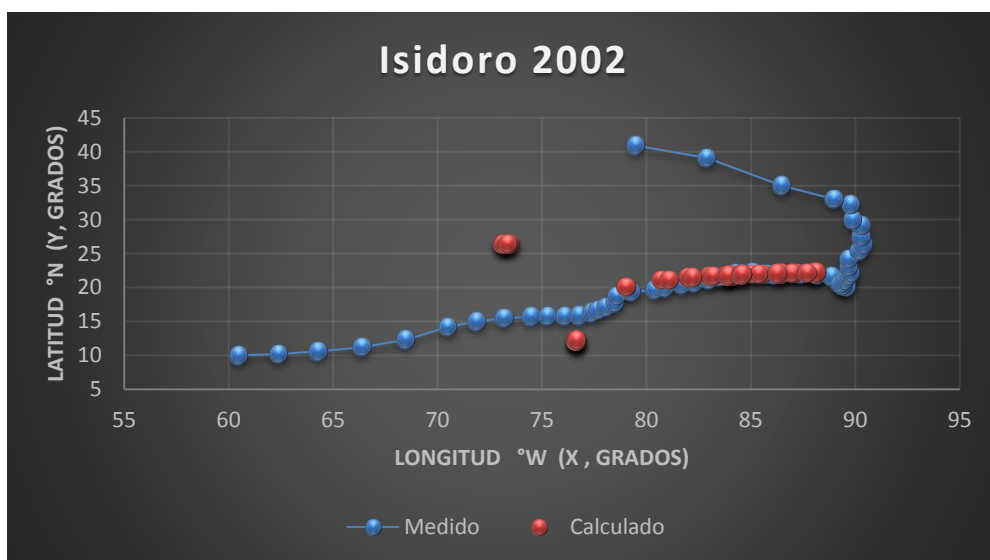


Gráfico 59. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 36. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(\left(\frac{-0.035638P}{1.418413 + Ws} \right) - \left(\frac{-0.55469053}{1.445837P + Ws} \right) \right) * Ws \dots \text{Ecuación 101}$$

Tabla 194. Programación Trayectoria en X (Calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1010	25	1.36	1.47	-0.38	1.74	43.49	42.4	-1.09	1.19
1009	30	1.14	1.48	-0.38	1.52	45.61	43.4	-2.21	4.90
1009	30	1.14	1.48	-0.38	1.52	45.61	44.4	-1.21	1.47
1007	30	1.14	1.48	-0.38	1.52	45.54	45.4	-0.14	0.02
1006	35	0.98	1.48	-0.37	1.36	47.57	46.8	-0.77	0.59
1005	40	0.86	1.49	-0.37	1.24	49.52	48.5	-1.02	1.05
1004	45	0.77	1.49	-0.37	1.14	51.43	50.2	-1.23	1.52
1004	45	0.77	1.49	-0.37	1.14	51.43	52	0.57	0.32
1003	45	0.77	1.49	-0.37	1.14	51.40	53.7	2.30	5.30
1003	45	0.77	1.49	-0.37	1.14	51.40	55.4	4.00	16.02
1003	50	0.70	1.50	-0.37	1.07	53.30	57.2	3.90	15.20
1003	55	0.63	1.50	-0.37	1.00	55.18	58.9	3.72	13.87
999	70	0.50	1.52	-0.37	0.86	60.51	60.2	-0.31	0.10
991	75	0.46	1.52	-0.36	0.83	62.00	61.5	-0.50	0.25
980	85	0.40	1.53	-0.36	0.77	65.12	63.2	-1.92	3.67
971	100	0.34	1.55	-0.36	0.70	69.93	64.9	-5.03	25.34
959	110	0.31	1.56	-0.36	0.66	72.84	66.7	-6.14	37.71
952	115	0.29	1.57	-0.35	0.65	74.23	68.4	-5.83	34.01
964	115	0.30	1.57	-0.35	0.65	74.69	70.1	-4.59	21.10
969	95	0.36	1.54	-0.36	0.72	68.16	71.8	3.64	13.27
958	110	0.31	1.56	-0.36	0.66	72.80	73.4	0.60	0.36
954	120	0.28	1.57	-0.35	0.63	75.95	75	-0.95	0.91
944	130	0.26	1.58	-0.35	0.61	78.82	76.5	-2.32	5.36
937	135	0.24	1.59	-0.35	0.59	80.14	78	-2.14	4.60
929	140	0.23	1.60	-0.35	0.58	81.42	79.5	-1.92	3.67
940	135	0.25	1.59	-0.35	0.59	80.26	81.2	0.94	0.88
946	130	0.26	1.58	-0.35	0.61	78.89	82.8	3.91	15.25
948	125	0.27	1.58	-0.35	0.62	77.35	84.3	6.95	48.25
951	120	0.28	1.57	-0.35	0.63	75.84	85.8	9.96	99.24
						error medio cuadrático			12.9455

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(\frac{\left(0.178723 - \frac{P}{-15.195279 + Ws} \right)}{\left(-0.034805Ws + 0.746770 \right) * \left(0.585238 \right) + Ws - 0.1163P} + 0.096423 P \right) \dots \text{Ecuación 102}$$

Tabla 195. Programación Trayectoria en X (Calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
955	115	-9.39	-1.91	2.03	-4.63	87.45	87.3	-0.15	0.02
975	65	-19.40	-0.89	-49.28	0.39	94.41	88.9	-5.51	30.32
984	75	-16.27	-1.09	-40.53	0.40	95.28	90.3	-4.98	24.82
981	80	-14.96	-1.19	-35.28	0.42	95.01	91.5	-3.51	12.35
980	80	-14.94	-1.19	-35.17	0.42	94.92	92.8	-2.12	4.49
977	80	-14.90	-1.19	-34.82	0.43	94.63	94	-0.63	0.40
959	85	-13.56	-1.29	-27.83	0.49	92.96	95.1	2.14	4.59
948	110	-9.82	-1.80	-2.06	4.78	96.19	96.1	-0.09	0.01
944	110	-9.78	-1.80	-1.59	6.15	97.17	96.9	-0.27	0.07
944	110	-9.78	-1.80	-1.59	6.15	97.17	97.6	0.43	0.18
975	70	-17.61	-0.99	-44.38	0.40	94.41	98.7	4.29	18.41
995	45	-33.21	-0.48	-71.20	0.47	96.41	99.7	3.29	10.84
1000	30	-67.37	-0.17	-86.47	0.78	97.20	100.5	3.30	10.88
1007	25	-102.53	-0.07	-92.19	1.11	98.21	101.1	2.89	8.35
						error medio cuadrático			8.9817

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left(\frac{\left((P + Ws) * (-0.7726318Ws) \right)}{P + \frac{x}{Ws^2} * \frac{P}{0.580389691}} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 103}$$

Tabla 196. Programación Trayectoria en Y (Calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1010	25	-19991.85	0.23	398.28	1408.28	10.80	10.7	-0.10	0.01
1009	30	-24082.93	0.13	230.03	1239.03	10.56	10.8	0.24	0.06
1009	30	-24082.93	0.13	230.03	1239.03	10.56	10.9	0.34	0.11
1007	30	-24036.58	0.13	229.12	1236.12	10.55	11	0.45	0.20
1006	35	-28150.84	0.08	144.00	1150.00	10.52	11	0.48	0.23
1005	40	-32296.01	0.06	96.27	1101.27	10.67	11	0.33	0.11
1004	45	-36472.08	0.04	67.48	1071.48	10.96	11	0.04	0.00
1004	45	-36472.08	0.04	67.48	1071.48	10.96	11	0.04	0.00
1003	45	-36437.32	0.04	67.35	1070.35	10.96	11.1	0.14	0.02
1003	45	-36437.32	0.04	67.35	1070.35	10.96	11.1	0.14	0.02
1003	50	-40679.06	0.03	49.10	1052.10	11.34	11.2	-0.14	0.02
1003	55	-44959.44	0.02	36.89	1039.89	11.77	11.4	-0.37	0.13
999	70	-57816.04	0.01	17.75	1016.75	13.14	11.6	-1.54	2.36
991	75	-61771.91	0.01	14.20	1005.20	13.55	11.9	-1.65	2.71
980	85	-69942.49	0.01	9.54	989.54	14.32	12.4	-1.92	3.68
971	100	-82748.87	0.00	5.75	976.75	15.28	12.9	-2.38	5.67
959	110	-90853.77	0.00	4.22	963.22	15.68	13.3	-2.38	5.65
952	115	-94805.79	0.00	3.64	955.64	15.79	13.7	-2.09	4.38
964	115	-95872.02	0.00	3.73	967.73	15.93	14.1	-1.83	3.35
969	95	-78097.62	0.00	6.68	975.68	14.96	14.5	-0.46	0.21
958	110	-90768.78	0.00	4.21	962.21	15.67	14.9	-0.77	0.59
954	120	-99576.79	0.00	3.21	957.21	15.97	15.4	-0.57	0.33
944	130	-107874.85	0.00	2.47	946.47	16.02	15.9	-0.12	0.02
937	135	-111815.27	0.00	2.18	939.18	15.94	16.4	0.46	0.21
929	140	-115632.08	0.00	1.92	930.92	15.79	17.1	1.31	1.72
940	135	-112128.19	0.00	2.19	942.19	15.99	17.7	1.71	2.92
946	130	-108075.74	0.00	2.48	948.48	16.05	18.3	2.25	5.04
948	125	-103629.24	0.00	2.81	950.81	16.01	18.9	2.89	8.36
951	120	-99298.64	0.00	3.19	954.19	15.93	19.5	3.57	12.71
						error medio cuadrático			2.0971

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \left(22.7221136 - \frac{8.56561022 + \frac{P}{Ws} + \left(\frac{-0.34981038}{\frac{Ws}{P} - 0.11884264} \right)}{-0.76427485Ws} \right) \dots \text{Ecuación 104}$$

Tabla 197. Programación Trayectoria en Y (Calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
955	115	16.87	-221.93	-205.06	2.33	20.39	20.3	-0.09	0.01
975	65	23.57	6.70	30.27	-0.61	23.33	21.3	-2.03	4.13
984	75	21.69	8.21	29.89	-0.52	23.24	22	-1.24	1.55
981	80	20.83	9.38	30.21	-0.49	23.22	22.6	-0.62	0.38
980	80	20.82	9.40	30.22	-0.49	23.22	23.2	-0.02	0.00
977	80	20.78	9.46	30.24	-0.49	23.22	23.7	0.48	0.23
959	85	19.85	11.58	31.43	-0.48	23.21	24.1	0.89	0.80
948	110	17.18	124.54	141.72	-1.69	24.41	24.4	-0.01	0.00
944	110	17.15	150.96	168.11	-2.00	24.72	24.6	-0.12	0.01
944	110	17.15	150.96	168.11	-2.00	24.72	24.8	0.08	0.01
975	70	22.49	7.44	29.93	-0.56	23.28	25	1.72	2.95
995	45	30.68	4.75	35.43	-1.03	23.75	25	1.25	1.56
1000	30	41.90	3.94	45.84	-2.00	24.72	25	0.28	0.08
1007	25	48.85	3.72	52.57	-2.75	25.47	25	-0.47	0.22
error medio cuadrático									0.8519

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

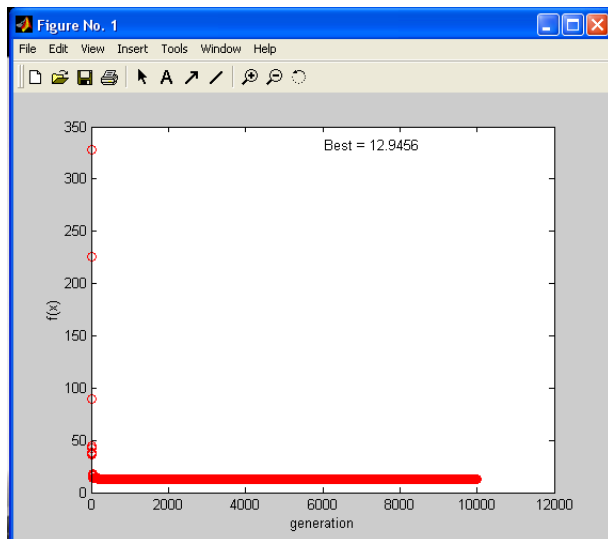


Imagen 142. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

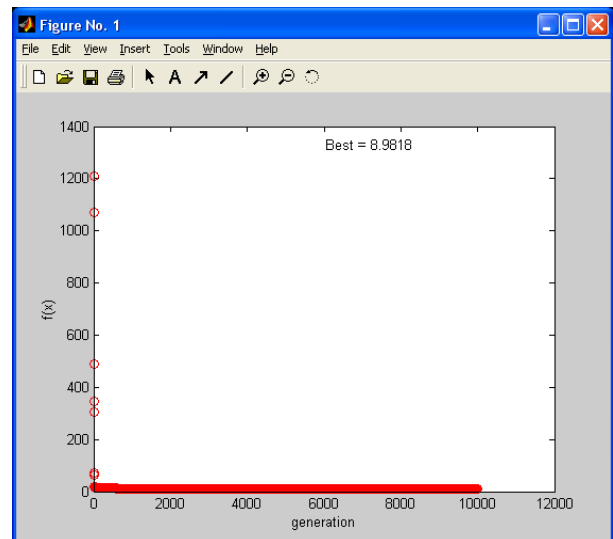


Imagen 141. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

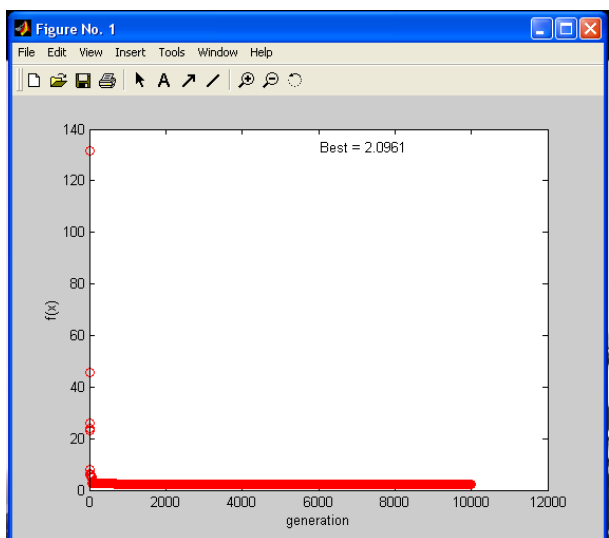


Imagen 144. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

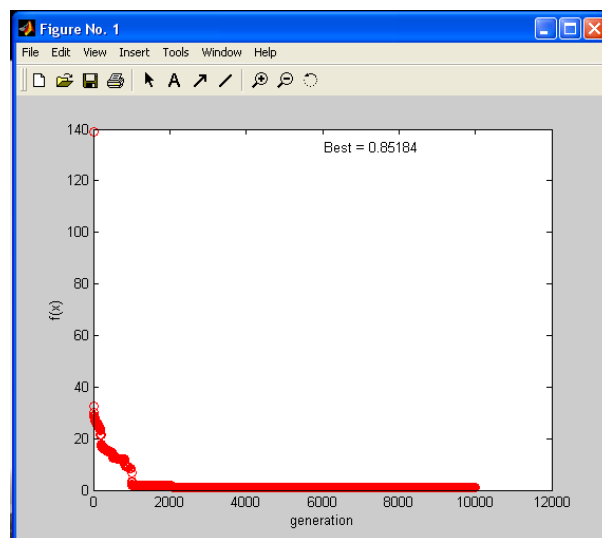


Imagen 143. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

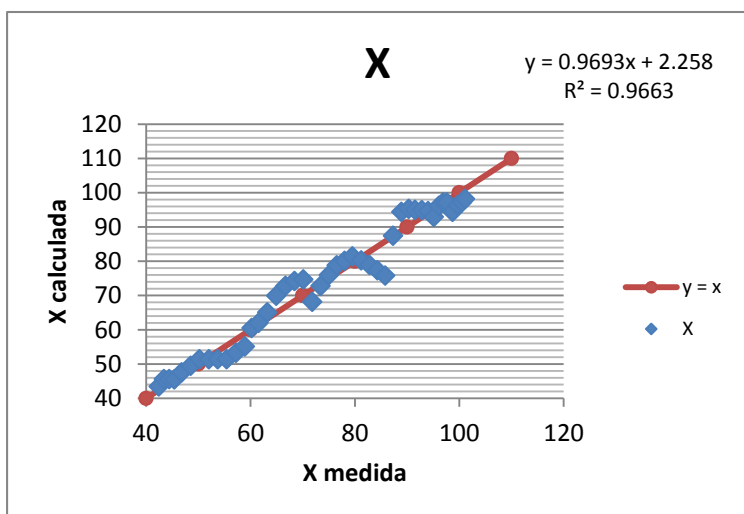


Gráfico 62. Correlación en x (longitud) en grados

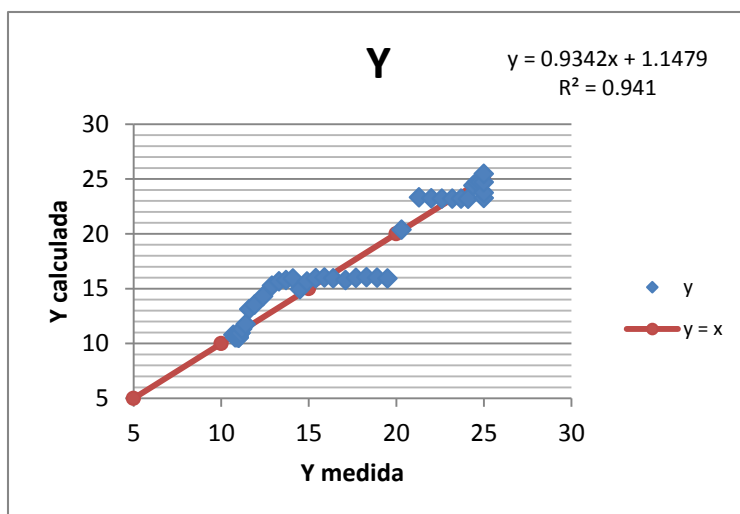


Gráfico 61. Correlación en y (latitud) en grados

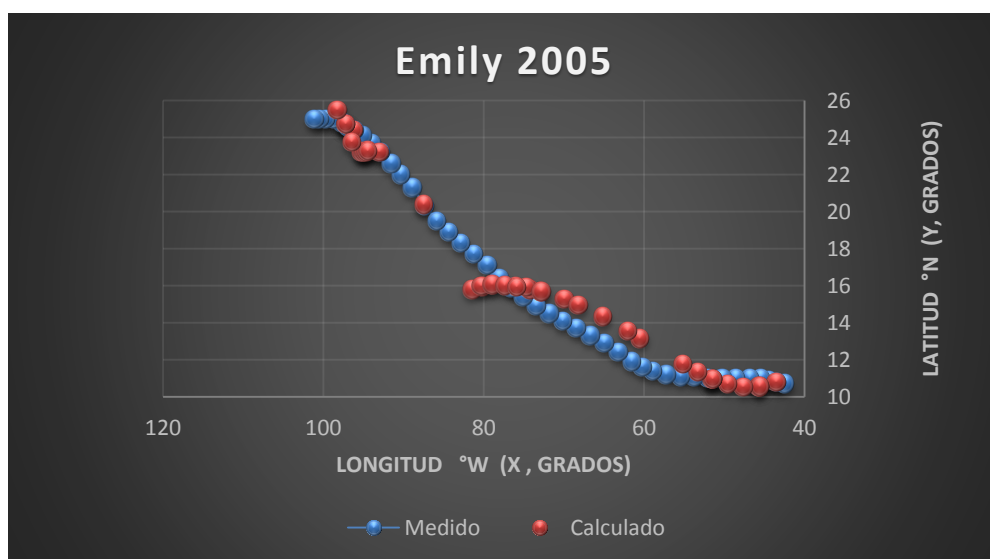


Grafico 1 Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y=4.180562-\left(\frac{X}{\left(\frac{-2.659872}{((X-0.83037)-(0.9847471X))-(0.83037)}+8.0617327146018\right)-3.405156}-0.258972X\right) \dots \text{Ecuación 105}$$

Tabla 198. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático										
x °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Ecuación parte 4	Ecuación parte 5	Ecuación parte 6	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
42.4	-1.01401704	2.62	10.68	7.28	5.82	-5.16	9.34	10.70	1.36	1.86
43.4	-0.99876414	2.66	10.72	7.32	5.93	-5.31	9.49	10.80	1.31	1.71
44.4	-0.98351124	2.70	10.77	7.36	6.03	-5.47	9.65	10.90	1.25	1.57
45.4	-0.96825834	2.75	10.81	7.40	6.13	-5.63	9.81	11.00	1.19	1.43
46.8	-0.94690428	2.81	10.87	7.47	6.27	-5.85	10.03	11.00	0.97	0.94
48.5	-0.92097435	2.89	10.95	7.54	6.43	-6.13	10.31	11.00	0.69	0.47
50.2	-0.89504442	2.97	11.03	7.63	6.58	-6.42	10.60	11.00	0.40	0.16
52	-0.8675892	3.07	11.13	7.72	6.73	-6.73	10.91	11.00	0.09	0.01
53.7	-0.84165927	3.16	11.22	7.82	6.87	-7.04	11.22	11.10	-0.12	0.01
55.4	-0.81572934	3.26	11.32	7.92	7.00	-7.35	11.53	11.10	-0.43	0.19
57.2	-0.78827412	3.37	11.44	8.03	7.12	-7.69	11.87	11.20	-0.67	0.45
58.9	-0.76234419	3.49	11.55	8.15	7.23	-8.02	12.20	11.40	-0.80	0.65
60.2	-0.74251542	3.58	11.64	8.24	7.31	-8.28	12.46	11.60	-0.86	0.75
61.5	-0.72268665	3.68	11.74	8.34	7.38	-8.55	12.73	11.90	-0.83	0.69
63.2	-0.69675672	3.82	11.88	8.47	7.46	-8.91	13.09	12.40	-0.69	0.48
64.9	-0.67082679	3.97	12.03	8.62	7.53	-9.28	13.46	12.90	-0.56	0.31
66.7	-0.64337157	4.13	12.20	8.79	7.59	-9.69	13.87	13.30	-0.57	0.32
68.4	-0.61744164	4.31	12.37	8.96	7.63	-10.08	14.26	13.70	-0.56	0.32
70.1	-0.59151171	4.50	12.56	9.15	7.66	-10.50	14.68	14.10	-0.58	0.33
71.8	-0.56558178	4.70	12.76	9.36	7.67	-10.92	15.10	14.50	-0.60	0.36
73.4	-0.54117714	4.91	12.98	9.57	7.67	-11.34	15.52	14.90	-0.62	0.39
75	-0.5167725	5.15	13.21	9.80	7.65	-11.77	15.95	15.40	-0.55	0.31
76.5	-0.49389315	5.39	13.45	10.04	7.62	-12.19	16.37	15.90	-0.47	0.22
78	-0.4710138	5.65	13.71	10.30	7.57	-12.63	16.81	16.40	-0.41	0.17
79.5	-0.44813445	5.94	14.00	10.59	7.51	-13.08	17.26	17.10	-0.16	0.03
81.2	-0.42220452	6.30	14.36	10.96	7.41	-13.62	17.80	17.70	-0.10	0.01
82.8	-0.39779988	6.69	14.75	11.34	7.30	-14.14	18.32	18.30	-0.02	0.00
84.3	-0.37492053	7.09	15.16	11.75	7.17	-14.66	18.84	18.90	0.06	0.00
85.8	-0.35204118	7.56	15.62	12.21	7.03	-15.19	19.37	19.50	0.13	0.02
87.3	-0.32916183	8.08	16.14	12.74	6.85	-15.75	19.93	20.30	0.37	0.13
88.9	-0.30475719	8.73	16.79	13.38	6.64	-16.38	20.56	21.30	0.74	0.55
90.3	-0.28340313	9.39	17.45	14.04	6.43	-16.95	21.14	22.00	0.86	0.75
91.5	-0.26509965	10.03	18.10	14.69	6.23	-17.47	21.65	22.60	0.95	0.91
92.8	-0.24527088	10.84	18.91	15.50	5.99	-18.05	22.23	23.20	0.97	0.95
94	-0.2269674	11.72	19.78	16.38	5.74	-18.60	22.78	23.70	0.92	0.84
95.1	-0.21018921	12.65	20.72	17.31	5.49	-19.13	23.32	24.10	0.78	0.62
96.1	-0.19493631	13.64	21.71	18.30	5.25	-19.64	23.82	24.40	0.58	0.34
96.9	-0.18273399	14.56	22.62	19.21	5.04	-20.05	24.23	24.60	0.37	0.14
97.6	-0.17205696	15.46	23.52	20.12	4.85	-20.42	24.60	24.80	0.20	0.04
98.7	-0.15527877	17.13	25.19	21.79	4.53	-21.03	25.21	25.00	-0.21	0.04
99.7	-0.14002587	19.00	27.06	23.65	4.22	-21.60	25.78	25.00	-0.78	0.62
100.5	-0.12782355	20.81	28.87	25.47	3.95	-22.08	26.26	25.00	-1.26	1.59
101.1	-0.11867181	22.41	30.48	27.07	3.73	-22.45	26.63	25.00	-1.63	2.65
							error medio cuadrático		0.56497	

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

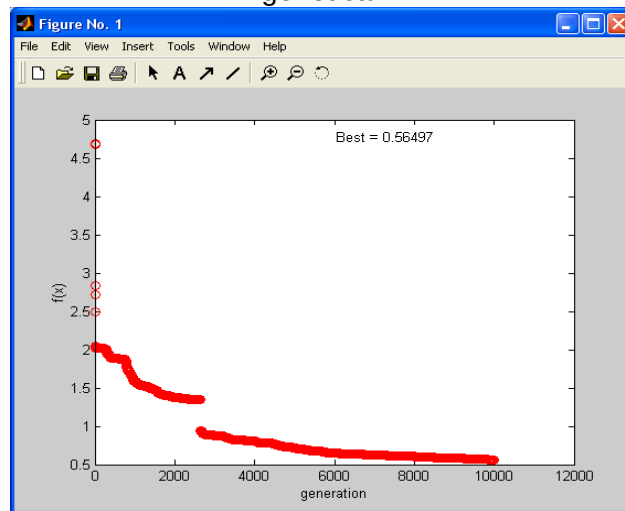


Imagen 145. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

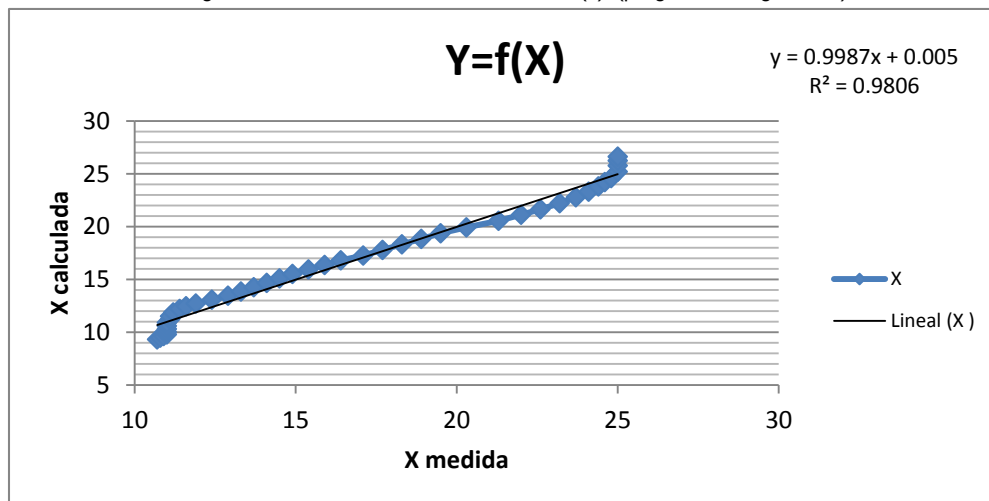
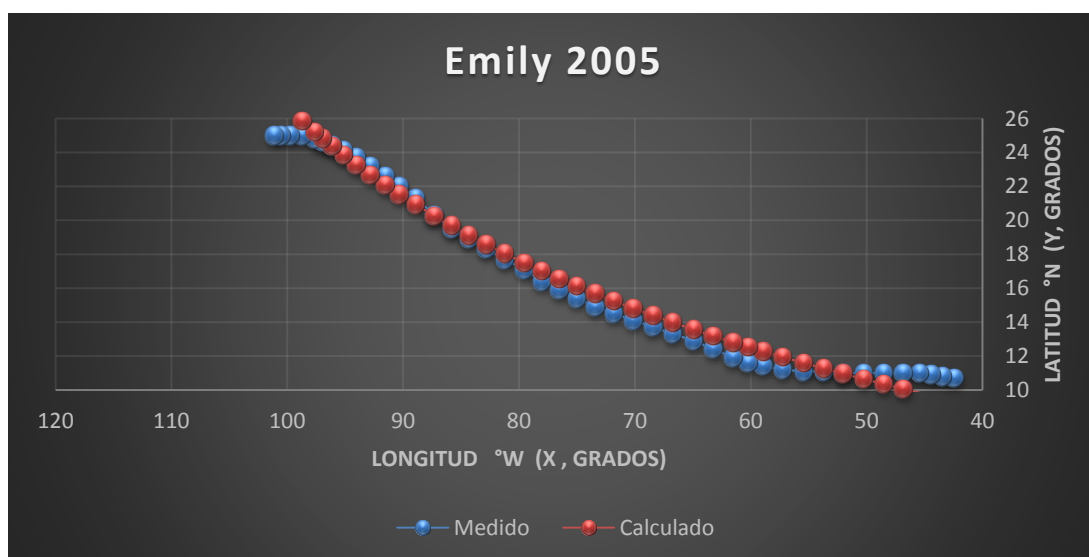


Gráfico 63. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 37. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Stan

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \left[\frac{\frac{W_s}{0.07927839W_s + 0.12797321P - 5.2241293W_s}}{\frac{0.056475775}{-0.72876923}} \right] * [0.085582312P + 0.14759695 W_s] \dots \text{Ecuación 106}$$

Tabla 199. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	0.25	4.39	-6.04	-4.14	85.74	85.60	-0.14	0.02
1005	30	-25.73	-455.64	627.80	0.05	90.49	86.20	-4.29	18.37
1004	30	-25.86	-457.90	630.92	0.05	90.40	86.70	-3.70	13.69
1003	40	-77.44	-1371.15	1889.24	0.02	91.76	87.20	-4.56	20.83
1003	35	-51.71	-915.66	1261.64	0.03	91.03	87.90	-3.13	9.81
1004	35	-51.58	-913.39	1258.52	0.03	91.12	88.80	-2.32	5.37
1003	30	-25.99	-460.17	634.04	0.05	90.31	89.80	-0.51	0.26
1003	35	-51.71	-915.66	1261.64	0.03	91.03	91.00	-0.03	0.00
1000	40	-77.82	-1377.95	1898.61	0.02	91.51	91.70	0.19	0.04
997	50	-129.65	-2295.73	3163.17	0.02	92.72	92.20	-0.52	0.27
990	55	-156.27	-2767.09	3812.63	0.01	92.86	93.20	0.34	0.12
987	65	-208.11	-3684.87	5077.19	0.01	94.08	94.10	0.02	0.00
977	70	-235.11	-4163.02	5736.01	0.01	93.96	94.90	0.94	0.89
988	45	-105.08	-1860.63	2563.67	0.02	91.21	95.60	4.39	19.23
1000	30	-26.37	-466.97	643.41	0.05	90.06	96.40	6.34	40.24
1004	25	-0.14	-2.41	3.32	7.53	97.14	97.00	-0.14	0.02
						error medio cuadrático			8.073

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left[0.019390209 - \left(\frac{P}{W_s^2} - 1 \right) * \left(-\frac{0.027967976}{W_s} * 60.193750361 - W_s * -0.070899133 \right) \right] * [P + 1.8443106] \dots \text{Ecuación 107}$$

Tabla 200. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	0.61	0.00	0.00	0.02	17.84	18.90	1.06	1.12
1005	30	0.12	0.00	0.00	0.02	19.29	19.10	-0.19	0.04
1004	30	0.12	0.00	0.00	0.02	19.27	19.30	0.03	0.00
1003	40	-0.37	0.00	0.00	0.02	19.86	19.50	-0.36	0.13
1003	35	-0.18	0.00	0.00	0.02	19.74	19.80	0.06	0.00
1004	35	-0.18	0.00	0.00	0.02	19.76	20.30	0.54	0.29
1003	30	0.11	0.00	0.00	0.02	19.25	20.50	1.25	1.55
1003	35	-0.18	0.00	0.00	0.02	19.74	20.50	0.76	0.57
1000	40	-0.38	0.00	0.00	0.02	19.80	20.30	0.50	0.25
997	50	-0.60	0.00	0.00	0.02	19.61	20.10	0.49	0.24
990	55	-0.67	0.00	0.00	0.02	19.36	19.80	0.44	0.20
987	65	-0.77	0.00	0.00	0.02	19.06	19.20	0.14	0.02
977	70	-0.80	0.00	0.00	0.02	18.76	18.60	-0.16	0.03
988	45	-0.51	0.00	0.00	0.02	19.53	17.90	-1.63	2.67
1000	30	0.11	0.00	0.00	0.02	19.20	17.20	-2.00	4.02
1004	25	0.61	0.00	0.00	0.02	17.80	16.90	-0.90	0.81
						error medio cuadrático			0.74524

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

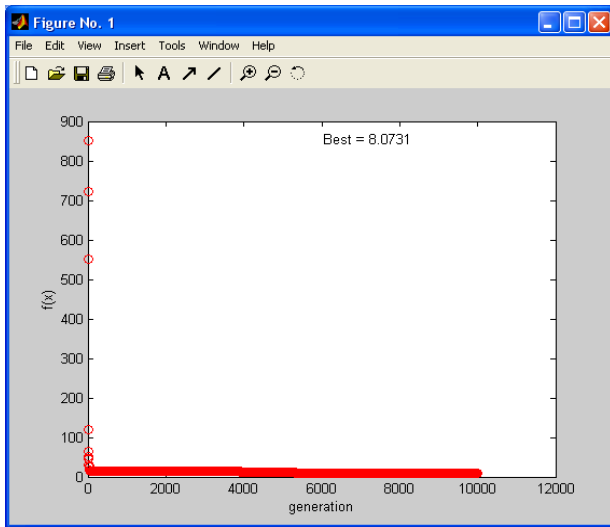


Imagen 146. Error medio cuadrático en X (programación genética)

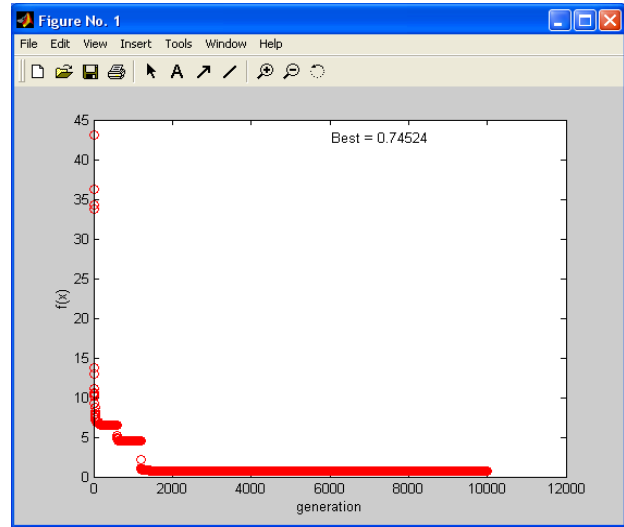


Imagen 147. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

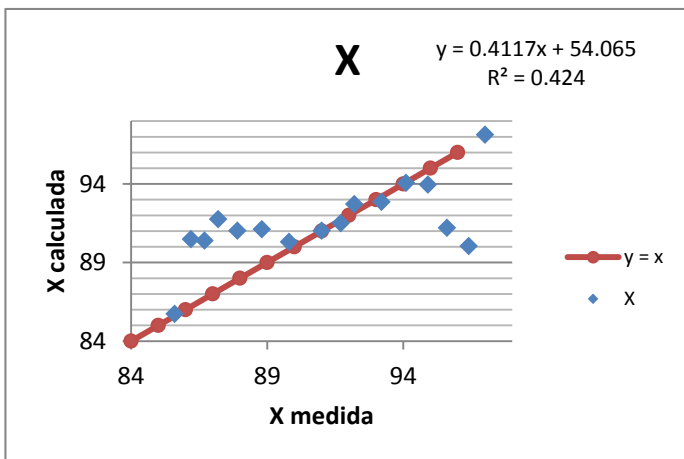


Gráfico 64. Correlación en x (longitud) en grados

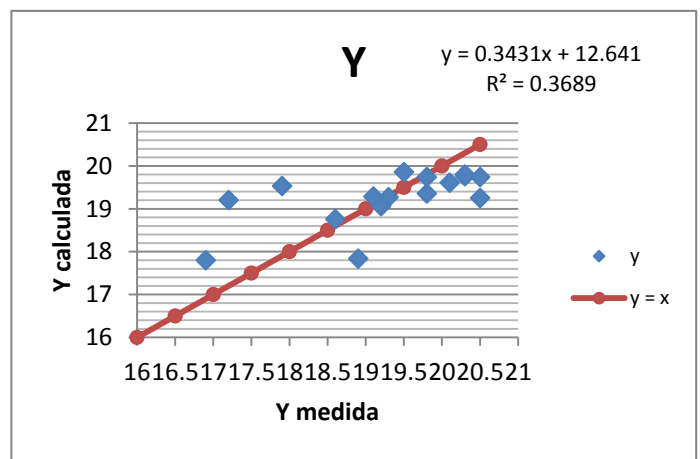
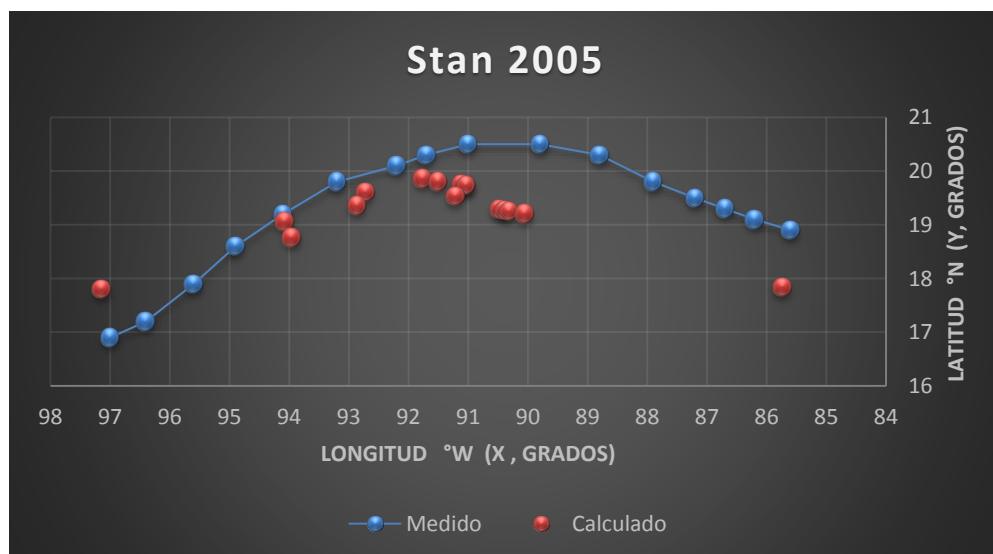


Gráfico 65. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 38. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{\left(\left(-2.787342 - \frac{P + \frac{P + W_s}{1.370167}}{W_s} + P \right) * \left(W_s - \frac{W_s}{P} \right) \right)}{10.888465233W_s} \dots \text{Ecuación 108}$$

Tabla 201. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	70.41	933.80	24.98	23321.94	85.68	85.6	-0.08	0.01
1005	30	58.68	943.53	29.97	28277.83	86.57	86.2	-0.37	0.14
1004	30	58.62	942.59	29.97	28249.56	86.48	86.7	0.22	0.05
1003	40	44.11	956.11	39.96	38206.16	87.72	87.2	-0.52	0.27
1003	35	50.30	949.91	34.97	33213.72	87.15	87.9	0.75	0.56
error medio cuadrático									0.20378

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(\left(2P + \frac{W_s}{0.234043} \right) * \left(\frac{W_s - \frac{P}{0.297969} + P}{W_s^2} \right) \right) + W_s \dots \text{Ecuación 109}$$

Tabla 202. Programación Trayectoria en X (calculada, segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1004	35	3.57	0.03	2157.55	55.36	90.36	88.80	-1.56	2.42
1003	30	4.85	0.03	2134.18	59.63	89.63	89.80	0.17	0.03
1003	35	3.57	0.03	2155.55	55.31	90.31	91.00	0.69	0.47
1000	40	2.72	0.02	2170.91	50.58	90.58	91.70	1.12	1.26
997	50	1.74	0.02	2207.64	42.62	92.62	92.20	-0.42	0.18
error medio cuadrático									0.87167

“Tercer Tramo”

$$X3 = \frac{\left(W_s^2 - \left(\left(-2.127107 + \frac{P}{\frac{P}{0.5173098y} - W_s} \right) - \left(\frac{P}{0.516602} - \frac{P}{W_s} \right) \right) \right)}{W_s} \dots \text{Ecuación 110}$$

Tabla 203. Programación Trayectoria en x (calculada, tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X3									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
990	55	-49.00	-51.13	-1949.49	4974.49	90.45	93.20	2.75	7.59
987	65	-27.69	-29.82	-1925.19	6150.19	94.62	94.10	-0.52	0.27
977	70	-22.71	-24.84	-1902.08	6802.08	97.17	94.90	-2.27	5.16
988	45	-386.21	-388.34	-2278.88	4303.88	95.64	95.60	-0.04	0.00
1000	30	29.04	26.91	-1875.48	2775.48	92.52	96.40	3.88	15.09
1004	25	19.08	16.95	-1886.36	2511.36	100.45	97.00	-3.45	11.93
error medio cuadrático									6.6736

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = 0.43935062 - \left(\frac{\left(P + \frac{Ws}{0.3748863} \right)}{-0.83905319} \right) \dots \text{Ecuación 111}$$

$$P + \frac{(Ws^2 + \frac{Ws}{0.26904823})}{Ws - 0.40235106}$$

Tabla 204. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1007	25	-1279.64	717.92	70.13	-18.25	18.69	18.90	0.21	0.05
1005	30	-1293.15	1011.50	68.13	-18.98	19.42	19.10	-0.32	0.10
1004	30	-1291.96	1011.50	68.10	-18.97	19.41	19.30	-0.11	0.01
1003	40	-1322.56	1748.67	69.49	-19.03	19.47	19.50	0.03	0.00
1003	35	-1306.67	1355.09	68.16	-19.17	19.61	19.80	0.19	0.04
error medio cuadrático									0.03935

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{\left(0.999959466 - \left(Ws - \left(\left(\frac{Ws}{0.27497668} + \frac{2Ws + 3.30251384}{0.1118805} \right) + Ws \right) \right) \right)}{Ws} \dots \text{Ecuación 112}$$

Tabla 205. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1004	35	127.28	655.19	782.47	-747.47	20.38	20.30	-0.08	0.01
1003	30	109.10	565.80	674.90	-644.90	20.53	20.50	-0.03	0.00
1003	35	127.28	655.19	782.47	-747.47	20.38	20.50	0.12	0.01
1000	40	145.47	744.57	890.03	-850.03	20.28	20.30	0.02	0.00
997	50	181.83	923.33	1105.16	-1055.16	20.12	20.10	-0.02	0.00
error medio cuadrático									0.0044988

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \left(\frac{\left(\left(\left(Ws - 0.82569065 - \frac{Ws}{0.88149024} \right) + \left(\frac{1.2073857}{Ws^2} \right) \right) * \left(-\frac{0.35698328}{Ws} \right) \right)}{Ws} + \frac{0.75448198}{Ws} \right) \dots \text{Ecuación 113}$$

Tabla 206. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y3									
Pressure (mb)	Wind Speed (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
990	55	-8.22	-8.22	0.05	1030.92	18.76	19.80	1.04	1.09
987	65	-9.56	-9.56	0.05	1237.46	19.05	19.20	0.15	0.02
977	70	-10.24	-10.24	0.05	1940.91	19.17	18.60	-0.57	0.32
988	45	-6.88	-6.88	0.05	825.10	18.35	17.90	-0.45	0.20
1000	30	-4.86	-4.86	0.06	519.00	17.33	17.20	-0.13	0.02
1004	25	-4.19	-4.18	0.06	418.36	16.76	16.90	0.14	0.02
error medio cuadrático									0.2781

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

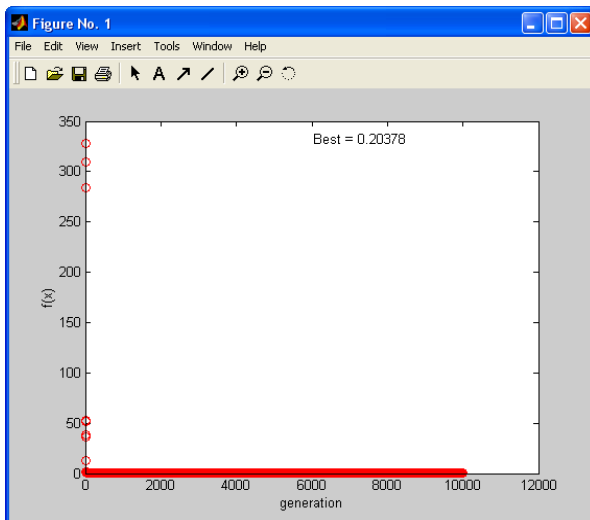


Imagen 148. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

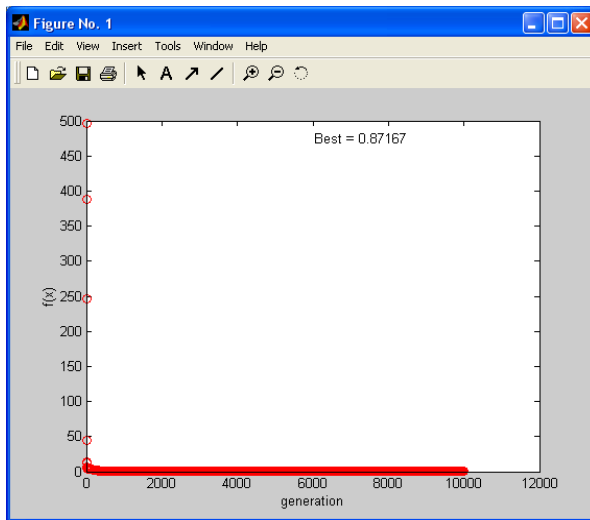


Imagen 149. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

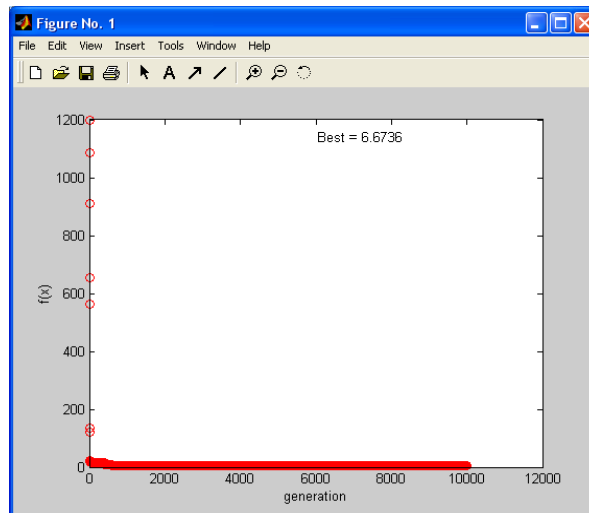


Imagen 150. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

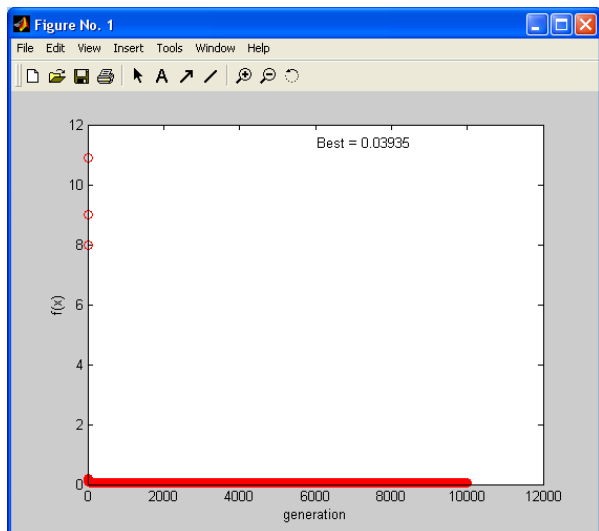


Imagen 151. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

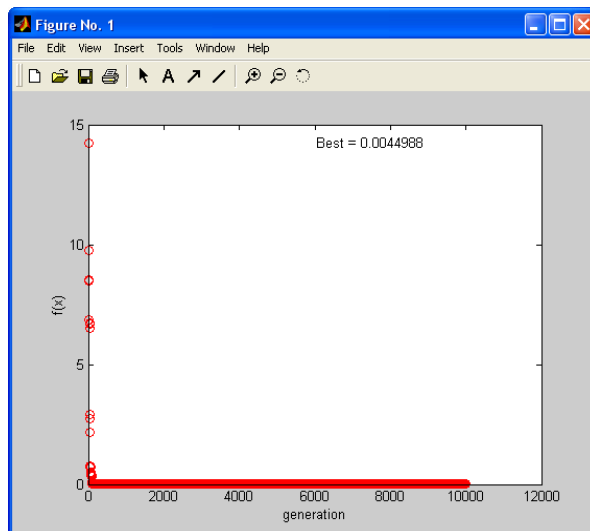


Imagen 152. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

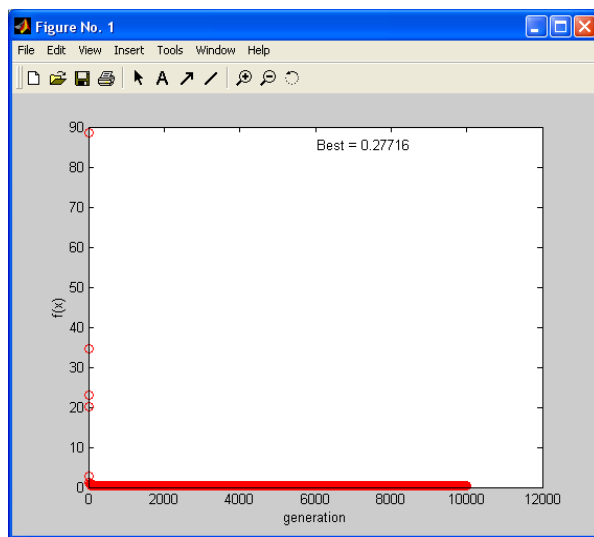


Imagen 153. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

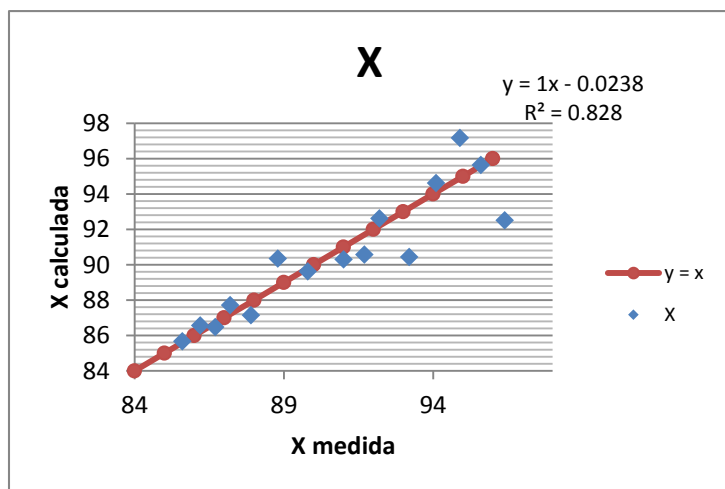


Gráfico 66. Correlación en x (longitud) en grados

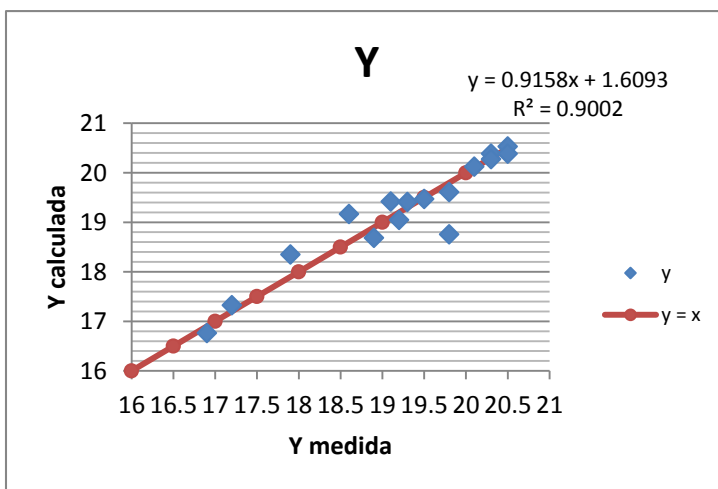
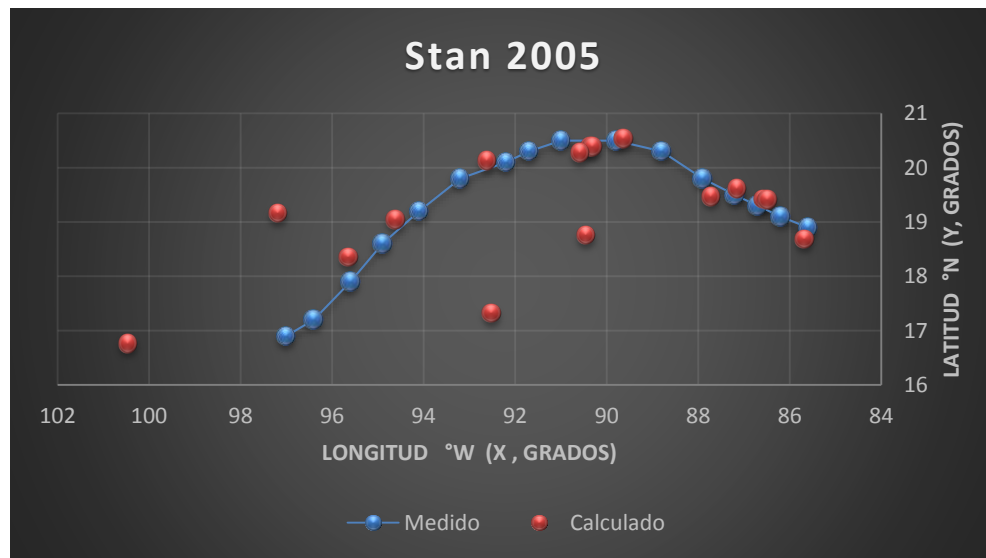


Gráfico 67. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 39. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = (-0.393402) * \left((0.515152559) + \left(\left(0.494756 - \left(-\frac{0.718190X}{0.872551 - 0.023984679X} \right) \right) \right) \right) \dots \text{Ecuación 114}$$

Tabla 207. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X								
x	Ecuación	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
°W	parte 1							
85.6	52.0754978	0.49	-51.58	0.52	20.09	18.90	-1.19	1.41
86.2	51.8089591	0.49	-51.31	0.52	19.98	19.10	-0.88	0.78
86.7	51.5916991	0.49	-51.10	0.52	19.90	19.30	-0.60	0.36
87.2	51.378714	0.49	-50.88	0.52	19.82	19.50	-0.32	0.10
87.9	51.0874801	0.49	-50.59	0.52	19.70	19.80	0.10	0.01
88.8	50.7244654	0.49	-50.23	0.52	19.56	20.30	0.74	0.55
89.8	50.3354616	0.49	-49.84	0.52	19.40	20.50	1.10	1.20
91	49.8874589	0.49	-49.39	0.52	19.23	20.50	1.27	1.62
91.7	49.6350997	0.49	-49.14	0.52	19.13	20.30	1.17	1.37
92.2	49.4587181	0.49	-48.96	0.52	19.06	20.10	1.04	1.08
93.2	49.1152677	0.49	-48.62	0.52	18.92	19.80	0.88	0.77
94.1	48.8163371	0.49	-48.32	0.52	18.81	19.20	0.39	0.15
94.9	48.55834	0.49	-48.06	0.52	18.71	18.60	-0.11	0.01
95.6	48.3383106	0.49	-47.84	0.52	18.62	17.90	-0.72	0.52
96.4	48.0931327	0.49	-47.60	0.52	18.52	17.20	-1.32	1.75
97	47.9134961	0.49	-47.42	0.52	18.45	16.90	-1.55	2.41
						error medio cuadrático		0.88068

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

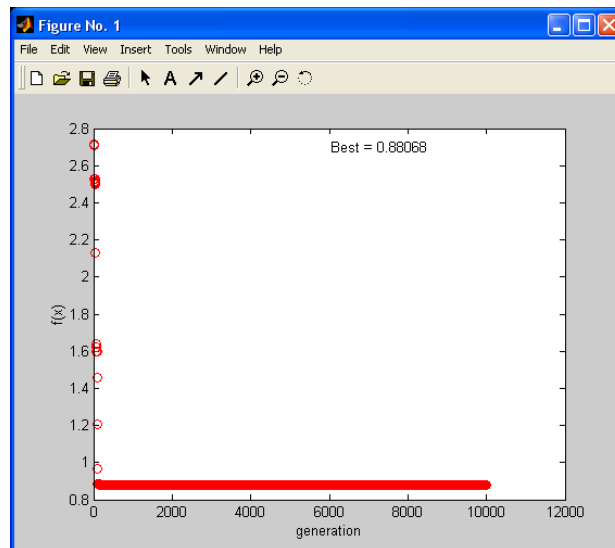


Imagen 154. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

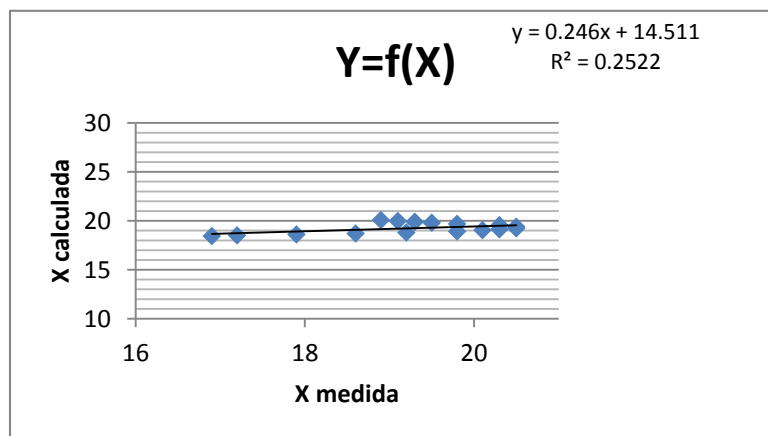
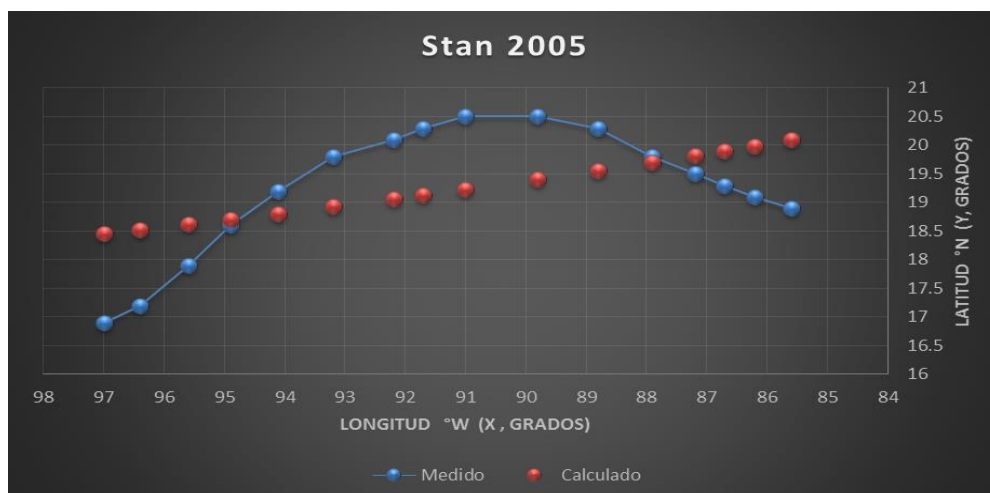


Gráfico 68. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 40. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Wilma

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.072618742 P - \frac{-0.799481 W_s^2}{\left[\frac{0.424412P + 3W_s - 2.928982}{W_s} \right]} \quad \text{.....Ecuación 115}$$

Tabla 208. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1004	25	498.18	19.93	0.80	-1.00	73.91	78.50	4.59	21.05
1004	25	498.18	19.93	0.80	-1.00	73.91	78.80	4.89	23.89
1003	30	512.76	17.09	0.57	-1.40	74.24	79.00	4.76	22.66
1003	30	512.76	17.09	0.57	-1.40	74.24	79.20	4.96	24.60
1002	30	512.33	17.08	0.57	-1.40	74.17	79.40	5.23	27.37
1001	30	511.91	17.06	0.57	-1.41	74.10	79.60	5.50	30.28
1000	35	526.48	15.04	0.43	-1.86	74.48	79.60	5.12	26.23
999	40	541.06	13.53	0.34	-2.36	74.91	79.70	4.79	22.94
997	45	555.21	12.34	0.27	-2.92	75.32	79.80	4.48	20.10
988	55	581.39	10.57	0.19	-4.16	75.91	79.90	3.99	15.94
982	60	593.84	9.90	0.16	-4.85	76.16	79.90	3.74	14.00
979	65	607.57	9.35	0.14	-5.56	76.65	80.30	3.65	13.30
975	75	635.87	8.48	0.11	-7.07	77.88	81.10	3.22	10.40
946	130	788.56	6.07	0.05	-17.13	85.83	81.80	-4.03	16.25
892	150	825.65	5.50	0.04	-21.79	86.56	82.20	-4.36	19.03
882	160	851.40	5.32	0.03	-24.04	88.09	82.80	-5.29	27.97
892	140	795.65	5.68	0.04	-19.69	84.47	83.40	-1.07	1.15
892	135	780.65	5.78	0.04	-18.66	83.44	84.00	0.56	0.31
901	130	769.47	5.92	0.05	-17.56	82.99	84.70	1.71	2.93
910	130	773.29	5.95	0.05	-17.47	83.56	85.20	1.64	2.70
917	130	776.26	5.97	0.05	-17.41	84.00	85.50	1.50	2.26
924	130	779.23	5.99	0.05	-17.34	84.44	85.80	1.36	1.85
930	130	781.77	6.01	0.05	-17.28	84.82	86.10	1.28	1.64
929	125	766.35	6.13	0.05	-16.30	83.76	86.40	2.64	6.95
926	120	750.08	6.25	0.05	-15.35	82.59	86.70	4.11	16.86
930	120	751.77	6.26	0.05	-15.31	82.85	86.80	3.95	15.61
935	110	723.90	6.58	0.06	-13.36	81.26	87.00	5.74	32.93
947	100	698.99	6.99	0.07	-11.44	80.21	87.10	6.89	47.50
958	85	658.66	7.75	0.09	-8.77	78.34	87.10	8.76	76.76
960	85	659.51	7.76	0.09	-8.76	78.47	87.00	8.53	72.72
962	85	660.36	7.77	0.09	-8.75	78.61	86.80	8.19	67.13
961	85	659.93	7.76	0.09	-8.75	78.54	86.10	7.56	57.16
963	90	675.78	7.51	0.08	-9.58	79.51	85.40	5.89	34.64
958	95	688.66	7.25	0.08	-10.48	80.05	84.30	4.25	18.10
953	110	731.54	6.65	0.06	-13.22	82.43	83.10	0.67	0.45
950	95	685.26	7.21	0.08	-10.53	79.52	81.00	1.48	2.20
955	105	717.38	6.83	0.07	-12.29	81.64	78.80	-2.84	8.05
955	110	732.38	6.66	0.06	-13.21	82.56	76.00	-6.56	43.03
963	100	705.78	7.06	0.07	-11.33	81.26	72.00	-9.26	85.74
970	90	678.75	7.54	0.08	-9.54	79.98	67.90	-12.08	145.95
976	75	636.30	8.48	0.11	-7.07	77.94	63.50	-14.44	208.61
978	60	592.15	9.87	0.16	-4.86	75.88	60.00	-15.88	252.23
982	55	578.84	10.52	0.19	-4.18	75.49	57.50	-17.99	323.63
986	50	565.54	11.31	0.23	-3.53	75.14	55.00	-20.14	405.47
990	40	537.24	13.43	0.34	-2.38	74.27	52.00	-22.27	496.11
error medio cuadrático									61.482

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left[\frac{W_s^2 - P W_s}{-1.2377891 W_s^2 - P + W_s^2} - \frac{0.12718584 P}{W_s} \right] \dots \text{Ecuación 116}$$

Tabla 209. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1004	25	-24475.000	-1152.618	21.234	5.108	16.126	17.6	1.474	2.171
1004	25	-24475.000	-1152.618	21.234	5.108	16.126	17.6	1.474	2.171
1003	30	-29190.000	-1217.010	23.985	4.252	19.733	17.5	-2.233	4.985
1003	30	-29190.000	-1217.010	23.985	4.252	19.733	17.5	-2.233	4.985
1002	30	-29160.000	-1216.010	23.980	4.248	19.732	17.5	-2.232	4.982
1001	30	-29130.000	-1215.010	23.975	4.244	19.731	17.4	-2.331	5.435
1000	35	-33775.000	-1291.292	26.156	3.634	22.522	16.9	-5.622	31.608
999	40	-38360.000	-1379.463	27.808	3.176	24.631	16.3	-8.331	69.413
997	45	-42840.000	-1478.523	28.975	2.818	26.157	16	-10.157	103.164
988	55	-51315.000	-1707.312	30.056	2.285	27.771	15.8	-11.971	143.312
982	60	-55320.000	-1838.041	30.097	2.082	28.016	15.7	-12.316	151.675
979	65	-59410.000	-1983.659	29.950	1.916	28.034	16.2	-11.834	140.046
975	75	-67500.000	-2312.564	29.188	1.653	27.535	16.6	-10.935	119.574
946	130	-106080.000	-4964.636	21.367	0.926	20.442	16.6	-3.842	14.758
892	150	-111300.000	-6242.255	17.830	0.756	17.074	17	-0.074	0.005
882	160	-115520.000	-6969.401	16.575	0.701	15.874	17.3	1.426	2.033
892	140	-105280.000	-5552.666	18.960	0.810	18.150	17.4	-0.750	0.562
892	135	-102195.000	-5225.706	19.556	0.840	18.716	17.9	-0.816	0.666
901	130	-100230.000	-4919.636	20.373	0.881	19.492	18.1	-1.392	1.938
910	130	-101400.000	-4928.636	20.574	0.890	19.683	18.3	-1.383	1.914
917	130	-102310.000	-4935.636	20.729	0.897	19.832	18.6	-1.232	1.517
924	130	-103220.000	-4942.636	20.884	0.904	19.980	19.1	-0.880	0.774
930	130	-104000.000	-4948.636	21.016	0.910	20.106	19.5	-0.606	0.367
929	125	-100500.000	-4644.455	21.639	0.945	20.693	20.1	-0.593	0.352
926	120	-96720.000	-4350.163	22.234	0.981	21.252	20.3	-0.952	0.907
930	120	-97200.000	-4354.163	22.323	0.986	21.338	20.6	-0.738	0.544
935	110	-90750.000	-3812.248	23.805	1.081	22.724	20.8	-1.924	3.701
947	100	-84700.000	-3324.891	25.475	1.204	24.270	21	-3.270	10.693
958	85	-74205.000	-2676.026	27.730	1.433	26.296	21.3	-4.996	24.961
960	85	-74375.000	-2678.026	27.772	1.436	26.336	21.6	-4.736	22.428
962	85	-74545.000	-2680.026	27.815	1.439	26.376	21.8	-4.576	20.936
961	85	-74460.000	-2679.026	27.794	1.438	26.356	22.4	-3.956	15.648
963	90	-78570.000	-2889.092	27.195	1.361	25.835	23.1	-2.735	7.478
958	95	-81985.000	-3104.047	26.412	1.283	25.130	24	-1.130	1.276
953	110	-92730.000	-3830.248	24.210	1.102	23.108	25	1.892	3.580
950	95	-81225.000	-3096.047	26.235	1.272	24.963	26.2	1.237	1.530
955	105	-89250.000	-3576.625	24.954	1.157	23.797	28	4.203	17.666
955	110	-92950.000	-3832.248	24.255	1.104	23.150	30.1	6.950	48.296
963	100	-86300.000	-3340.891	25.831	1.225	24.607	33.3	8.693	75.575
970	90	-79200.000	-2896.092	27.347	1.371	25.976	36.8	10.824	117.150
976	75	-67575.000	-2313.564	29.208	1.655	27.553	40.5	12.947	167.623
978	60	-55080.000	-1834.041	30.032	2.073	27.959	42.5	14.541	211.443
982	55	-50985.000	-1701.312	29.968	2.271	27.697	44	16.303	265.781
986	50	-46800.000	-1580.473	29.611	2.508	27.103	45	17.897	320.292
990	40	-38000.000	-1370.463	27.728	3.148	24.580	45.5	20.920	437.646
error medio cuadrático									57.4125

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

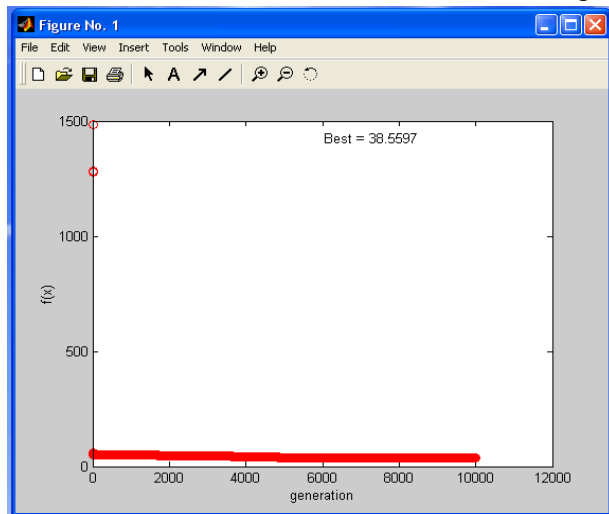


Imagen 156. Error medio cuadrático en X (programación genética)

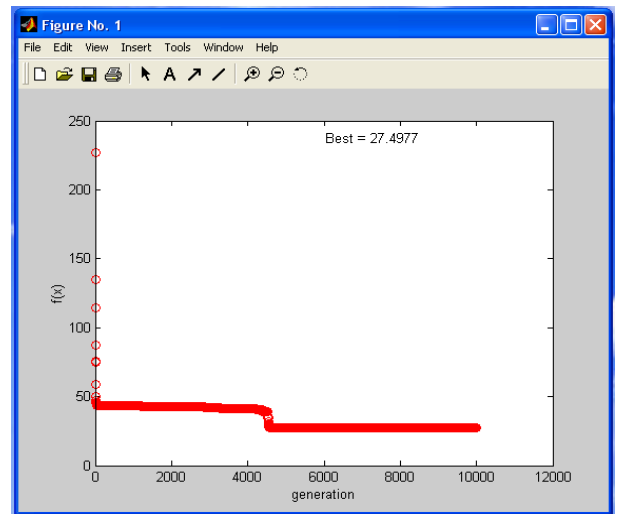


Imagen 155. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

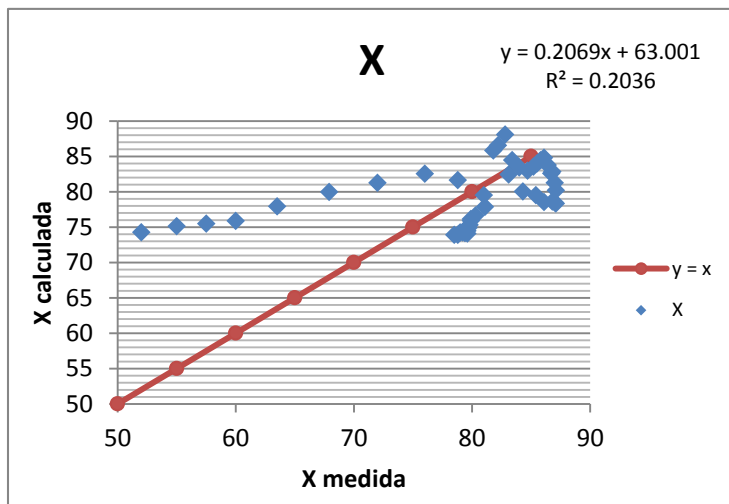


Gráfico 69. Correlación en x (longitud) en grados

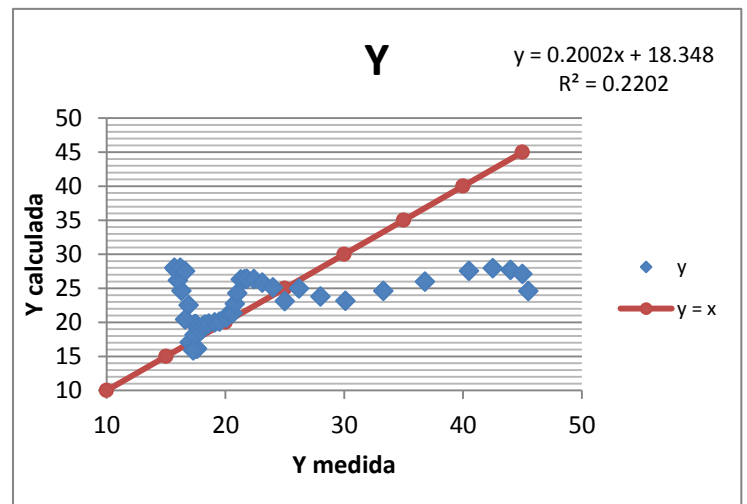
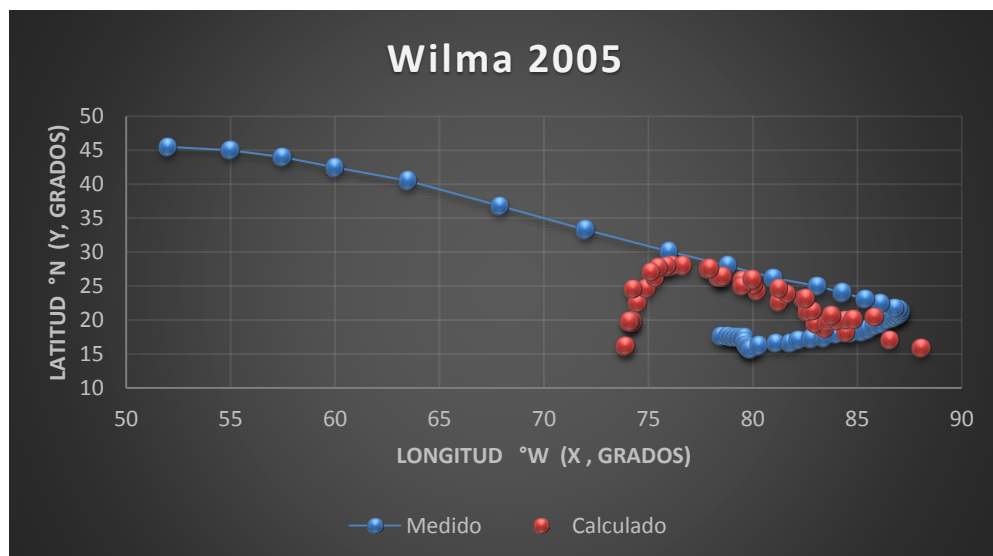


Gráfico 70. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 41. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(\left((-0.331667) - \left(\frac{8.176966Ws - Ws^2}{P} \right) \right) - \left((-0.393385) - \left(\frac{P}{1.538506 - \frac{P}{0.463993}} \right) \right) \right) \dots \text{Ecuación 117}$$

Tabla 210. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer Tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1004	25	0.09	0.07	0.00	-78.97	79.06	78.50	-0.56	0.31
1004	25	0.09	0.07	0.00	-78.97	79.06	78.80	-0.26	0.07
1003	30	0.32	0.07	0.00	-78.89	79.21	79.00	-0.21	0.05
1003	30	0.32	0.07	0.00	-78.89	79.21	79.20	-0.01	0.00
1002	30	0.32	0.07	0.00	-78.81	79.14	79.40	0.26	0.07
1001	30	0.32	0.07	0.00	-78.74	79.06	79.60	0.54	0.29
1000	35	0.61	0.07	0.00	-78.66	79.26	79.60	0.34	0.11
999	40	0.94	0.07	0.00	-78.58	79.52	79.70	0.18	0.03
997	45	1.33	0.07	0.00	-78.42	79.75	79.80	0.05	0.00
988	55	2.27	0.07	0.00	-77.72	79.99	79.90	-0.09	0.01
982	60	2.83	0.07	0.00	-77.25	80.08	79.90	-0.18	0.03
error medio cuadrático									0.08868

“Segundo Tramo”

$$X2 = 17.922103 - \left(\left(\frac{P - Ws}{\frac{P - 2Ws}{Ws}} - 12.486236 \right) + (-0.080024P + 1.670616) \right) \dots \text{Ecuación 118}$$

Tabla 211. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
979	65	74.95	14.63	-76.67	-62.04	79.96	80.30	0.34	0.11
975	75	88.64	11.82	-76.35	-64.53	82.46	81.10	-1.36	1.84
946	130	179.27	4.89	-74.03	-69.14	87.06	81.80	-5.26	27.69
892	150	226.01	3.47	-69.71	-66.24	84.16	82.20	-1.96	3.83
882	160	251.10	3.03	-68.91	-65.88	83.81	82.80	-1.01	1.01
892	140	204.05	3.93	-69.71	-65.79	83.71	83.40	-0.31	0.09
892	135	193.60	4.18	-69.71	-65.53	83.45	84.00	0.55	0.30
901	130	182.73	4.53	-70.43	-65.90	83.82	84.70	0.88	0.77
910	130	182.00	4.60	-71.15	-66.55	84.47	85.20	0.73	0.53
917	130	181.45	4.66	-71.71	-67.05	84.98	85.50	0.52	0.28
924	130	180.90	4.71	-72.27	-67.56	85.48	85.80	0.32	0.10
930	130	180.45	4.76	-72.75	-67.99	85.91	86.10	0.19	0.04
929	125	171.02	5.07	-72.67	-67.60	85.52	86.40	0.88	0.77
926	120	161.98	5.39	-72.43	-67.04	84.96	86.70	1.74	3.02
930	120	161.74	5.43	-72.75	-67.32	85.25	86.80	1.55	2.41
935	110	143.85	6.28	-73.15	-66.87	84.79	87.00	2.21	4.87
error medio cuadrático									2.9788

“Tercer Tramo”

$$X3 = Ws - \left(\frac{\left(\left(\frac{18.847861 + P - Ws}{1.186506} \right) - \left(\frac{Ws}{0.119799} \right) \right)}{\left(\frac{8.964270 + P}{9.286127 - Ws} \right)} + 9.311313 \right) \dots \text{Ecuación 119}$$

Tabla 212. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
947	100	-104.99	-10.54	9.96	19.27	80.73	87.10	6.37	40.62
958	85	42.14	-12.77	-3.30	6.01	78.99	87.10	8.11	65.80
960	85	43.82	-12.80	-3.42	5.89	79.11	87.00	7.89	62.21
962	85	45.51	-12.82	-3.55	5.76	79.24	86.80	7.56	57.19
961	85	44.67	-12.81	-3.49	5.82	79.18	86.10	6.92	47.95
963	90	0.40	-12.04	-0.03	9.28	80.72	85.40	4.68	21.88
958	95	-49.76	-11.28	4.41	13.72	81.28	84.30	3.02	9.14
953	110	-191.83	-9.55	20.08	29.40	80.60	83.10	2.50	6.23
950	95	-56.51	-11.19	5.05	14.36	80.64	81.00	0.36	0.13
955	105	-144.19	-10.07	14.32	23.63	81.37	78.80	-2.57	6.61
955	110	-190.14	-9.57	19.87	29.18	80.82	76.00	-4.82	23.26
963	100	-91.50	-10.71	8.54	17.85	82.15	72.00	-10.15	103.00
970	90	6.30	-12.13	-0.52	8.79	81.21	67.90	-13.31	177.11
976	75	149.21	-14.99	-9.95	-0.64	75.64	63.50	-12.14	147.46
978	60	288.75	-19.46	-14.84	-5.53	65.53	60.00	-5.53	30.53
982	55	338.07	-21.68	-15.60	-6.28	61.28	57.50	-3.78	14.32
986	50	387.39	-24.44	-15.85	-6.54	56.54	55.00	-1.54	2.37
990	40	482.66	-32.52	-14.84	-5.53	45.53	52.00	6.47	41.88
						error medio cuadrático			47.65

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = 0.23283717 - \left(-0.51617634 + \left(\frac{0.038661595}{3.846954773Ws - 0.96280852 + P} \right) * (-0.476357325P^2) \right) \dots \text{Ecuación 120}$$

Tabla 213. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1004	25	1099.211	0.000	-16.889	-17.405	17.638	17.6	-0.038	0.001
1004	25	1099.211	0.000	-16.889	-17.405	17.638	17.6	-0.038	0.001
1003	30	1117.446	0.000	-16.580	-17.096	17.329	17.5	0.171	0.029
1003	30	1117.446	0.000	-16.580	-17.096	17.329	17.5	0.171	0.029
1002	30	1116.446	0.000	-16.562	-17.078	17.311	17.5	0.189	0.036
1001	30	1115.446	0.000	-16.544	-17.060	17.293	17.4	0.107	0.012
1000	35	1133.681	0.000	-16.245	-16.761	16.994	16.9	-0.094	0.009
999	40	1151.915	0.000	-15.956	-16.472	16.705	16.3	-0.405	0.164
997	45	1169.150	0.000	-15.658	-16.174	16.407	16	-0.407	0.166
988	55	1198.620	0.000	-14.998	-15.515	15.747	15.8	0.053	0.003
982	60	1211.854	0.000	-14.655	-15.171	15.404	15.7	0.296	0.088
						error medio cuadrático			0.048846

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \left(\frac{P}{\frac{PW_s}{-0.6484628x + 0.47252286W_s^2} - (-0.25608206W_s + 0.6641405)} \right) \dots \text{Ecuación 121}$$

Tabla 214. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
979	65	46.74	-15.98	62.72	15.61	15.61	16.2	0.590	0.349
975	75	36.10	-18.54	54.64	17.84	17.84	16.6	-1.244	1.547
946	130	16.68	-32.63	49.31	19.19	19.19	16.6	-2.585	6.685
892	150	13.31	-37.75	51.06	17.47	17.47	17	-0.471	0.221
882	160	12.25	-40.31	52.55	16.78	16.78	17.3	0.517	0.268
892	140	14.38	-35.19	49.57	17.99	17.99	17.4	-0.595	0.354
892	135	14.99	-33.91	48.90	18.24	18.24	17.9	-0.342	0.117
901	130	15.83	-32.63	48.45	18.60	18.60	18.1	-0.496	0.246
910	130	16.00	-32.63	48.62	18.72	18.72	18.3	-0.416	0.173
917	130	16.13	-32.63	48.76	18.81	18.81	18.6	-0.208	0.043
924	130	16.26	-32.63	48.89	18.90	18.90	19.1	0.200	0.040
930	130	16.38	-32.63	49.00	18.98	18.98	19.5	0.522	0.272
929	125	17.13	-31.35	48.47	19.17	19.17	20.1	0.934	0.873
926	120	17.91	-30.07	47.98	19.30	19.30	20.3	0.999	0.998
930	120	18.00	-30.07	48.06	19.35	19.35	20.6	1.250	1.563
935	110	20.12	-27.50	47.63	19.63	19.63	20.8	1.168	1.365
error medio cuadrático									0.94457

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \left(\frac{P - \left(\left((-1.4884319P - W_s) - \left(\frac{P}{W_s} \right) \right) - W_s \right)}{\left(\left(\frac{0.2352076x}{W_s - \frac{P}{W_s}} \right) + W_s \right)} \right) \dots \text{Ecuación 122}$$

Tabla 215. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
947	100	-1519.015	-1619.015	2566.015	102.460	25.044	21	-4.044	16.354
958	85	-1522.188	-1607.188	2565.188	88.056	29.131	21.3	-7.831	61.329
960	85	-1525.189	-1610.189	2570.189	88.064	29.186	21.6	-7.586	57.542
962	85	-1528.189	-1613.189	2575.189	88.071	29.240	21.8	-7.440	55.353
961	85	-1526.689	-1611.689	2572.689	88.067	29.213	22.4	-6.813	46.414
963	90	-1534.060	-1624.060	2587.060	92.856	27.861	23.1	-4.761	22.666
958	95	-1531.002	-1626.002	2584.002	97.654	26.461	24	-2.461	6.056
953	110	-1537.139	-1647.139	2600.139	112.212	23.172	25	1.828	3.343
950	95	-1519.010	-1614.010	2564.010	97.629	26.263	26.2	-0.063	0.004
955	105	-1535.548	-1640.548	2595.548	107.342	24.180	28	3.820	14.591
955	110	-1540.134	-1650.134	2605.134	112.217	23.215	30.1	6.885	47.401
963	100	-1542.990	-1642.990	2605.990	102.506	25.423	33.3	7.877	62.052
970	90	-1544.557	-1634.557	2604.557	92.880	28.042	36.8	8.758	76.699
976	75	-1540.723	-1615.723	2591.723	78.703	32.930	40.5	7.570	57.301
978	60	-1531.986	-1591.986	2569.986	65.264	39.378	42.5	3.122	9.745
982	55	-1534.495	-1589.495	2571.495	61.218	42.005	44	1.995	3.978
986	50	-1537.314	-1587.314	2573.314	57.659	44.630	45	0.370	0.137
990	40	-1538.298	-1578.298	2568.298	55.269	46.469	45.5	-0.969	0.939
error medio cuadrático									30.1057

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

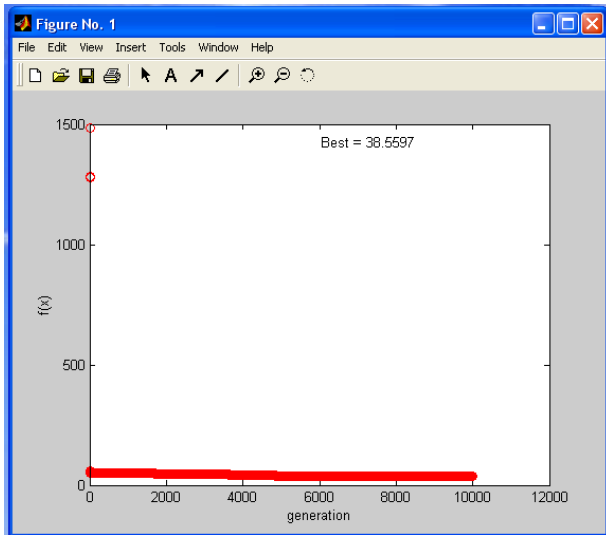


Imagen 158. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

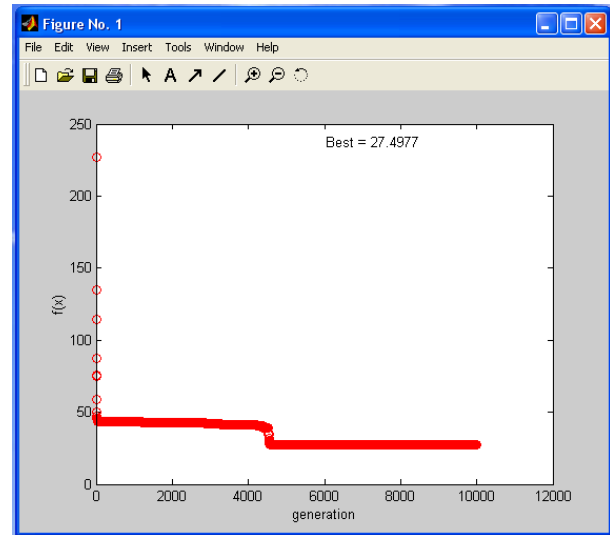


Imagen 157. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

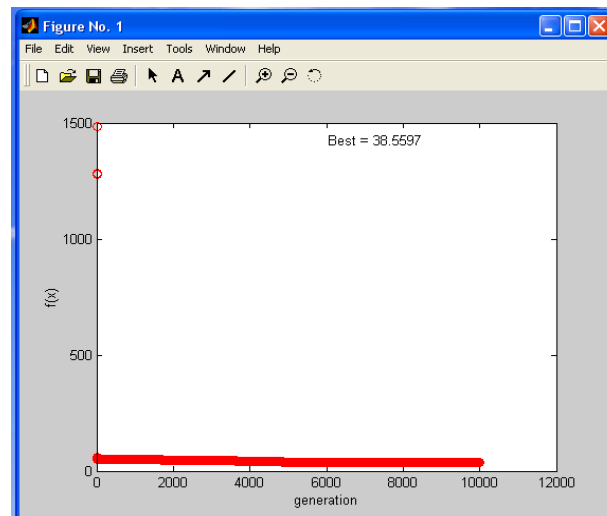


Imagen 159. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

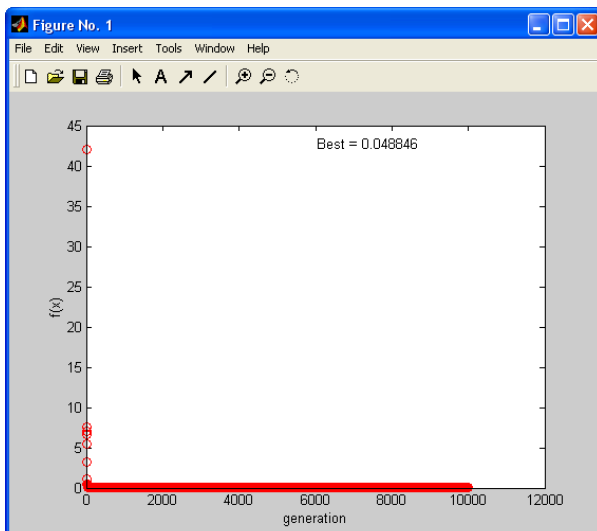


Imagen 161. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

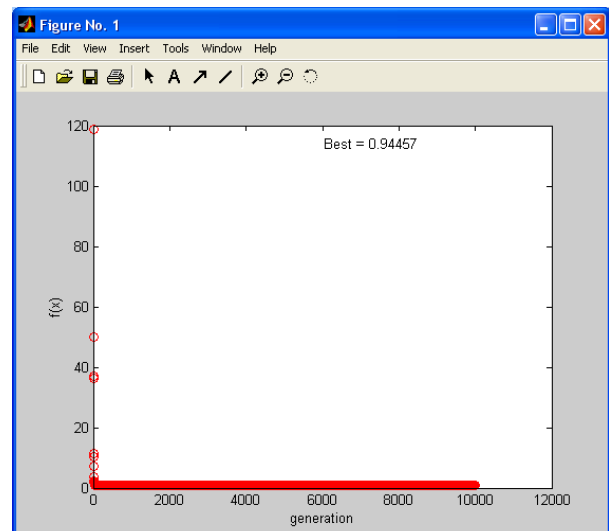


Imagen 160. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

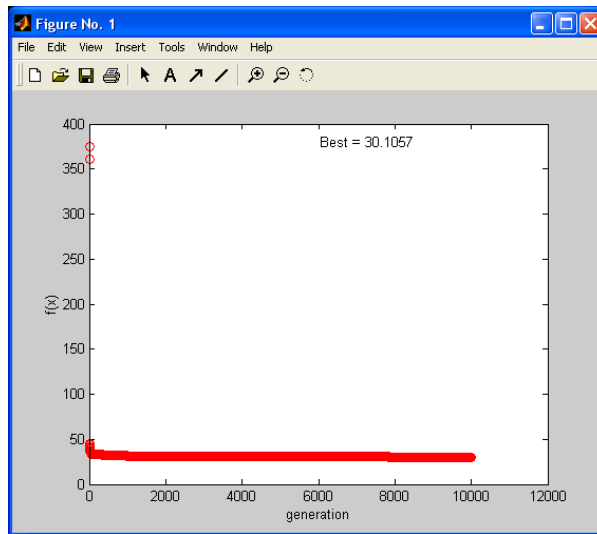


Imagen 162. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

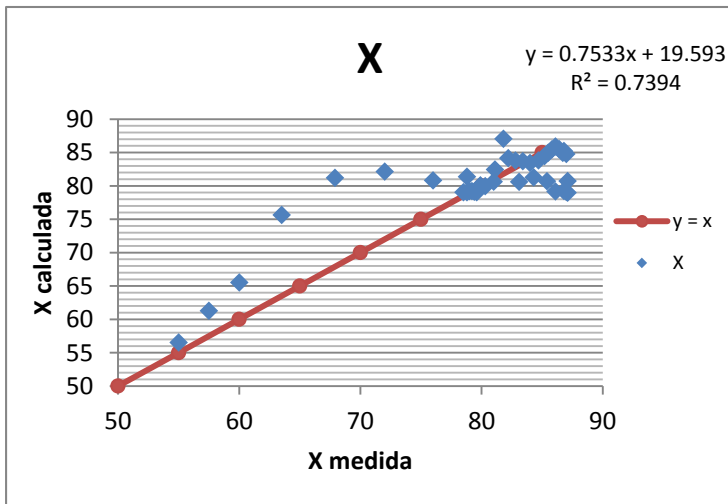


Gráfico 71. Correlación en x (longitud) en grados

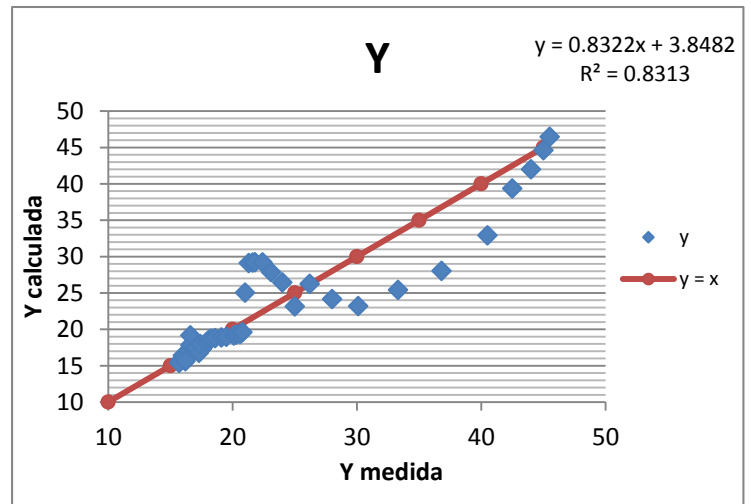
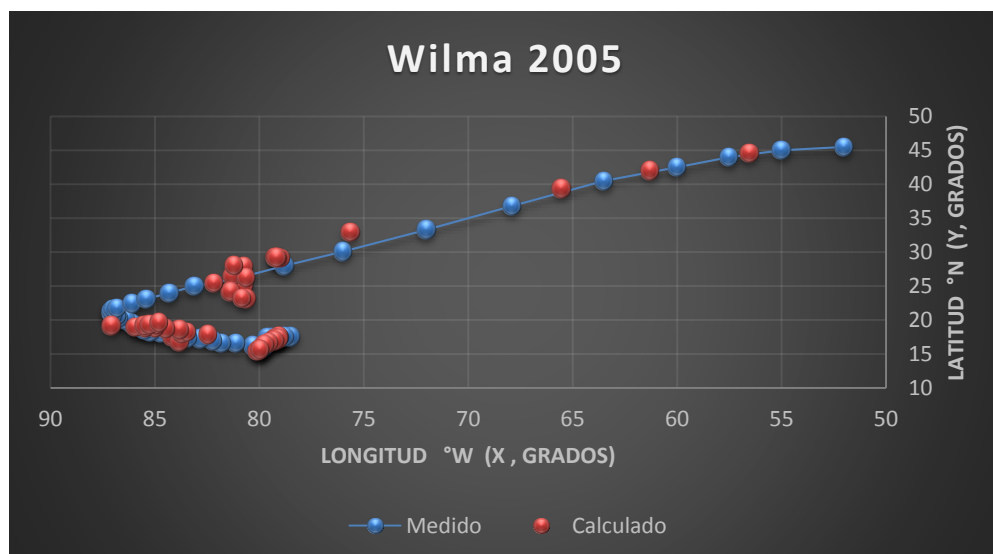


Gráfico 72. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 42. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \left(\frac{\left(-\frac{11.34420528}{X} + 0.082653 \right)}{-0.002723} \right) \dots \text{Ecuación 123}$$

Tabla 216. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1								
Longitud “W”	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
78.5	-0.14	-0.06	0.00	22.72	22.72	17.60	-5.12	26.19
78.8	-0.14	-0.06	0.00	22.52	22.52	17.60	-4.92	24.16
79	-0.14	-0.06	0.00	22.38	22.38	17.50	-4.88	23.83
79.2	-0.14	-0.06	0.00	22.25	22.25	17.50	-4.75	22.55
79.4	-0.14	-0.06	0.00	22.12	22.12	17.50	-4.62	21.30
79.6	-0.14	-0.06	0.00	21.98	21.98	17.40	-4.58	21.01
79.6	-0.14	-0.06	0.00	21.98	21.98	16.90	-5.08	25.85
79.7	-0.14	-0.06	0.00	21.92	21.92	16.30	-5.62	31.56
79.8	-0.14	-0.06	0.00	21.85	21.85	16.00	-5.85	34.25
79.9	-0.14	-0.06	0.00	21.79	21.79	15.80	-5.99	35.85
79.9	-0.14	-0.06	0.00	21.79	21.79	15.70	-6.09	37.06
80.3	-0.14	-0.06	0.00	21.53	21.53	16.20	-5.33	28.38
81.1	-0.14	-0.06	0.00	21.02	21.02	16.60	-4.42	19.50
81.8	-0.14	-0.06	0.00	20.58	20.58	16.60	-3.98	15.81
82.2	-0.14	-0.06	0.00	20.33	20.33	17.00	-3.33	11.08
82.8	-0.14	-0.05	0.00	19.96	19.96	17.30	-2.66	7.08
83.4	-0.14	-0.05	0.00	19.60	19.60	17.40	-2.20	4.84
84	-0.14	-0.05	0.00	19.24	19.24	17.90	-1.34	1.80
84.7	-0.13	-0.05	0.00	18.83	18.83	18.10	-0.73	0.54
85.2	-0.13	-0.05	0.00	18.54	18.54	18.30	-0.24	0.06
85.5	-0.13	-0.05	0.00	18.37	18.37	18.60	0.23	0.05
85.8	-0.13	-0.05	0.00	18.20	18.20	19.10	0.90	0.81
86.1	-0.13	-0.05	0.00	18.03	18.03	19.50	1.47	2.15
86.4	-0.13	-0.05	0.00	17.86	17.86	20.10	2.24	5.00
86.7	-0.13	-0.05	0.00	17.70	17.70	20.30	2.60	6.77
86.8	-0.13	-0.05	0.00	17.64	17.64	20.60	2.96	8.75
87	-0.13	-0.05	0.00	17.53	17.53	20.80	3.27	10.68
87.1	-0.13	-0.05	0.00	17.48	17.48	21.00	3.52	12.41
87.1	-0.13	-0.05	0.00	17.48	17.48	21.30	3.82	14.61
87	-0.13	-0.05	0.00	17.53	17.53	21.60	4.07	16.55
86.8	-0.13	-0.05	0.00	17.64	17.64	21.80	4.16	17.28
86.1	-0.13	-0.05	0.00	18.03	18.03	22.40	4.37	19.07
85.4	-0.13	-0.05	0.00	18.43	18.43	23.10	4.67	21.81
84.3	-0.13	-0.05	0.00	19.07	19.07	24.00	4.93	24.35
83.1	-0.14	-0.05	0.00	19.78	19.78	25.00	5.22	27.25
81	-0.14	-0.06	0.00	21.08	21.08	26.20	5.12	26.22
78.8	-0.14	-0.06	0.00	22.52	22.52	28.00	5.48	30.08
76	-0.15	-0.07	0.00	24.46	24.46	30.10	5.64	31.78
72	-0.16	-0.07	0.00	27.51	27.51	33.30	5.79	33.54
67.9	-0.17	-0.08	0.00	31.00	31.00	36.80	5.80	33.61
63.5	-0.18	-0.10	0.00	35.25	35.25	40.50	5.25	27.52
60	-0.19	-0.11	0.00	39.08	39.08	42.50	3.42	11.69
57.5	-0.20	-0.11	0.00	42.10	42.10	44.00	1.90	3.61
55	-0.21	-0.12	0.00	45.39	45.39	45.00	-0.39	0.15
52	-0.22	-0.14	0.00	49.76	49.76	45.50	-4.26	18.17
error medio cuadrático								17.7029

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

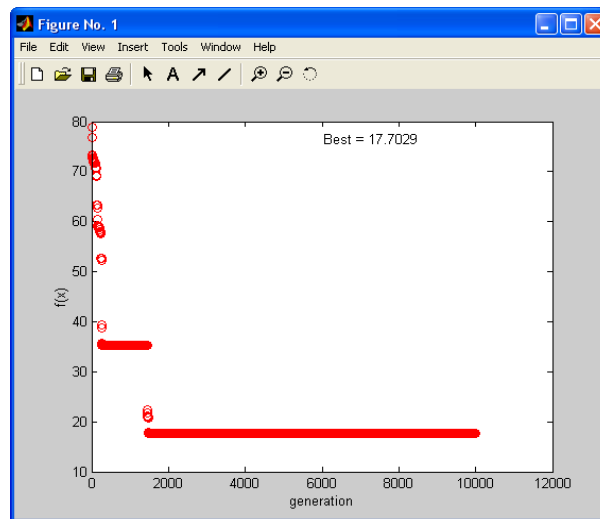


Imagen 163. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

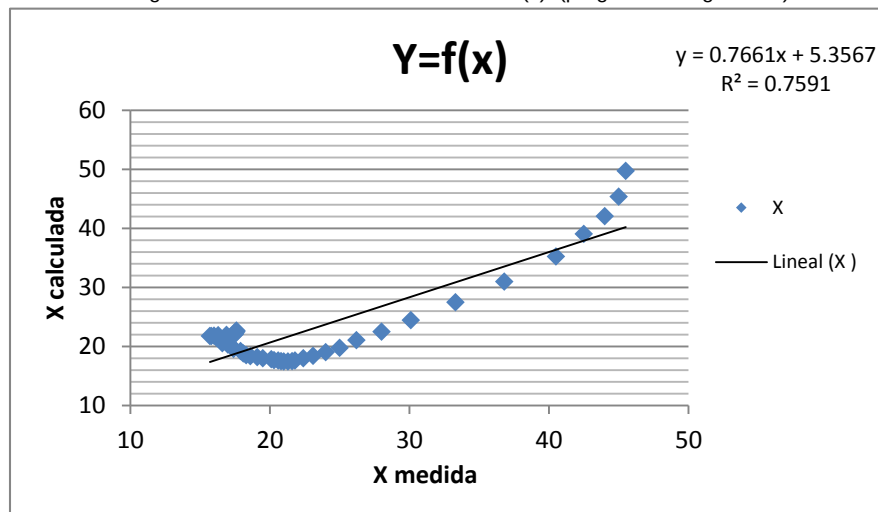
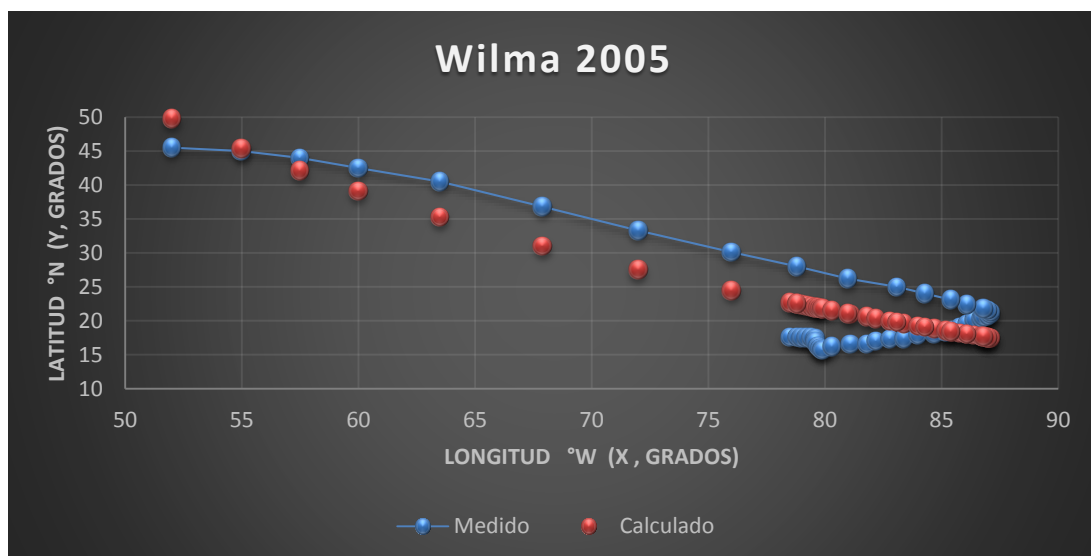


Gráfico 73. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 43. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Dean

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

X=

$$\left(\left(\frac{W_s}{-0.0776425} \right) * \left(P + \left(P * \left(\frac{-6.0421648}{W_s} \right) \right) \right) - 28.297985 \right) * P \dots \text{Ecuación 124}$$

Tabla 217. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-34.844	65.639	31.884	18.091	45.267	28.9	-16.367	267.884
1005	30	-34.778	65.639	31.887	18.071	45.227	30.7	-14.527	211.046
1005	30	-34.778	65.639	31.887	18.071	45.227	32.4	-12.827	164.543
1005	30	-34.778	65.639	31.887	18.071	45.227	34.5	-10.727	115.078
1005	30	-34.778	65.639	31.887	18.071	45.227	36.5	-8.727	76.168
1004	35	-29.382	76.579	37.606	15.307	46.362	38.3	-8.062	64.994
1002	40	-23.919	87.518	43.659	13.159	47.295	40.1	-7.195	51.774
997	50	-12.927	109.398	58.463	9.778	47.926	41.7	-6.226	38.769
997	50	-12.927	109.398	58.463	9.778	47.926	43.4	-4.526	20.489
997	50	-12.927	109.398	58.463	9.778	47.926	45.1	-2.826	7.989
994	55	-7.398	120.338	71.267	7.997	46.234	47	0.766	0.586
991	60	-1.869	131.278	130.248	4.362	35.999	49.2	13.201	174.257
984	70	9.255	153.157	53.452	10.555	70.699	51.3	-19.399	376.315
970	80	20.842	175.037	71.602	7.767	66.034	53.3	-12.734	162.149
972	80	20.710	175.037	71.548	7.789	66.149	55.5	-10.649	113.412
976	80	20.446	175.037	71.439	7.833	66.383	57.7	-8.683	75.389
975	80	20.512	175.037	71.467	7.822	66.324	59.8	-6.524	42.565
967	90	31.702	196.916	83.789	6.617	67.434	61.7	-5.734	32.878
961	110	53.421	240.675	105.495	5.223	72.266	63.5	-8.766	76.844
944	125	70.537	273.495	121.123	4.469	75.877	65.1	-10.777	116.152
929	145	92.852	317.254	141.583	3.762	81.235	66.6	-14.635	214.187
923	145	93.249	317.254	141.598	3.737	80.998	68	-12.998	168.953
930	130	76.794	284.435	126.296	4.222	76.790	69.5	-7.290	53.144
920	120	66.794	262.555	116.069	4.545	73.446	71	-2.446	5.984
921	120	66.728	262.555	116.065	4.550	73.487	72.6	-0.887	0.786
923	125	71.926	273.495	121.198	4.366	75.032	74.3	-0.732	0.536
930	125	71.463	273.495	121.173	4.401	75.314	76	0.686	0.471
926	125	71.728	273.495	121.187	4.381	75.153	77.8	2.647	7.007
926	130	77.058	284.435	126.309	4.203	76.630	79.8	3.170	10.049
926	130	77.058	284.435	126.309	4.203	76.630	81.5	4.870	23.717
924	135	82.521	295.374	131.421	4.031	78.038	83.3	5.262	27.689
914	145	93.844	317.254	141.619	3.700	80.643	85.1	4.457	19.865
907	150	99.637	328.194	146.706	3.545	81.878	86.9	5.022	25.222
935	110	55.141	240.675	105.635	5.075	71.188	88.7	17.512	306.679
960	75	16.173	164.097	64.854	8.487	65.481	90.5	25.019	625.953
979	65	4.255	142.217	31.579	17.775	96.720	92.2	-4.520	20.429
979	70	9.586	153.157	54.023	10.390	69.936	94	24.064	579.073
976	80	20.446	175.037	71.439	7.833	66.383	95.5	29.117	847.818
974	75	15.247	164.097	64.238	8.694	66.506	97.3	30.794	948.295
998	30	-34.315	65.639	31.913	17.930	44.949	99	54.051	2921.511
error medio cuadrático									224.9162

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left(\frac{-12.879539 W_s P}{(-0.68044344 W_s - 18.8034264) * \left(P + \frac{-6.0421648 P}{W_s} - 28.297985 \right)} \right) \dots \text{Ecuación 125}$$

Tabla 218. . Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-39.22	775.09	-30396.42	0.01	12.79	12.20	-0.59	0.35
1005	30	-39.22	774.29	-30365.10	0.01	12.79	12.10	-0.69	0.47
1005	30	-39.22	774.29	-30365.10	0.01	12.79	12.00	-0.79	0.62
1005	30	-39.22	774.29	-30365.10	0.01	12.79	11.90	-0.89	0.79
1005	30	-39.22	774.29	-30365.10	0.01	12.79	11.80	-0.99	0.98
1004	35	-42.62	802.38	-34196.51	0.01	13.23	11.80	-1.43	2.06
1002	40	-46.02	822.35	-37845.31	0.01	13.64	11.80	-1.84	3.39
997	50	-52.83	848.22	-44807.80	0.01	14.33	11.90	-2.43	5.90
997	50	-52.83	848.22	-44807.80	0.01	14.33	12.00	-2.33	5.42
997	50	-52.83	848.22	-44807.80	0.01	14.33	12.30	-2.03	4.12
994	55	-56.23	856.50	-48159.33	0.01	14.62	12.80	-1.82	3.32
991	60	-59.63	862.91	-51455.09	0.02	14.88	13.00	-1.88	3.55
984	70	-66.43	870.77	-57848.90	0.02	15.34	13.20	-2.14	4.56
970	80	-73.24	868.44	-63603.65	0.02	15.71	13.50	-2.21	4.90
972	80	-73.24	870.29	-63739.06	0.02	15.71	13.80	-1.91	3.66
976	80	-73.24	873.99	-64009.89	0.02	15.71	14.00	-1.71	2.93
975	80	-73.24	873.06	-63942.18	0.02	15.71	14.20	-1.51	2.28
967	90	-80.04	873.78	-69940.45	0.02	16.03	14.40	-1.63	2.65
961	110	-93.65	879.92	-82406.02	0.02	16.52	14.80	-1.72	2.96
944	125	-103.86	870.07	-90364.64	0.02	16.82	14.90	-1.92	3.68
929	145	-117.47	861.99	-101256.06	0.02	17.13	15.00	-2.13	4.55
923	145	-117.47	856.24	-100580.63	0.02	17.14	15.40	-1.74	3.02
930	130	-107.26	858.48	-92081.20	0.02	16.91	15.90	-1.01	1.02
920	120	-100.46	845.38	-84923.91	0.02	16.74	16.10	-0.64	0.41
921	120	-100.46	846.33	-85019.31	0.02	16.74	16.40	-0.34	0.12
923	125	-103.86	850.09	-88289.03	0.02	16.83	16.80	-0.03	0.00
930	125	-103.86	856.75	-88980.90	0.02	16.83	17.10	0.27	0.07
926	125	-103.86	852.94	-88585.55	0.02	16.83	17.50	0.67	0.45
926	130	-107.26	854.66	-91672.09	0.02	16.91	17.60	0.69	0.47
926	130	-107.26	854.66	-91672.09	0.02	16.91	17.80	0.89	0.79
924	135	-110.66	854.35	-94544.82	0.02	16.99	18.00	1.01	1.01
914	145	-117.47	847.62	-99567.47	0.02	17.14	18.20	1.06	1.12
907	150	-120.87	842.17	-101792.68	0.02	17.21	18.60	1.39	1.92
935	110	-93.65	855.34	-80104.82	0.02	16.54	18.90	2.36	5.59
960	75	-69.84	854.36	-59665.83	0.02	15.54	19.20	3.66	13.38
979	65	-63.03	859.70	-54188.68	0.02	15.12	19.70	4.58	20.93
979	70	-66.43	866.20	-57545.40	0.02	15.34	20.10	4.76	22.68
976	80	-73.24	873.99	-64009.89	0.02	15.71	20.50	4.79	22.94
974	75	-69.84	867.23	-60564.78	0.02	15.53	20.50	4.97	24.66
998	30	-39.22	768.70	-30145.87	0.01	12.79	20.50	7.71	59.42
error medio cuadrático									6.0781

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

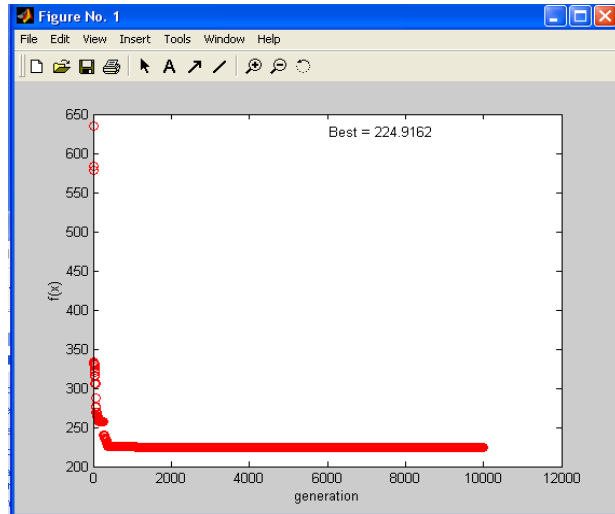


Imagen 165. Error medio cuadrático en X (programación genética)

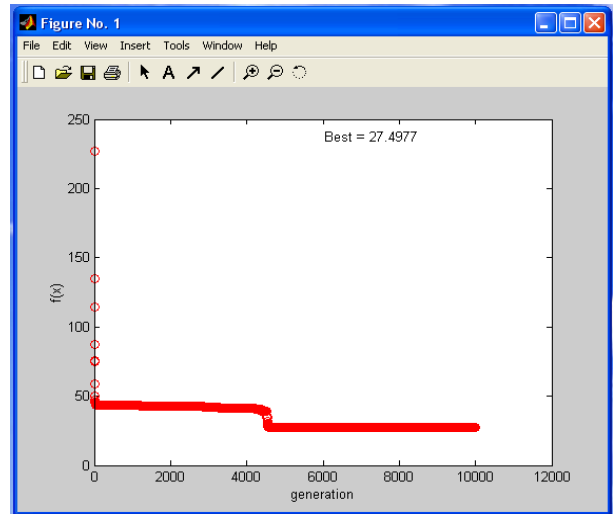


Imagen 164. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

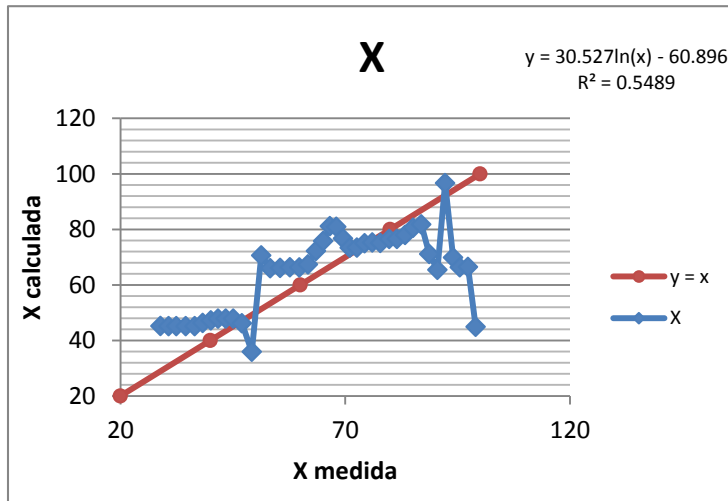


Gráfico 75. Correlación en x (longitud) en grados

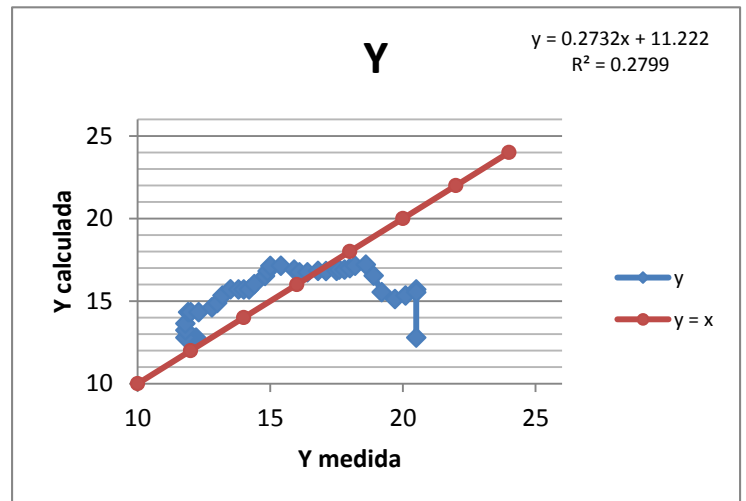
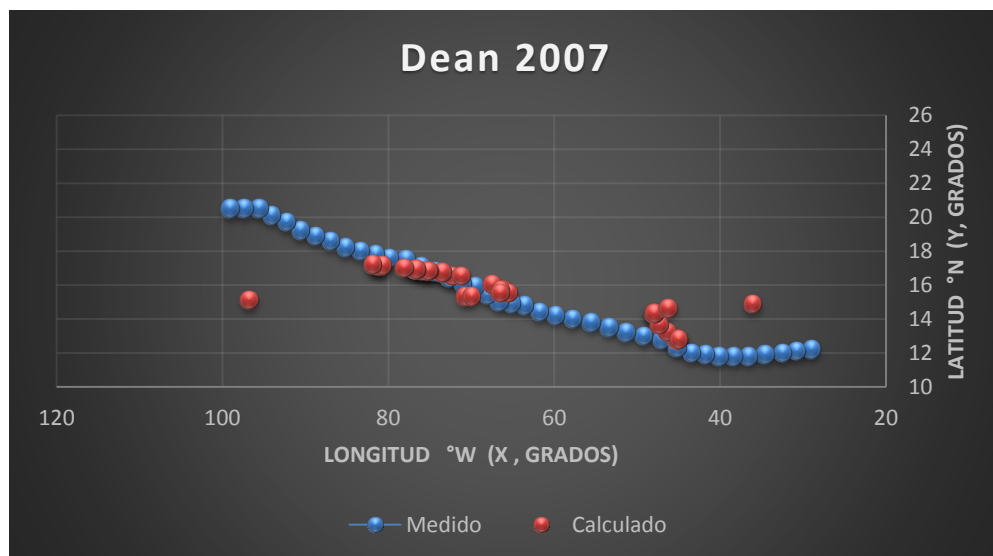


Gráfico 74. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 44. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \frac{W_s^2}{2W_s - P} + \frac{W_s^2}{0.63737W_s^3} - 0.306537 - 0.623833W_s \text{Ecuación 126}$$

Tabla 219. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1006	30	-0.951	15.689	0.307	18.715	33.147	28.9	-4.247	18.033
1005	30	-0.952	15.689	0.307	18.715	33.146	30.7	-2.446	5.981
1005	30	-0.952	15.689	0.307	18.715	33.146	32.4	-0.746	0.556
1005	30	-0.952	15.689	0.307	18.715	33.146	34.5	1.354	1.835
1005	30	-0.952	15.689	0.307	18.715	33.146	36.5	3.354	11.252
1004	35	-1.312	15.689	0.307	21.834	35.906	38.3	2.394	5.733
1002	40	-1.735	15.689	0.307	24.953	38.601	40.1	1.499	2.247
997	50	-2.787	15.689	0.307	31.192	43.788	41.7	-2.088	4.358
997	50	-2.787	15.689	0.307	31.192	43.788	43.4	-0.388	0.150
997	50	-2.787	15.689	0.307	31.192	43.788	45.1	1.312	1.723
						error medio cuadrático			5.1868

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(P - \frac{P}{W_s} + 2W_s - \frac{2P + W_s}{W_s - 0.816563 - \frac{P}{W_s}} \right) * (0.064981) \text{Ecuación 127}$$

Tabla 220. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
994	55	1085.927	56.576	1029.351	0.065	66.888	47	-19.888	395.543
991	60	1094.483	47.859	1046.624	0.065	68.011	49.2	-18.811	353.842
984	70	1109.943	36.970	1072.973	0.065	69.723	51.3	-18.423	339.402
970	80	1117.875	30.123	1087.752	0.065	70.683	53.3	-17.383	302.176
972	80	1119.850	30.194	1089.656	0.065	70.807	55.5	-15.307	234.303
976	80	1123.800	30.336	1093.464	0.065	71.054	57.7	-13.354	178.340
975	80	1122.813	30.300	1092.512	0.065	70.993	59.8	-11.193	125.273
967	90	1136.256	25.803	1110.452	0.065	72.158	61.7	-10.458	109.376
961	110	1172.264	20.230	1152.034	0.065	74.860	63.5	-11.360	129.057
944	125	1186.448	17.259	1169.189	0.065	75.975	65.1	-10.875	118.266
929	145	1212.593	14.538	1198.055	0.065	77.851	66.6	-11.251	126.581
923	145	1206.634	14.447	1192.188	0.065	77.470	68	-9.470	89.673
930	130	1182.846	16.308	1166.539	0.065	75.803	69.5	-6.303	39.726
920	120	1152.333	17.576	1134.758	0.065	73.738	71	-2.738	7.495
921	120	1153.325	17.595	1135.730	0.065	73.801	72.6	-1.201	1.442
923	125	1165.616	16.875	1148.741	0.065	74.646	74.3	-0.346	0.120
930	125	1172.560	17.003	1155.557	0.065	75.089	76	0.911	0.829
926	125	1168.592	16.930	1151.662	0.065	74.836	77.8	2.964	8.784
926	130	1178.877	16.238	1162.639	0.065	75.549	79.8	4.251	18.067
926	130	1178.877	16.238	1162.639	0.065	75.549	81.5	5.951	35.409
924	135	1187.156	15.573	1171.583	0.065	76.131	83.3	7.169	51.400
914	145	1197.697	14.310	1183.387	0.065	76.898	85.1	8.202	67.278
907	150	1200.953	13.721	1187.232	0.065	77.148	86.9	9.752	95.111
935	110	1146.500	19.666	1126.834	0.065	73.223	88.7	15.477	239.543
960	75	1097.200	32.501	1064.699	0.065	69.185	90.5	21.315	454.319
979	65	1093.938	41.183	1052.755	0.065	68.409	92.2	23.791	566.008
979	70	1105.014	36.741	1068.274	0.065	69.417	94	24.583	604.300
976	80	1123.800	30.336	1093.464	0.065	71.054	95.5	24.446	597.588
974	75	1111.013	33.057	1077.956	0.065	70.047	97.3	27.253	742.744
998	30	1024.733	-496.176	1520.909	0.065	98.830	99	0.170	0.029
						error medio cuadrático			201.0674

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left(\frac{P + \frac{W_s}{0.669974} + \frac{P}{-1.30519682W_s}}{\frac{P}{W_s - \frac{P}{W_s}}} \right) * (-0.09080606) \dots \text{Ecuación 128}$$

Tabla 221. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure (mb)	Wind (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
1006	30	1084.31	90.34	12.00	12.00	12.00	12.2	0.20	0.04
1005	30	1083.28	90.24	12.00	12.00	12.00	12.1	0.10	0.01
1005	30	1083.28	90.24	12.00	12.00	12.00	12	0.00	0.00
1005	30	1083.28	90.24	12.00	12.00	12.00	11.9	-0.10	0.01
1005	30	1083.28	90.24	12.00	12.00	12.00	11.8	-0.20	0.04
1004	35	1084.93	91.83	11.81	11.81	11.81	11.8	-0.01	0.00
1002	40	1086.75	91.30	11.90	11.90	11.90	11.8	-0.10	0.01
997	50	1091.57	90.73	12.03	12.03	12.03	11.9	-0.13	0.02
997	50	1091.57	90.73	12.03	12.03	12.03	12	-0.03	0.00
997	50	1091.57	90.73	12.03	12.03	12.03	12.3	0.27	0.07
error medio cuadrático									0.020206

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \left(\frac{\frac{P}{0.92617987}}{\frac{0.9751204}{W_s} + 16.85819} \right) \dots \text{Ecuación 129}$$

Tabla 222. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure (mb)	Wind (kt)	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
994	55	20.01	-4.93	-4.06	16.86	12.80	12.8	0.00	0.00
991	60	18.29	-11.04	-1.66	16.86	15.20	13	-2.20	4.85
984	70	15.56	-26.23	-0.59	16.86	16.26	13.2	-3.06	9.39
970	80	13.43	-45.34	-0.30	16.86	16.56	13.5	-3.06	9.38
972	80	13.45	-45.34	-0.30	16.86	16.56	13.8	-2.76	7.63
976	80	13.51	-45.34	-0.30	16.86	16.56	14	-2.56	6.56
975	80	13.49	-45.34	-0.30	16.86	16.56	14.2	-2.36	5.57
967	90	11.90	-68.37	-0.17	16.86	16.68	14.4	-2.28	5.22
961	110	9.67	-126.16	-0.08	16.86	16.78	14.8	-1.98	3.93
944	125	8.36	-179.76	-0.05	16.86	16.81	14.9	-1.91	3.65
929	145	7.09	-264.86	-0.03	16.86	16.83	15	-1.83	3.35
923	145	7.05	-264.86	-0.03	16.86	16.83	15.4	-1.43	2.05
930	130	7.92	-199.57	-0.04	16.86	16.82	15.9	-0.92	0.84
920	120	8.49	-160.92	-0.05	16.86	16.81	16.1	-0.71	0.50
921	120	8.50	-160.92	-0.05	16.86	16.81	16.4	-0.41	0.16
923	125	8.18	-179.76	-0.05	16.86	16.81	16.8	-0.01	0.00
930	125	8.24	-179.76	-0.05	16.86	16.81	17.1	0.29	0.08
926	125	8.20	-179.76	-0.05	16.86	16.81	17.5	0.69	0.47
926	130	7.89	-199.57	-0.04	16.86	16.82	17.6	0.78	0.61
926	130	7.89	-199.57	-0.04	16.86	16.82	17.8	0.98	0.96
924	135	7.58	-220.36	-0.03	16.86	16.82	18	1.18	1.38
914	145	6.98	-264.86	-0.03	16.86	16.83	18.2	1.37	1.87
907	150	6.70	-288.58	-0.02	16.86	16.83	18.6	1.77	3.12
935	110	9.41	-126.16	-0.07	16.86	16.78	18.9	2.12	4.48
960	75	14.17	-35.30	-0.40	16.86	16.46	19.2	2.74	7.53
979	65	16.68	-18.15	-0.92	16.86	15.94	19.7	3.76	14.14
979	70	15.49	-26.23	-0.59	16.86	16.27	20.1	3.83	14.69
976	80	13.51	-45.34	-0.30	16.86	16.56	20.5	3.94	15.52
974	75	14.38	-35.30	-0.41	16.86	16.45	20.5	4.05	16.40
998	30	36.83	10.61	3.47	16.86	20.33	20.5	0.17	0.03
error medio cuadrático									4.812

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

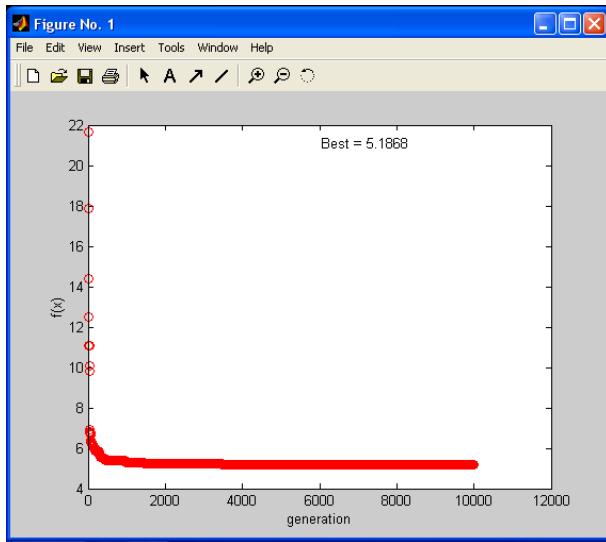


Imagen 167. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

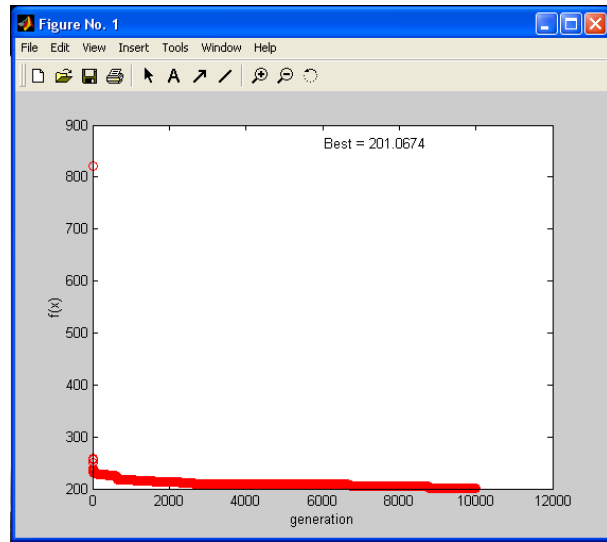


Imagen 166. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

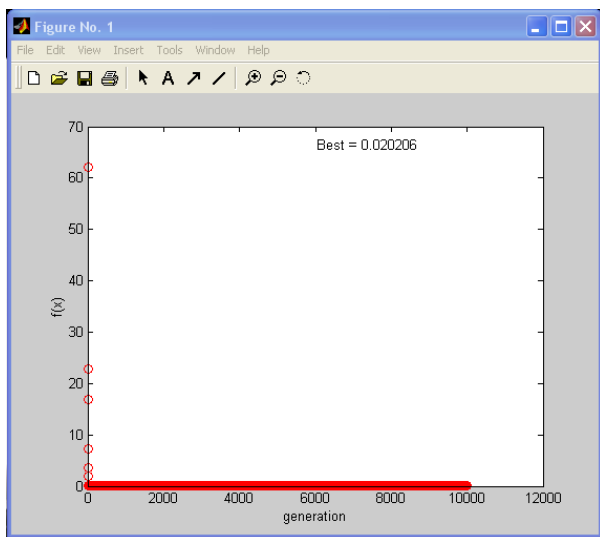


Imagen 168. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

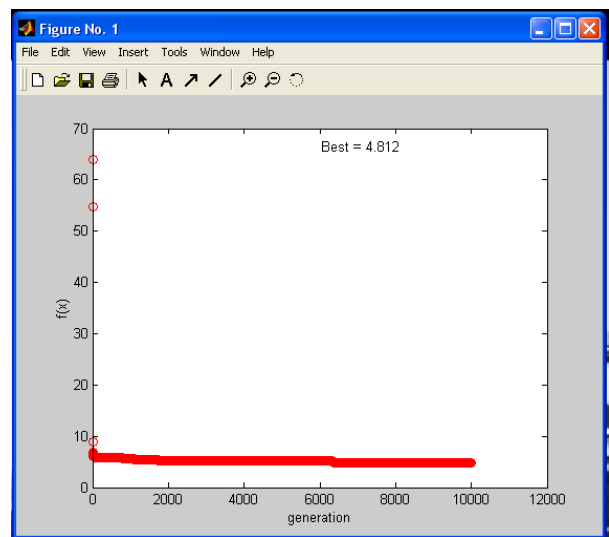


Imagen 169. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

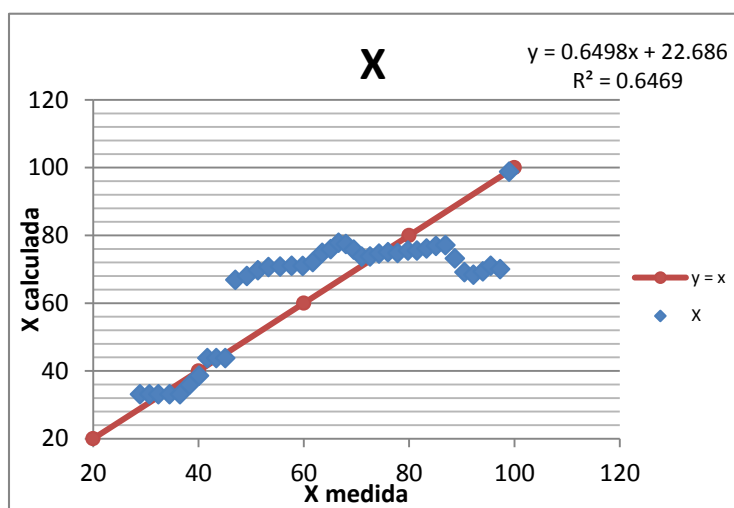


Gráfico 76. Correlación en x (longitud) en grados

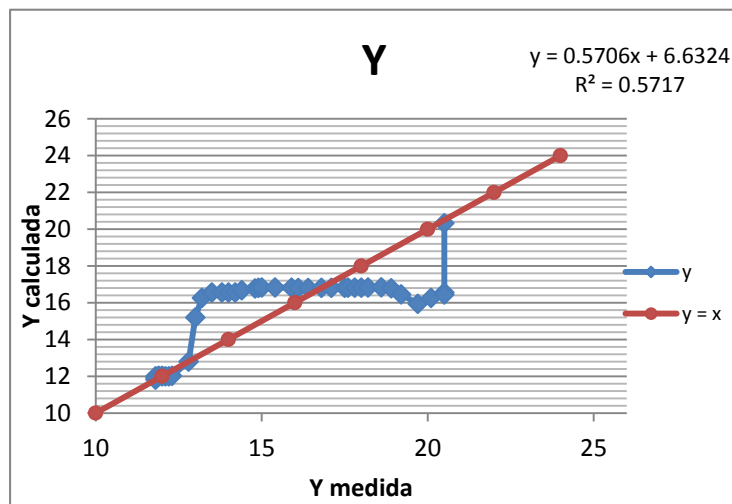
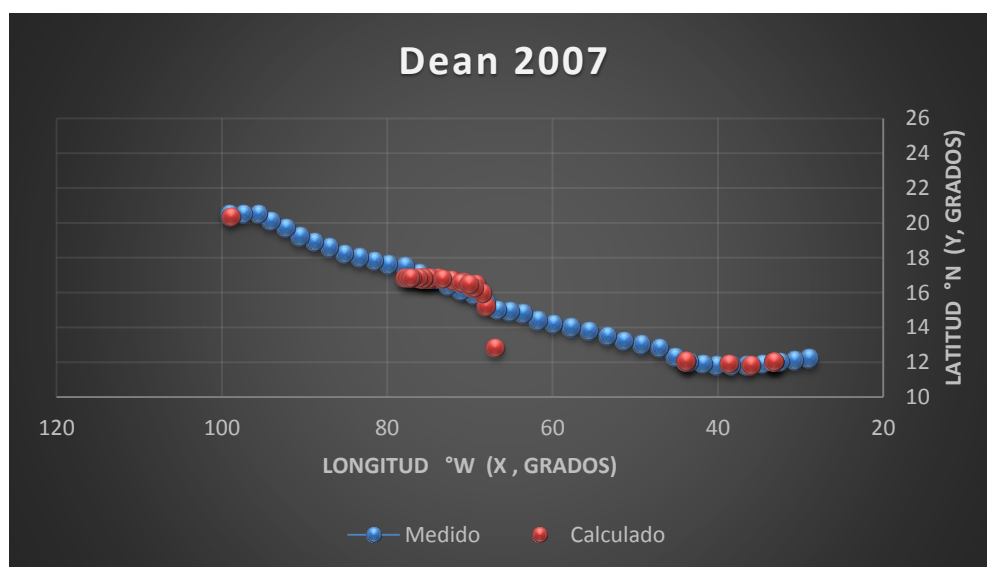


Gráfico 77. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 45. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \left((0.197391707050293) * \left(\left(\frac{1.199047}{(-2.479594 + X) * (0.00130239093145379)} \right) - 1.472083 \right) + ((-0.630837) - (1.199047 - X)) \right) \dots \text{Ecuación 130}$$

Tabla 223. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
x	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
°W								
28.9	34.85	33.37	60.44	0.20	11.93	12.20	0.27	0.07
30.7	32.62	31.15	60.02	0.20	11.85	12.10	0.25	0.06
32.4	30.77	29.30	59.87	0.20	11.82	12.00	0.18	0.03
34.5	28.75	27.28	59.95	0.20	11.83	11.90	0.07	0.00
36.5	27.06	25.59	60.26	0.20	11.89	11.80	-0.09	0.01
38.3	25.70	24.23	60.70	0.20	11.98	11.80	-0.18	0.03
40.1	24.47	23.00	61.27	0.20	12.09	11.80	-0.29	0.09
41.7	23.47	22.00	61.87	0.20	12.21	11.90	-0.31	0.10
43.4	22.50	21.03	62.60	0.20	12.36	12.00	-0.36	0.13
45.1	21.60	20.13	63.40	0.20	12.51	12.30	-0.21	0.05
47	20.68	19.21	64.38	0.20	12.71	12.80	0.09	0.01
49.2	19.71	18.23	65.60	0.20	12.95	13.00	0.05	0.00
51.3	18.86	17.39	66.86	0.20	13.20	13.20	0.00	0.00
53.3	18.12	16.64	68.11	0.20	13.45	13.50	0.05	0.00
55.5	17.36	15.89	69.56	0.20	13.73	13.80	0.07	0.00
57.7	16.67	15.20	71.07	0.20	14.03	14.00	-0.03	0.00
59.8	16.06	14.59	72.56	0.20	14.32	14.20	-0.12	0.02
61.7	15.55	14.07	73.94	0.20	14.60	14.40	-0.20	0.04
63.5	15.09	13.62	75.29	0.20	14.86	14.80	-0.06	0.00
65.1	14.70	13.23	76.50	0.20	15.10	14.90	-0.20	0.04
66.6	14.36	12.89	77.66	0.20	15.33	15.00	-0.33	0.11
68	14.05	12.58	78.75	0.20	15.54	15.40	-0.14	0.02
69.5	13.74	12.26	79.93	0.20	15.78	15.90	0.12	0.01
71	13.44	11.96	81.13	0.20	16.02	16.10	0.08	0.01
72.6	13.13	11.66	82.43	0.20	16.27	16.40	0.13	0.02
74.3	12.82	11.35	83.82	0.20	16.54	16.80	0.26	0.07
76	12.52	11.05	85.22	0.20	16.82	17.10	0.28	0.08
77.8	12.22	10.75	86.72	0.20	17.12	17.50	0.38	0.15
79.8	11.91	10.43	88.40	0.20	17.45	17.60	0.15	0.02
81.5	11.65	10.18	89.85	0.20	17.74	17.80	0.06	0.00
83.3	11.39	9.92	91.39	0.20	18.04	18.00	-0.04	0.00
85.1	11.14	9.67	92.94	0.20	18.35	18.20	-0.15	0.02
86.9	10.91	9.43	94.50	0.20	18.65	18.60	-0.05	0.00
88.7	10.68	9.21	96.08	0.20	18.96	18.90	-0.06	0.00
90.5	10.46	8.99	97.66	0.20	19.28	19.20	-0.08	0.01
92.2	10.26	8.79	99.16	0.20	19.57	19.70	0.13	0.02
94	10.06	8.59	100.76	0.20	19.89	20.10	0.21	0.04
95.5	9.90	8.43	102.10	0.20	20.15	20.50	0.35	0.12
97.3	9.71	8.24	103.71	0.20	20.47	20.50	0.03	0.00
99	9.54	8.07	105.24	0.20	20.77	20.50	-0.27	0.07
						error medio cuadrático		0.036623

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

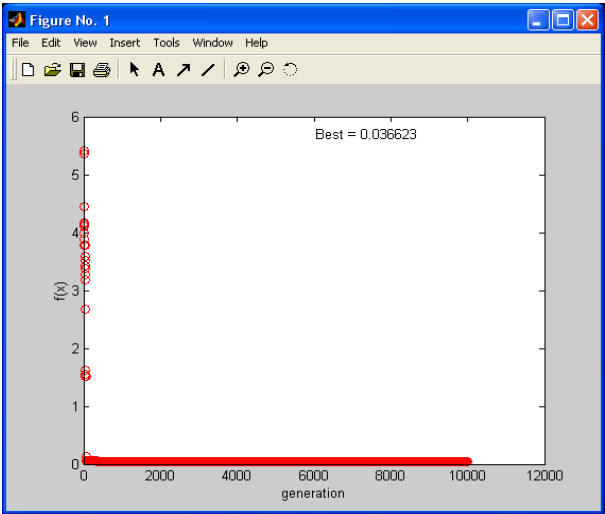


Imagen 170. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

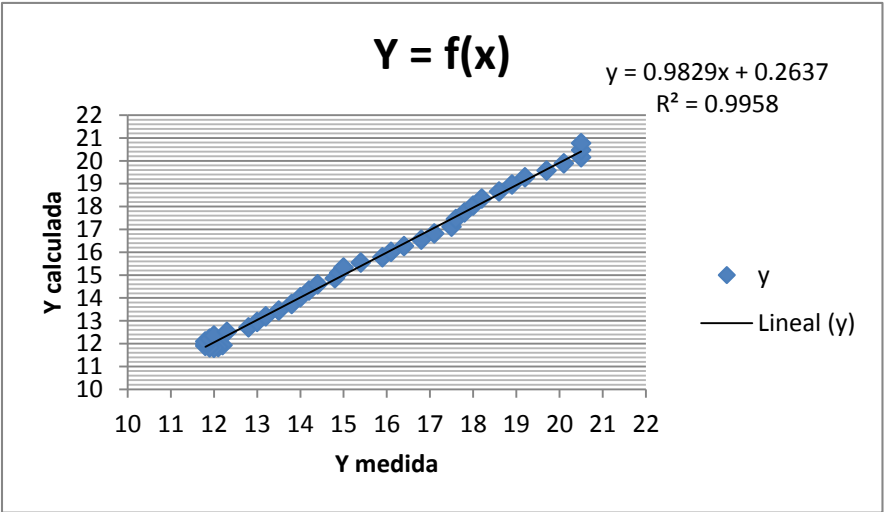
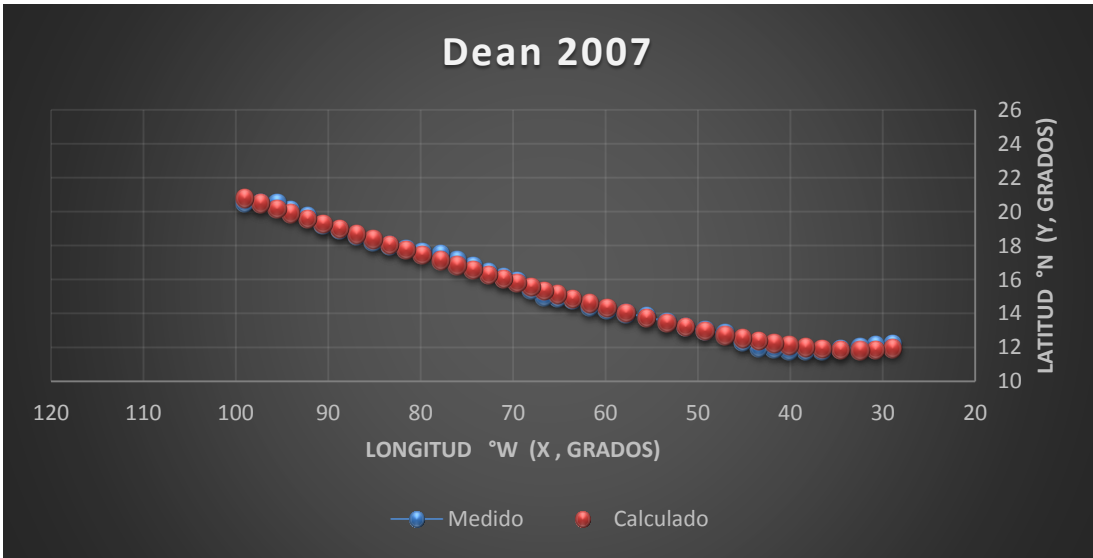


Gráfico 78. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 46. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Lorenzo

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \left[\left(P + \frac{W_s}{0.867171832} + W_s \right) * 0.378409 \right] * \left[0.215327 + \frac{0.579665322}{W_s} \right] \dots \text{Ecuación 131}$$

Tabla 224. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009.00	25.00	1062.83	402.18	0.24	95.93	95.93	94.80	-1.13	1.27
1008.00	25.00	1061.83	401.81	0.24	95.84	95.84	95.20	-0.64	0.40
1007.00	25.00	1060.83	401.43	0.24	95.75	95.75	95.00	-0.75	0.56
1008.00	30.00	1072.60	405.88	0.23	95.24	95.24	94.70	-0.54	0.29
1009.00	30.00	1073.60	406.26	0.23	95.33	95.33	94.40	-0.93	0.86
1008.00	30.00	1072.60	405.88	0.23	95.24	95.24	94.70	-0.54	0.29
1009.00	30.00	1073.60	406.26	0.23	95.33	95.33	94.80	-0.53	0.28
1006.00	45.00	1102.89	417.34	0.23	95.24	95.24	95.10	-0.14	0.02
1001.00	60.00	1130.19	427.67	0.22	96.22	96.22	95.70	-0.52	0.27
990.00	70.00	1140.72	431.66	0.22	96.52	96.52	96.30	-0.22	0.05
993.00	65.00	1132.96	428.72	0.22	96.14	96.14	97.10	0.96	0.92
1002.00	30.00	1066.60	403.61	0.23	94.71	94.71	98.00	3.29	10.85
1008.00	20.00	1051.06	397.73	0.24	97.17	97.17	98.70	1.53	2.34
error medio cuadrático									1.4158

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = 0.02121548 P - 0.01054233 W_s + 0.000013230 W_s^2 \dots \text{Ecuación 132}$$

Tabla 225. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	21.41	21.14	21.15	21.15	21.15	21.80	0.65	0.42
1008	25	21.39	21.12	21.13	21.13	21.13	21.70	0.57	0.32
1007	25	21.36	21.10	21.11	21.11	21.11	21.20	0.09	0.01
1008	30	21.39	21.07	21.08	21.08	21.08	21.00	-0.08	0.01
1009	30	21.41	21.09	21.10	21.10	21.10	21.20	0.10	0.01
1008	30	21.39	21.07	21.08	21.08	21.08	21.20	0.12	0.01
1009	30	21.41	21.09	21.10	21.10	21.10	20.80	-0.30	0.09
1006	45	21.34	20.87	20.90	20.90	20.90	20.60	-0.30	0.09
1001	60	21.24	20.60	20.65	20.65	20.65	20.50	-0.15	0.02
990	70	21.00	20.27	20.33	20.33	20.33	20.50	0.17	0.03
993	65	21.07	20.38	20.44	20.44	20.44	20.50	0.06	0.00
1002	30	21.26	20.94	20.95	20.95	20.95	20.50	-0.45	0.21
1008	20	21.39	21.17	21.18	21.18	21.18	20.70	-0.48	0.23
error medio cuadrático									0.11189

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

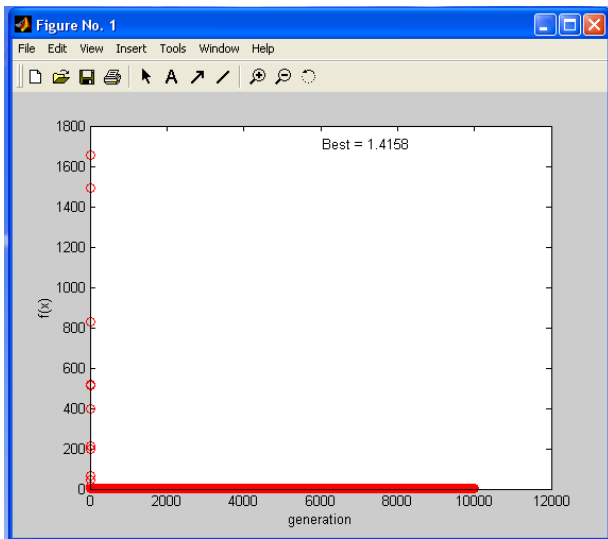


Imagen 172. Error medio cuadrático en X (programación genética)

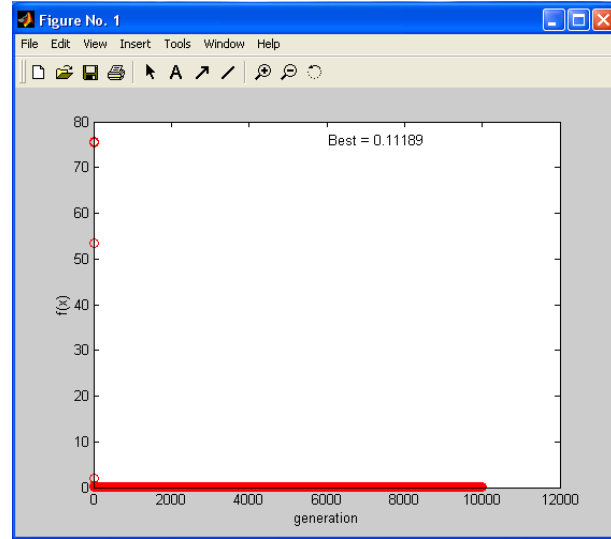


Imagen 171. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

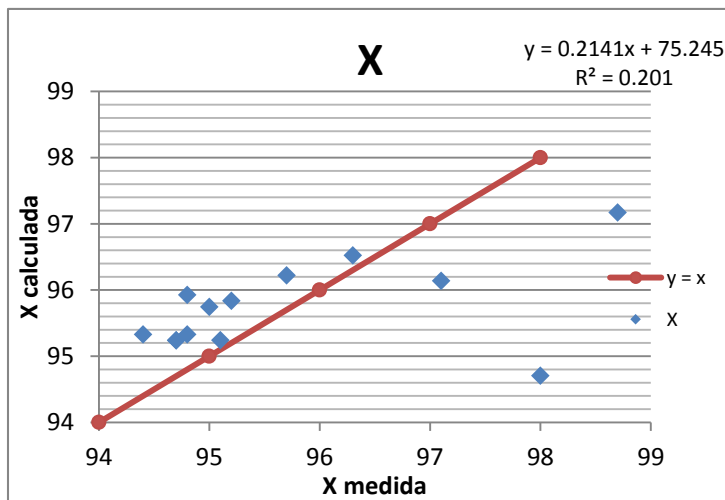


Gráfico 80. Correlación en x (longitud) en grados

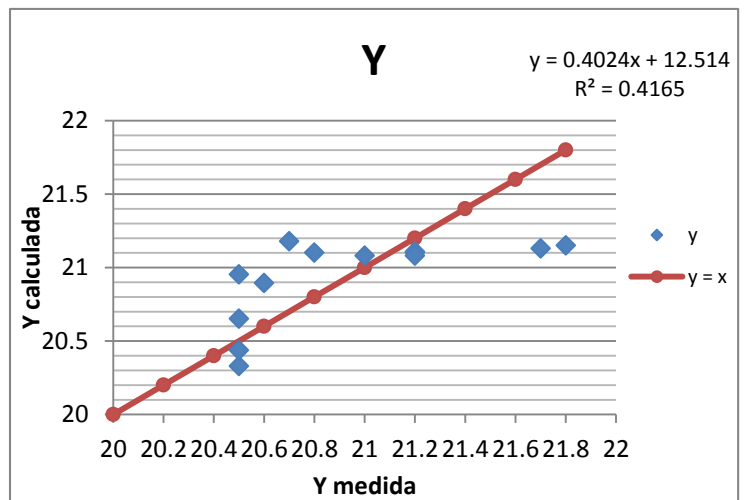
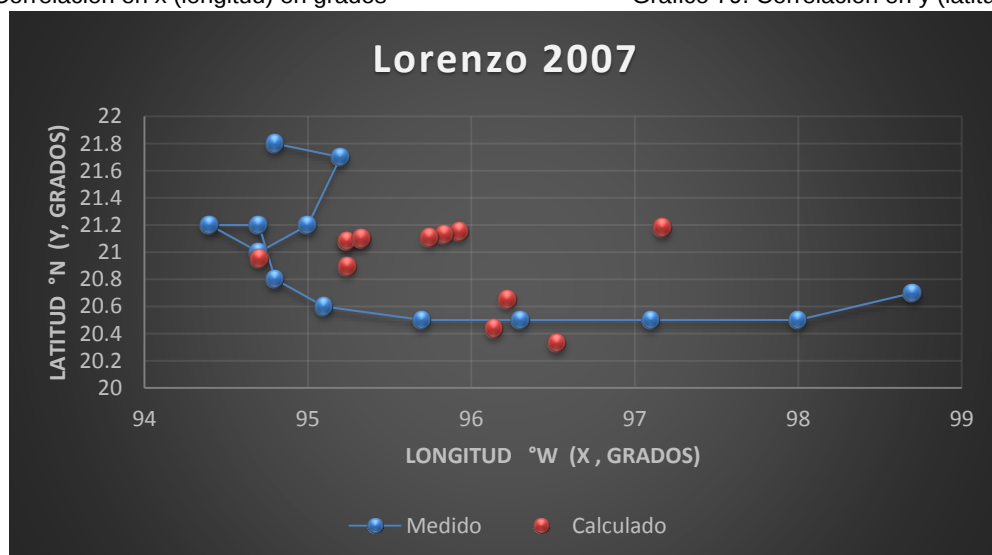


Gráfico 79. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 47. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = W_s - \left(\frac{3.409722}{\left(\frac{(3.443909 - 0.863758W_s)}{P - 7.878107W_s} \right)} \right) + W_s \dots \text{Ecuación 133}$$

Tabla 226. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-0.02	-152.55	-45.06	70.06	95.06	94.8	-0.26	0.07
1008	25	-0.02	-152.37	-45.00	70.00	95.00	95.2	0.20	0.04
1007	25	-0.02	-152.18	-44.94	69.94	94.94	95	0.06	0.00
1008	30	-0.03	-117.10	-34.58	64.58	94.58	94.7	0.12	0.01
1009	30	-0.03	-117.25	-34.63	64.63	94.63	94.4	-0.23	0.05
1008	30	-0.03	-117.10	-34.58	64.58	94.58	94.7	0.12	0.01
error medio cuadrático									0.03127

“Segundo Tramo”

$$X2 = 0.643978 - \frac{\left(P - \left((-1.810801) * \left(W_s + \left(\frac{P}{0.643020} - 0.839793W_s \right) \right) \right) \right)}{-12.06847184} \dots \text{Ecuación 134}$$

Tabla 227. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	30	81.47	-147.52	1156.52	-95.83	96.47	94.8	-1.67	2.80
1006	45	78.93	-142.92	1148.92	-95.20	95.84	95.1	-0.74	0.55
1001	60	85.11	-154.11	1155.11	-95.71	96.36	95.7	-0.66	0.43
990	70	91.15	-165.06	1155.06	-95.71	96.35	96.3	-0.05	0.00
993	65	87.92	-159.20	1152.20	-95.47	96.12	97.1	0.98	0.97
1002	30	81.10	-146.86	1148.86	-95.20	95.84	98	2.16	4.67
1008	20	97.54	-176.63	1184.63	-98.16	98.80	98.7	-0.10	0.01
error medio cuadrático									1.3481

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = 0.70108816 - \left(\frac{\left(\frac{Ws}{(-0.99241194)} \right)}{\left(\frac{-0.64780606}{(Ws + 1.39812389)} \right)} \right) - 21.884844 \dots \text{Ecuación 135}$$

Tabla 228. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-24.76	-25.19	1.02	-20.87	21.57	21.80	0.23	0.05
1008	25	-24.74	-25.19	1.02	-20.87	21.57	21.70	0.13	0.02
1007	25	-24.71	-25.19	1.02	-20.87	21.57	21.20	-0.37	0.13
1008	30	-20.80	-30.23	1.45	-20.43	21.13	21.00	-0.13	0.02
1009	30	-20.82	-30.23	1.45	-20.43	21.13	21.20	0.07	0.00
1008	30	-20.80	-30.23	1.45	-20.43	21.13	21.20	0.07	0.00
error medio cuadrático									0.038656

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \left(\frac{\left(\frac{Ws}{(Ws - 0.2930158)} \right)}{\left(\frac{0.40372547}{\left(3.9954633 - \left((0.011158789 - (Ws + 3.913365583)) - 0.3487616 \right) \right) - Ws} \right)} \right) \dots \text{Ecuación 136}$$

Tabla 229. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	30	-34.25	38.25	8.25	0.05	20.63	20.8	0.17	0.03
1006	45	-49.25	53.25	8.25	0.05	20.56	20.6	0.04	0.00
1001	60	-64.25	68.25	8.25	0.05	20.53	20.5	-0.03	0.00
990	70	-74.25	78.25	8.25	0.05	20.51	20.5	-0.01	0.00
993	65	-69.25	73.25	8.25	0.05	20.52	20.5	-0.02	0.00
1002	30	-34.25	38.25	8.25	0.05	20.63	20.5	-0.13	0.02
1008	20	-24.25	28.25	8.25	0.05	20.73	20.7	-0.03	0.00
error medio cuadrático									0.007097

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

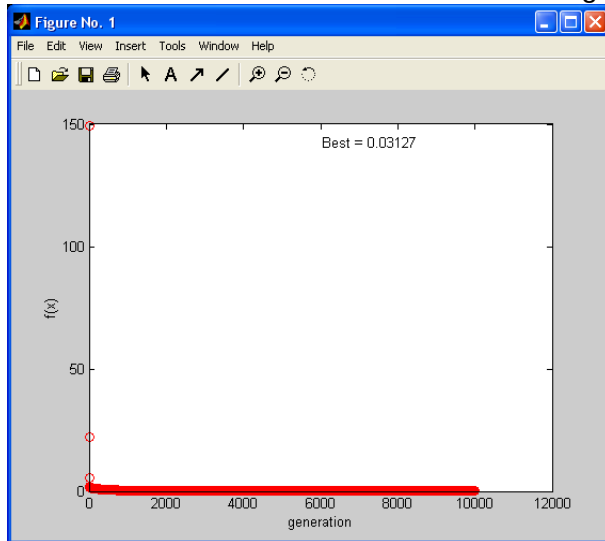


Imagen 173. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

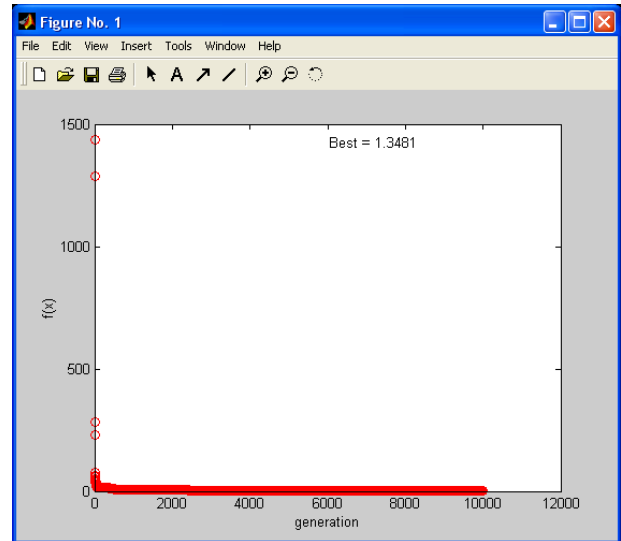


Imagen 174. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

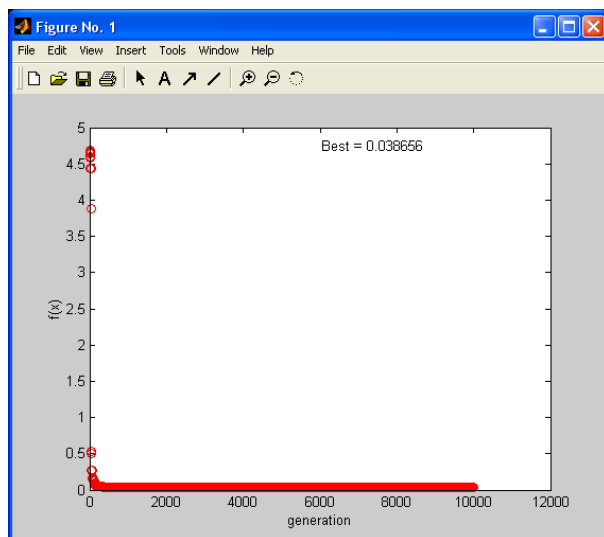


Imagen 175. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

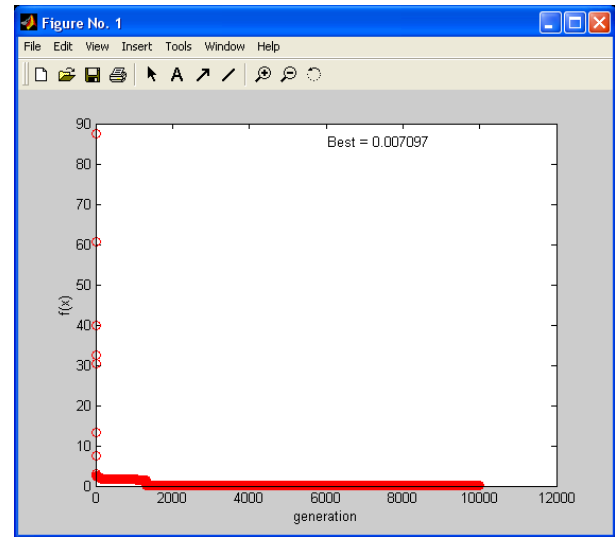


Imagen 176. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

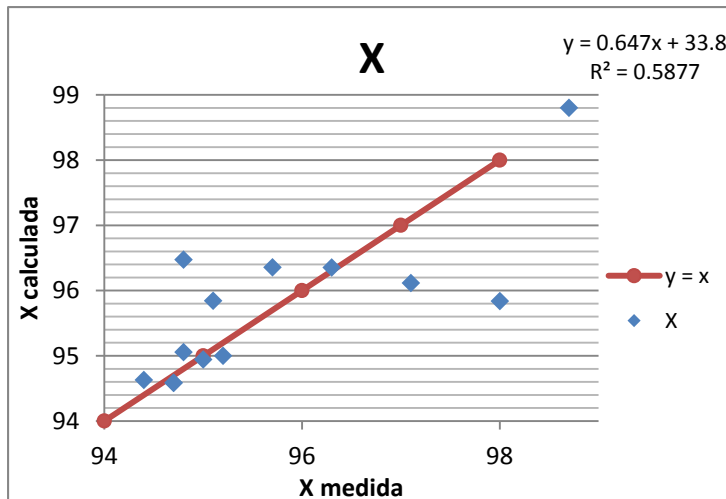


Gráfico 82. Correlación en x (longitud) en grados

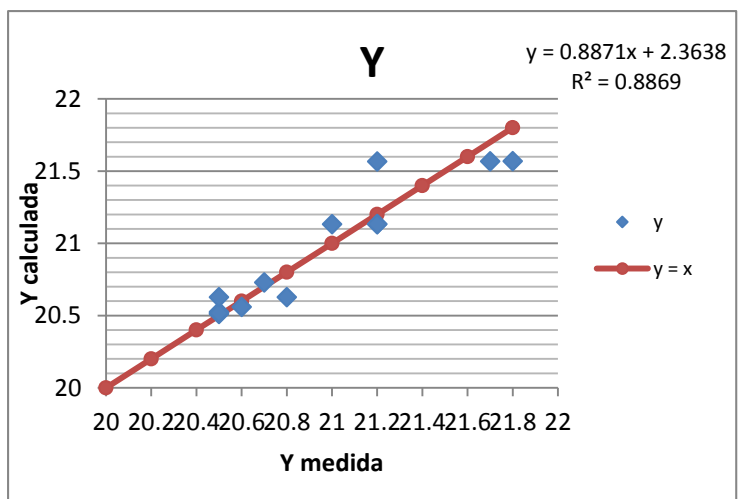
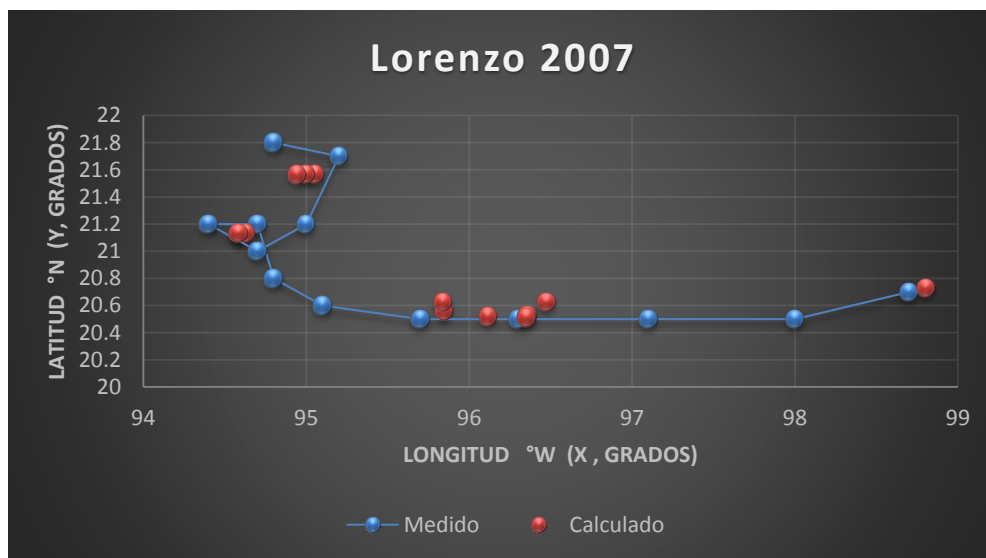


Gráfico 81. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 48. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \frac{\left(\frac{(-0.927959 - (4.882435 - (X - 8.789879)))}{-0.709156 - 0.920311X} \right)}{-0.05227360} \dots \text{Ecuación 137}$$

Tabla 230. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programacion de la Ecuacion y Error cuadratico en y=f(x)								
x °W	Ecuacion parte 1	Ecuacion parte 2	Ecuacion parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
94.80	-87.9546388	80.20	-1.10	20.98	20.98	21.80	0.82	0.67
95.20	-88.3227632	80.60	-1.10	20.96	20.96	21.70	0.74	0.54
95.00	-88.138701	80.40	-1.10	20.97	20.97	21.20	0.23	0.05
94.70	-87.8626077	80.10	-1.10	20.98	20.98	21.00	0.02	0.00
94.40	-87.5865144	79.80	-1.10	21.00	21.00	21.20	0.20	0.04
94.70	-87.8626077	80.10	-1.10	20.98	20.98	21.20	0.22	0.05
94.80	-87.9546388	80.20	-1.10	20.98	20.98	20.80	-0.18	0.03
95.10	-88.2307321	80.50	-1.10	20.97	20.97	20.60	-0.37	0.13
95.70	-88.7829187	81.10	-1.09	20.94	20.94	20.50	-0.44	0.20
96.30	-89.3351053	81.70	-1.09	20.92	20.92	20.50	-0.42	0.17
97.10	-90.0713541	82.50	-1.09	20.89	20.89	20.50	-0.39	0.15
98.00	-90.899634	83.40	-1.09	20.85	20.85	20.50	-0.35	0.12
98.70	-91.5438517	84.10	-1.09	20.82	20.82	20.70	-0.12	0.02
error medio cuadrático								0.16773

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

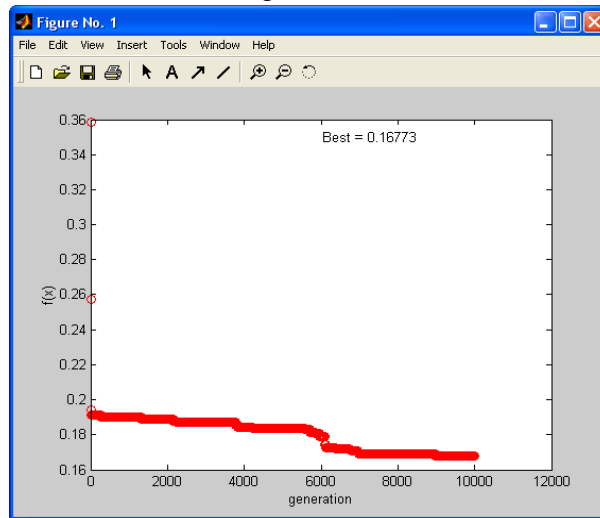


Imagen 177. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

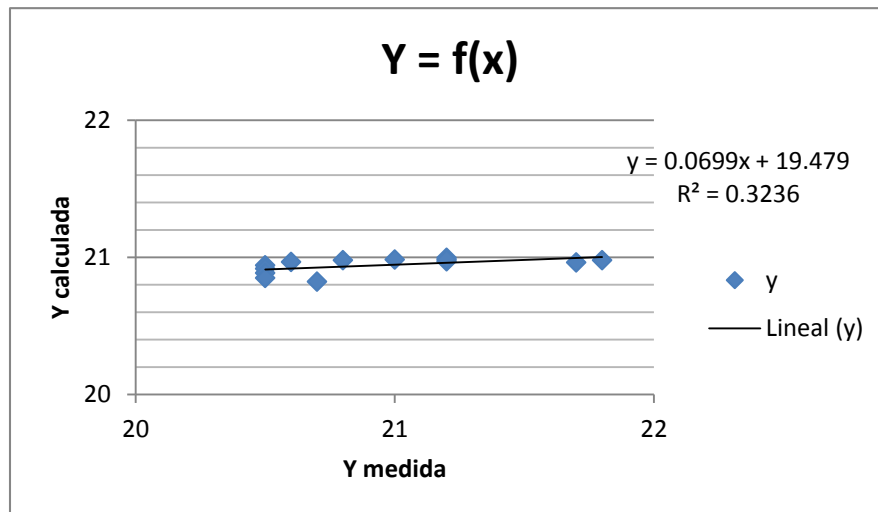
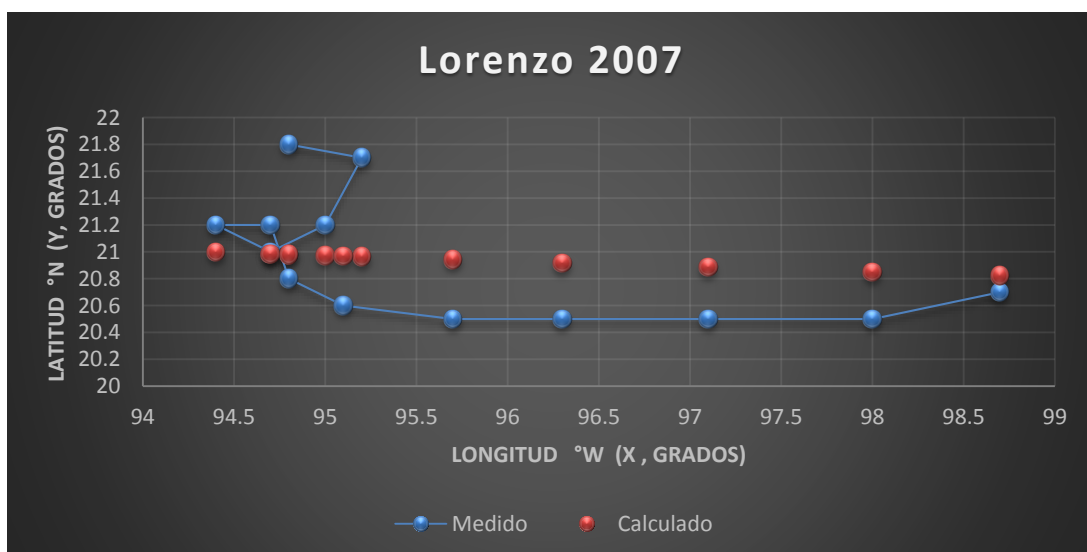


Gráfico 83. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 49. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Alex

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \left(\frac{\frac{W_s}{0.031140} + 4.968936}{\frac{W_s - 4.726808}{(W_s + 0.121983) * (0.347623)}} - 4.726808 + 3.975814 \right) \dots \text{Ecuación 138}$$

Tabla 231. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	2.32	0.01	1863.72	74.75	83.45	82.00	-1.45	2.10
1006	25	2.32	0.01	1863.72	74.75	83.45	82.10	-1.35	1.82
1006	25	2.32	0.01	1863.72	74.75	83.45	82.30	-1.15	1.32
1005	30	2.41	0.01	2325.26	77.67	86.38	82.50	-3.88	15.03
1005	30	2.41	0.01	2325.26	77.67	86.38	83.10	-3.28	10.74
1004	30	2.41	0.01	2325.26	77.67	86.38	83.90	-2.48	6.13
1004	40	2.53	0.01	3248.59	81.34	90.04	84.90	-5.14	26.44
1004	40	2.53	0.01	3248.59	81.34	90.04	86.10	-3.94	15.54
996	55	2.62	0.01	4633.91	84.34	93.05	87.20	-5.85	34.17
995	55	2.62	0.01	4633.91	84.34	93.05	88.20	-4.85	23.48
991	55	2.62	0.01	4633.91	84.34	93.05	89.10	-3.95	15.57
992	45	2.57	0.01	3710.34	82.56	91.26	90.00	-1.26	1.60
993	35	2.48	0.01	2786.89	79.77	88.47	90.70	2.23	4.97
991	40	2.53	0.01	3248.59	81.34	90.04	91.10	1.06	1.12
991	40	2.53	0.01	3248.59	81.34	90.04	91.40	1.36	1.85
989	50	2.60	0.01	4172.11	83.54	92.24	91.60	-0.64	0.41
990	50	2.60	0.01	4172.11	83.54	92.24	91.70	-0.54	0.30
987	55	2.62	0.01	4633.91	84.34	93.05	91.70	-1.35	1.81
985	55	2.62	0.01	4633.91	84.34	93.05	91.90	-1.15	1.31
983	60	2.64	0.01	5095.72	85.01	93.71	92.70	-1.01	1.03
981	60	2.64	0.01	5095.72	85.01	93.71	93.60	-0.11	0.01
973	65	2.66	0.01	5557.54	85.58	94.28	94.40	0.12	0.01
966	70	2.68	0.01	6019.38	86.06	94.76	94.80	0.04	0.00
958	75	2.69	0.01	6481.22	86.48	95.19	95.20	0.01	0.00
958	75	2.69	0.01	6481.22	86.48	95.19	95.50	0.31	0.10
962	80	2.70	0.01	6943.07	86.85	95.55	96.20	0.65	0.42
948	90	2.72	0.01	7866.78	87.46	96.17	97.30	1.13	1.28
946	95	2.73	0.01	8328.65	87.72	96.42	97.70	1.28	1.63
963	75	2.69	0.01	6481.22	86.48	95.19	98.40	3.21	10.34
977	60	2.64	0.01	5095.72	85.01	93.71	99.50	5.79	33.48
987	40	2.53	0.01	3248.59	81.34	90.04	100.70	10.66	113.60
997	30	2.41	0.01	2325.26	77.67	86.38	101.90	15.52	240.97
error medio cuadrático									17.7684

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left(16.729722 + 8.2167267 + \left(\left(\frac{W_s}{9.981418} \right) * (2.7265841) \right) \right) * 0.46099632 \dots \text{Ecuación 139}$$

Tabla 232. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	7.37	10.72	29.23	36.61	16.88	15.90	-0.98	0.95
1006	25	7.37	10.72	29.23	36.61	16.88	16.00	-0.88	0.77
1006	25	7.37	10.72	29.23	36.61	16.88	16.10	-0.78	0.60
1005	30	7.37	11.22	30.60	37.97	17.51	16.20	-1.31	1.70
1005	30	7.37	11.22	30.60	37.97	17.51	16.40	-1.11	1.22
1004	30	7.37	11.22	30.60	37.97	17.51	16.60	-0.91	0.82
1004	40	7.37	12.22	33.33	40.71	18.76	16.70	-2.06	4.26
1004	40	7.37	12.22	33.33	40.71	18.76	16.90	-1.86	3.48
996	55	7.37	13.73	37.43	44.80	20.65	17.20	-3.45	11.93
995	55	7.37	13.73	37.43	44.80	20.65	17.50	-3.15	9.95
991	55	7.37	13.73	37.43	44.80	20.65	18.00	-2.65	7.04
992	45	7.37	12.73	34.70	42.07	19.39	18.50	-0.89	0.80
993	35	7.37	11.72	31.96	39.34	18.14	18.90	0.76	0.58
991	40	7.37	12.22	33.33	40.71	18.76	19.20	0.44	0.19
991	40	7.37	12.22	33.33	40.71	18.76	19.50	0.74	0.54
989	50	7.37	13.23	36.06	43.44	20.02	20.00	-0.02	0.00
990	50	7.37	13.23	36.06	43.44	20.02	20.30	0.28	0.08
987	55	7.37	13.73	37.43	44.80	20.65	20.70	0.05	0.00
985	55	7.37	13.73	37.43	44.80	20.65	21.50	0.85	0.72
983	60	7.37	14.23	38.79	46.17	21.28	22.40	1.12	1.25
981	60	7.37	14.23	38.79	46.17	21.28	22.90	1.62	2.61
973	65	7.37	14.73	40.16	47.53	21.91	23.00	1.09	1.18
966	70	7.37	15.23	41.53	48.90	22.54	23.10	0.56	0.31
958	75	7.37	15.73	42.89	50.27	23.17	23.50	0.33	0.11
958	75	7.37	15.73	42.89	50.27	23.17	24.00	0.83	0.68
962	80	7.37	16.23	44.26	51.63	23.80	24.30	0.50	0.25
948	90	7.37	17.23	46.99	54.36	25.06	24.30	-0.76	0.58
946	95	7.37	17.73	48.35	55.73	25.69	24.20	-1.49	2.22
963	75	7.37	15.73	42.89	50.27	23.17	24.10	0.93	0.86
977	60	7.37	14.23	38.79	46.17	21.28	23.50	2.22	4.91
987	40	7.37	12.22	33.33	40.71	18.76	23.10	4.34	18.79
997	30	7.37	11.22	30.60	37.97	17.51	23.20	5.69	32.43
error medio cuadrático									3.4946

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

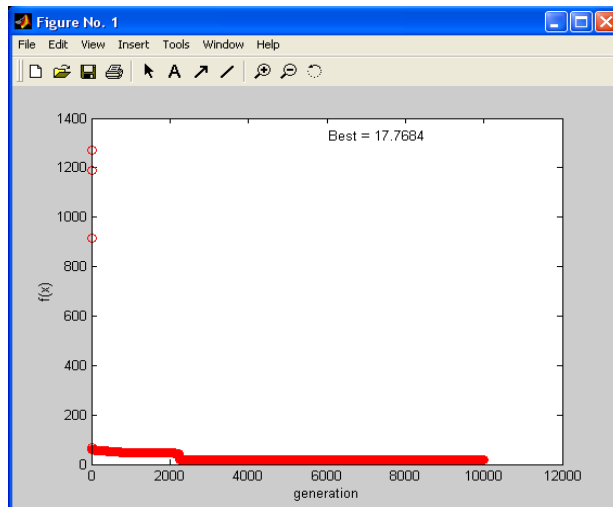


Imagen 178. Error medio cuadrático en X (programación genética)

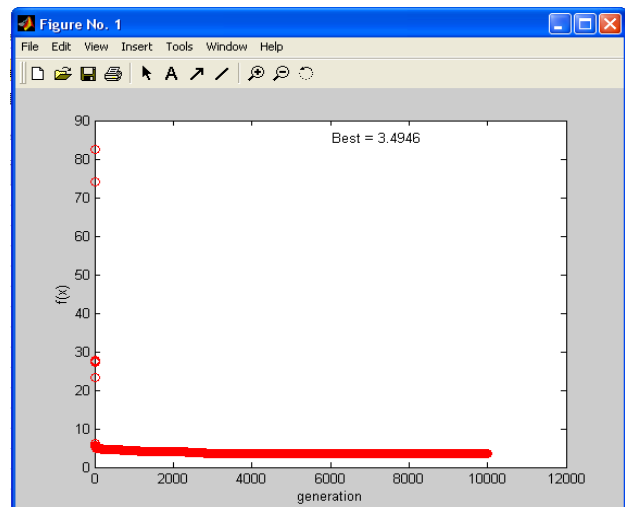


Imagen 179. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

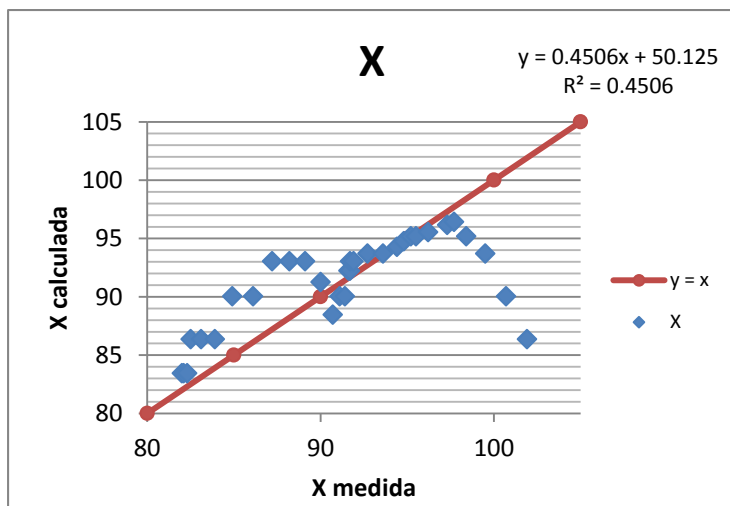


Gráfico 84. Correlación en x (longitud) en grados

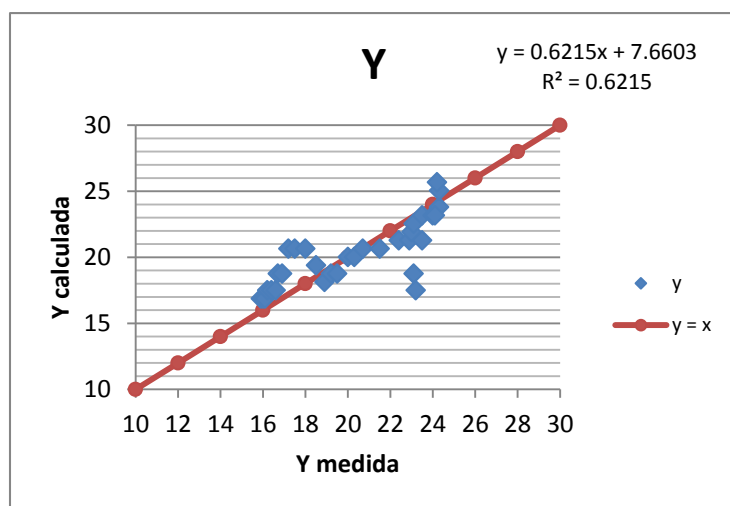
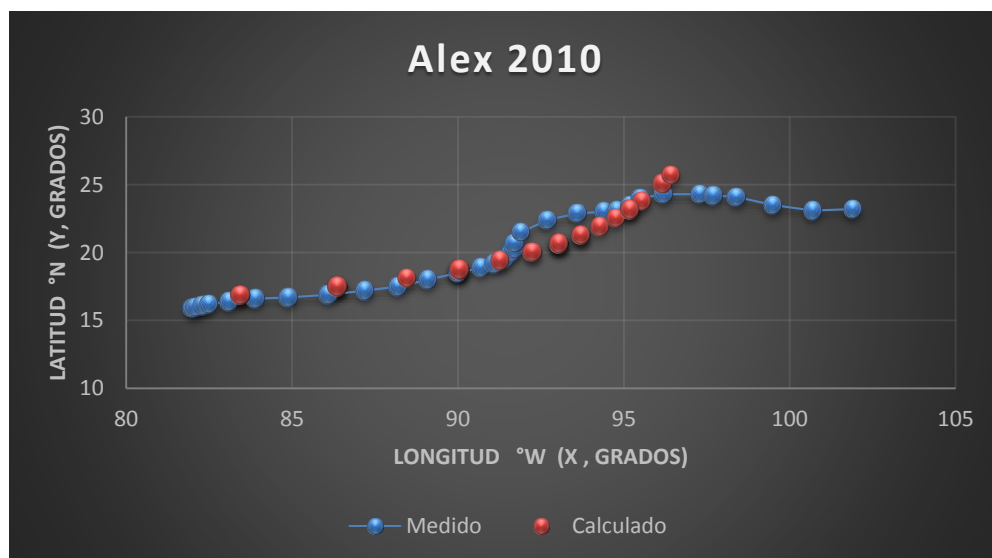


Gráfico 85. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 50. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(\frac{P}{5.725413 + Ws} - \frac{\left(\left(\frac{9.570837}{Ws} + 1.148475 \right) * \left(\frac{P}{0.338542} \right) \right)}{-2.791479} + Ws \right) \dots \text{Ecuación 140}$$

Tabla 233. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	0.02	69.77	-25.00	57.77	82.77	82.00	-0.77	0.59
1006	25	0.02	69.75	-24.99	57.73	82.73	82.10	-0.63	0.39
1006	25	0.02	69.75	-24.99	57.73	82.73	82.30	-0.43	0.18
1005	30	0.02	68.61	-24.58	52.71	82.71	82.50	-0.21	0.04
1005	30	0.02	68.61	-24.58	52.71	82.71	83.10	0.39	0.15
1004	30	0.02	68.57	-24.57	52.67	82.67	83.90	1.23	1.52
1004	40	0.02	63.22	-22.65	44.60	84.60	84.90	0.30	0.09
1004	40	0.02	63.22	-22.65	44.60	84.60	86.10	1.50	2.24
996	55	0.02	53.22	-19.06	35.47	90.47	87.20	-3.27	10.67
995	55	0.02	53.18	-19.05	35.44	90.44	88.20	-2.24	5.00
991	55	0.02	53.02	-18.99	35.31	90.31	89.10	-1.21	1.47
992	45	0.02	59.49	-21.31	40.87	85.87	90.00	4.13	17.08
error medio cuadrático									3.2852

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left((1.073966) * \left(\frac{Ws^2}{0.018125P} - P \right) \right) * \left(\frac{0.253015}{-2.864064 - \frac{Ws^2}{P}} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 141}$$

Tabla 234. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
993	35	-993.35	-0.06	61.34	96.34	96.34	90.70	-5.64	31.75
991	40	-968.63	-0.06	54.72	94.72	94.72	91.10	-3.62	13.12
991	40	-968.63	-0.06	54.72	94.72	94.72	91.40	-3.32	11.04
989	50	-912.37	-0.05	42.81	92.81	92.81	91.60	-1.21	1.47
990	50	-913.60	-0.05	42.89	92.89	92.89	91.70	-1.19	1.42
987	55	-878.40	-0.04	37.49	92.49	92.49	91.70	-0.79	0.62
985	55	-875.89	-0.04	37.34	92.34	92.34	91.90	-0.44	0.19
983	60	-838.71	-0.04	32.52	92.52	92.52	92.70	0.18	0.03
981	60	-836.12	-0.04	32.38	92.38	92.38	93.60	1.22	1.49
973	65	-787.68	-0.04	27.66	92.66	92.66	94.40	1.74	3.04
966	70	-736.89	-0.03	23.49	93.49	93.49	94.80	1.31	1.71
958	75	-680.95	-0.03	19.72	94.72	94.72	95.20	0.48	0.23
958	75	-680.95	-0.03	19.72	94.72	94.72	95.50	0.78	0.60
962	80	-638.95	-0.03	16.99	96.99	96.99	96.20	-0.79	0.62
948	90	-511.84	-0.02	11.35	101.35	101.35	97.30	-4.05	16.42
946	95	-450.69	-0.02	9.19	104.19	104.19	97.70	-6.49	42.16
963	75	-688.12	-0.03	20.00	95.00	95.00	98.40	3.40	11.56
977	60	-830.93	-0.04	32.10	92.10	92.10	99.50	7.40	54.71
987	40	-963.95	-0.06	54.38	94.38	94.38	100.70	6.32	39.96
997	30	-1017.26	-0.07	68.33	98.33	98.33	101.90	3.57	12.75
error medio cuadrático									12.2453

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left(\frac{P}{-8.5326049 - \frac{P-0.7811975}{\left(\frac{P-0.28289966 \cdot \frac{Ws}{0.20253925} \right) * 0.1039445}} \right) + 18.74983331 \dots \text{Ecuación 142}$$

Tabla 235. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1007	25	91.81	2.87	350.73	-359.26	15.95	15.90	-0.05	0.00
1006	25	91.71	2.87	350.78	-359.31	15.95	16.00	0.05	0.00
1006	25	91.71	2.87	350.78	-359.31	15.95	16.10	0.15	0.02
1005	30	89.04	2.32	433.12	-441.65	16.47	16.20	-0.27	0.08
1005	30	89.04	2.32	433.12	-441.65	16.47	16.40	-0.07	0.01
1004	30	88.93	2.32	433.20	-441.73	16.48	16.60	0.12	0.02
1004	40	83.80	1.64	612.97	-621.50	17.13	16.70	-0.43	0.19
1004	40	83.80	1.64	612.97	-621.50	17.13	16.90	-0.23	0.05
996	55	75.27	1.07	930.85	-939.39	17.69	17.20	-0.49	0.24
995	55	75.17	1.07	931.20	-939.74	17.69	17.50	-0.19	0.04
991	55	74.75	1.06	932.62	-941.15	17.70	18.00	0.30	0.09
992	45	79.99	1.39	713.82	-722.35	17.38	18.50	1.12	1.26
						error medio cuadrático			0.16641

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{8.091052113}{0.418280381 - \frac{Ws}{P}} - \frac{-0.17388424}{P - \left(6.815131 + \frac{Ws}{0.032861433} \right)} \dots \text{Ecuación 143}$$

Tabla 236. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
993	35	21.12	-201.28	-78.89	2.55	18.57	18.90	0.33	0.11
991	40	21.41	-230.04	-233.05	0.99	20.42	19.20	-1.22	1.49
991	40	21.41	-230.04	-233.05	0.99	20.42	19.50	-0.92	0.85
989	50	22.00	-287.55	-539.36	0.53	21.47	20.00	-1.47	2.16
990	50	22.00	-287.55	-538.36	0.53	21.47	20.30	-1.17	1.36
987	55	22.32	-316.30	-693.51	0.46	21.86	20.70	-1.16	1.35
985	55	22.32	-316.30	-695.51	0.45	21.87	21.50	-0.37	0.14
983	60	22.65	-345.06	-849.66	0.41	22.24	22.40	0.16	0.02
981	60	22.66	-345.06	-851.66	0.41	22.25	22.90	0.65	0.42
973	65	23.02	-373.81	-1011.82	0.37	22.65	23.00	0.35	0.12
966	70	23.40	-402.57	-1170.97	0.34	23.05	23.10	0.05	0.00
958	75	23.80	-431.32	-1331.13	0.32	23.47	23.50	0.03	0.00
958	75	23.80	-431.32	-1331.13	0.32	23.47	24.00	0.53	0.28
962	80	24.14	-460.08	-1479.28	0.31	23.83	24.30	0.47	0.22
948	90	25.02	-517.59	-1797.59	0.29	24.74	24.30	-0.44	0.19
946	95	25.45	-546.34	-1951.74	0.28	25.18	24.20	-0.98	0.95
963	75	23.77	-431.32	-1326.13	0.33	23.44	24.10	0.66	0.43
977	60	22.67	-345.06	-855.66	0.40	22.27	23.50	1.23	1.52
987	40	21.42	-230.04	-237.05	0.97	20.45	23.10	2.65	7.03
997	30	20.84	-172.53	77.26	-2.23	23.08	23.20	0.12	0.02
						error medio cuadrático			0.93266

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

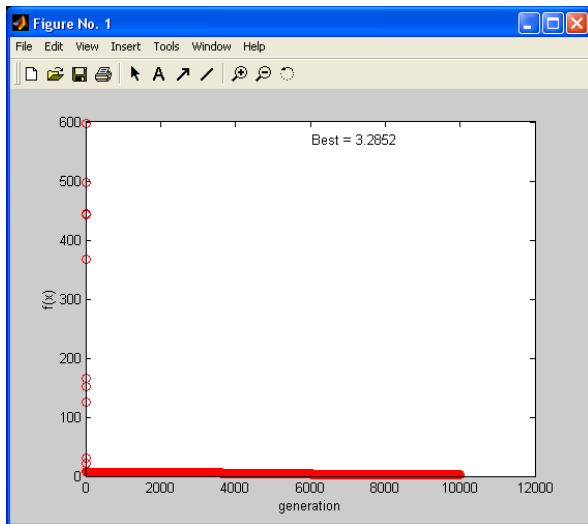


Imagen 180. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

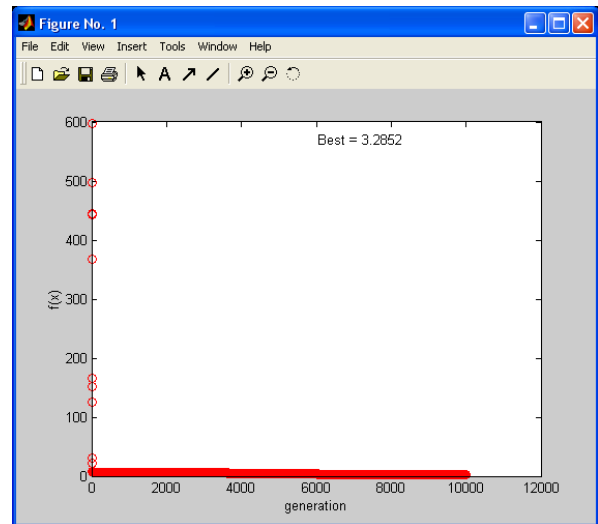


Imagen 181. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

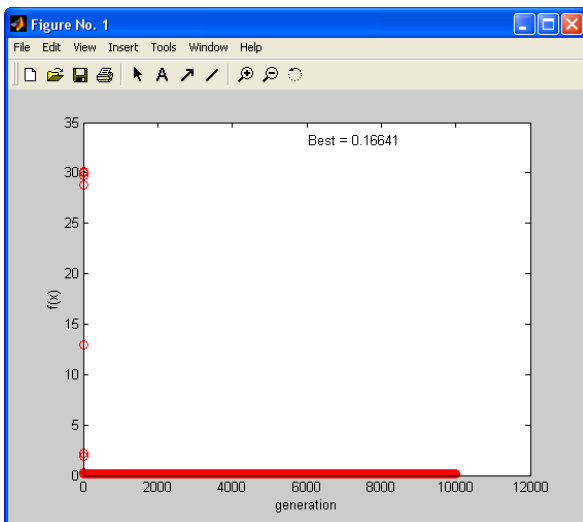


Imagen 183. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

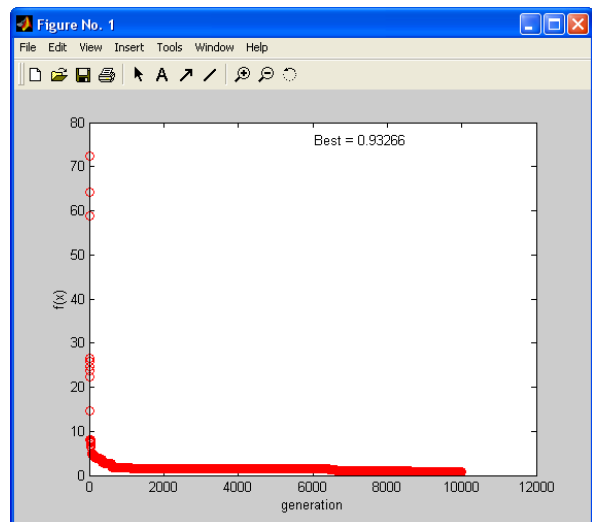


Imagen 182. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

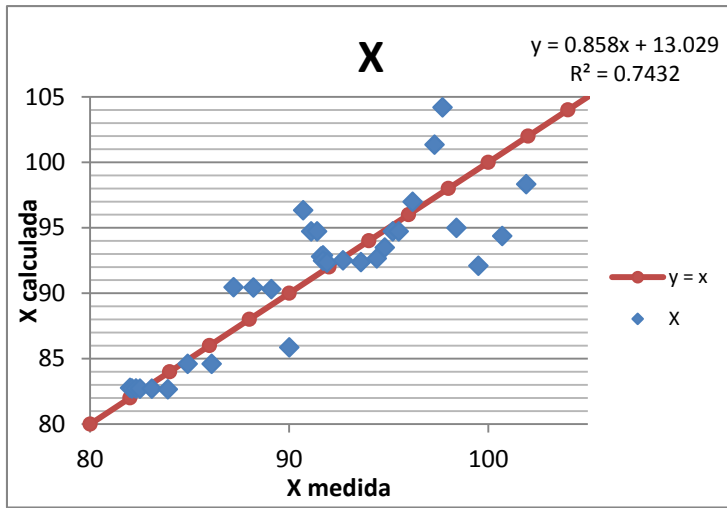


Gráfico 87. Correlación en x (longitud) en grados

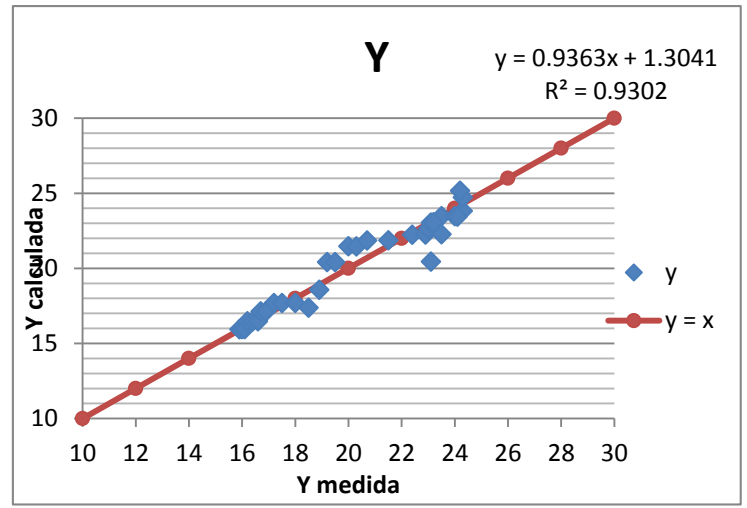
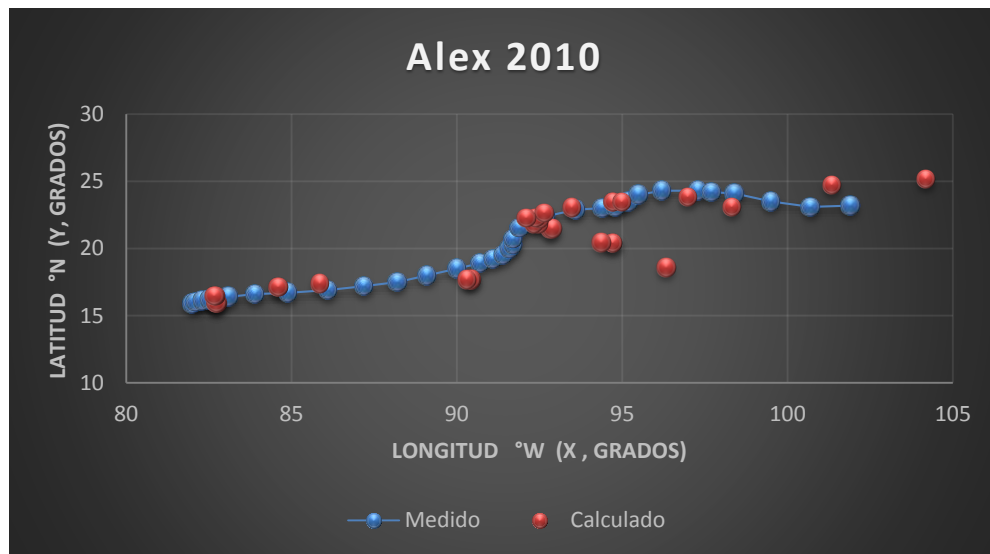


Gráfico 86. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 51. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = \left(\frac{-0.581294}{x} - 0.967855 + \frac{0.241860}{X^2 - 4.646742} \right) * (0.05849626X) \dots \text{Ecuación 144}$$

Tabla 237. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
x °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
82	-0.97	3.29	4.80	15.80	15.80	15.90	0.10	0.01
82.1	-0.97	3.30	4.80	15.84	15.84	16.00	0.16	0.03
82.3	-0.97	3.31	4.81	15.93	15.93	16.10	0.17	0.03
82.5	-0.97	3.32	4.83	16.02	16.02	16.20	0.18	0.03
83.1	-0.97	3.35	4.86	16.29	16.29	16.40	0.11	0.01
83.9	-0.97	3.39	4.91	16.65	16.65	16.60	-0.05	0.00
84.9	-0.97	3.44	4.97	17.11	17.11	16.70	-0.41	0.16
86.1	-0.97	3.51	5.04	17.66	17.66	16.90	-0.76	0.58
87.2	-0.97	3.56	5.10	18.18	18.18	17.20	-0.98	0.96
88.2	-0.97	3.62	5.16	18.66	18.66	17.50	-1.16	1.34
89.1	-0.97	3.66	5.21	19.09	19.09	18.00	-1.09	1.19
90	-0.97	3.71	5.26	19.53	19.53	18.50	-1.03	1.07
90.7	-0.97	3.75	5.31	19.88	19.88	18.90	-0.98	0.96
91.1	-0.97	3.77	5.33	20.08	20.08	19.20	-0.88	0.77
91.4	-0.97	3.78	5.35	20.23	20.23	19.50	-0.73	0.53
91.6	-0.97	3.79	5.36	20.33	20.33	20.00	-0.33	0.11
91.7	-0.97	3.80	5.36	20.38	20.38	20.30	-0.08	0.01
91.7	-0.97	3.80	5.36	20.38	20.38	20.70	0.32	0.10
91.9	-0.97	3.81	5.38	20.48	20.48	21.50	1.02	1.05
92.7	-0.97	3.85	5.42	20.88	20.88	22.40	1.52	2.31
93.6	-0.97	3.90	5.48	21.34	21.34	22.90	1.56	2.43
94.4	-0.97	3.94	5.52	21.75	21.75	23.00	1.25	1.55
94.8	-0.97	3.96	5.55	21.96	21.96	23.10	1.14	1.30
95.2	-0.97	3.98	5.57	22.17	22.17	23.50	1.33	1.77
95.5	-0.97	4.00	5.59	22.33	22.33	24.00	1.67	2.80
96.2	-0.97	4.03	5.63	22.70	22.70	24.30	1.60	2.57
97.3	-0.97	4.09	5.69	23.28	23.28	24.30	1.02	1.04
97.7	-0.97	4.11	5.72	23.50	23.50	24.20	0.70	0.49
98.4	-0.97	4.15	5.76	23.88	23.88	24.10	0.22	0.05
99.5	-0.97	4.21	5.82	24.48	24.48	23.50	-0.98	0.95
100.7	-0.97	4.27	5.89	25.14	25.14	23.10	-2.04	4.16
101.9	-0.97	4.33	5.96	25.81	25.81	23.20	-2.61	6.82
						error medio cuadrático		1.1616

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

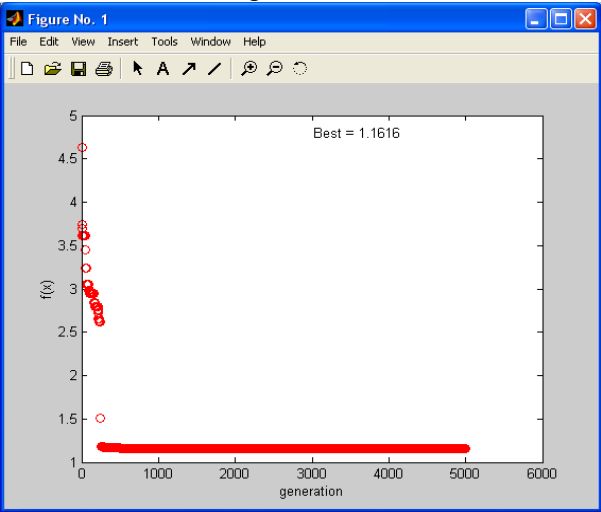


Imagen 184. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

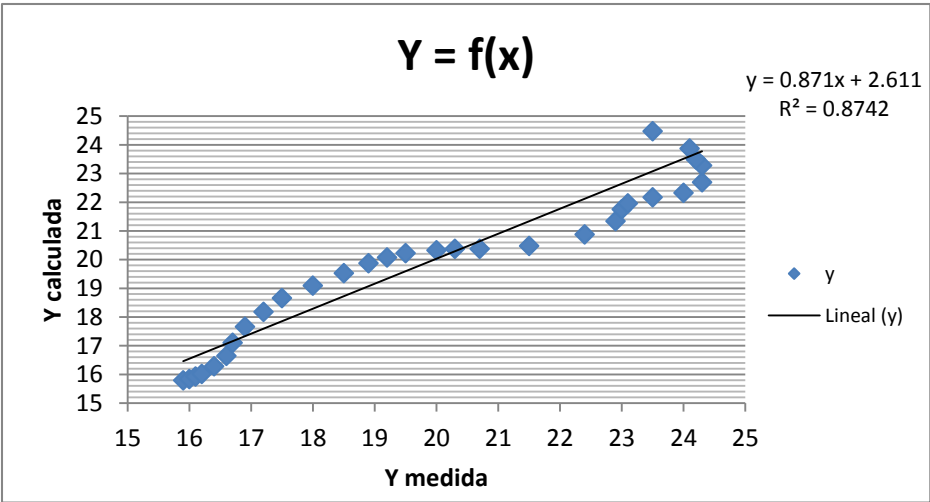
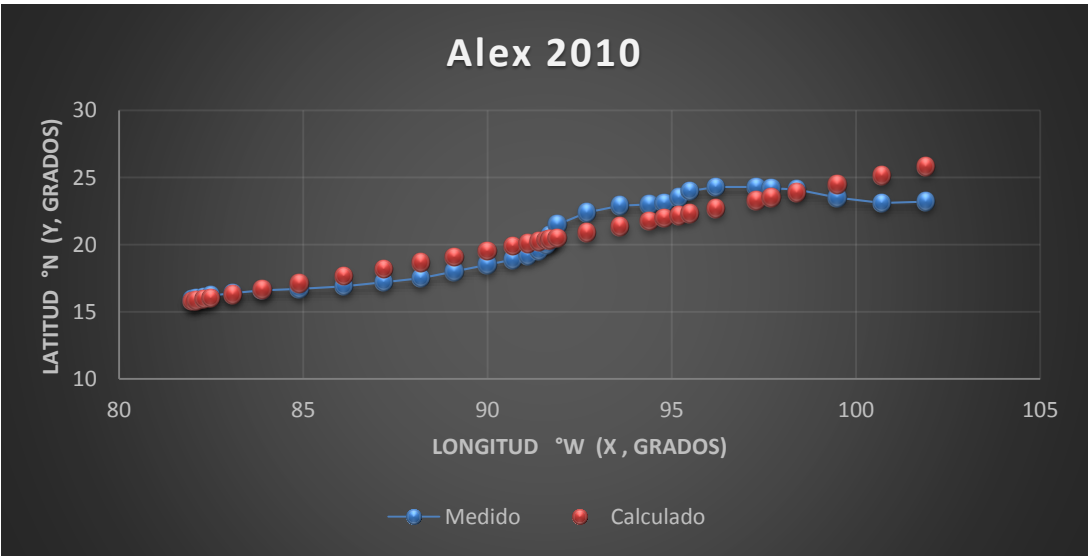


Gráfico 88. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 52. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Karl

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = \left(\frac{P}{-9.044446 + \frac{0.239779}{Ws} + \frac{P}{-2.388884}} + 2.021128835 + 0.093124P + 0.093124Ws \right) \dots \text{Ecuación 145}$$

Tabla 238. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	144.46	-60.47	-69.52	83.48	83.48	78.50	-4.98	24.82
1004	25	144.42	-60.46	-69.50	83.40	83.40	79.80	-3.60	12.96
1003	25	144.38	-60.44	-69.48	83.32	83.32	81.10	-2.22	4.92
1003	30	158.55	-66.37	-75.41	84.92	84.92	82.30	-2.62	6.86
1001	35	174.57	-73.08	-82.12	86.31	86.31	83.60	-2.71	7.33
999	40	191.80	-80.29	-89.33	87.59	87.59	85.00	-2.59	6.73
997	55	247.51	-103.61	-112.65	91.14	91.14	86.20	-4.94	24.38
991	55	247.40	-103.56	-112.61	90.63	90.63	87.60	-3.03	9.17
994	45	209.76	-87.81	-96.85	88.51	88.51	88.80	0.29	0.08
997	40	191.75	-80.27	-89.31	87.43	87.43	90.10	2.67	7.14
994	45	209.76	-87.81	-96.85	88.51	88.51	91.10	2.59	6.69
986	55	247.31	-103.52	-112.57	90.20	90.20	92.20	2.00	3.98
982	70	305.96	-128.08	-137.12	92.83	92.83	93.30	0.47	0.22
971	85	365.92	-153.17	-162.22	94.37	94.37	94.10	-0.27	0.08
966	95	406.37	-170.11	-179.15	95.43	95.43	94.90	-0.53	0.28
956	110	467.45	-195.68	-204.72	96.62	96.62	95.60	-1.02	1.04
970	90	386.12	-161.63	-170.68	95.05	95.05	96.00	0.95	0.90
979	90	386.22	-161.68	-170.72	95.84	95.84	96.40	0.56	0.32
995	60	266.81	-111.69	-120.73	92.03	92.03	97.10	5.07	25.75
1005	25	144.46	-60.47	-69.52	83.48	83.48	97.40	13.92	193.71
error medio cuadrático									16.8683

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \left(\frac{3.00047006 - Ws}{0.10372732 * PWs} - 2P - Ws - 14.822011 \right) \dots \text{Ecuación 146}$$

Tabla 239. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	-22.00	-1.27	17.30	17.30	17.30	16.30	-1.00	1.01
1004	25	-22.00	-1.27	17.30	17.30	17.30	16.60	-0.70	0.50
1003	25	-22.00	-1.27	17.30	17.30	17.30	17.00	-0.30	0.09
1003	30	-27.00	-1.52	17.74	17.74	17.74	17.60	-0.14	0.02
1001	35	-32.00	-1.77	18.07	18.07	18.07	18.10	0.03	0.00
999	40	-37.00	-2.02	18.32	18.32	18.32	18.30	-0.02	0.00
997	55	-52.00	-2.76	18.87	18.87	18.87	18.30	-0.57	0.32
991	55	-52.00	-2.76	18.87	18.87	18.87	18.50	-0.37	0.14
994	45	-42.00	-2.27	18.54	18.54	18.54	18.80	0.26	0.07
997	40	-37.00	-2.02	18.33	18.33	18.33	19.20	0.87	0.77
994	45	-42.00	-2.27	18.54	18.54	18.54	19.40	0.86	0.74
986	55	-52.00	-2.75	18.87	18.87	18.87	19.60	0.73	0.53
982	70	-67.00	-3.48	19.25	19.25	19.25	19.60	0.35	0.12
971	85	-82.00	-4.19	19.56	19.56	19.56	19.70	0.14	0.02
966	95	-92.00	-4.66	19.73	19.73	19.73	19.70	-0.03	0.00
956	110	-107.00	-5.36	19.98	19.98	19.98	19.60	-0.38	0.14
970	90	-87.00	-4.43	19.65	19.65	19.65	19.40	-0.25	0.06
979	90	-87.00	-4.43	19.64	19.64	19.64	19.20	-0.44	0.19
995	60	-57.00	-3.00	19.01	19.01	19.01	18.70	-0.31	0.09
1005	25	-22.00	-1.27	17.30	17.30	17.30	18.60	1.30	1.68
error medio cuadrático									0.32465

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

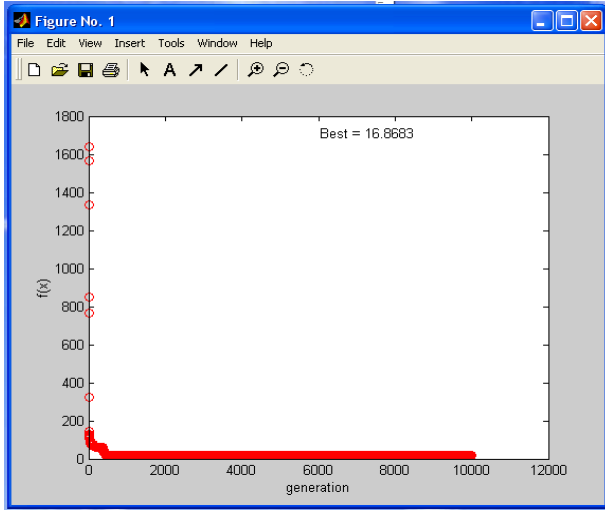


Imagen 185. Error medio cuadrático en X (programación genética)

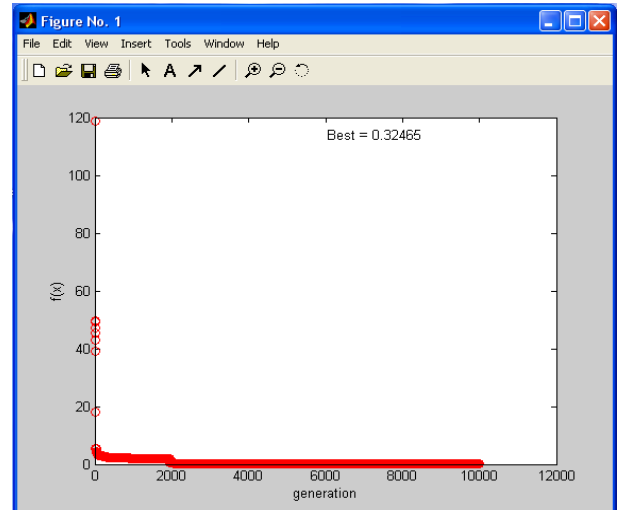


Imagen 186. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

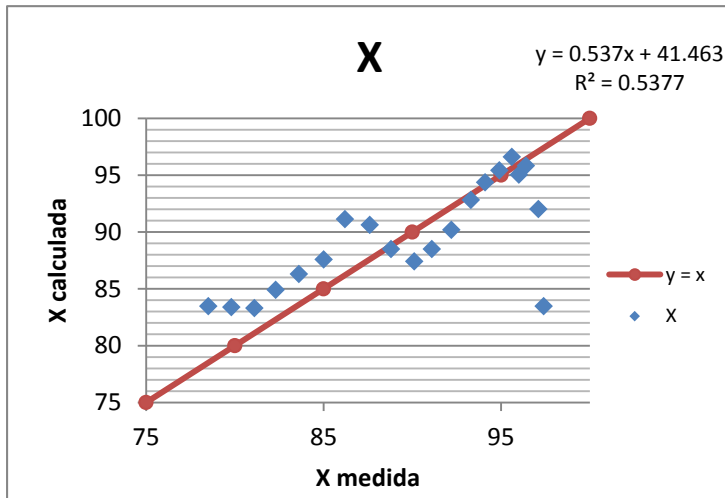


Gráfico 90. Correlación en x (longitud) en grados

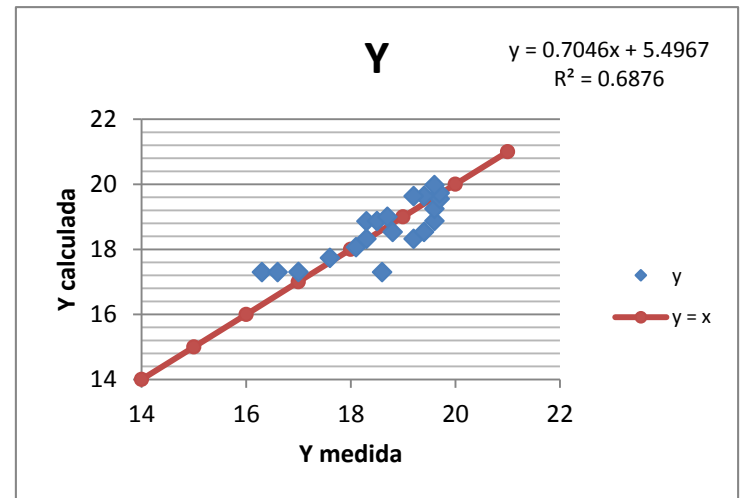
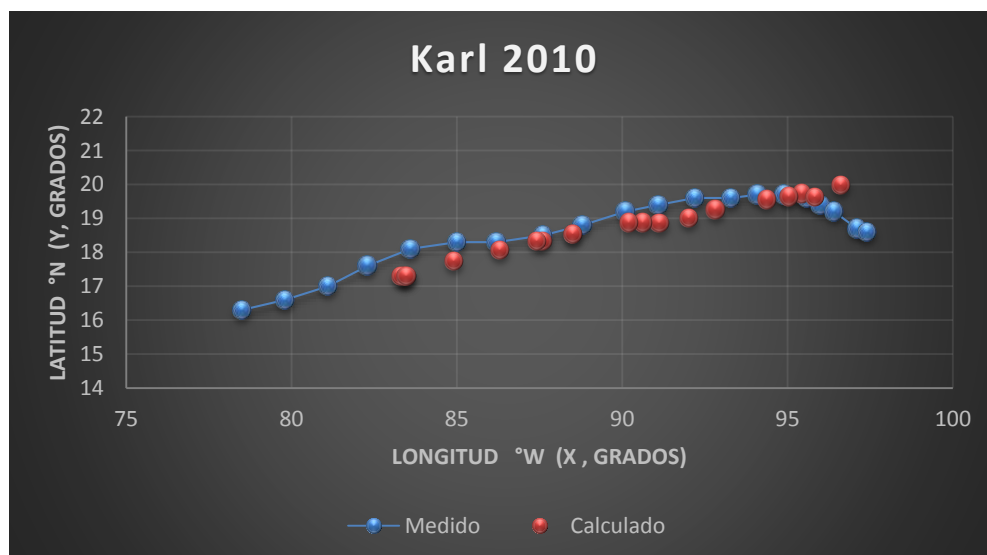


Gráfico 89. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 53. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$x1 = \left(\left(\left(\frac{2W_s}{\frac{0.038081}{P+3W_s}} \right) * W_s \right) + (P+3W_s) \right) * 0.072008 \dots \text{Ecuación 147}$$

Tabla 240. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	1312.99	30.39	1110.39	0.07	79.96	78.5	-1.46	2.12
1004	25	1312.99	30.42	1109.42	0.07	79.89	79.8	-0.09	0.01
1003	25	1312.99	30.45	1108.45	0.07	79.82	81.1	1.28	1.65
1003	30	1575.59	43.25	1136.25	0.07	81.82	82.3	0.48	0.23
1001	35	1838.19	58.17	1164.17	0.07	83.83	83.6	-0.23	0.05
error medio cuadrático									0.81216

“Segundo Tramo”

$$X2 = \frac{\left(P - \left(\frac{W_s^2 - \frac{P}{0.198750}}{W_s} - \left(P - (W_s - (W_s^2 - 2W_s)) \right) \right) \right)}{W_s} \dots \text{Ecuación 148}$$

Tabla 241. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
999	40	-85.66	-1480.00	2479.00	3563.66	89.09	85	-4.09	16.74
997	55	-36.21	-2860.00	3857.00	4890.21	88.91	86.2	-2.71	7.36
991	55	-35.66	-2860.00	3851.00	4877.66	88.68	87.6	-1.08	1.18
994	45	-66.14	-1890.00	2884.00	3944.14	87.65	88.8	1.15	1.33
997	40	-85.41	-1480.00	2477.00	3559.41	88.99	90.1	1.11	1.24
994	45	-66.14	-1890.00	2884.00	3944.14	87.65	91.1	3.45	11.92
986	55	-35.20	-2860.00	3846.00	4867.20	88.49	92.2	3.71	13.73
982	70	-0.58	-4690.00	5672.00	6654.58	95.07	93.3	-1.77	3.12
error medio cuadrático									7.0768

“Tercer Tramo”

$$X3 = \left(\frac{P}{-0.912539 + 0.632090W_s - 0.097928P - (-0.529919 - 0.131200P)} \right) + 0.088546P \dots \text{Ecuación 149}$$

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

Tabla 242. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
971	85	-22.97	-127.93	9.25	85.98	95.23	94.1	-1.13	1.28
966	95	-27.24	-127.27	9.66	85.54	95.19	94.9	-0.29	0.09
956	110	-38.24	-125.96	10.90	84.65	95.55	95.6	0.05	0.00
970	90	-24.86	-127.79	9.42	85.89	95.31	96	0.69	0.47
979	90	-24.54	-128.97	9.37	86.69	96.06	96.4	0.34	0.12
995	60	-16.47	-131.07	8.68	88.10	96.79	97.1	0.31	0.10
1005	25	-12.03	-132.39	8.35	88.99	97.34	97.40	0.06	0.00
error medio cuadrático									0.29343

“Primer Tramo”

$$Y1 = \left((0.1702857) - \left(\left((-0.0119621Ws) - \left(\left(\frac{0.0788319Ws}{1.83592281Ws + 18.85450575} \right) * P \right) \right) \right) \right) * (0.53662845) \dots \text{Ecuación 150}$$

Tabla 243. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1005	25	0.03	30.59	-30.89	31.06	16.67	16.3	-0.37	0.13
1004	25	0.03	30.56	-30.86	31.03	16.65	16.6	-0.05	0.00
1003	25	0.03	30.53	-30.83	31.00	16.63	17	0.37	0.13
1003	30	0.03	32.08	-32.44	32.61	17.50	17.6	0.10	0.01
1001	35	0.03	33.23	-33.65	33.82	18.15	18.1	-0.05	0.00
error medio cuadrático									0.056603

“Segundo Tramo”

$$Y2 = (((((-1.77802219 - Ws/(P/Ws)) * (-3.939978033)))/((-0.47921079)) - (P/1.7450148)) * (-0.47921079)) + 1.0588054 * (0.066017534) \dots \text{Ecuación 151}$$

Tabla 244. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
999	40	-2.38	9.38	-592.05	284.78	18.80	18.30	-0.50	0.25
997	55	-3.81	15.02	-602.68	289.87	19.14	18.30	-0.84	0.70
991	55	-3.83	15.09	-599.40	288.30	19.03	18.50	-0.53	0.28
994	45	-2.82	11.09	-592.77	285.12	18.82	18.80	-0.02	0.00
997	40	-2.38	9.39	-590.93	284.24	18.76	19.20	0.44	0.19
994	45	-2.82	11.09	-592.77	285.12	18.82	19.40	0.58	0.33
986	55	-3.85	15.15	-596.66	286.98	18.95	19.60	0.65	0.43
982	70	-5.77	22.73	-610.17	293.46	19.37	19.60	0.23	0.05
error medio cuadrático									0.27948

“Tercer Tramo”

$$Y3 = 17.24494564 - \left(\frac{P - 14.36315494Ws}{P + 0.23674587Ws} - 1.854687893 \right) \dots \text{Ecuación 152}$$

Tabla 245. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
971	85	-249.87	1019.25	-0.25	-2.10	19.34	19.70	0.36	0.13
966	95	-398.50	1008.95	-0.39	-2.25	19.49	19.70	0.21	0.04
956	110	-623.95	992.71	-0.63	-2.48	19.73	19.60	-0.13	0.02
970	90	-322.68	1015.52	-0.32	-2.17	19.42	19.40	-0.02	0.00
979	90	-313.68	1024.95	-0.31	-2.16	19.41	19.20	-0.21	0.04
995	60	133.21	1065.05	0.13	-1.73	18.97	18.70	-0.27	0.08
1005	25	645.92	1174.80	0.55	-1.30	18.55	18.60	0.05	0.00
error medio cuadrático									0.043615

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

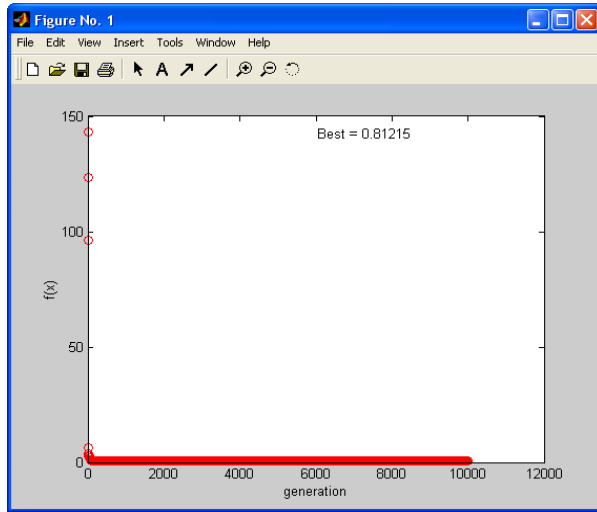


Imagen 190. Error medio cuadrático en X_1 (programación genética)

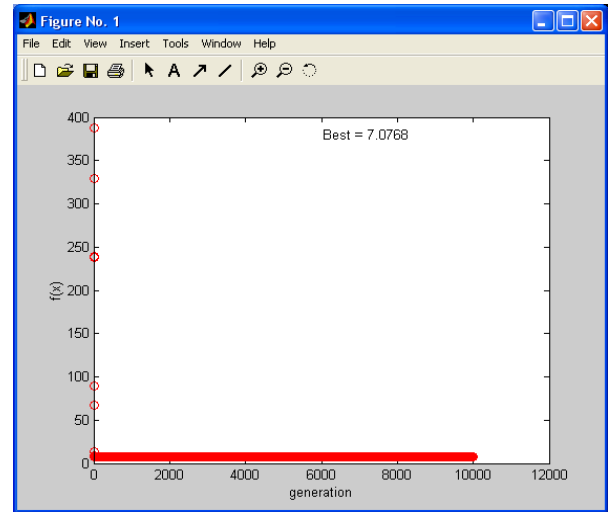


Imagen 189. Error medio cuadrático en X_2 (programación genética)

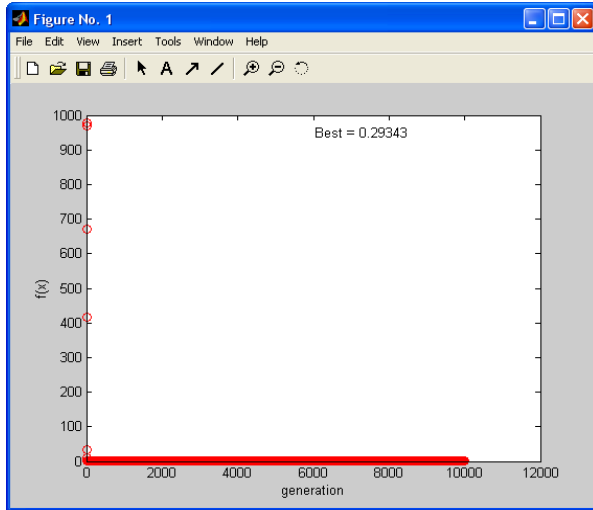


Imagen 188. Error medio cuadrático en X_3 (programación genética)

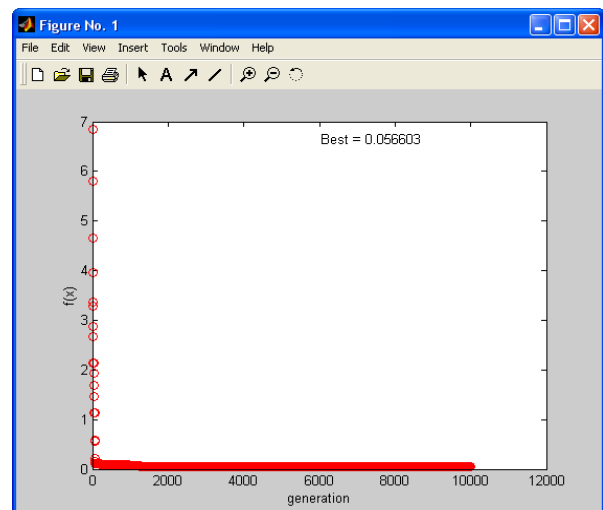


Imagen 187. Error medio cuadrático en Y_1 (programación genética)

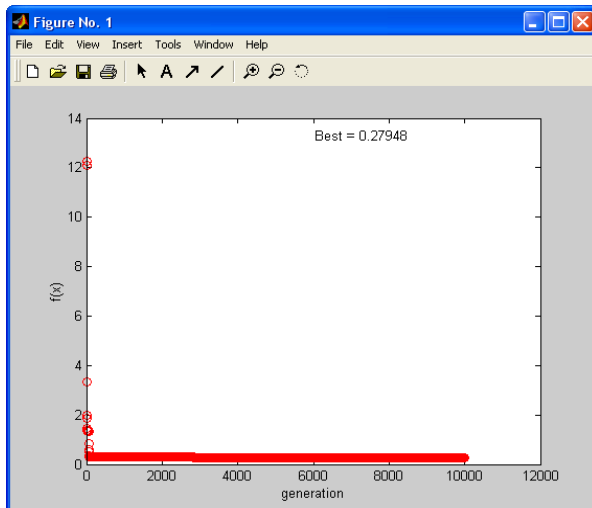


Imagen 191. Error medio cuadrático en Y_2 (programación genética)

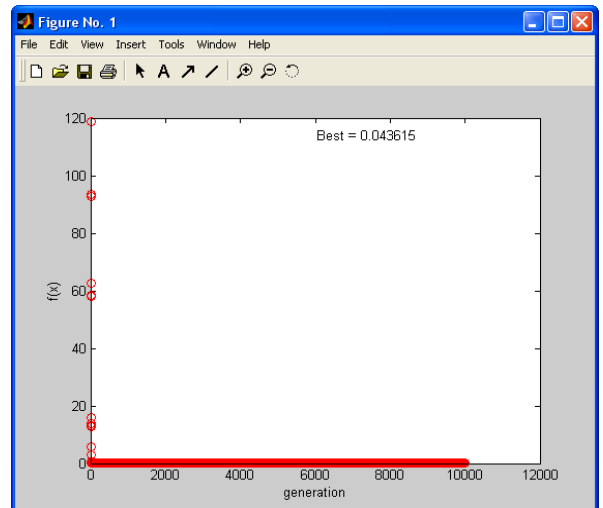


Imagen 192. Error medio cuadrático en Y_3 (programación genética)

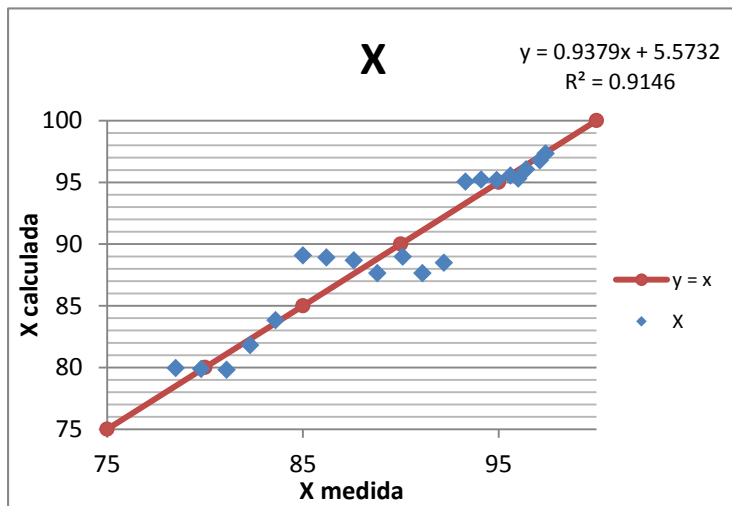


Gráfico 91. Correlación en x (longitud) en grados

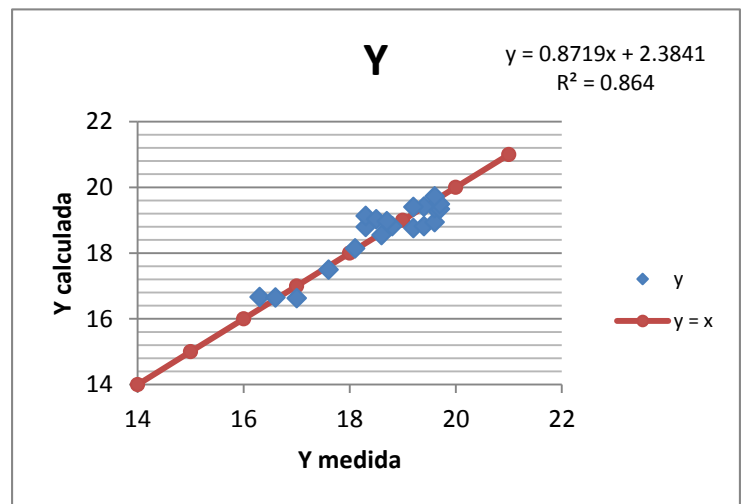
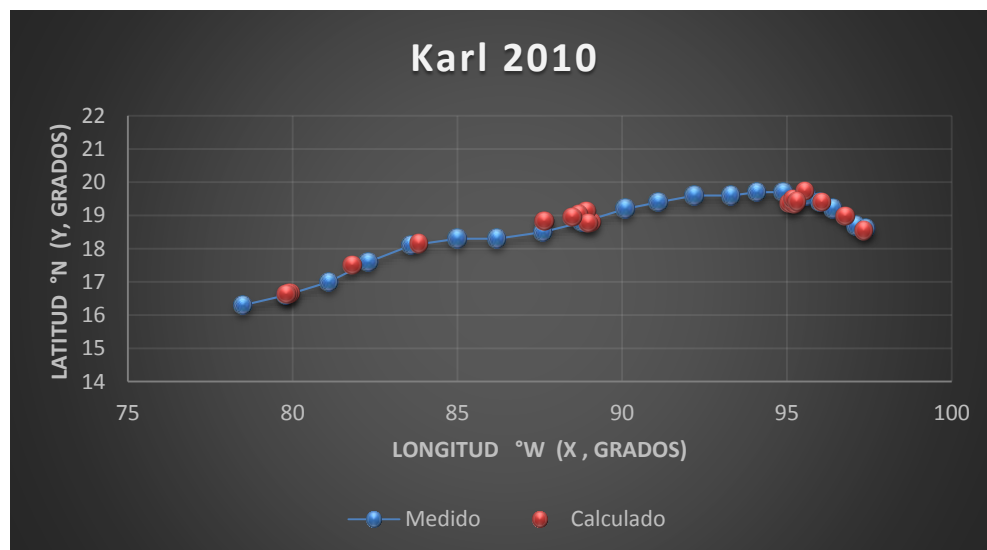


Gráfico 92. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 54. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = (0.4287217154516X) * \left(0.918513 + \left(0.879387 - \left(\frac{X}{7.9168344 + 0.673158X} \right) \right) \right) \dots \text{Ecuación 153}$$

Tabla 246. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en y = f(x)								
x	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
78.5	1.29197398	-0.41	0.51	33.65	17.03	16.30	-0.73	0.53
79.8	1.29472221	-0.42	0.50	34.21	17.21	16.60	-0.61	0.38
81.1	1.29739349	-0.42	0.50	34.77	17.40	17.00	-0.40	0.16
82.3	1.29979375	-0.42	0.50	35.28	17.58	17.60	0.02	0.00
83.6	1.30232586	-0.42	0.50	35.84	17.76	18.10	0.34	0.11
85	1.30497666	-0.43	0.49	36.44	17.96	18.30	0.34	0.11
86.2	1.30718847	-0.43	0.49	36.96	18.13	18.30	0.17	0.03
87.6	1.30970139	-0.43	0.49	37.56	18.33	18.50	0.17	0.03
88.8	1.31179963	-0.43	0.49	38.07	18.51	18.80	0.29	0.09
90.1	1.31401694	-0.43	0.48	38.63	18.69	19.20	0.51	0.26
91.1	1.31568442	-0.44	0.48	39.06	18.83	19.40	0.57	0.32
92.2	1.3174816	-0.44	0.48	39.53	18.99	19.60	0.61	0.37
93.3	1.31924115	-0.44	0.48	40.00	19.15	19.60	0.45	0.21
94.1	1.32049785	-0.44	0.48	40.34	19.26	19.70	0.44	0.19
94.9	1.3217357	-0.44	0.48	40.69	19.37	19.70	0.33	0.11
95.6	1.32280368	-0.44	0.48	40.99	19.47	19.60	0.13	0.02
96	1.32340773	-0.44	0.47	41.16	19.53	19.40	-0.13	0.02
96.4	1.32400731	-0.44	0.47	41.33	19.59	19.20	-0.39	0.15
97.1	1.32504597	-0.45	0.47	41.63	19.68	18.70	-0.98	0.97
97.4	1.32548704	-0.45	0.47	41.76	19.73	18.60	-1.13	1.27
error medio cuadrático							0.26579	

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética

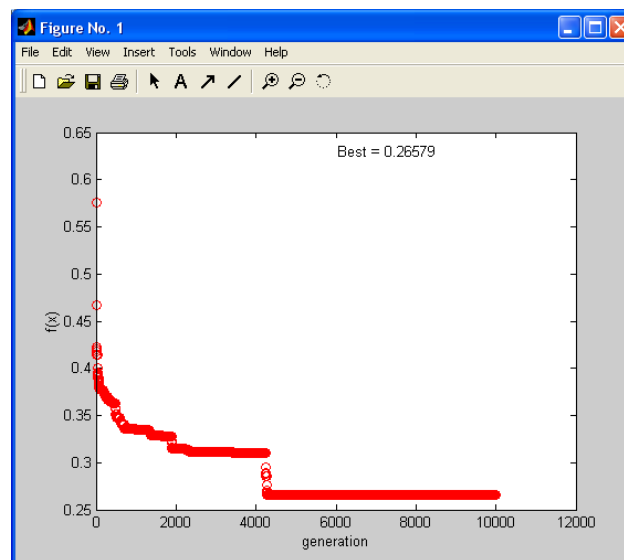


Imagen 193. Error medio cuadrático en Y=f(x) (programación genética)

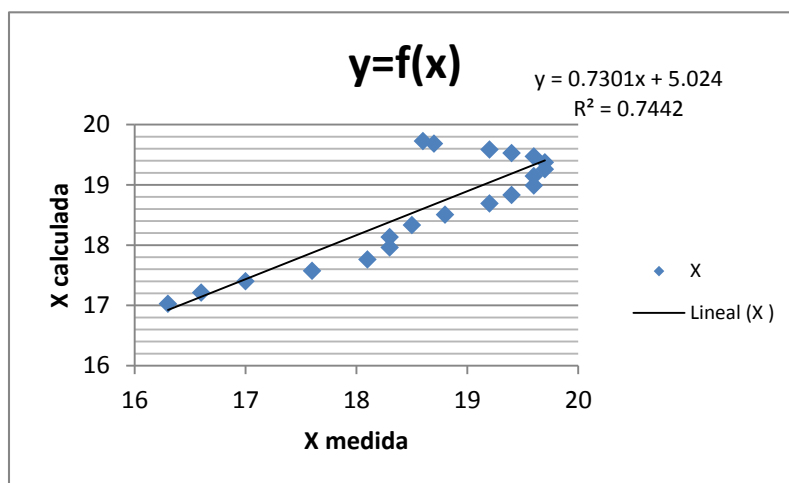
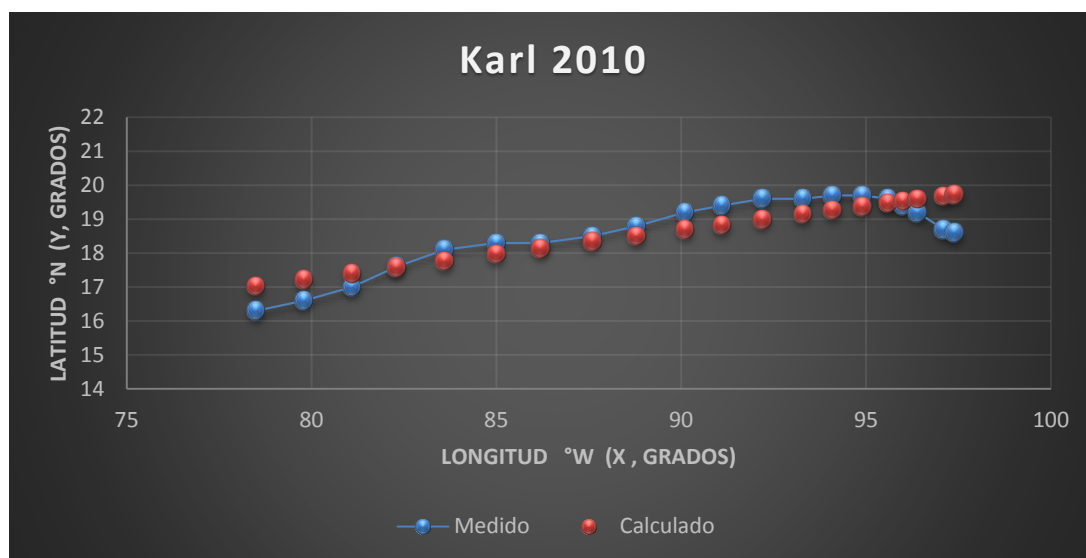


Gráfico 93. Correlación en Y=f(x)



Gráfica 55. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Ernesto

Trayectoria Continua

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = W_s - \frac{0.790681 * P^2}{W_s^3} - 2 + \frac{1.752895 P}{W_s} \dots \text{Ecuación 154}$$

Tabla 247. Programación Trayectoria en X (Calculada)

Programacion de la Ecuacion y Error cuadratico en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuacion parte 1	Ecuacion parte 2	Ecuacion parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	30	30.00	0.25	-1.75	57.14	57.14	46.70	-10.44	109.04
1008	30	30.00	0.25	-1.75	57.14	57.14	48.20	-8.94	79.97
1008	30	30.00	0.25	-1.75	57.14	57.14	49.90	-7.24	52.45
1008	30	30.00	0.25	-1.75	57.14	57.14	51.70	-5.44	29.62
1007	35	35.00	16.30	14.30	64.73	64.73	53.60	-11.13	123.94
1006	45	45.00	36.22	34.22	73.41	73.41	55.50	-17.91	320.61
1005	45	45.00	36.24	34.24	73.38	73.38	57.50	-15.88	252.31
1005	40	40.00	27.52	25.52	69.56	69.56	59.70	-9.86	97.28
1003	40	40.00	27.57	25.57	69.53	69.53	61.60	-7.93	62.81
1003	40	40.00	27.57	25.57	69.53	69.53	63.30	-6.23	38.75
1004	40	40.00	27.55	25.55	69.54	69.54	64.80	-4.74	22.51
1005	45	45.00	36.24	34.24	73.38	73.38	66.40	-6.98	48.78
1005	45	45.00	36.24	34.24	73.38	73.38	67.90	-5.48	30.08
1005	45	45.00	36.24	34.24	73.38	73.38	69.50	-3.88	15.09
1006	45	45.00	36.22	34.22	73.41	73.41	71.50	-1.91	3.63
1006	45	45.00	36.22	34.22	73.41	73.41	73.80	0.39	0.16
1006	45	45.00	36.22	34.22	73.41	73.41	76.10	2.69	7.26
1005	45	45.00	36.24	34.24	73.38	73.38	77.80	4.42	19.50
1003	45	45.00	36.27	34.27	73.34	73.34	78.90	5.56	30.90
998	50	50.00	43.70	41.70	76.69	76.69	79.60	2.91	8.48
996	55	55.00	50.29	48.29	80.03	80.03	80.20	0.17	0.03
995	55	55.00	50.30	48.30	80.01	80.01	81.20	1.19	1.42
994	55	55.00	50.30	48.30	79.98	79.98	82.20	2.22	4.91
993	55	55.00	50.31	48.31	79.96	79.96	83.30	3.34	11.14
988	65	65.00	62.19	60.19	86.83	86.83	84.40	-2.43	5.92
983	75	75.00	73.19	71.19	94.16	94.16	85.70	-8.46	71.63
979	80	80.00	78.52	76.52	97.97	97.97	87.10	-10.87	118.18
973	85	85.00	83.78	81.78	101.85	101.85	87.70	-14.15	200.13
973	80	80.00	78.54	76.54	97.86	97.86	88.30	-9.56	91.35
983	60	60.00	56.46	54.46	83.18	83.18	89.60	6.42	41.20
993	50	50.00	43.76	41.76	76.58	76.58	90.80	14.22	202.34
993	55	55.00	50.31	48.31	79.96	79.96	91.70	11.74	137.79
992	60	60.00	56.40	54.40	83.38	83.38	92.80	9.42	88.76
989	55	55.00	50.35	48.35	79.87	79.87	93.80	13.93	193.99
993	50	50.00	43.76	41.76	76.58	76.58	94.90	18.32	335.79
997	40	40.00	27.72	25.72	69.41	69.41	96.00	26.59	707.00
1001	30	30.00	0.66	-1.34	57.15	57.15	97.20	40.05	1604.39
						error medio cuadrático			139.7064

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{\left(\left(-3.65992992478919 + \frac{1.5326626}{W_s} \right) - 0.87787116 \right)}{\frac{W_s - 2.2431057}{0.0094142348}} + 23.1157130917522 \dots \text{Ecuación 155}$$

Tabla 248. Programación Trayectoria en Y (Calculada)

Programacion de la Ecuacion y Error cuadratico en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuacion parte 1	Ecuacion parte 2	Ecuacion parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	11.60	-1.16	1.35
1008	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	12.00	-0.76	0.58
1008	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	12.40	-0.36	0.13
1008	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	12.70	-0.06	0.00
1007	35	-2.77	-2.85	-0.09	-9.26	13.86	13.00	-0.86	0.74
1006	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	13.20	-2.33	5.44
1005	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	12.40	-3.13	9.81
1005	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	13.60	-1.17	1.37
1003	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	13.70	-1.07	1.15
1003	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	14.80	0.03	0.00
1004	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	13.80	-0.97	0.94
1005	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	13.90	-1.63	2.66
1005	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	14.20	-1.33	1.77
1005	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	14.60	-0.93	0.87
1006	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	15.00	-0.53	0.28
1006	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	15.00	-0.53	0.28
1006	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	15.00	-0.53	0.28
1005	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	15.10	-0.43	0.19
1003	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	15.20	-0.33	0.11
998	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	15.40	-0.77	0.59
996	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	15.70	-1.01	1.03
995	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	16.20	-0.51	0.27
994	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	16.70	-0.01	0.00
993	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	17.30	0.59	0.34
988	65	-3.18	-3.27	-0.05	-5.53	17.59	17.80	0.21	0.05
983	75	-3.24	-3.33	-0.05	-4.86	18.25	18.40	0.15	0.02
979	80	-3.27	-3.36	-0.04	-4.59	18.53	18.70	0.17	0.03
973	85	-3.29	-3.38	-0.04	-4.34	18.78	18.80	0.02	0.00
973	80	-3.27	-3.36	-0.04	-4.59	18.53	18.80	0.27	0.07
983	60	-3.14	-3.23	-0.06	-5.93	17.18	18.80	1.62	2.62
993	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	18.80	2.63	6.91
993	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	18.80	2.09	4.35
992	60	-3.14	-3.23	-0.06	-5.93	17.18	18.70	1.52	2.30
989	55	-3.09	-3.18	-0.06	-6.40	16.71	18.40	1.69	2.84
993	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	18.20	2.03	4.12
997	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	18.00	3.23	10.42
1001	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	17.90	5.14	26.39
						error medio cuadrático			2.4411

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

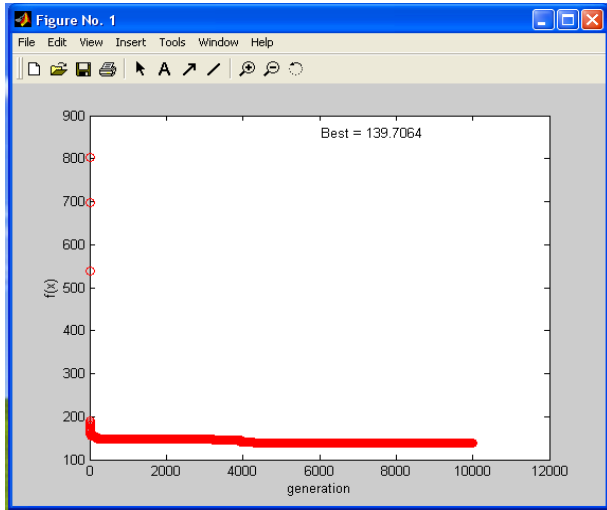


Imagen 194. Error medio cuadrático en X (programación genética)

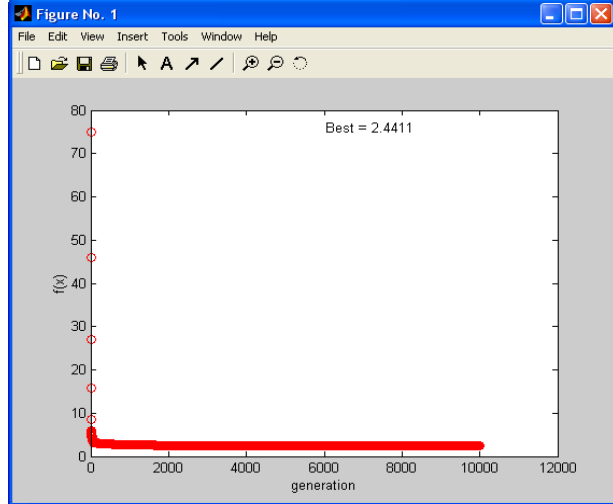


Imagen 195. Error medio cuadrático en Y (programación genética)

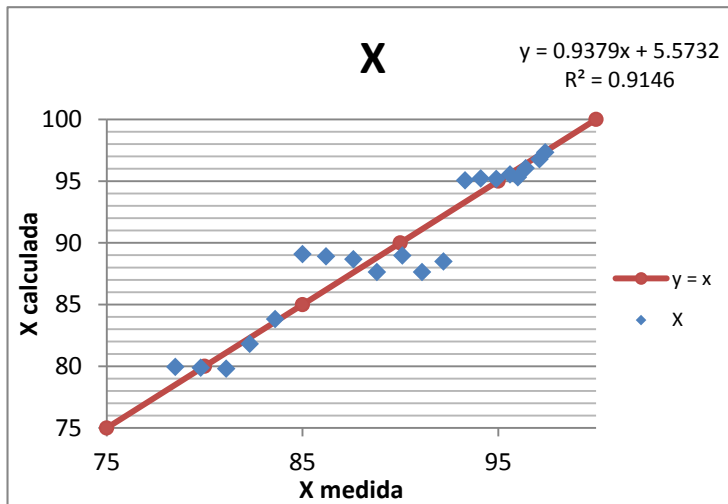


Gráfico 95. Correlación en x (longitud) en grados

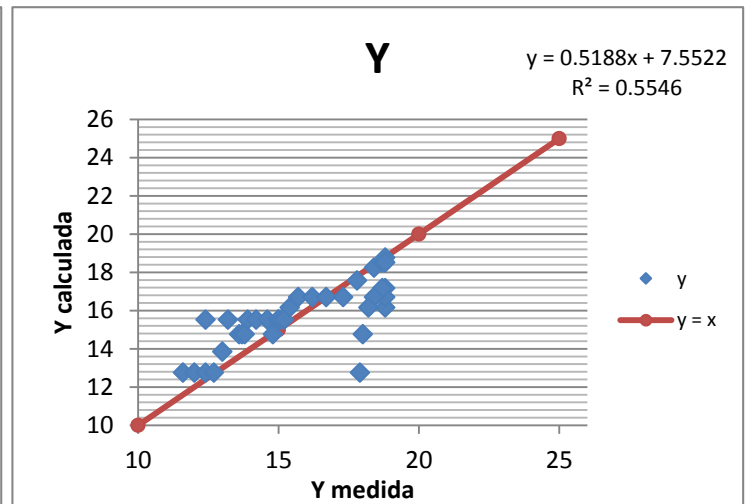
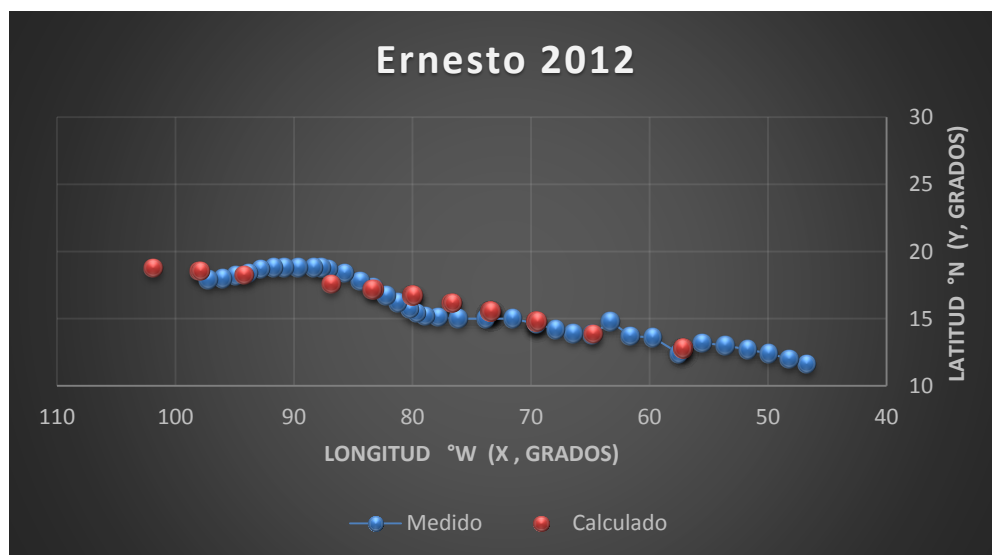


Gráfico 94. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 56. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria en Intervalos

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X1 = \left(\frac{P}{\frac{(-58.708679 - P - Ws)}{P - 0.595975Ws^2} + 2Ws - 0.193153Ws} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 156}$$

Tabla 249. Programación Trayectoria en X (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación	Ecuación parte 2	Ecuación	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)	parte 1		parte 1					
1008	30	51.88	1008.00	19.43	30.00	49.43	46.7	-2.73	7.45
1008	30	51.88	1008.00	19.43	30.00	49.43	48.2	-1.23	1.51
1008	30	51.88	1008.00	19.43	30.00	49.43	49.9	0.47	0.22
1008	30	51.88	1008.00	19.43	30.00	49.43	51.7	2.27	5.16
1007	35	59.26	1007.00	16.99	35.00	51.99	53.6	1.61	2.59
1006	45	86.83	1006.00	11.59	45.00	56.59	55.5	-1.09	1.18
1005	45	86.80	1005.00	11.58	45.00	56.58	57.5	0.92	0.85
1005	40	50.82	1005.00	19.78	40.00	59.78	59.7	-0.08	0.01
error medio cuadrático									2.3699

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(\frac{-6.669765342}{Ws - 0.054172535P} \right) - \left(\frac{Ws - \left(\frac{Ws + 1.375211}{-3.294611} \right)}{-0.826127} \right) \dots \text{Ecuación 157}$$

Tabla 250. Programación Trayectoria en X (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación	Ecuación parte 2	Ecuación	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)	parte 1		parte 1					
1003	40	0.47	-12.56	52.56	-63.62	64.09	61.6	-2.49	6.18
1003	40	0.47	-12.56	52.56	-63.62	64.09	63.3	-0.79	0.62
1004	40	0.46	-12.56	52.56	-63.62	64.08	64.8	0.72	0.51
1005	45	0.71	-14.08	59.08	-71.51	72.22	66.4	-5.82	33.83
1005	45	0.71	-14.08	59.08	-71.51	72.22	67.9	-4.32	18.63
1005	45	0.71	-14.08	59.08	-71.51	72.22	69.5	-2.72	7.38
1006	45	0.70	-14.08	59.08	-71.51	72.21	71.5	-0.71	0.51
1006	45	0.70	-14.08	59.08	-71.51	72.21	73.8	1.59	2.52
1006	45	0.70	-14.08	59.08	-71.51	72.21	76.1	3.89	15.12
1005	45	0.71	-14.08	59.08	-71.51	72.22	77.8	5.58	31.18
1003	45	0.71	-14.08	59.08	-71.51	72.22	78.9	6.68	44.57
998	50	1.64	-15.59	65.59	-79.40	81.04	79.6	-1.44	2.07
996	55	-6.39	-17.11	72.11	-87.29	80.90	80.2	-0.70	0.49
995	55	-6.07	-17.11	72.11	-87.29	81.22	81.2	-0.02	0.00
994	55	-5.79	-17.11	72.11	-87.29	81.50	82.2	0.70	0.49
error medio cuadrático									10.939

“Tercer Tramo”

$$X3 = \left(P - \frac{3.15760 + \frac{47.491994}{W_s}}{-0.864108} \right) - P - 0.14493W_s \dots \text{Ecuación 158}$$

Tabla 251. Programación Trayectoria en X (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X3									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
993	55	-4.65	997.65	1092.23	99.23	91.26	83.3	-7.96	63.39
988	65	-4.50	992.50	1086.59	98.59	89.17	84.4	-4.77	22.76
983	75	-4.39	987.39	1080.99	97.99	87.12	85.7	-1.42	2.03
979	80	-4.34	983.34	1076.56	97.56	85.97	87.1	1.13	1.28
973	85	-4.30	977.30	1069.95	96.95	84.63	87.7	3.07	9.41
973	80	-4.34	977.34	1070.00	97.00	85.40	88.3	2.90	8.40
983	60	-4.57	987.57	1081.19	98.19	89.50	89.6	0.10	0.01
993	50	-4.75	997.75	1092.34	99.34	92.10	90.8	-1.30	1.68
993	55	-4.65	997.65	1092.23	99.23	91.26	91.7	0.44	0.19
992	60	-4.57	996.57	1091.05	99.05	90.35	92.8	2.45	6.00
989	55	-4.65	993.65	1087.85	98.85	90.88	93.8	2.92	8.51
993	50	-4.75	997.75	1092.34	99.34	92.10	94.9	2.80	7.86
997	40	-5.03	1002.03	1097.02	100.02	94.23	96	1.77	3.15
1001	30	-5.49	1006.49	1101.90	100.90	96.56	97.2	0.64	0.42
error medio cuadrático									9.6491

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y1 = \frac{\left(70.413653 - \frac{0.175086P}{W_s} + 0.1863679 \right) * (-0.1302885)}{-0.746679} \dots \text{Ecuación 159}$$

Tabla 252. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y1									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	30	70.12	-0.13	-9.14	-0.75	12.24	11.6	-0.64	0.40
1008	30	70.12	-0.13	-9.14	-0.75	12.24	12	-0.24	0.06
1008	30	70.12	-0.13	-9.14	-0.75	12.24	12.4	0.16	0.03
1008	30	70.12	-0.13	-9.14	-0.75	12.24	12.7	0.46	0.22
1007	35	71.90	-0.13	-9.37	-0.75	12.55	13	0.45	0.21
1006	45	74.89	-0.13	-9.76	-0.75	13.07	13.2	0.13	0.02
1005	45	74.89	-0.13	-9.76	-0.75	13.07	12.4	-0.67	0.45
1005	40	73.47	-0.13	-9.57	-0.75	12.82	13.6	0.78	0.61
error medio cuadrático									0.2476

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{\left(\frac{PWs}{P - Ws - 5.4703752} \right)}{(0.1333912) - (-0.079346493Ws - 0.024494633)} + \frac{Ws^2}{P} \dots \text{Ecuación 160}$$

Tabla 253. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Segundo tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1003	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	13.7	-0.47	0.22
1003	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	14.8	0.63	0.40
1004	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	13.8	-0.37	0.14
1005	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	13.9	-0.82	0.68
1005	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	14.2	-0.52	0.27
1005	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	14.6	-0.12	0.01
1006	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	15	0.28	0.08
1006	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	15	0.28	0.08
1006	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	15	0.28	0.08
1005	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.72	15.1	0.38	0.14
1003	45	47.38	-3.60	3.73	12.71	14.73	15.2	0.47	0.22
998	50	52.94	-3.99	4.13	12.83	15.34	15.4	0.06	0.00
996	55	58.56	-4.39	4.52	12.95	15.99	15.7	-0.29	0.08
995	55	58.56	-4.39	4.52	12.95	15.99	16.2	0.21	0.04
error medio cuadrático									0.17491

“Tercer Tramo”

$$Y3 = \left(\frac{\left(\frac{Ws - 0.85596864}{-0.054227409} \right)}{\left(\frac{Ws - \left(\frac{8.2491241597275Ws + 0.37446454Ws^2}{P} \right)}{0.43052803 - Ws} \right) * Ws} \right) \dots \text{Ecuación 161}$$

Tabla 254. Programación Trayectoria en Y (Calculada, Tercer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y3										
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Ecuación parte 4	Ecuación parte 5	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)									
994	55	0.68	54.32	-1.00	-54.75	-998.46	18.24	16.7	-1.54	2.37
993	55	0.68	54.32	-1.00	-54.74	-998.46	18.24	17.3	-0.94	0.88
988	65	1.06	63.94	-0.99	-64.37	-1182.87	18.38	17.8	-0.58	0.33
983	75	1.51	73.49	-0.99	-73.91	-1367.28	18.50	18.4	-0.10	0.01
979	80	1.77	78.23	-0.98	-78.65	-1459.48	18.56	18.7	0.14	0.02
973	85	2.06	82.94	-0.98	-83.36	-1551.69	18.61	18.8	0.19	0.03
973	80	1.78	78.22	-0.98	-78.64	-1459.48	18.56	18.8	0.24	0.06
983	60	0.87	59.13	-0.99	-59.56	-1090.67	18.31	18.8	0.49	0.24
993	50	0.53	49.47	-1.00	-49.90	-906.26	18.16	18.8	0.64	0.41
993	55	0.68	54.32	-1.00	-54.74	-998.46	18.24	18.8	0.56	0.32
992	60	0.86	59.14	-0.99	-59.57	-1090.67	18.31	18.7	0.39	0.15
989	55	0.69	54.31	-1.00	-54.74	-998.46	18.24	18.4	0.16	0.03
993	50	0.53	49.47	-1.00	-49.90	-906.26	18.16	18.2	0.04	0.00
997	40	0.27	39.73	-1.00	-40.16	-721.85	17.97	18	0.03	0.00
1001	30	0.09	29.91	-1.01	-30.35	-537.44	17.71	17.9	0.19	0.04
error medio cuadrático									0.32539	

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

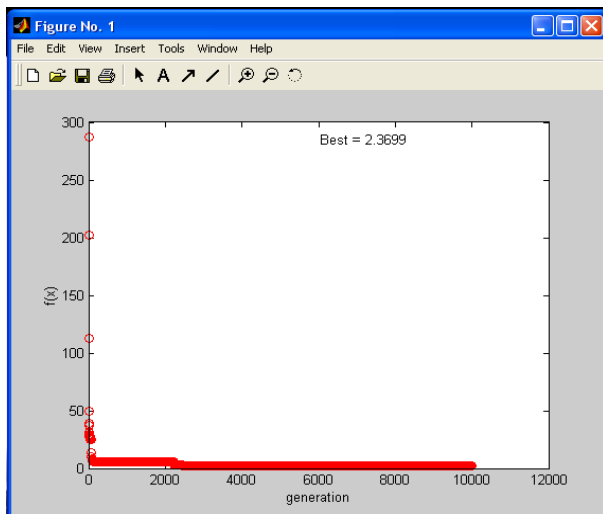


Imagen 201. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

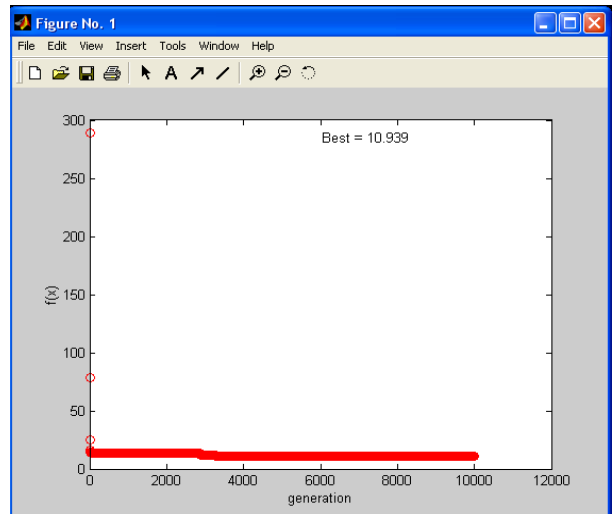


Imagen 198. Error medio cuadrático en X2 (programación genética)

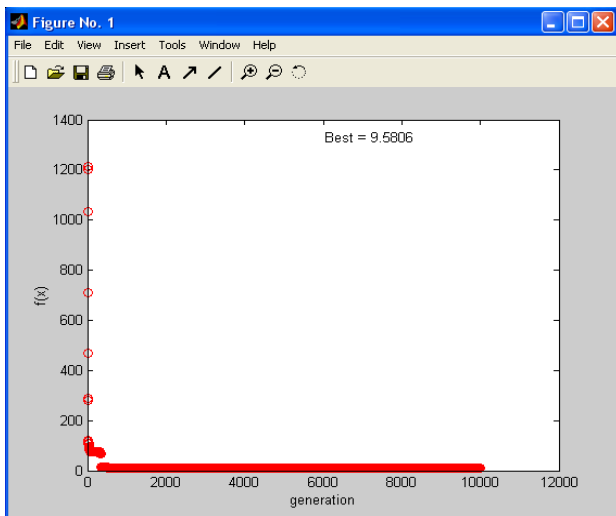


Imagen 197. Error medio cuadrático en X3 (programación genética)

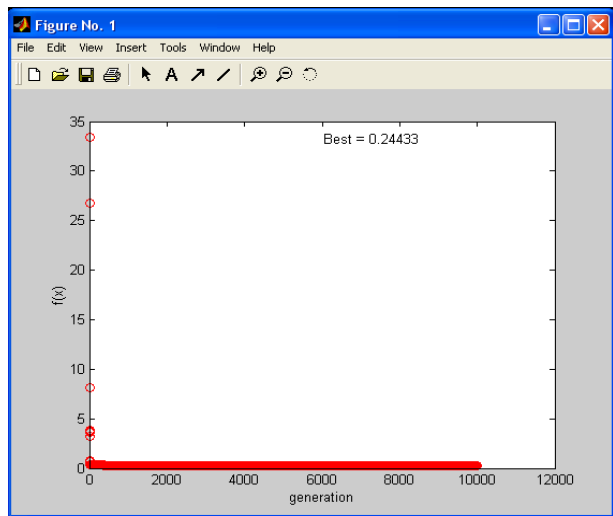


Imagen 196. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)

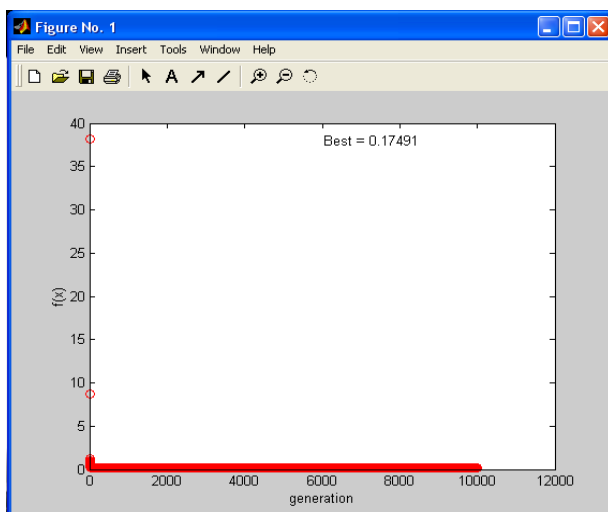


Imagen 199. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)

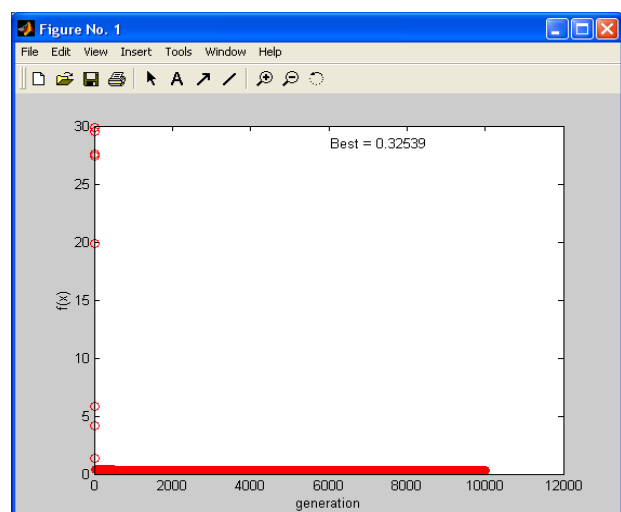


Imagen 200. Error medio cuadrático en Y3 (programación genética)

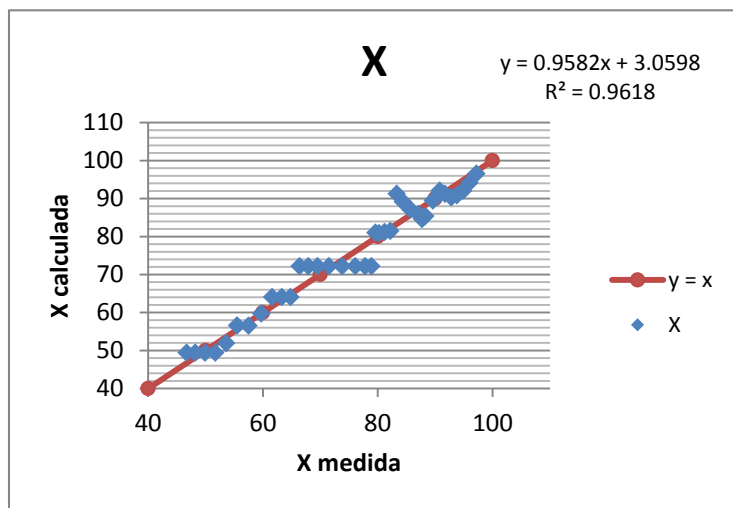


Gráfico 97. Correlación en x (longitud) en grados

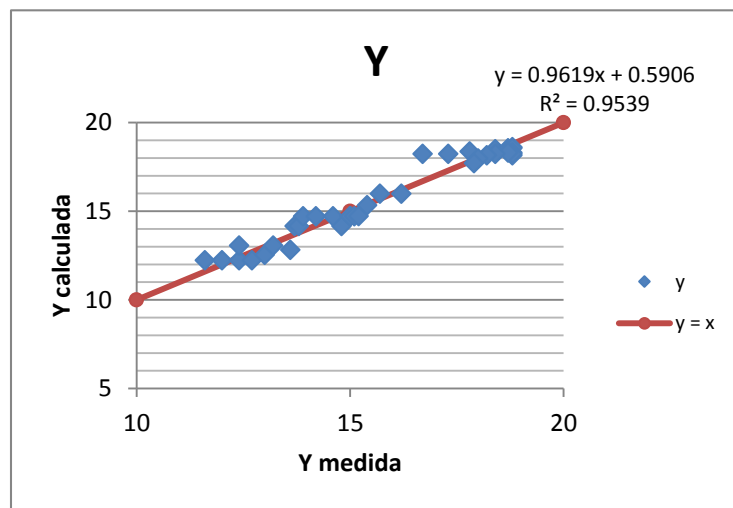
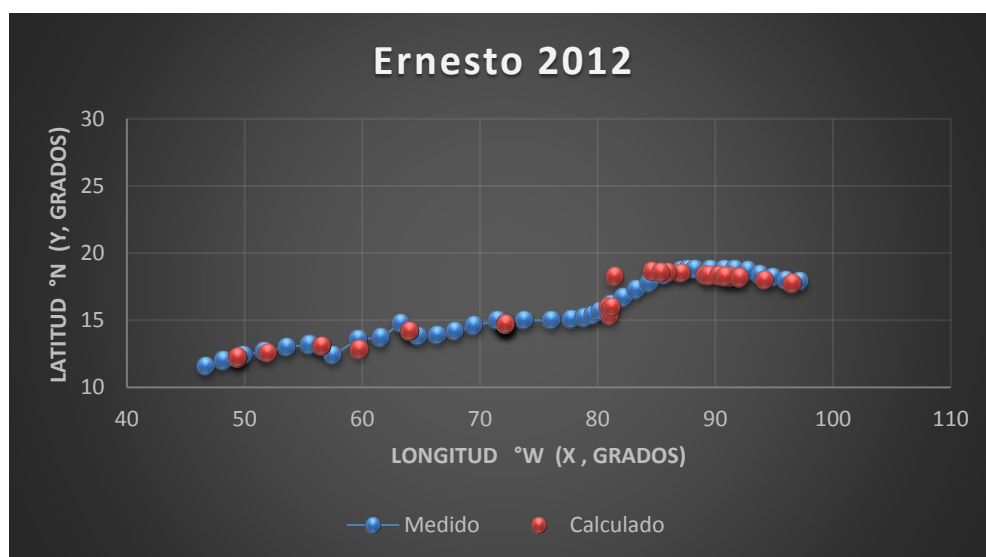


Gráfico 96. Correlación en y (latitud) en grados



Gráfica 57. Trayectorias Medida y Calculada

Trayectoria “Y = f(x) “

Ecuación Obtenida

$$Y = 0.826591512534584 * \left((X + 6.135737932) + \left(-0.589244 - \frac{X}{1.218997} \right) \right) \dots \text{Ecuación 162}$$

Tabla 255. Programación Trayectoria en Y=f(x) (Calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático Y=f(x)								
x	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al
°W	parte 1	parte 2	parte 3					cuadrado
46.7	52.8357379	-38.90	13.94	0.83	11.52	11.60	0.08	0.01
48.2	54.3357379	-40.13	14.21	0.83	11.74	12.00	0.26	0.07
49.9	56.0357379	-41.52	14.51	0.83	11.99	12.40	0.41	0.16
51.7	57.8357379	-43.00	14.83	0.83	12.26	12.70	0.44	0.19
53.6	59.7357379	-44.56	15.18	0.83	12.54	13.00	0.46	0.21
55.5	61.6357379	-46.12	15.52	0.83	12.83	13.20	0.37	0.14
57.5	63.6357379	-47.76	15.88	0.83	13.12	12.40	-0.72	0.52
59.7	65.8357379	-49.56	16.27	0.83	13.45	13.60	0.15	0.02
61.6	67.7357379	-51.12	16.61	0.83	13.73	13.70	-0.03	0.00
63.3	69.4357379	-52.52	16.92	0.83	13.98	14.80	0.82	0.66
64.8	70.9357379	-53.75	17.19	0.83	14.21	13.80	-0.41	0.17
66.4	72.5357379	-55.06	17.48	0.83	14.45	13.90	-0.55	0.30
67.9	74.0357379	-56.29	17.74	0.83	14.67	14.20	-0.47	0.22
69.5	75.6357379	-57.60	18.03	0.83	14.91	14.60	-0.31	0.09
71.5	77.6357379	-59.24	18.39	0.83	15.20	15.00	-0.20	0.04
73.8	79.9357379	-61.13	18.80	0.83	15.54	15.00	-0.54	0.30
76.1	82.2357379	-63.02	19.22	0.83	15.89	15.00	-0.89	0.78
77.8	83.9357379	-64.41	19.52	0.83	16.14	15.10	-1.04	1.08
78.9	85.0357379	-65.31	19.72	0.83	16.30	15.20	-1.10	1.21
79.6	85.7357379	-65.89	19.85	0.83	16.41	15.40	-1.01	1.01
80.2	86.3357379	-66.38	19.95	0.83	16.49	15.70	-0.79	0.63
81.2	87.3357379	-67.20	20.13	0.83	16.64	16.20	-0.44	0.20
82.2	88.3357379	-68.02	20.31	0.83	16.79	16.70	-0.09	0.01
83.3	89.4357379	-68.92	20.51	0.83	16.95	17.30	0.35	0.12
84.4	90.5357379	-69.83	20.71	0.83	17.12	17.80	0.68	0.47
85.7	91.8357379	-70.89	20.94	0.83	17.31	18.40	1.09	1.19
87.1	93.2357379	-72.04	21.19	0.83	17.52	18.70	1.18	1.39
87.7	93.8357379	-72.53	21.30	0.83	17.61	18.80	1.19	1.42
88.3	94.4357379	-73.03	21.41	0.83	17.70	18.80	1.10	1.22
89.6	95.7357379	-74.09	21.64	0.83	17.89	18.80	0.91	0.83
90.8	96.9357379	-75.08	21.86	0.83	18.07	18.80	0.73	0.54
91.7	97.8357379	-75.82	22.02	0.83	18.20	18.80	0.60	0.36
92.8	98.9357379	-76.72	22.22	0.83	18.37	18.70	0.33	0.11
93.8	99.9357379	-77.54	22.40	0.83	18.51	18.40	-0.11	0.01
94.9	101.035738	-78.44	22.60	0.83	18.68	18.20	-0.48	0.23
96	102.135738	-79.34	22.79	0.83	18.84	18.00	-0.84	0.71
97.2	103.335738	-80.33	23.01	0.83	19.02	17.90	-1.12	1.25
error medio cuadrático							0.48251	

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

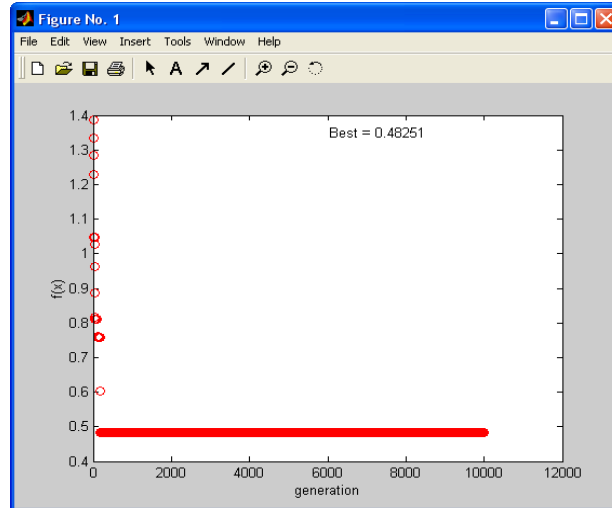


Imagen 202. Error medio cuadrático en $Y=f(x)$ (programación genética)

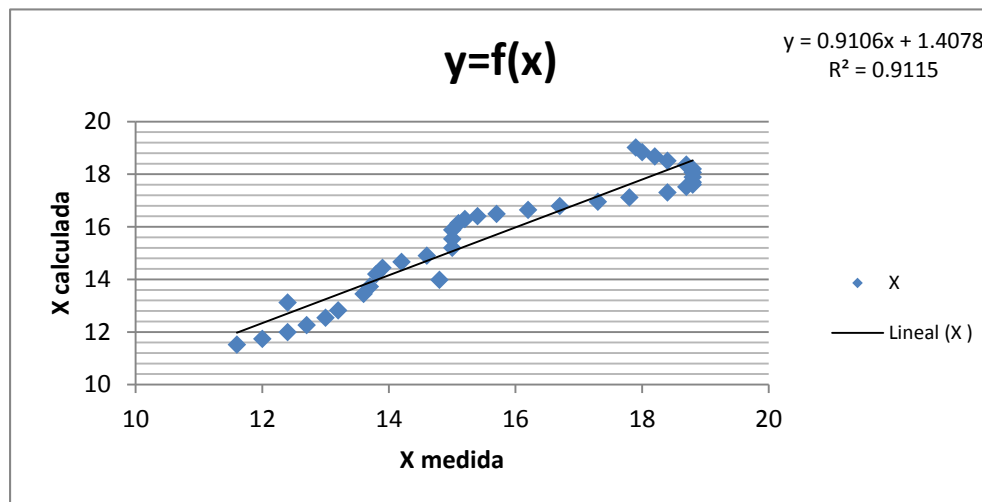
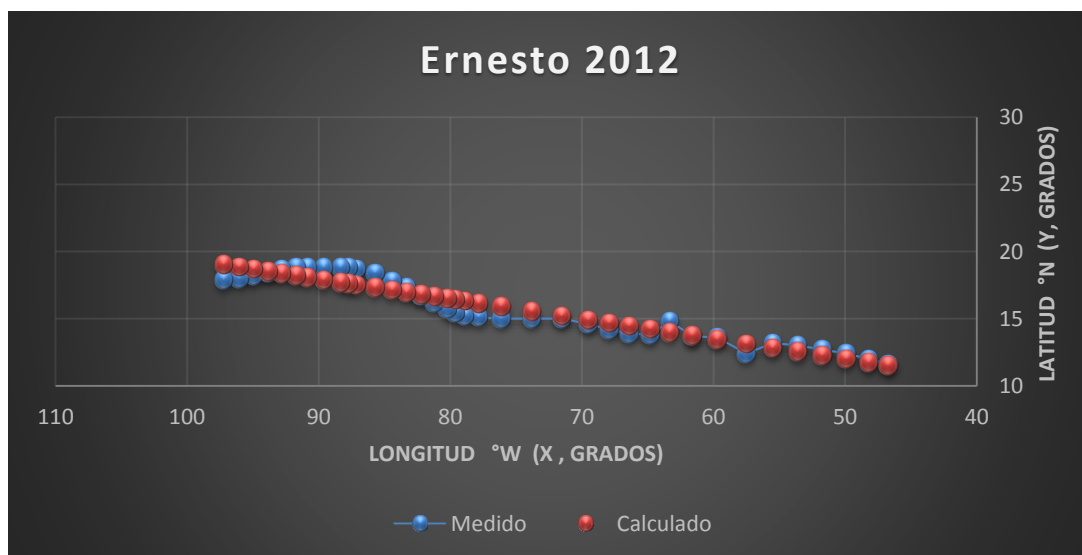


Gráfico 98. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 58. Trayectorias Medida y Calculada

3.3 Validación del procedimiento

En este capítulo se buscaron 2 huracanes distintos a los utilizados los cuales se parecieran en las trayectorias en el caso del Océano Pacífico se optó por el Huracán Cristina en 1996 el cual tiene una trayectoria semejante a Carlotta 2012 y en el caso del Golfo de México se trabajó con el Huracán Cesar 1996 el cual se comparó con Ernesto 2012.

Tanto los datos de Cristina como Cesar se usaron para sustituirlos en las ecuaciones obtenidas en los 3 casos descritos en el capítulo 3.3.2 en el Huracán Carlotta y Ernesto respectivamente.

Esto se realizó para contestar nuestra hipótesis, respecto a que cada cierto tiempo los huracanes se vuelven a presentar, es decir como si el mismo evento se regresara con un cierto periodo de retorno.

OCÉANO PACÍFICO

Carlotta 2012 Vs Cristina 1996

Trayectoria Continua

Huracán Carlotta

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = 0.1214 W_s - 0.5892 + \frac{0.0878 P}{1.2955 W_s - 17.0968} + 0.0878 P \dots \text{Ecuación 58}$$

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{P}{-0.36662 W_s + 0.0990 P} + \frac{p^2}{-2.9000302 (W_s)^3 + (W_s)^4} \dots \text{Ecuación 59}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

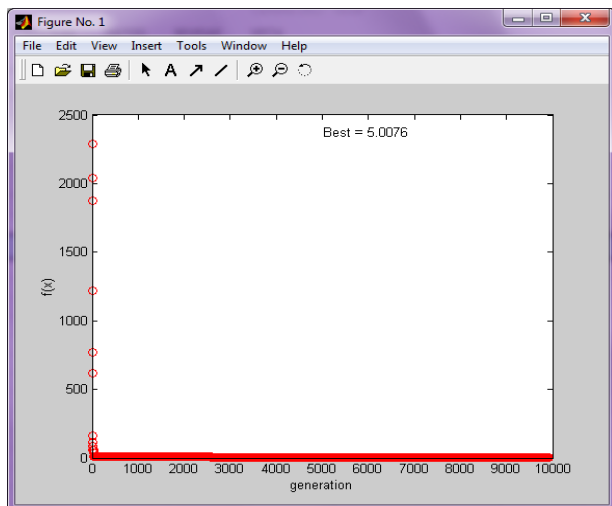


Imagen 98. Error medio cuadrático en X (programación genética)

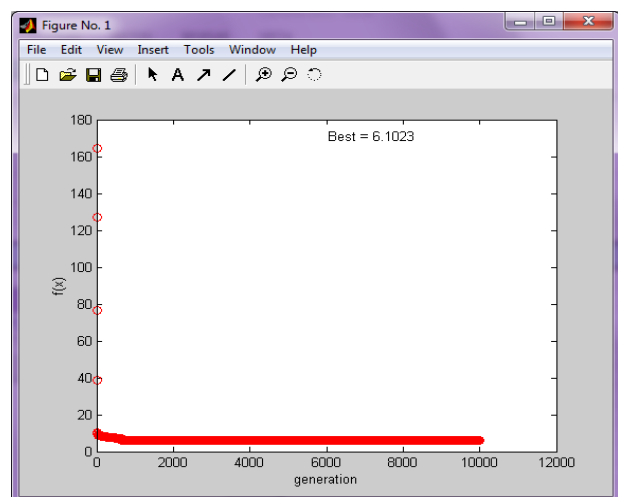
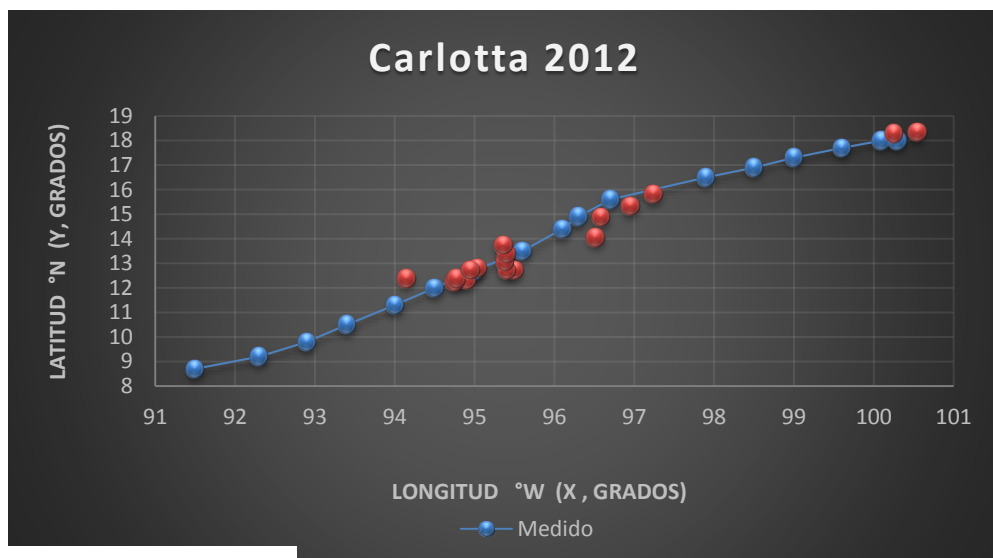


Imagen 99. Error medio cuadrático en Y (programación genética)



Gráfica 21. Trayectorias Medida y Calculada (continuas)

Huracán Cristina

Tabla 256. Trayectoria de Huracán Cristina

Datos Huracán Cristina 1996						
Date	Time	y	x	P	ws	Stage
		Latitude	Longitude	Pressure	Wind Speed	
	(UTC)	°N	°W	(mb)	(kt)	
1	1800	8.9	89.2	1008	25	tropical depression
1	0	9.5	90.3	1006	30	"
2	600	10.2	91.4	1005	35	tropical storm
2	1200	11	92.5	1004	35	"
2	1800	12	93.3	1002	40	"
2	0	13.3	94.1	1000	45	"
3	600	14.5	95	994	55	"
3	1200	15.3	95.9	991	60	"
3	1800	15.9	96.8	1000	45	tropical depression
3	2100	16.1	97.8	1007	25	dissipated

Tabla 257. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	2.447	5.792	88.561	96.799	96.799	89.2	-7.599	57.750
1006	30	3.054	4.060	88.385	95.499	95.499	90.3	-5.199	27.034
1005	35	3.661	3.126	88.297	95.085	95.085	91.4	-3.685	13.576
1004	35	3.661	3.123	88.209	94.994	94.994	92.5	-2.494	6.218
1002	40	4.269	2.535	88.034	94.838	94.838	93.3	-1.538	2.364
1000	45	4.876	2.132	87.858	94.866	94.866	94.1	-0.766	0.587
994	55	6.090	1.613	87.331	95.034	95.034	95.0	-0.034	0.001
991	60	6.697	1.436	87.067	95.201	95.201	95.9	0.699	0.489
1000	45	4.876	2.132	87.858	94.866	94.866	96.8	1.934	3.740
1007	25	2.447	5.786	88.473	96.706	96.706	97.8	1.094	1.197
Error medio cuadrático									11.2957

Tabla 258. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	11.1124	2.9425	14.0549	14.0549	14.0549	8.9	-5.1549	26.5730
1006	30	11.3442	1.3831	12.7273	12.7273	12.7273	9.5	-3.2273	10.4155
1005	35	11.5851	0.7339	12.3189	12.3189	12.3189	10.2	-2.1189	4.4899
1004	35	11.5868	0.7324	12.3192	12.3192	12.3192	11.0	-1.3192	1.7402
1002	40	11.8410	0.4228	12.2638	12.2638	12.2638	12.0	-0.2638	0.0696
1000	45	12.1077	0.2607	12.3684	12.3684	12.3684	13.3	0.9316	0.8680
994	55	12.6890	0.1140	12.8030	12.8030	12.8030	14.5	1.6970	2.8798
991	60	13.0040	0.0796	13.0837	13.0837	13.0837	15.3	2.2163	4.9122
1000	45	12.1077	0.2607	12.3684	12.3684	12.3684	15.9	3.5316	12.4725
1007	25	11.1136	2.9366	14.0502	14.0502	14.0502	16.1	2.0498	4.2018
Error medio cuadrático									6.8622

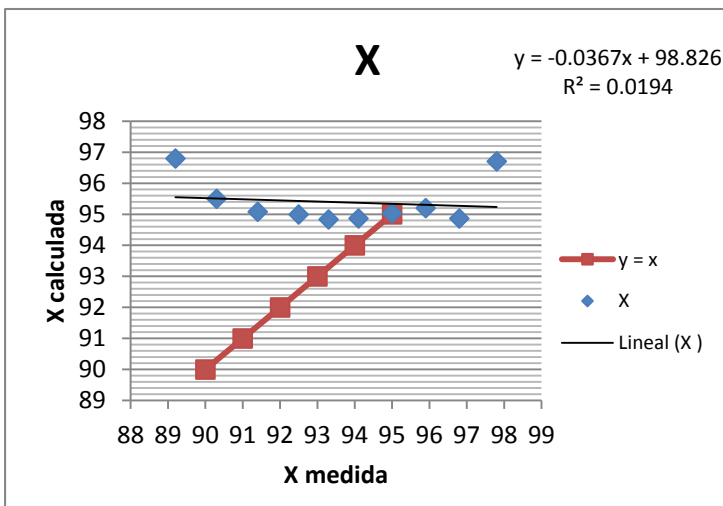


Gráfico 100. Correlación en X (longitud) en grados

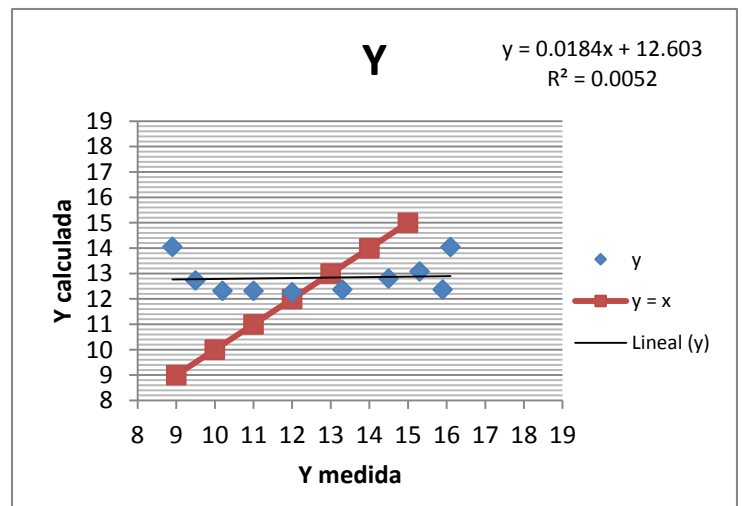
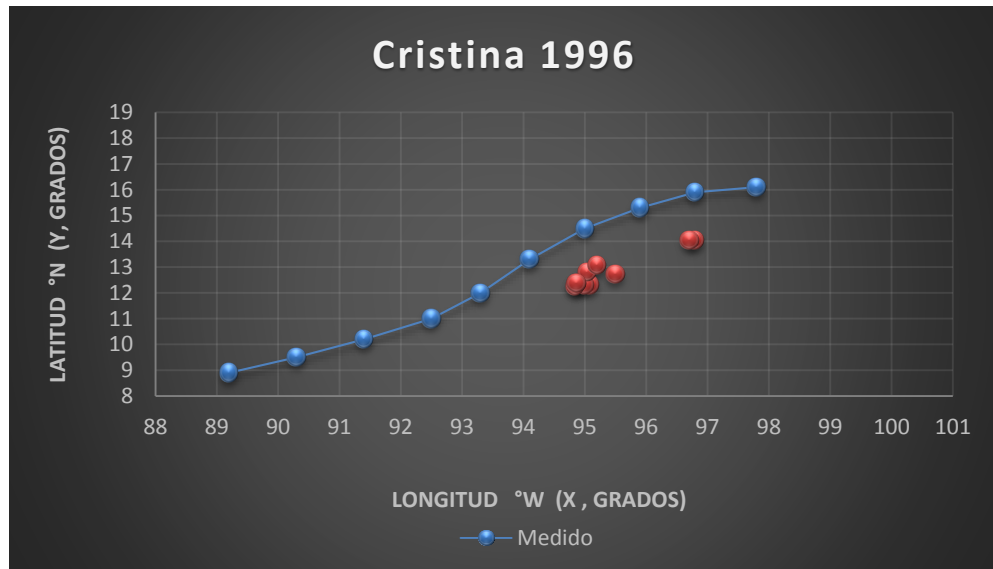
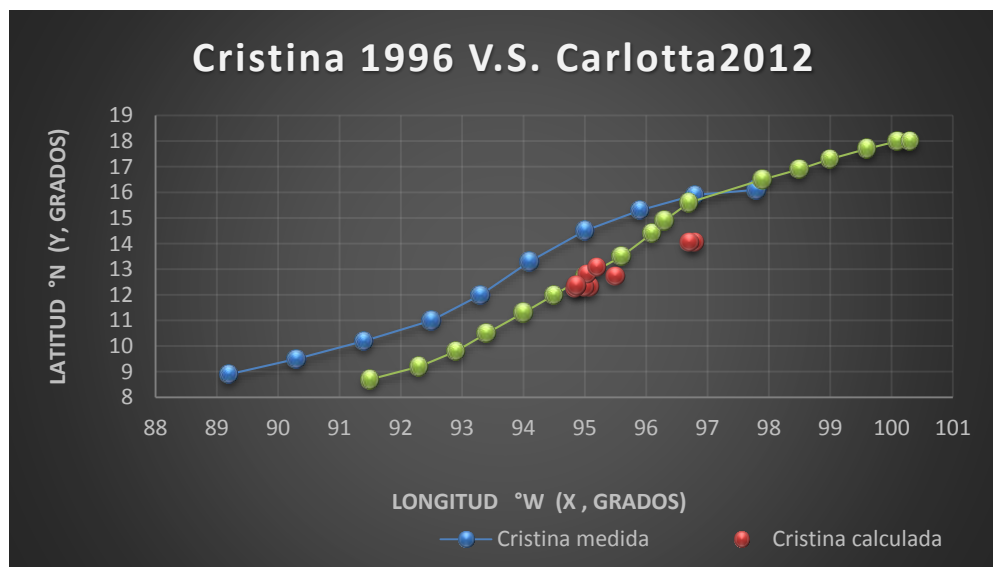


Gráfico 99. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 59. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 60. Trayectoria Medida y Calculada Cristina V.S. Carlotta Medida

Trayectoria en Intervalos

Huracán Carlotta

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Primer Tramo”

$$X = \frac{-1.2276 P(W_s) + 5.677543P}{-W_s - 12.352251 P} + 89.653209 \dots \text{Ecuación 60}$$

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Primer Tramo”

$$Y = 5.0975 - \frac{0.1488(W_s)^2 - 0.2109 W_s - 0.1373 P(W_s)}{P} \dots \text{Ecuación 62}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

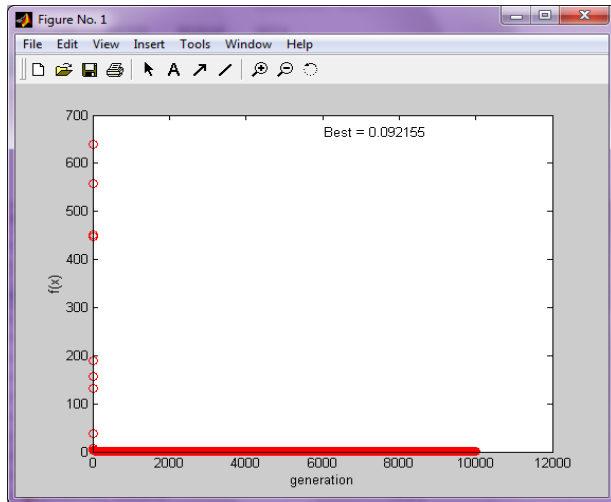


Imagen 101. Error medio cuadrático en X1 (programación genética)

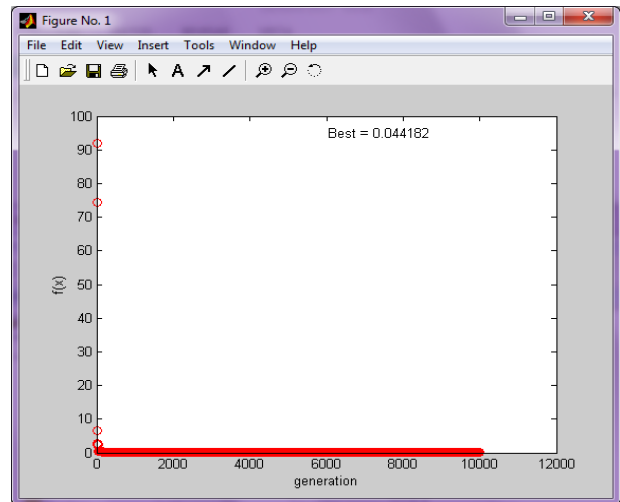
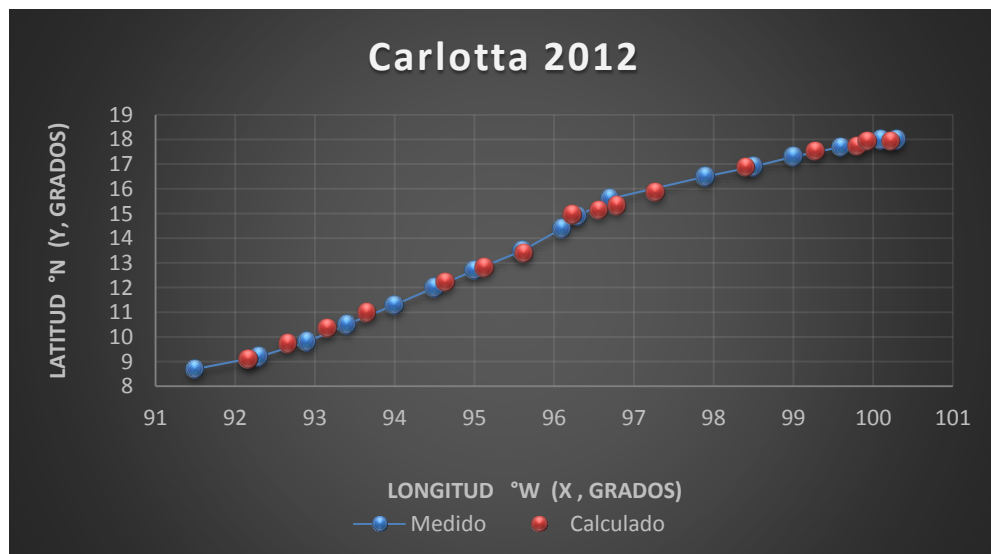


Imagen 103. Error medio cuadrático en Y1 (programación genética)



Gráfica 22. Trayectorias Medida y Calculada (intervalos)

Huracán Cristina

Tabla 259. Programación Trayectoria en X (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	-25213.5395	-12476.0690	2.0210	91.6742	91.6742	89.2	-2.4742	6.1215
1006	30	-31338.5368	-12456.3645	2.5159	92.1691	92.1691	90.3	-1.8691	3.4934
1005	35	-37476.2711	-12449.0123	3.0104	92.6636	92.6636	91.4	-1.2636	1.5967
1004	35	-37438.9813	-12436.6600	3.0104	92.6636	92.6636	92.5	-0.1636	0.0268
1002	40	-43514.873	-12416.9555	3.5045	93.1577	93.1577	93.3	0.1423	0.0203
1000	45	-49566.212	-12397.2510	3.9982	93.6514	93.6514	94.1	0.4486	0.2013
994	55	-61471.5464	-12333.1375	4.9843	94.6375	94.6375	95.0	0.3625	0.1314
991	60	-67368.9698	-12301.0807	5.4767	95.1299	95.1299	95.9	0.7701	0.5931
1000	45	-49566.212	-12397.2510	3.9982	93.6514	93.6514	96.8	3.1486	9.9139
1007	25	-25188.526	-12463.7168	2.0209	91.6742	91.6742	97.8	6.1258	37.5259
Error medio cuadrático									5.9624

Tabla 260. Programación Trayectoria en Y (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1008	25	-3374.40095	-3.3476	8.4451	8.4451	8.4451	8.9	0.4549	0.2069
1006	30	-4018.70601	-3.9947	9.0923	9.0923	9.0923	9.5	0.4077	0.1662
1005	35	-4657.62794	-4.6345	9.7320	9.7320	9.7320	10.2	0.4680	0.2190
1004	35	-4652.81936	-4.6343	9.7318	9.7318	9.7318	11.0	1.2682	1.6083
1002	40	-5276.741	-5.2662	10.3637	10.3637	10.3637	12.0	1.6363	2.6774
1000	45	-5890.47093	-5.8905	10.9880	10.9880	10.9880	13.3	2.3120	5.3454
994	55	-7072.24298	-7.1149	12.2125	12.2125	12.2125	14.5	2.2875	5.2328
991	60	-7645.78062	-7.7152	12.8127	12.8127	12.8127	15.3	2.4873	6.1864
1000	45	-5890.47093	-5.8905	10.9880	10.9880	10.9880	15.9	4.9120	24.1278
1007	25	-3370.96625	-3.3475	8.4451	8.4451	8.4451	16.1	7.6549	58.5981
Error medio cuadrático									2.7053

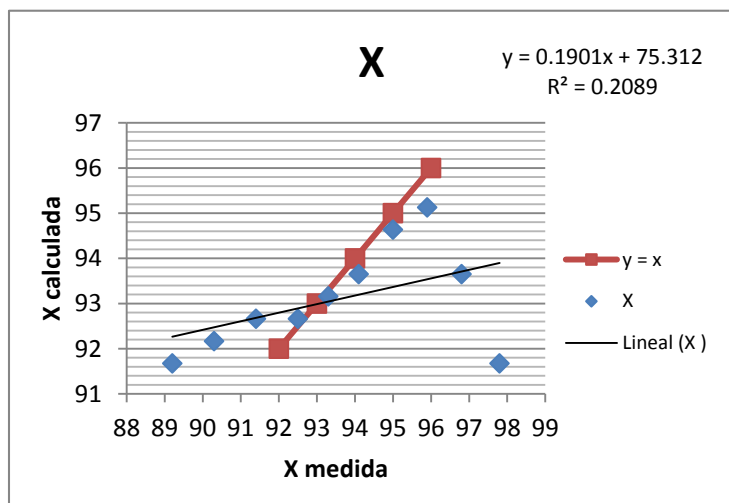


Gráfico 101. Correlación en X (longitud) en grados

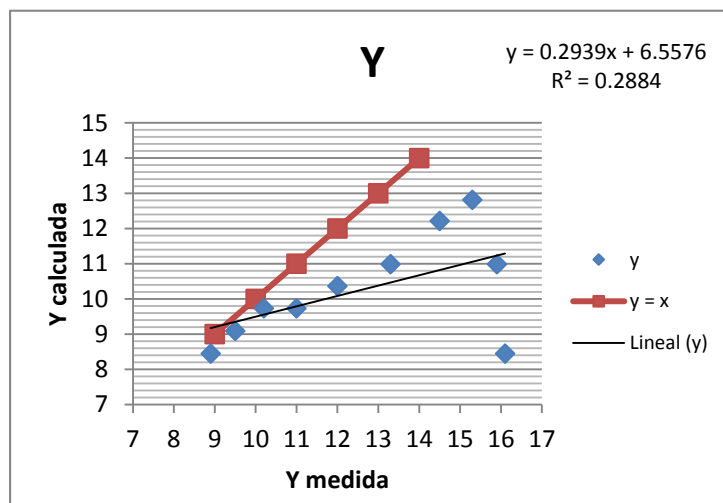
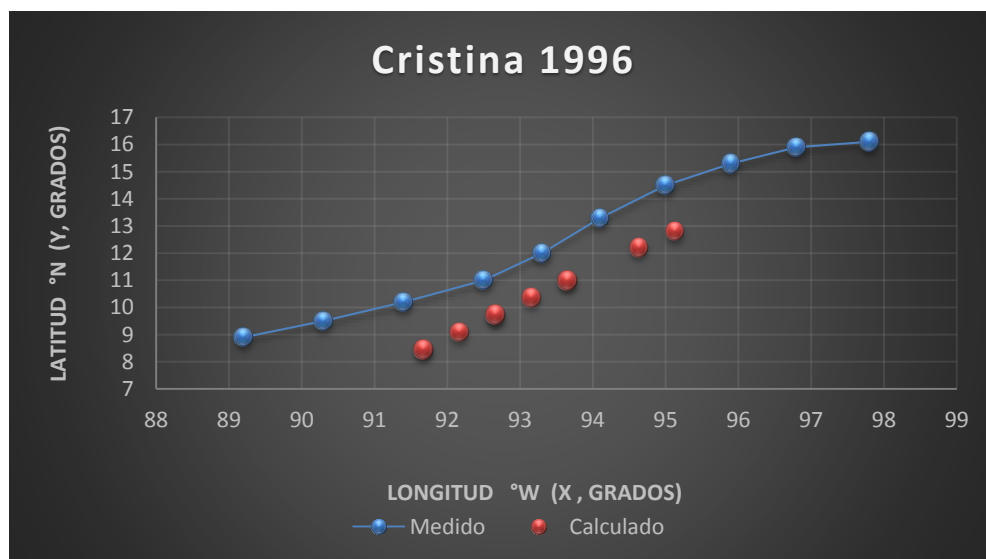
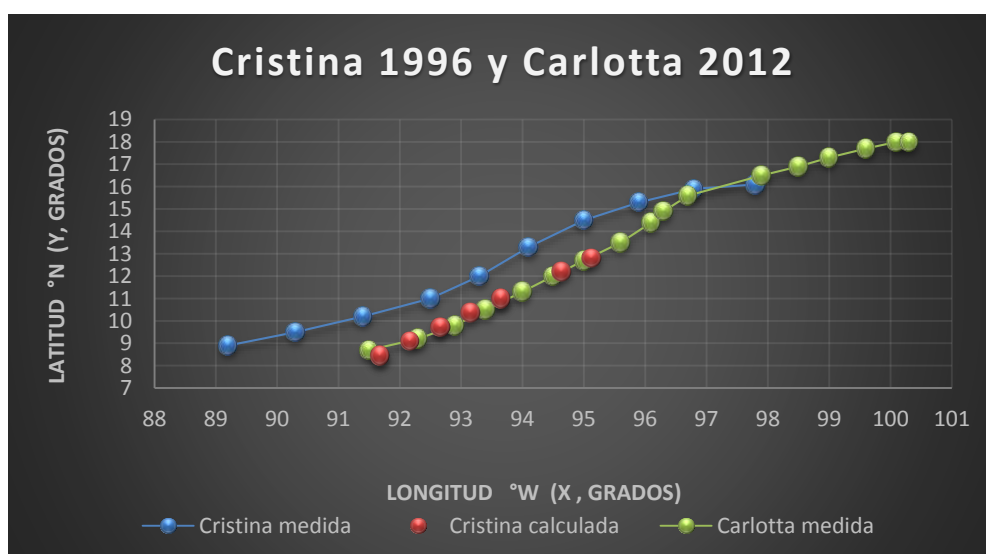


Gráfico 102. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 61. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 62. Trayectoria Medida y Calculada Cristina V.S. Carlotta Medida

Trayectoria “Y=f(x)”

Huracán Carlotta

Ecuación Obtenida

$$Y = 0.8336 P - \frac{0.8336 P^2}{0.0183 P^2 - 0.5453 P} - 0.12999 \dots \text{Ecuación 64}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

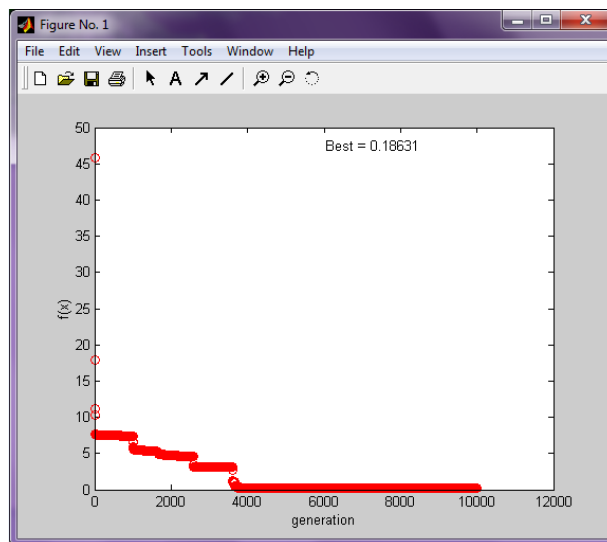
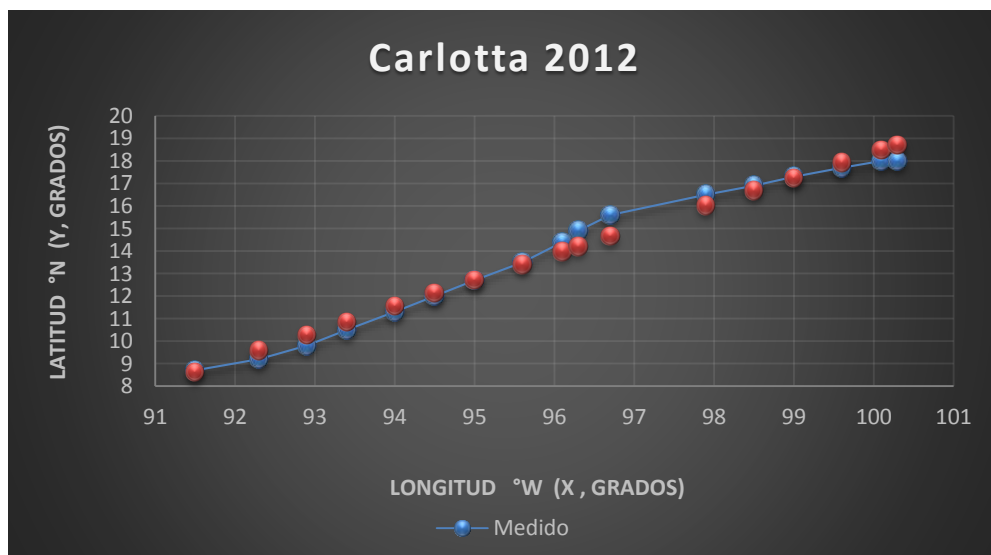


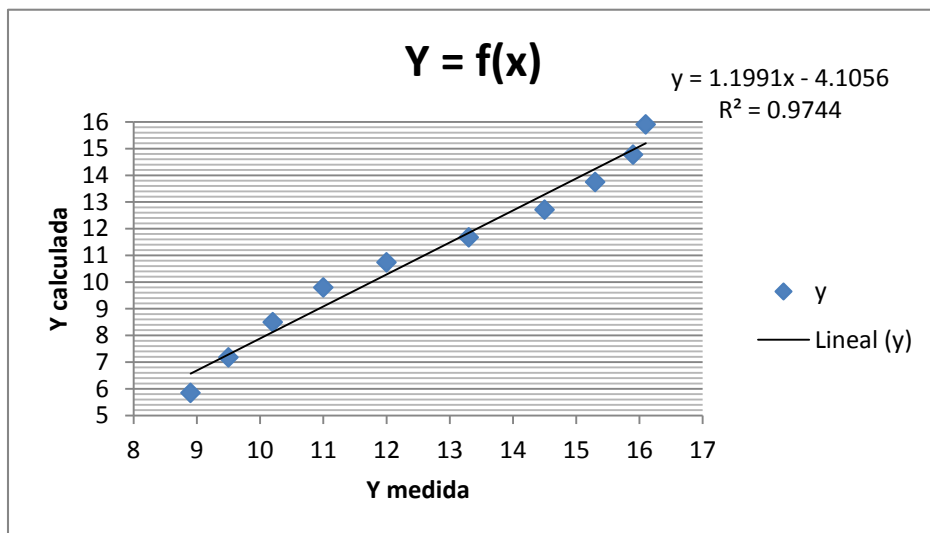
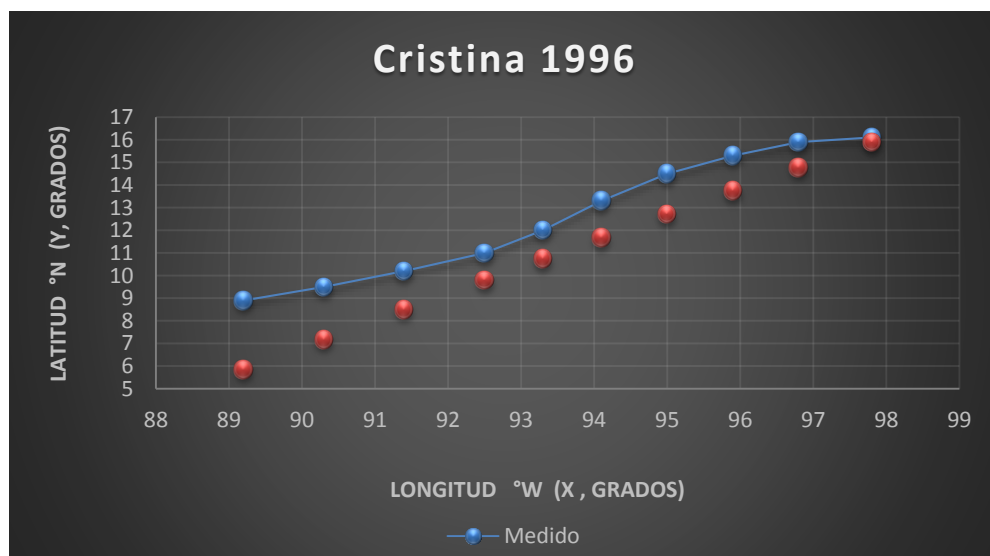
Imagen 104. Error medio cuadrático en Y=f(x)



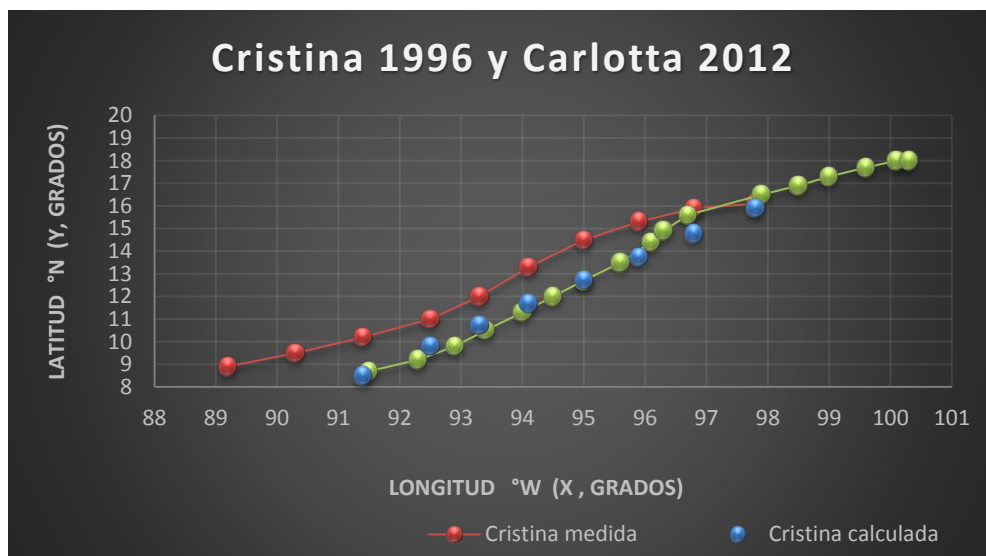
Gráfica 23. Trayectorias Medida y Calculada (Y=f(x))

Tabla 261. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $y = f(x)$							
Longitude °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
89.2	74.3594	68.3826	5.8468	5.8468	8.9	3.0532	9.3219
90.3	75.2764	67.9674	7.1790	7.1790	9.5	2.3210	5.3870
91.4	76.1934	67.5670	8.4964	8.4964	10.2	1.7036	2.9023
92.5	77.1104	67.1807	9.7997	9.7997	11.0	1.2003	1.4407
93.3	77.7773	66.9082	10.7392	10.7392	12.0	1.2608	1.5897
94.1	78.4442	66.6424	11.6718	11.6718	13.3	1.6282	2.6509
95	79.1945	66.3512	12.7133	12.7133	14.5	1.7867	3.1922
95.9	79.9447	66.0679	13.7469	13.7469	15.3	1.5531	2.4123
96.8	80.6950	65.7922	14.7728	14.7728	15.9	1.1272	1.2706
97.8	81.5286	65.4945	15.9042	15.9042	16.1	0.1958	0.0384
Error medio cuadrático							3.02061

Gráfico 103. Correlación en $Y=f(x)$ 

Gráfica 63. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 64. Trayectoria Medida y Calculada Cristina V.S. Carlotta Medida

GOLFO DE MÉXICO

Ernesto 2012 Vs Cesar 1996

Trayectoria Continua

Huracán Ernesto

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

$$X = W_s - \frac{0.790681 * P^2}{W_s^3} - 2 + \frac{1.752895 P}{W_s} \dots \text{Ecuación 154}$$

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

$$Y = \frac{\left(\left(-3.65992992478919 + \frac{1.5326626}{W_s} \right) - 0.87787116 \right)}{\frac{W_s - 2.2431057}{0.0094142348}} + 23.1157130917522 \dots \text{Ecuación 155}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

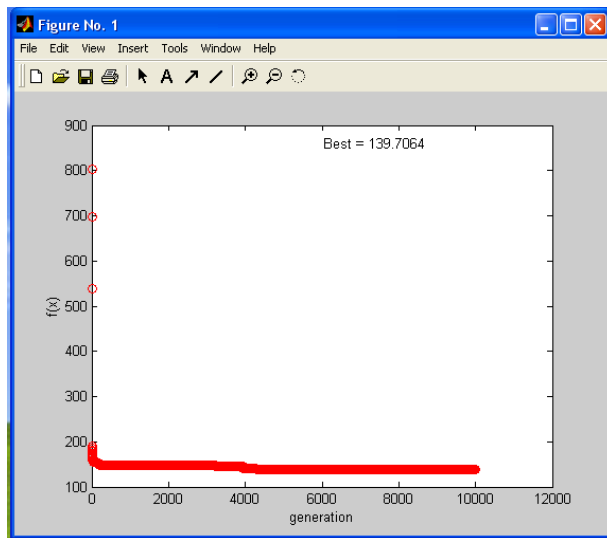


Imagen 194. Error medio cuadrático en X (programación genética)

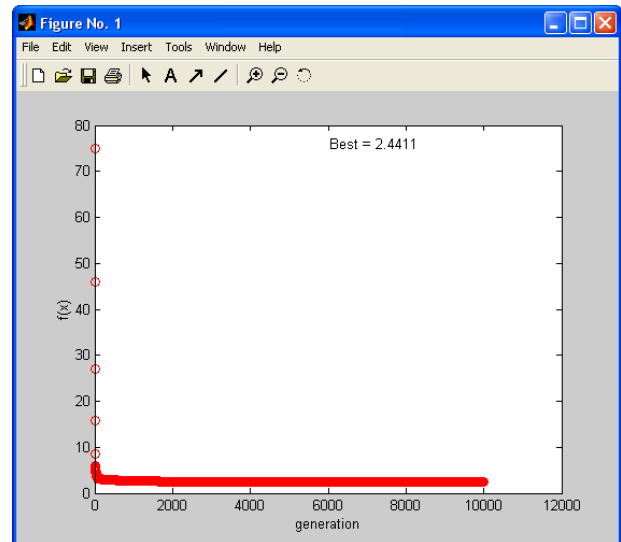
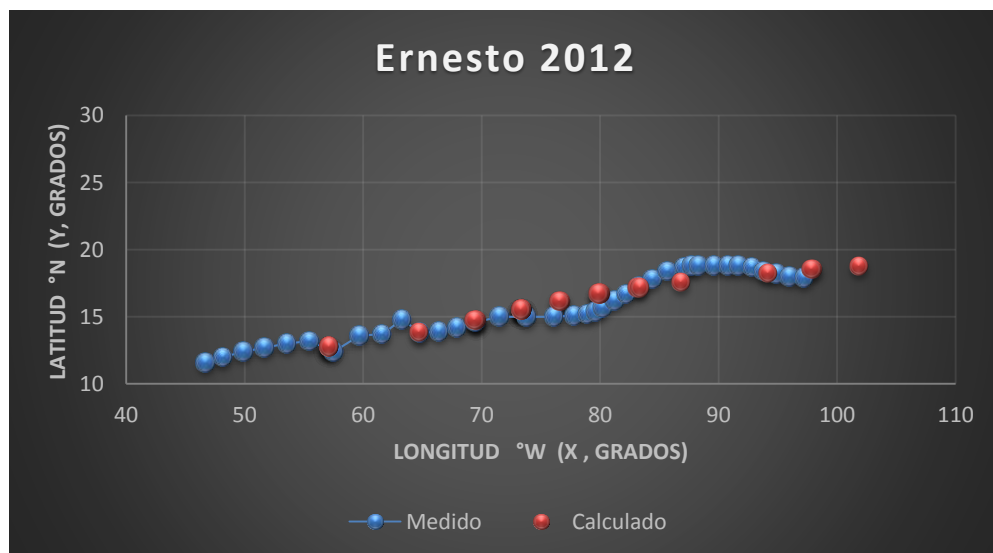


Imagen 195. Error medio cuadrático en Y (programación genética)



Gráfica 56. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Cesar

Tabla 262. Trayectoria de Huracán Cristina

Datos Huracán Cesar 1996						
Date	Time	Y	X	P	ws	Stage
		Latitud	Longitud	Pressure	Wind Speed	
(UTC)		°N	°W	(mb)	(kt)	
24	1800	11.8	62.6	1009	25	
25	0	11.9	64.7	1009	25	
25	600	11.9	66.5	1007	30	
25	1200	12.1	68.1	1004	40	
25	1800	12.3	69.6	1002	40	
26	0	12.4	71	1002	40	
26	600	12.4	72.7	1002	40	
26	1200	12.3	74.5	1002	45	
26	1800	11.9	76.1	1002	50	
27	0	11.7	77.2	1000	50	
27	600	11.6	78.1	992	60	
27	1200	11.6	79.5	992	70	
27	1800	11.8	81	994	65	
28	0	12	82.6	992	70	
28	600	12.3	84.2	990	70	
28	1200	12.7	86.2	995	50	
28	1800	13.1	87.9	1004	35	

Tabla 263. Programación Trayectoria en X (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X									
Pressure	Wind	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	25.00	-26.52	-28.52	42.23	42.23	62.60	20.37	415.01
1009	25	25.00	-26.52	-28.52	42.23	42.23	64.70	22.47	504.98
1007	30	30.00	0.30	-1.70	57.14	57.14	66.50	9.36	87.55
1004	40	40.00	27.55	25.55	69.54	69.54	68.10	-1.44	2.09
1002	40	40.00	27.60	25.60	69.51	69.51	69.60	0.09	0.01
1002	40	40.00	27.60	25.60	69.51	69.51	71.00	1.49	2.23
1002	40	40.00	27.60	25.60	69.51	69.51	72.70	3.19	10.20
1002	45	45.00	36.29	34.29	73.32	73.32	74.50	1.18	1.39
1002	50	50.00	43.65	41.65	76.78	76.78	76.10	-0.68	0.46
1000	50	50.00	43.67	41.67	76.73	76.73	77.20	0.47	0.22
992	60	60.00	56.40	54.40	83.38	83.38	78.10	-5.28	27.87
992	70	70.00	67.73	65.73	90.57	90.57	79.50	-11.07	122.60
994	65	65.00	62.16	60.16	86.96	86.96	81.00	-5.96	35.54
992	70	70.00	67.73	65.73	90.57	90.57	82.60	-7.97	63.56
990	70	70.00	67.74	65.74	90.53	90.53	84.20	-6.33	40.09
995	50	50.00	43.74	41.74	76.62	76.62	86.20	9.58	91.77
1004	35	35.00	16.41	14.41	64.69	64.69	87.90	23.21	538.53
error medio cuadrático									114.3586

Tabla 264. Programación Trayectoria en Y (calculada)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	-2.41	-2.50	-0.11	-11.65	11.46	11.80	0.34	0.11
1009	25	-2.41	-2.50	-0.11	-11.65	11.46	11.90	0.44	0.19
1007	30	-2.62	-2.71	-0.10	-10.35	12.76	11.90	-0.86	0.74
1004	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	12.10	-2.67	7.14
1002	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	12.30	-2.47	6.11
1002	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	12.40	-2.37	5.63
1002	40	-2.88	-2.97	-0.08	-8.34	14.77	12.40	-2.37	5.63
1002	45	-2.96	-3.05	-0.07	-7.58	15.53	12.30	-3.23	10.44
1002	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	11.90	-4.27	18.24
1000	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	11.70	-4.47	19.99
992	60	-3.14	-3.23	-0.06	-5.93	17.18	11.60	-5.58	31.16
992	70	-3.21	-3.30	-0.05	-5.17	17.94	11.60	-6.34	40.21
994	65	-3.18	-3.27	-0.05	-5.53	17.59	11.80	-5.79	33.49
992	70	-3.21	-3.30	-0.05	-5.17	17.94	12.00	-5.94	35.29
990	70	-3.21	-3.30	-0.05	-5.17	17.94	12.30	-5.64	31.82
995	50	-3.03	-3.12	-0.07	-6.94	16.17	12.70	-3.47	12.05
1004	35	-2.77	-2.85	-0.09	-9.26	13.86	13.10	-0.76	0.58
						error medio cuadrático			15.2246

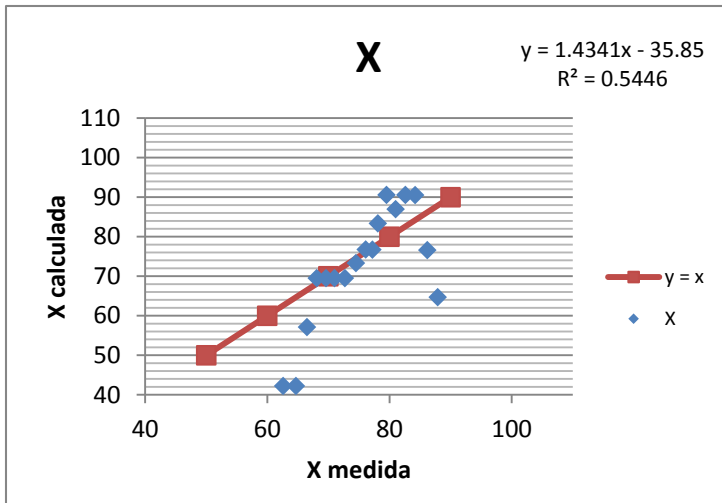


Gráfico 104. Correlación en X (longitud) en grados

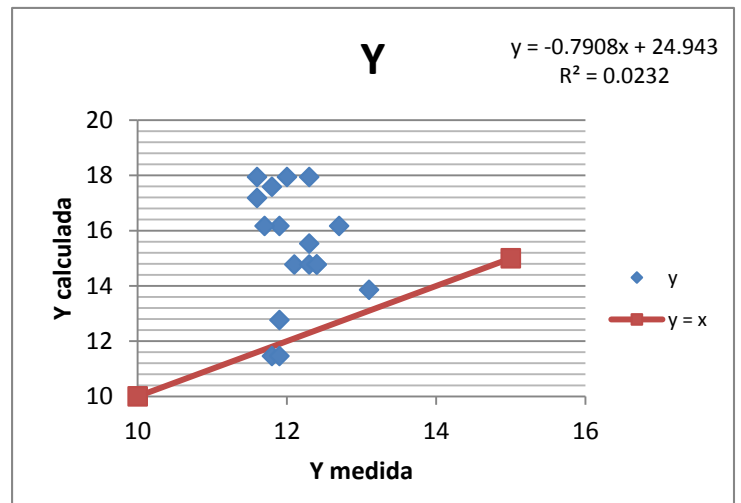
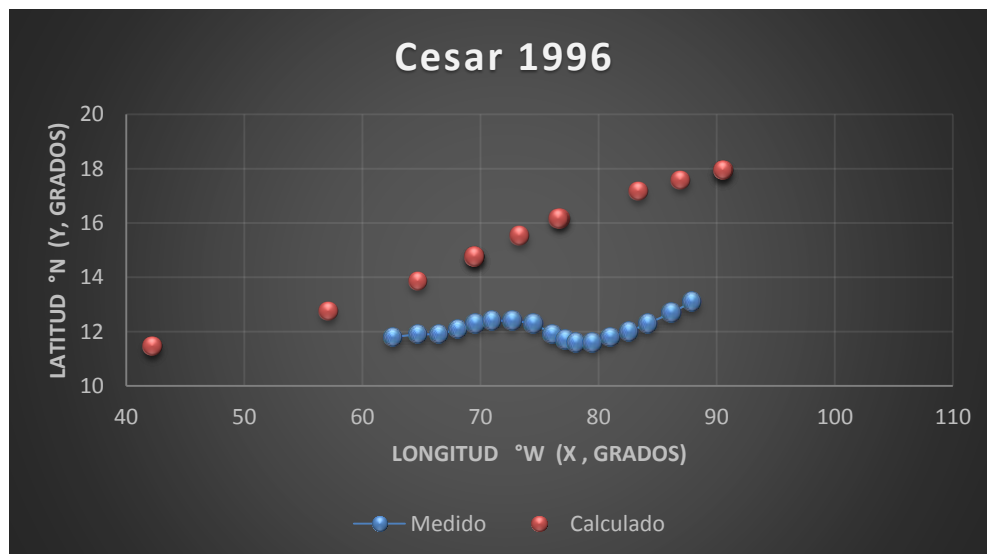
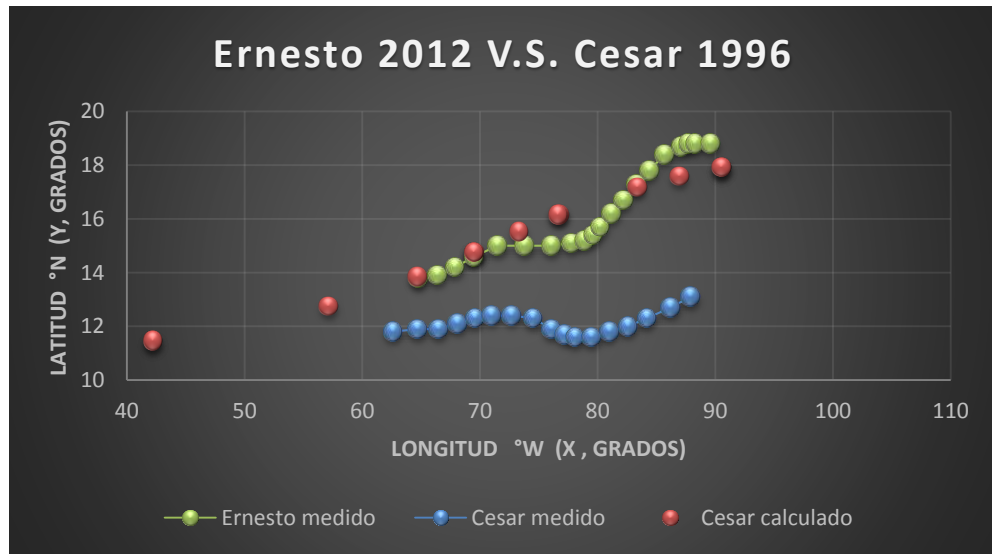


Gráfico 105. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 65. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 66. Trayectoria Medida y Calculada Cesar V.S. Ernesto Medida

Trayectoria en Intervalos

Huracán Ernesto

Ecuación Obtenida en el Eje X (Longitud)

“Segundo Tramo”

$$X2 = \left(\frac{-6.669765342}{Ws - 0.054172535P} \right) - \left(\frac{Ws - \left(\frac{Ws + 1.375211}{-3.294611} \right)}{-0.826127} \right) \dots \text{Ecuación 157}$$

Ecuación Obtenida en el Eje Y (Latitud)

“Segundo Tramo”

$$Y2 = \frac{\left(\frac{PWs}{P - Ws - 5.4703752} \right)}{(0.1333912) - (-0.079346493Ws - 0.024494633)} + \frac{Ws^2}{P} \dots \text{Ecuación 160}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

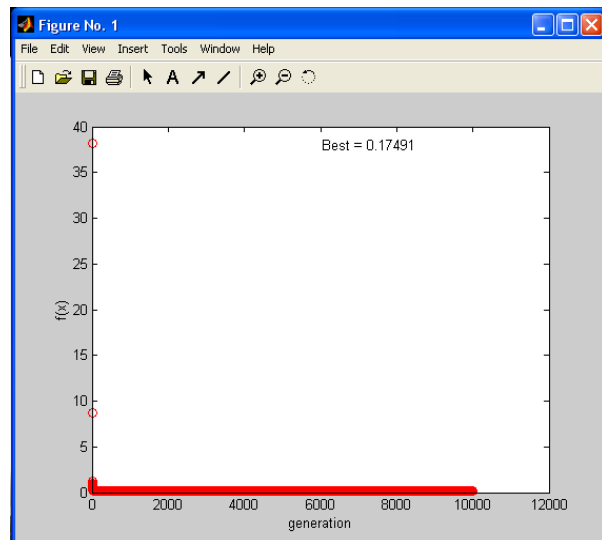
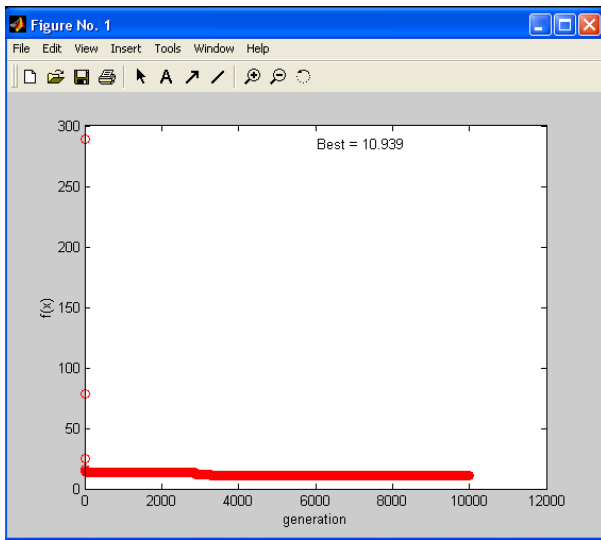
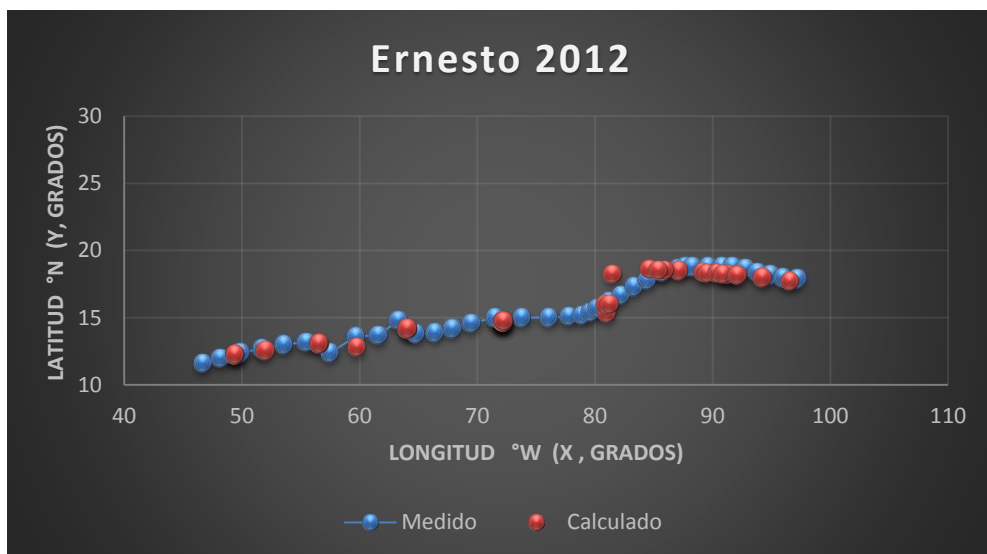


Imagen 198. Error medio cuadrático en X2 (programación genética) Imagen 200. Error medio cuadrático en Y2 (programación genética)



Gráfica 57. Trayectorias Medida y Calculada

Huracán Cesar

Tabla 266. Programación Trayectoria en X2 (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en X2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	0.22	-8.01	33.01	-39.95	40.18	62.6	22.42	502.79
1009	25	0.22	-8.01	33.01	-39.95	40.18	64.7	24.52	601.38
1007	30	0.27	-9.52	39.52	-47.84	48.11	66.5	18.39	338.07
1004	40	0.46	-12.56	52.56	-63.62	64.08	68.1	4.02	16.13
1002	40	0.47	-12.56	52.56	-63.62	64.09	69.6	5.51	30.39
1002	40	0.47	-12.56	52.56	-63.62	64.09	71	6.91	47.78
1002	40	0.47	-12.56	52.56	-63.62	64.09	72.7	8.61	74.18
1002	45	0.72	-14.08	59.08	-71.51	72.23	74.5	2.27	5.16
1002	50	1.56	-15.59	65.59	-79.40	80.96	76.1	-4.86	23.59
1000	50	1.60	-15.59	65.59	-79.40	81.00	77.2	-3.80	14.42
992	60	-1.07	-18.63	78.63	-95.18	94.11	78.1	-16.01	256.40
992	70	-0.41	-21.66	91.66	-110.96	110.55	79.5	-31.05	963.88
994	65	-0.60	-20.15	85.15	-103.07	102.47	81	-21.47	460.92
992	70	-0.41	-21.66	91.66	-110.96	110.55	82.6	-27.95	781.00
990	70	-0.41	-21.66	91.66	-110.96	110.55	84.2	-26.35	694.28
995	50	1.71	-15.59	65.59	-79.40	81.11	86.2	5.09	25.92
1004	35	0.34	-11.04	46.04	-55.73	56.07	87.9	31.83	1012.84
error medio cuadrático									344.067

Tabla 265. Programación Trayectoria en Y2 (calculada, primer tramo)

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en Y2									
Pressure	Wind Speed	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 1	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
(mb)	(kt)								
1009	25	25.78	-2.01	2.14	12.04	12.66	11.8	-0.86	0.73
1009	25	25.78	-2.01	2.14	12.04	12.66	11.9	-0.76	0.57
1007	30	31.10	-2.40	2.54	12.25	13.14	11.9	-1.24	1.55
1004	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	12.1	-2.07	4.28
1002	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	12.3	-1.87	3.51
1002	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	12.4	-1.77	3.14
1002	40	41.90	-3.20	3.33	12.58	14.17	12.4	-1.77	3.14
1002	45	47.39	-3.60	3.73	12.71	14.73	12.3	-2.43	5.91
1002	50	52.93	-3.99	4.13	12.83	15.33	11.9	-3.43	11.74
1000	50	52.94	-3.99	4.13	12.83	15.33	11.7	-3.63	13.19
992	60	64.24	-4.79	4.92	13.06	16.69	11.6	-5.09	25.90
992	70	75.76	-5.58	5.71	13.26	18.20	11.6	-6.60	43.60
994	65	69.96	-5.18	5.32	13.16	17.41	11.8	-5.61	31.50
992	70	75.76	-5.58	5.71	13.26	18.20	12	-6.20	38.48
990	70	75.78	-5.58	5.71	13.27	18.22	12.3	-5.92	34.99
995	50	52.95	-3.99	4.13	12.84	15.35	12.7	-2.65	7.02
1004	35	36.47	-2.80	2.94	12.43	13.65	13.1	-0.55	0.30
error medio cuadrático									13.50341

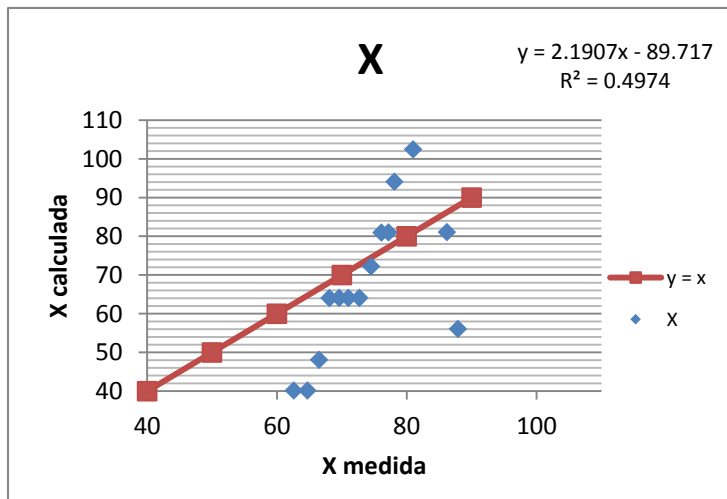


Gráfico 107. Correlación en X (longitud) en grados

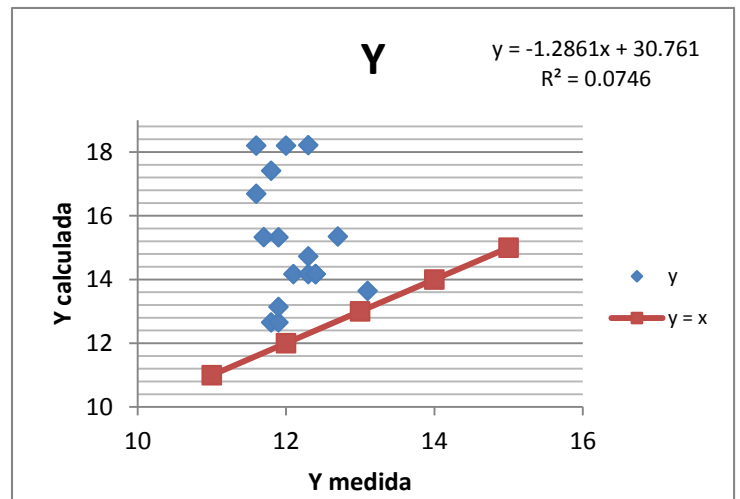
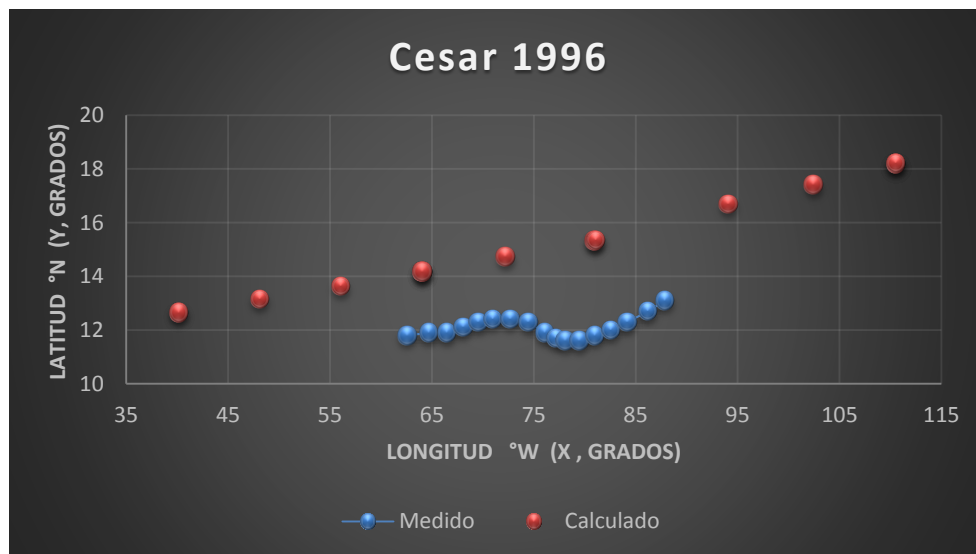
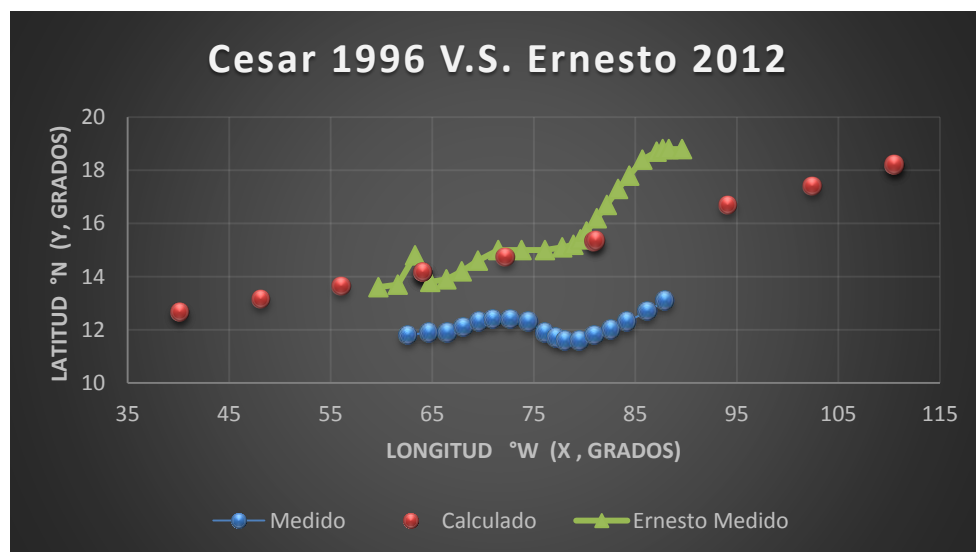


Gráfico 106. Correlación en Y (latitud) en grados



Gráfica 67. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 68. Trayectoria Medida y Calculada Cristina V.S. Carlotta Medida

Trayectoria “Y=f(x)”

Huracán Ernesto

Ecuación Obtenida

$$Y = 0.826591512534584 * \left((P + 6.135737932) + \left(-0.589244 - \frac{P}{1.218997} \right) \right) \dots \text{Ecuación 162}$$

Valor de la función objetivo del mejor modelo en cada generación al aplicar programación genética.

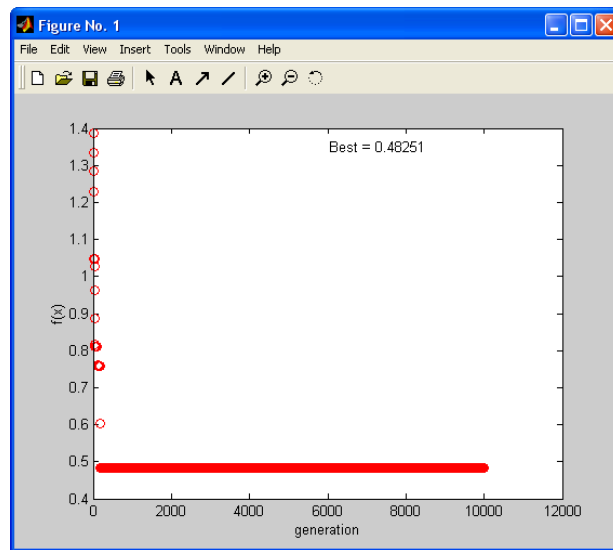
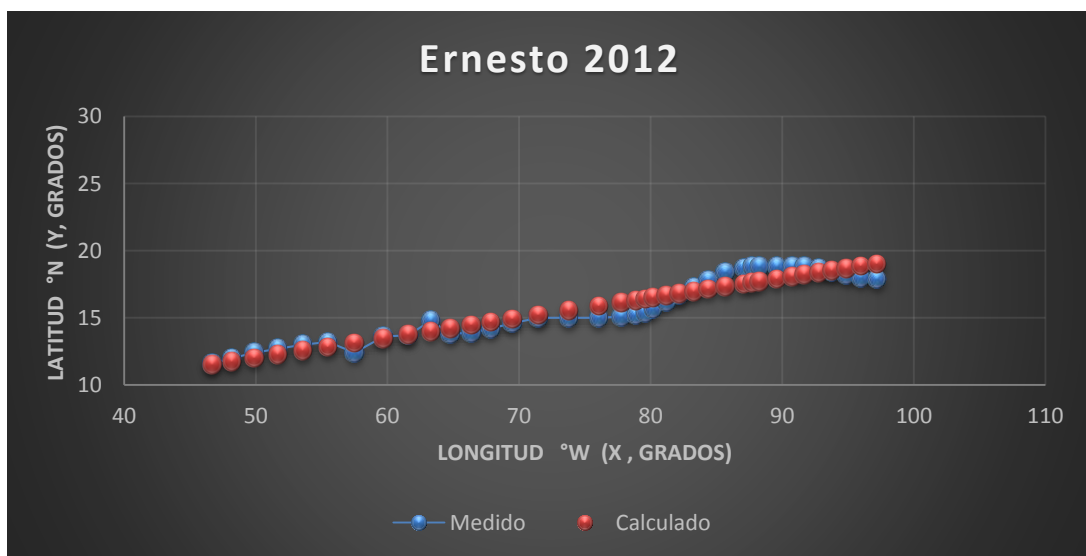


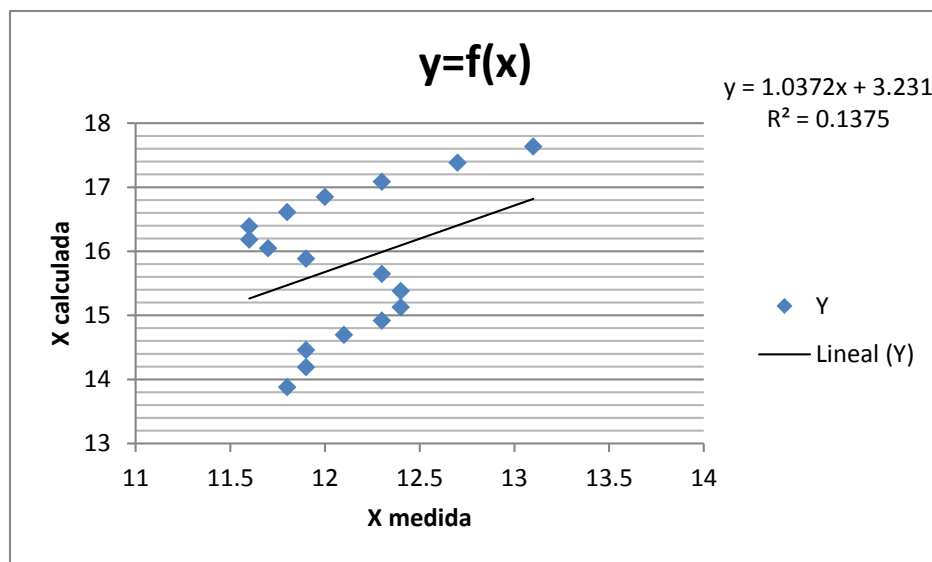
Imagen 202. Error medio cuadrático en Y=f(x)

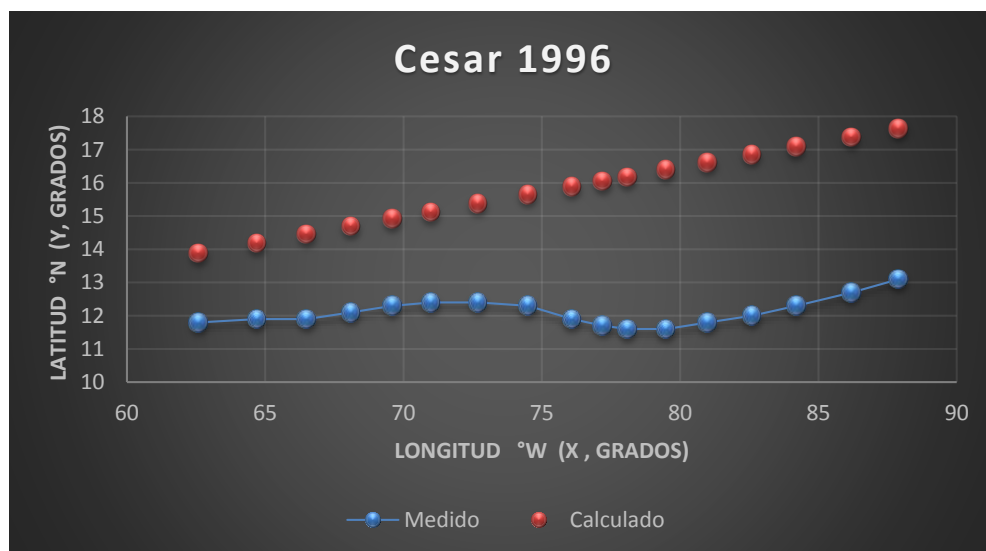


Gráfica 69. Trayectorias Medida y Calculada

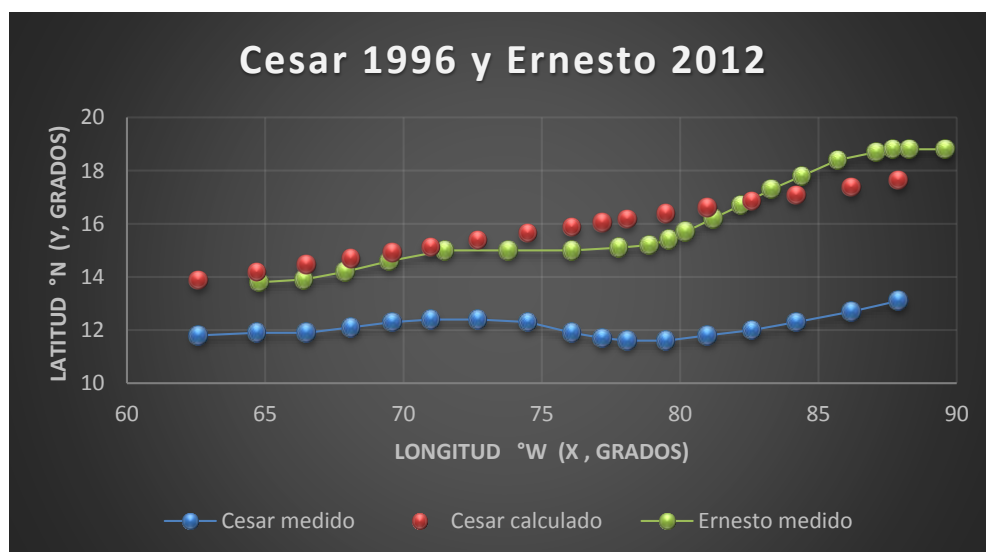
Tabla 267. Programación Trayectoria en $Y=f(x)$

Programación de la Ecuación y Error cuadrático en $Y=f(x)$								
x °W	Ecuación parte 1	Ecuación parte 2	Ecuación parte 3	Resultado	Calculado	Medido	Error	Error al cuadrado
62.6	68.7357379	-51.94	16.79	0.83	13.88	11.80	-2.08	4.33
64.7	70.8357379	-53.67	17.17	0.83	14.19	11.90	-2.29	5.26
66.5	72.6357379	-55.14	17.49	0.83	14.46	11.90	-2.56	6.55
68.1	74.2357379	-56.45	17.78	0.83	14.70	12.10	-2.60	6.75
69.6	75.7357379	-57.69	18.05	0.83	14.92	12.30	-2.62	6.87
71	77.1357379	-58.83	18.30	0.83	15.13	12.40	-2.73	7.44
72.7	78.8357379	-60.23	18.61	0.83	15.38	12.40	-2.98	8.88
74.5	80.6357379	-61.71	18.93	0.83	15.65	12.30	-3.35	11.21
76.1	82.2357379	-63.02	19.22	0.83	15.89	11.90	-3.99	15.88
77.2	83.3357379	-63.92	19.42	0.83	16.05	11.70	-4.35	18.91
78.1	84.2357379	-64.66	19.58	0.83	16.18	11.60	-4.58	21.00
79.5	85.6357379	-65.81	19.83	0.83	16.39	11.60	-4.79	22.95
81	87.1357379	-67.04	20.10	0.83	16.61	11.80	-4.81	23.17
82.6	88.7357379	-68.35	20.39	0.83	16.85	12.00	-4.85	23.53
84.2	90.3357379	-69.66	20.67	0.83	17.09	12.30	-4.79	22.93
86.2	92.3357379	-71.30	21.03	0.83	17.39	12.70	-4.69	21.95
87.9	94.0357379	-72.70	21.34	0.83	17.64	13.10	-4.54	20.59
						error medio cuadrático		14.60021

Gráfico 108. Correlación en $Y=f(x)$



Gráfica 70. Trayectorias Medida y Calculada



Gráfica 71. Trayectoria Medida y Calculada Cristina V.S. Carlotta Medida

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PRÓNOSTICO DE HURACANES

Iniciaremos por describir primero lo que es un pronóstico; es una predicción de la evolución de un proceso o de un hecho futuro a partir de criterios lógicos o científicos.

La noción de pronóstico es habitual en la meteorología. Se trata de las previsiones que, de acuerdo al estudio de las condiciones atmosféricas, indican qué ocurrirá con el clima en los próximos días.

De esta manera, el pronóstico puede augurar días soleados o lluviosos, anticipar la caída de granizo, advertir sobre fuertes vientos, etc. Pese a que utiliza diversos aparatos, satélites y se basa en información científica, el pronóstico del clima no es infalible, ya que las condiciones pueden cambiar sin indicios previos.

Grupos de científicos hacen cada año predicciones sobre la intensidad de la próxima temporada de huracanes. Para hacer estas predicciones, estudian los modelos climáticos y factores que influyen sobre huracanes. Por tal motivo a continuación mencionamos algunos modelos para pronóstico existentes que son de importancia.

Modelos para Pronósticos

Debido a las características de los huracanes, su observación se debe hacer desde un punto de vista que ofrezca la mejor perspectiva; esto sólo desde arriba -el espacio exterior- es posible. Para lograrlo, en un tiempo relativamente breve se ha desarrollado una tecnología de satélites especiales para meteorología. Estos satélites se dividen en dos grandes grupos:

De órbita polar: giran alrededor de la tierra a altitudes comprendidas entre 700 y 1 000 kilómetros.

Geoestacionarios: ocupan una posición fija por encima del ecuador, a aproximadamente 36 000 kilómetros.

La información captada por los satélites se transmite a centros meteorológicos, que la procesan e interpretan para mantener informada a la población acerca del surgimiento y de las características de los huracanes.

Actualmente en los Estados Unidos se usan aviones caza huracanes para seguir ciclones; incluso entran al ojo. Estos aviones son de gran utilidad para pronóstico de la trayectoria del ciclón, pues en tiempo real hacen mediciones de las variables más importantes del fenómeno.

El pronóstico numérico del tiempo para determinar la trayectoria de los huracanes en latitudes tropicales se inició en 1968 con el modelo SANBAR y desde 1977 se han empleado modelos como el de Hovermale y Livezey con resolución de 60 kilómetros que requiere gran cantidad de información meteorológica”.

En nuestro país, a partir de 1982 en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, de la UNAM, se produjeron los primeros pronósticos utilizando el modelo barotrópico no divergente en 500 mb. En 1990 se utilizó el modelo baroclínico de dos parámetros se pronosticó con buena precisión la trayectoria del huracán Diana.

En México el Servicio Meteorológico Nacional se encarga de captar, procesar e interpretar dichos datos con la finalidad de mantener informados a los centros de prevención y autoridades, así como a la población y sobre el surgimiento, trayectoria de desplazamiento, avance y otras características de los huracanes.

Modelo para predecir súper huracanes UNAM

De acuerdo a Víctor Velasco Herrera, investigador del Instituto de Geofísica (IGf) de la UNAM, en la actualidad las diferentes organizaciones nacionales e internacionales que estudian el cambio climático realizan un diagnóstico equivocado de los huracanes. Por ello, es indispensable modernizar el Sistema de Alerta Temprana (SAT) que se tiene en el mundo.

El mismo doctor Velasco Herrera encabeza un grupo de investigadores del IGf y del Centro de Ciencias y Desarrollo Tecnológico, también de la UNAM, que creó una metodología científica con la que pronosticaron que de 2013 a 2018 habrá entre cuatro y siete huracanes categoría 5 (que rebasa en velocidad los 250 kilómetros por hora), lo cual nadie había podido predecir hasta ahora.

El modelo llamado E.L.S.Y ha determinado que los próximos súper huracanes se formarían en el noreste de México, frente a las costas de Tamaulipas, y en el sureste en la Riviera Maya.

Entre 2008 y 2012 en el Atlántico no se dieron las condiciones tanto oceánicas, como atmosféricas y geográficas para que los huracanes evolucionaran y llegaran a categoría 5. “Entonces, si las tres condiciones no se presentan de forma sincroniza, no habrá fenómenos de este tipo”, explica el científico universitario.

Agrega que el modelo E.L.F.Y. se diseñó con los análisis de los últimos 50 años, porque la tecnología ha permitido más información, y con ello se ha podido estudiar la evolución de los huracanes categoría 5 en el Atlántico para poder hacer un pronóstico.

Mediante E.L.F.Y., primero determinamos el periodo en que ocurren los súper huracanes, y analizamos las imágenes digitales de elevación y los modelos 3D del Atlántico; comprendimos la importancia de las aguas profundas y después de las corrientes cálidas.

CONCLUSIONES

Al inicio de la realización de este trabajo de tesis solo se tenía presente para cada uno de los huracanes, una regla de correspondencia en la ecuación paramétrica o cartesiana de su trayectoria, pues se tuvo la hipótesis de que mediante el uso de la programación genética y los datos con que se contaba era suficiente para obtener ecuaciones de trayectorias teóricas semejantes a las medidas.

Con los primeros resultados se pudo notar que las trayectorias no se parecían además de tenerse altos errores medidos cuadráticos reportados por la función objetivo, lo cual se atribuyó a que solo se contaba con la magnitud de la velocidad del viento, que al ser una variable vectorial, requería además de la dirección y el sentido para tenerla definida por completo y ello se reflejó en la estimación paramétrica de las componentes de la posición x , y .

Después se optó por obtener las trayectorias paramétricas pero tomando en cuenta varias reglas de correspondencia las cuales se tomaron de acuerdo a los puntos de inflexión que iba teniendo cada una de las trayectorias medidas; en este caso se pudo observar que los valores de la función objetivo iban disminuyendo, así como también se puede destacar que las gráficas tenían una semejanza mayor y las correlaciones mayores a las obtenidas con una sola regla de correspondencia.

En el capítulo de Validación del procedimiento para el Golfo de México se utilizaron los datos del huracán César el cual se presentó en el año 1996 y se comparó con el huracán Ernesto el cual se presentó 16 años después con una trayectoria semejante, se puede concluir que al utilizar las ecuaciones ya obtenidas para los tres casos distintos, estas son válidas para los huracanes Cesar y Ernesto ya que en base a los resultados obtenidos se puede afirmar que las ecuaciones se apegan a las obtención de las trayectoria medidas de dichos huracanes.

Los tres casos que se abordaron fueron los siguientes: Trayectoria continua, Trayectoria en Intervalos y trayectoria $Y=f(x)$, estos muestran diferencias apreciables, pues en el primer caso se utilizó una sola regla de correspondencia para analizar el comportamiento de las variables dependientes “latitud y longitud” con lo cual se llegó a la conclusión que dicho caso no fue viable para reproducir las trayectorias pues las correlaciones obtenidas no fueron las esperadas, y después de analizar el problema se llegó a la conclusión de que era importante tomar en cuenta los puntos de inflexión que se presentan en cada una de las trayectorias de los huracanes en estudio y por ello se decidió proponer otro caso denominado Trayectoria en Intervalos en el cual se tomaron varias reglas de correspondencia dependiendo de los puntos de inflexión presentes en cada una de las trayectorias medidas, a través de este análisis se llegó a la obtención de mejores resultados lo cual se confirmó por medio de las correlaciones obtenidas; y en el último caso empleado se intentó obtener mayor aproximación con las trayectorias analizadas y se optó por obtener en este caso ecuaciones cartesianas en las cuales se trabajó a la variable Y (latitud) en función de la variable X (longitud).

Ya descritos los procedimientos utilizados, los cuales se aplicaron en el análisis para poder corroborar la hipótesis mencionada con anterioridad, usando los datos del huracán César se puede apreciar que se reproduce de tal forma que las trayectorias (medidas V.S. calculadas) presentan una semejanza aceptable.

Con el mismo enfoque, pero en diferente Capítulo, para el Océano Pacífico se trató de obtener trayectorias semejantes utilizando al huracán Cristina del año 1996 comparándolo con el huracán Carlotta surgido 16 años después; de igual forma se logró obtener una cierta semejanza en las trayectorias (medidas V.S. calculadas) en base a los tres casos aplicados, ya descritos con anterioridad y se llegó a la obtención de resultados aceptables, lo cual se ve reflejado en las correlaciones obtenidas.

Se concluye que la aplicación de la programación genética es viable para la obtención de ecuaciones con las cuales se pueda reproducir la trayectoria medida, siempre y cuando se tome en cuenta los puntos de inflexión presentes en la trayectoria medida, si es que no se cuenta con la dirección y sentido de la variable velocidad del viento, ya que al solo contar con la magnitud de la velocidad del viento no se logró obtener la aproximación deseada, se concluye que si se cuenta con más información referente al comportamiento del huracán en estudio se puede lograr mejores resultados en la correlación resultante en el análisis.

Ya se ha expresado que México es un país vulnerable a la influencia de los ciclones tropicales y se dice que esto se debe al cambio climático que se ha presentado en los últimos años es importante trabajar en este tema ya que si se alcanza a profundizar en el comportamiento de estos, en un futuro no muy lejano se podrían tener métodos simplificados para pronosticar la ocurrencia de algunos ciclones y con ello se tomen medidas a tiempo y hacer que el impacto de estos sea menor tanto en el ámbito social como económico.

Así mismo podemos concluir que los ingenieros civiles estamos capacitados para generar métodos los cuales nos permitan pronosticar con mayor exactitud en un futuro, fenómenos tan inciertos como los son los que dependen del cambio climático, no solo huracanes, pues con la ayuda de diferentes modelos se pueden disminuir las perdidas tanto materiales como económicas en nuestro país debido a fenómenos como huracanes, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, asentamientos en el suelo, etc.

ANEXOS

Tabla 268. Tipos de Ecuación Océano Pacífico

TIPO		PARAMÉTRICA	PARAMÉTRICA	CARTESIANA
HURACAN	AÑO	TRAYECTORIA CONTINUA	TRAYECTORIA EN INTERVALOS	Y = F(x)
Paulina	1997	$X = 0.10135 P - \frac{0.053032 P + 0.214154}{0.36356 + 0.370173 Ws} + 0.100318 \dots \text{Ecuación 1}$ $Y = -\frac{1.029577 Ws - 40.9221316}{-0.206785 Ws + 8.24359} + 9.198091 \dots \text{Ecuación 2}$	$X1 = \frac{P}{(Ws)^2} + \frac{0.4853 (Ws)^2}{P} + 0.09402 P - 0.6922 \dots \text{Ecuación 3}$ $X2 = \frac{-0.1894 P + 0.0943 P^2}{(Ws)^2 - (Ws)^3 + P^2} + 0.10102 P \dots \text{Ecuación 4}$ $y1 = \frac{Ws + 1.7898}{0.0698 Ws + 1.0088} + \frac{P}{0.6634 Ws} \dots \text{Ecuación 5}$ $y2 = \frac{\frac{P}{15.7628 - Ws} + 25.4160 - Ws}{-0.0760 Ws} \dots \text{Ecuación 6}$	$Y = 0.3312 X + 0.8320 - \frac{0.17577}{\frac{2.5332}{X} + 0.0356} \dots \text{Ecuación 7}$
Juliette	2001	$X = \frac{0.014585666 P^2 - 0.745875 P}{0.043756998 P^2 - 2.2376 P - (Ws)^3} + 0.110374 P \dots \text{Ecuación 8}$ $Y = \frac{0.194589 P (Ws)}{P (Ws) + 0.0510575 (Ws)^3 + P} + 0.594987 \frac{P}{Ws} \dots \text{Ecuación 9}$	$X1 = -0.8241 P + Ws + 0.1160 P (Ws) + 9.0715 \dots \text{Ecuación 10}$ $X2 = -0.091731 - \frac{-0.61598}{\frac{10.9014 Ws}{P} + P (Ws) + 0.52627} + 0.09709 (P + Ws) \dots \text{Ecuación 11}$ $X3 = \left[\left(0.226231 + \frac{(Ws)^2 + P (Ws) - 0.23554 (Ws)^3}{-0.675089 P} \right) + P \right] + 0.113261 \dots \text{Ecuación 12}$ $X4 = -0.091731 - \frac{-0.61598}{\frac{10.9014 Ws}{P} + P (Ws) + 0.52627} + 0.09709 (P + Ws) \dots \text{Ecuación 13}$ $y1 = \frac{(8.8875 - 15.888 Ws) + (4.6300 - Ws + \frac{14.9818}{Ws})}{21.1948 + (Ws)^2} \dots \text{Ecuación 14}$ $y2 = \frac{\frac{2 P}{(Ws)^2} + \frac{0.8736 P + 34.5347}{Ws} + 8.9827}{-0.3473 (Ws)^2 - \frac{-0.0182 P}{Ws - 0.0659 P} + 2.1564} \dots \text{Ecuación 15}$ $y3 = \frac{-0.3473 (Ws)^2 - \frac{-0.0182 P}{Ws - 0.0659 P} + 2.1564}{\frac{P}{P} + 3.7884 Ws - 2 (Ws)^2} + 0.02515 P \dots \text{Ecuación 16}$ $y4 = \frac{P}{P + 3.7884 Ws - 2 (Ws)^2} + Ws - 2.2935 \dots \text{Ecuación 17}$	$Y = -70.13304 + 0.8462 X \dots \text{Ecuación 18}$
Kenna	2002	$X = 0.096886 P + 0.131919 Ws + \frac{0.0024685 P (Ws) - 0.0844065 P}{0.00017279 (Ws)^3} \dots \text{Ecuación 19}$ $Y = \frac{Ws}{0.082843 Ws - 0.104881 + \frac{0.000247231}{0.0042698 - 0.00004368 Ws}} + 0.040498 Ws \dots \text{Ecuación 20}$	$X1 = \frac{4 Ws}{2 Ws + 8.7223} + 0.1556 Ws + 1.7096 \dots \text{Ecuación 21}$ $X2 = \frac{0.6220 (Ws)^2}{P} + 0.1027 P - 0.1083 \dots \text{Ecuación 22}$ $y1 = \frac{Ws}{-0.0925 + 0.0066 P + \frac{0.0575 Ws}{0.7684}} + 8.0466 \dots \text{Ecuación 23}$ $y2 = 0.0236 P - \frac{0.3606 (Ws)^3 - 1.6655 P (Ws)}{0.3262 P^2} \dots \text{Ecuación 24}$	$Y = \frac{-0.3823}{X - 0.0096664 X^2} + 0.15722 X - 1.42393 \dots \text{Ecuación 25}$
John	2006	$X = \frac{0.5077 P - 3.2668 Ws}{\frac{P}{5.5666 - Ws} - Ws} + 0.11099 P \dots \text{Ecuación 26}$ $Y = \frac{0.88819 P}{0.0415 P + 0.0685 Ws - 8.0402} - 3.2168 \dots \text{Ecuación 27}$	$X1 = \frac{P}{-0.67324 Ws - \frac{0.566501 P}{Ws}} + 0.119769 P \dots \text{Ecuación 28}$ $X2 = \left(P + \frac{Ws}{P} - 0.862480 + \frac{-2.212854}{0.09308 P - Ws} \right) + (0.113309) \dots \text{Ecuación 29}$ $y1 = \frac{Ws + 4.2243 + \frac{P}{0.863277}}{0.10029 P - 0.20709 Ws} \dots \text{Ecuación 30}$ $y2 = \frac{P - 26.7432 Ws}{-0.2608 - Ws - \frac{(Ws)^2}{0.23924}} - \frac{P}{0.33347 - Ws} \dots \text{Ecuación 31}$	$Y = \left[(-0.9943 X + 0.2166) + \left(\frac{-0.84397}{-1.2008 + \frac{18.2794}{0.0480 X}} \right) \right] - 16.8165 \dots \text{Ecuación 32}$
Lane	2006	$X = \left(\frac{-0.148484 Ws - 0.09418 P + \frac{0.094182 P}{Ws} - 0.094182}{Ws} \right) + (-2.646142 - Ws) \dots \text{Ecuación 33}$ $Y = 21.33071 - \frac{0.1259329 P}{5.425988 Ws + 5.685842 - \frac{5.425988 P}{7.585898 + Ws}} \dots \text{Ecuación 34}$	$X1 = -0.9242 + \frac{-0.4923}{4.7655 - \frac{(Ws)^2}{P}} + 0.09667 P + 0.19334 Ws \dots \text{Ecuación 35}$ $X2 = \left(-0.8372 P - 0.4883 Ws - \frac{0.28815 P}{Ws} - 1.4443 \right) + (-0.12450) \dots \text{Ecuación 36}$ $y1 = \frac{P (Ws) + 2.1262 P - 3 (Ws)^2 - 6.3788 Ws}{P - 3 Ws + 0.0314 P (Ws)} \dots \text{Ecuación 37}$ $y2 = \frac{0.11454 + 0.01858 P^2}{P - Ws} - \frac{-0.88207 - 0.15227 P}{Ws} + 1 \dots \text{Ecuación 38}$	$Y = -133.78265 + 1.46288 x \dots \text{Ecuación 39}$

Tabla 269. Tipos de Ecuación Océano Pacífico

Jimena	2009	$X = 0.1252 W_s - 2.1117 + 0.1006 P - \frac{0.34509}{W_s} + \frac{0.12804 P}{W_s} \dots \text{Ecuación 40}$ $Y = \frac{-0.039253357 P(W_s) - 0.10290837 P}{1.325643752 - 2 W_s} \dots \text{Ecuación 41}$	$X1 = \frac{-0.1384 P + 0.1004 P(W_s)}{W_s} + 0.09903 W_s \dots \text{Ecuación 42}$ $X2 = \left(2 W_s - (W_s)^2 - 0.7791 W_s + \frac{W_s + P}{0.0915} \right) \left(\frac{1.6957}{3 W_s} \right) + W_s \dots \text{Ecuación 43}$ $X3 = \frac{3 P - 2 W_s}{0.8960 W_s + \frac{0.2699 P}{W_s}} + W_s \dots \text{Ecuación 44}$ $y1 = \left(\frac{-0.791504 P(W_s) - 3.166014(W_s)^2}{\frac{-9.493695 + 5.1290037 W_s}{0.109415}} \right) \cdot (-0.667214) \dots \text{Ecuación 45}$ $y2 = \frac{W_s - 27.318262}{-13.8485 - 0.2166 \frac{P}{W_s} + 0.2236 W_s} + 10.4369 \dots \text{Ecuación 46}$ $y3 = \frac{P - W_s}{\frac{P^2 - 0.0408 P^2(W_s) - P(W_s)}{P(W_s)^2} + 0.03549 P + 0.04084} \dots \text{Ecuación 47}$	$Y = -\frac{-1.6861}{-0.0234 X + 2.7381} + 0.1102 X - 1.8307 \dots \text{Ecuación 48}$
Jova	2011	$X = 0.1086 P - \frac{0.1086 P}{2 W_s - \frac{P}{W_s} + 5.6385} + 0.020605 W_s + 0.56675 \dots \text{Ecuación 49}$ $Y = \frac{0.032893 W_s}{\frac{0.60063}{W_s} + 0.0018 W_s + 0.005208} \dots \text{Ecuación 50}$	$X1 = \left(-0.4420 + \frac{1.0294}{W_s} \right) \left(\frac{0.3265 - 0.1574 P}{0.6206} + 0.1337 - 0.1574 W_s \right) \dots \text{Ecuación 51}$ $X2 = 0.1135 P + \frac{0.0840 P}{W_s} - 3.2269 \dots \text{Ecuación 52}$ $X3 = 0.09914y + 0.4649 + \frac{0.00169x^2}{y^2} + 0.09914x \dots \text{Ecuación 53}$ $y1 = 0.2416 \frac{P}{W_s} + 0.1650 P + 0.1650 (W_s)^2 - \frac{0.1650(P + W_s)}{0.02685} + 0.1605 W_s \dots \text{Ecuación 54}$ $y2 = \frac{0.5828 + W_s + P}{0.0184 W_s + 0.0705 P} + \frac{W_s}{P} + 0.9788 \dots \text{Ecuación 55}$ $y3 = \frac{(-0.0673 P^2 W_s + 0.1347 P(W_s)^2 - P(W_s)) \cdot (-0.3285)}{P(W_s) - 1.0242 P} \dots \text{Ecuación 56}$	$y = \left(\frac{-0.635763}{0.01653 + \frac{0.06271}{X - \frac{0.947881}{-0.6066 + \frac{-0.6596}{0.73944 - 0.01728 X}}} \right) \cdot (-0.40411) \dots \text{Ecuación 57}$
Calotta	2012	$X = 0.1214 W_s - 0.5892 + \frac{0.0878 P}{1.2955 W_s - 17.0968} + 0.0878 P \dots \text{Ecuación 58}$ $Y = \frac{P}{-0.36662 W_s + 0.0990 P} + \frac{P^2}{-2.9000302 (W_s)^3 + (W_s)^4} \dots \text{Ecuación 59}$	$X1 = \frac{-1.2276 P(W_s) + 5.677543P}{-W_s - 12.352251 P} + 89.653209 \dots \text{Ecuación 60}$ $X2 = \frac{0.08905422 P}{0.895615 - \frac{0.04455 W_s}{P - W_s}} \dots \text{Ecuación 61}$ $y1 = 5.0975 - \frac{0.1488(W_s)^2 - 0.2109 W_s - 0.1373 P(W_s)}{P} \dots \text{Ecuación 62}$ $y2 = \frac{(0.910595 + W_s) \cdot \left(\frac{P}{0.054572} \right)}{-2.9139 W_s + P(W_s) + 3(W_s)^2 + 1.511298 P} + 0.747260 \dots \text{Ecuación 63}$	$Y = 0.8336 X - \frac{0.8336 X^2}{0.0183 X^2 - 0.5453 X} - 0.12999 \dots \text{Ecuación 64}$
Barbara	2013	$X = -\frac{1.3086(P - W_s)}{1.1716 (W_s)^2} + 0.0995 P - 3.6410 \dots \text{Ecuación 65}$ $Y = \frac{-0.2181 P + 0.02418 P(W_s) - 0.6544 W_s + 0.0725(W_s)^2}{2 W_s - 25.1389} \dots \text{Ecuación 66}$	$X1 = \frac{(W_s)^2 - 5.9898}{1.44369 P} - P - 2.37833 \dots \text{Ecuación 67}$ $X2 = \left(-\frac{-0.109953}{\frac{1.002582}{1.006064 P + 2.586206} + \frac{0.318675}{1.002582} - P - 1.016287} \right) \cdot (-0.92605) \dots \text{Ecuación 68}$ $y1 = \frac{W_s}{0.020559 \cdot (P - W_s) - 0.85788 - 0.17026 W_s} + 12.0935 \dots \text{Ecuación 69}$ $y2 = \frac{-0.490350 \cdot \left((-5.6457 P + 6.6457 W_s) \cdot \left(-18.0348 - \frac{W_s}{0.1645} \right) \right)}{-5.697531 W_s - P(W_s)} \dots \text{Ecuación 70}$	$Y = 162.9049 - 1.5514 X \dots \text{Ecuación 71}$
Manuel	2013	$X = -0.9702 + 0.1048 P + \frac{23.9150}{W_s} + \frac{0.64401(W_s)^4}{3.07944 P^2} \dots \text{Ecuación 72}$ $Y = 0.259734 W_s + \frac{0.4073 P - 0.91742 W_s}{W_s + 2.983957} \dots \text{Ecuación 73}$	$X1 = \left(1.0356 W_s - \frac{-1.3246 + \frac{0.3648 P}{W_s} + 1.0005549 P}{(W_s)^2} \right) \cdot (0.09725) \dots \text{Ecuación 74}$ $X2 = \frac{P}{27.5142 P + 145.6175 - P(W_s) - 6.2924 W_s} + \frac{28.0098}{W_s} - 2.8731 + 0.1039 P$ $X3 = 0.1066 P + \frac{2 W_s}{0.07326 P - 0.6484 W_s + 6.6345} \dots \text{Ecuación 76}$ $y1 = \frac{2.2900 + 0.3589 W_s - 1.57493 P}{W_s + \frac{P}{W_s} + 17.0885 - 0.18306 P} \dots \text{Ecuación 77}$ $y2 = \frac{33.8671 W_s + 0.1998 P - 5.1521}{2.02038 W_s} \dots \text{Ecuación 78}$ $y3 = 0.0269 P + 0.01235 - \frac{0.13203 P + 0.19805 W_s}{2.7072 + W_s} \dots \text{Ecuación 79}$	$Y = \frac{X^2 - 86.9986 X}{94.85968} \dots \text{Ecuación 80}$

Tabla 270. Tipos de Ecuación Golfo de México

TIPO		PARAMÉTRICA	PARAMÉTRICA	CARTESIANA
HURACAN	AÑO	TRAYECTORIA CONTINUA	TRAYECTORIA EN INTERVALOS	Y = F(x)
Isidoro	2002	$X = 28.255439946 - 0.00516796479 P - \frac{0.348551 P}{W_s} + 67.68630215 \dots \text{Ecuación 81}$ $Y = \frac{\frac{8.27023}{3.2745 W_s - 77.24} - 3.9196}{-0.17544} \dots \text{Ecuación 82}$	$X1 = \left(W_s + \frac{P}{(16.06971732 + 0.462795 W_s)} - \left(\frac{W_s - \frac{P}{0.85599} - \frac{W_s^2}{27.647329}}{P} \right) \dots \text{Ecuación 83}$ $X2 = \frac{-5.272769 - \left(W_s + \frac{P}{0.0457135} \right) + \left(\frac{P}{0.188019 W_s} \right)}{\frac{P - 0.93147542}{1.1421481}} - 0.252207 P \dots \text{Ecuación 84}$ $Y1 = \frac{\frac{8.27023}{3.2745 W_s - 77.24} - 3.9196}{\frac{8.27023}{3.2745 W_s - 77.24} - 3.9196} \dots \text{Ecuación 85}$ $Y2 = \frac{2P - W_s^2 - W_s}{6.3654645 W_s} - \frac{W_s - 5.64399133}{-0.02908178 W_s} \dots \text{Ecuación 86}$	$Y = (-22.9526586398732 + X) + ((-1.120416 - X) + (0.456508296921694)) \dots \text{Ecuación 87}$
Cindy	2005	$X = 0.067039398 P + 0.451297061 W_s - 0.6665558 \dots \text{Ecuación 88}$ $Y = \left(\frac{P - W_s^2}{-11.275108 - \frac{P W_s}{0.2650391 P + 0.2650391 W_s}} \right) - \left(\frac{P + 4.1260514}{-W_s - 1.0819162} \right) \dots \text{Ecuación 89}$	$X1 = \frac{\frac{P}{7.858152} - \frac{0.645307}{W_s} - 3.684678 + W_s + \frac{W_s}{2.695073}}{\frac{P}{-1.796771} - \frac{P}{W_s}} \dots \text{Ecuación 90}$ $X2 = \left(\frac{W_s^2}{0.934386} - W_s + \frac{0.171636 + W_s + \frac{W_s}{0.892600} + P}{W_s} + \frac{P}{0.892600} \right) \dots \text{Ecuación 91}$ $X3 = \left(\frac{P + 37.548127 + \frac{P}{\frac{W_s}{W_s - W_s}}}{\frac{0.070618 P}{-0.566164}} - \frac{P}{-8.666941 - W_s} \right) \dots \text{Ecuación 92}$ $X4 = \left(\frac{0.949500 - \frac{0.088500 P + 2.473879}{0.505906 W_s} + 0.088844 P + 4.01}{0.505906 W_s} \right) \dots \text{Ecuación 93}$ $Y1 = \left(\frac{-0.75049781 + P - 0.5904197 W_s}{W_s + 8.237377525} + 0.6593324 W_s \right) \dots \text{Ecuación 94}$ $Y2 = \left(\frac{P}{W_s - \frac{P}{1.4720291} + W_s + 6.1727233} + W_s \right) \dots \text{Ecuación 95}$ $Y3 = \left(\frac{8.751460449 - W_s}{2 W_s + W_s^2} \right) \dots \text{Ecuación 96}$ $Y4 = (8.3654259 + 2 W_s) + \left(\frac{-0.4147091}{P} + 0.41565924 - \frac{3 W_s + 15.22461808}{P} \right) \dots \text{Ecuación 97}$	$Y = \left(\frac{0.898648}{-X + 1.584866} - \frac{-0.898648}{0.03532} - \frac{0.898648}{-X + 1.586118} - \frac{-0.317451}{0.317451} - \frac{0.067761}{0.035320} - \frac{-0.388673}{-0.388673} \right) \dots \text{Ecuación 98}$
Emily	2005	$X = \frac{P}{1.299603 + W_s} - \frac{\left(\frac{(W_s - 8.405883) + (1.268665 + W_s)}{0.248197} \right)}{P} + ((1.87027 + W_s) + (-1.053176)) \dots \text{Ecuación 99}$ $Y = \frac{(-0.83324497) + (-10.91739052 + W_s) + (1.6987052 + P + W_s)}{P + 6.0143596} + W_s \dots \text{Ecuación 100}$	$X1 = \left(\frac{-0.035638 P}{1.418413 + W_s} - \left(\frac{-0.55469053}{1.445837 P + W_s} \right) \right) * W_s \dots \text{Ecuación 101}$ $X2 = \left(\frac{(0.178723 - \frac{P}{-15.195329 + W_s})}{(-0.034805 W_s + 0.746770) + (0.585238) + W_s - 0.1163 P} - 0.096423 P \right) \dots \text{Ecuación 102}$ $Y1 = \left(\frac{\left((P + W_s) * \left(-0.7726318 W_s \right) \right)}{P + \frac{P}{0.28243237 W_s}} + W_s \right) \dots \text{Ecuación 103}$ $Y2 = \left(22.7221136 - \frac{8.56561022 + \frac{P}{W_s} + \left(\frac{-0.34981038}{P} - 0.11884264 \right)}{-0.76427485 W_s} \right) \dots \text{Ecuación 104}$	$Y = 4.180662 - \left(\frac{X}{\left(\frac{-2.698872}{((X - 0.838037) - (0.86474715)) - (0.838037 + 0.06173271446018)} - 3.405156 \right)} \right) \dots \text{Ecuación 105}$

Tabla 271. Tipos de Ecuación Golfo de México

Stan	2005	$X = \left[\frac{W_s}{0.075217839W_s + 0.1272731P - 8.22412930V} \right] + [0.085582312P + 0.14759695W_s] \dots \text{Ecuación 106}$ $Y = \left[0.019390209 - \left(\frac{P}{W_s} - 1 \right) \cdot \left(\frac{0.0277867918}{W_s} + 60.193750361 - W_s + -0.070089111 \right) \right] \cdot P + 1.0443106 \dots \text{Ecuación 107}$	$X1 = \frac{\left(\left(-2.787342 - \frac{P + W_s}{W_s} + \frac{1.370167}{W_s} + P \right) \cdot \left(W_s - \frac{W_s}{P} \right) \right)}{10.888465233W_s} \dots \text{Ecuación 108}$ $X2 = \left(2P + \frac{W_s}{0.234043} \right) \cdot \left(\frac{W_s - \frac{P}{0.297969} + P}{W_s^2} \right) + W_s \dots \text{Ecuación 109}$ $X3 = \frac{\left(W_s^2 - \left(-2.127107 + \frac{P}{0.51730989} - W_s \right) - \left(\frac{P}{0.516602} - \frac{P}{W_s} \right) \right)}{W_s} \dots \text{Ecuación 110}$ $Y1 = 0.43935062 - \frac{\left(\frac{P + \frac{W_s}{0.1745053} - 0.83905319}{P + (W_s^2 + \frac{0.26904823}{W_s - 0.40235106})} \right)}{W_s} \dots \text{Ecuación 111}$ $Y2 = \frac{\left(0.999959466 - \left(W_s - \left(\frac{W_s}{0.27497668} + \frac{2W_s + 3.30251384}{0.1118805} \right) + W_s \right) \right)}{W_s} \dots \text{Ecuación 112}$ $Y3 = \left(\frac{\left(\left(W_s - 0.02569065 - \frac{W_s}{0.88149024} \right) + \left(\frac{1.277882}{W_s^2} \right) \cdot \left(-\frac{0.35498328}{W_s} \right) \right) + 0.78448198}{W_s} \right) \dots \text{Ecuación 113}$	$Y = (-0.393402) \cdot \left((0.515152559) + \left((0.494756 - \left(-\frac{0.718190X}{0.872551 - 0.023984679X} \right)) \right) \right) \dots \text{Ecuación 114}$
Wilma	2005	$X = 0.072618742P - \frac{-0.799481W_s^2}{0.424412P + 3W_s - 2.928982} \dots \text{Ecuación 115}$ $Y = \left[\frac{W_s^2 - PW_s}{-1.2377891W_s^2 - P + W_s^2} - \frac{0.12718584P}{W_s} \right] \dots \text{Ecuación 116}$	$X1 = \left((-0.331667) - \left(\frac{8.176966W_s - W_s^2}{P} \right) - \left((-0.393385) - \left(\frac{P}{1.888806} - \frac{P}{0.463993} \right) \right) \right) \dots \text{Ecuación 117}$ $X2 = 17.922103 - \left(\frac{P - W_s}{P - \frac{2W_s}{W_s}} - 12.486236 \right) + (-0.080024P + 1.670616) \dots \text{Ecuación 118}$ $X3 = W_s - \left(\frac{\left(\frac{18.847861 + P - W_s}{1.186506} - \left(\frac{W_s}{0.119799} \right) \right)}{\left(\frac{8.964270 + P}{9.286127 - W_s} \right)} + 9.311313 \right) \dots \text{Ecuación 119}$ $Y1 = 0.23283717 - \left(-0.51617634 + \left(\frac{0.038661595}{3.8469547739W_s - 0.94280882 + P} \right) + (-0.476357325P) \right) \dots \text{Ecuación 120}$ $Y2 = \left(\frac{P}{-0.6484628x + 0.47252286W_s^2 - (-0.25608206W_s + 0.6641405)} \right) \dots \text{Ecuación 121}$ $Y3 = \left(\frac{\left(P - \left((-1.4884319P - W_s) - \left(\frac{P}{W_s} \right) - W_s \right) \right)}{\left(\frac{0.2352076x}{W_s - \frac{P}{W_s}} + W_s \right)} \right) \dots \text{Ecuación 122}$	$Y = \left(\frac{\left(-\frac{11.34420528}{X} + 0.082653 \right)}{-0.002723} \right) \dots \text{Ecuación 123}$
Dean	2007	$X = \left(\left(\frac{W_s}{-6.0804434W_s - 6.0879724 - 12.715454} \right) \cdot \left(P + \left(P + \left(\frac{-6.0421648}{W_s} \right) \right) \right) \right) \cdot P \dots \text{Ecuación 124}$ $Y = \left(\frac{-12.879539W_sP}{(-0.6804434W_s - 18.8034264) \cdot \left(P + \frac{-6.0421648P}{W_s} - 28.297985 \right)} \right) \dots \text{Ecuación 125}$	$X1 = \frac{W_s^2}{2W_s - P} + \frac{W_s^2}{0.63737W_s^3} - 0.306537 - 0.623833W_s \dots \text{Ecuación 126}$ $X2 = \left(P - \frac{P}{W_s} + 2W_s - \frac{2P + W_s}{W_s - 0.816563 - \frac{P}{W_s}} \right) \cdot (0.064981) \dots \text{Ecuación 127}$ $Y1 = \left(\frac{P + \frac{W_s}{0.669973} + \frac{P}{W_s}}{-1.30519681W_s - P} \right) \cdot (-0.09080606) \dots \text{Ecuación 128}$ $Y2 = \left(\frac{\frac{P}{0.92617387} - \frac{0.9751204}{W_s}}{W_s - \frac{1.0896328}{0.0194757W_s - 0.0194757W_s^2}} \right) + 16.85819 \dots \text{Ecuación 129}$	$Y = \left((0.197391707050293) \cdot \left(\frac{1.199047}{(-2.479594 + X) \cdot (0.00130239093145379)} \right) - 1.472083 \right) + ((-0.630837) - (1.199047 - X)) \dots \text{Ecuación 130}$

Tabla 272. Tipos de Ecuación

Lorenzo	2007	$X = \left[\left(P + \frac{Ws}{0.867171832} + Ws \right) \cdot 0.378409 \right] + \left[0.215327 + \frac{0.579665322}{Ws} \right] \dots \text{Ecuación 131}$ $Y = 0.02121548 P - 0.01054233 Ws + 0.000013230 Ws^2 \dots \text{Ecuación 132}$	$X1 = Ws - \left(\frac{3.409722}{\left(\frac{(3.443909 - 0.863758Ws)}{P - 7.878107Ws} \right)} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 133}$ $X2 = 0.643978 - \frac{\left(P - \left((-1.810801) \cdot \left(Ws + \left(\frac{P}{\left(\frac{0.543070 - 0.839793Ws}{Ws} \right)} \right) \right) \right) \right)}{-12.06847184} \dots \text{Ecuación 134}$ $Y1 = 0.70108816 - \left(\frac{\left(\frac{Ws}{-0.99241194} \right)}{\left(\frac{-0.64780606}{Ws + 1.39812389} \right)} \right) - 21.884844 \dots \text{Ecuación 135}$ $Y2 = \left(\frac{\left(\frac{Ws}{\left(\frac{Ws - 0.2930158}{0.40372547} \right)} \right)}{\left(\frac{3.9954633 - \left((0.011158789 - (Ws + 3.913365583) - 0.3487616) - Ws \right)}{0.40372547} \right)} \right) \dots \text{Ecuación 136}$	$Y = \frac{\left(\frac{(-0.927959 - (4.882435 - (X - 8.789879)))}{-0.709156 - 0.920311X} \right)}{-0.05227360} \dots \text{Ecuación 137}$
Alex	2010	$X = \left(\frac{\left(\frac{Ws}{0.031140} + 4.968936 \right)}{\frac{Ws - 4.720808}{(Ws + 0.121983) \cdot (0.347623)}} \right) \dots \text{Ecuación 138}$ $Y = (16.729722 + 8.2167267 + \left(\left(\frac{Ws}{9.981418} \right) \cdot (2.7265841) \right)) \cdot 0.46099632 \dots \text{Ecuación 139}$	$X1 = \left(\frac{P}{5.725413 + Ws} - \frac{\left(\left(\frac{9.570837}{Ws} + 1.148475 \right) \cdot \left(\frac{P}{Ws} \right) \right)}{-2.791479} + Ws \right) \dots \text{Ecuación 140}$ $X2 = (1.073966) \cdot \left(\frac{Ws^2}{0.018125P} - P \right) \cdot \left(\frac{0.253015}{-2.864064 - \frac{Ws^2}{P}} \right) + Ws \dots \text{Ecuación 141}$ $Y1 = \frac{P}{\left(-0.5326049 - \frac{P - 0.7811975}{\left(\frac{P - 0.28209966 - \frac{Ws}{0.0433923}}{0.78119751} \right) \cdot 0.1039445} \right)} + 18.74983331 \dots \text{Ecuación 142}$ $Y2 = \frac{8.091052113}{0.418280381 - \frac{Ws}{P}} - \frac{\frac{Ws}{-0.17388424}}{P - (6.815131 + \frac{Ws}{0.032861433})} \dots \text{Ecuación 143}$	$Y = \left(\frac{-0.581294}{x} - 0.967855 + \frac{0.241860}{x - \frac{x^2 - 4.646742}{x}} \right) \cdot (0.05849626X) \dots \text{Ecuación 144}$
Karl	2010	$X = \left(\frac{P}{-9.044446 + \frac{\left(\frac{Ws}{0.239778} + \frac{P}{-2.588854} \right)}{2.021128835 + 0.093124P + 0.093124Ws}} \right) \dots \text{Ecuación 145}$ $Y = \left(\frac{3.00047006 - Ws}{0.10372732 - PWs} - 2P - Ws - 14.822011 \right) \dots \text{Ecuación 146}$	$x1 = \left(\left(\left(\frac{2Ws}{\left(\frac{0.038081}{P + 3Ws} \right)} + Ws \right) + (P + 3Ws) \right) \cdot 0.072008 \right) \dots \text{Ecuación 147}$ $X2 = \frac{\left(P - \left(\frac{Ws^2 - \frac{P}{0.198750}}{Ws} - (P - (Ws - (Ws^2 - 2Ws))) \right) \right)}{Ws} \dots \text{Ecuación 148}$ $X3 = \left(\frac{P}{-0.912539 + 0.632090Ws - 0.097928P - (-0.529919 - 0.131200P)} \right) + 0.088546P \dots \text{Ecuación 149}$ $Y1 = \left((0.1702887) - \left((-0.0119621Ws) - \left(\frac{0.0788219Ws}{1.88892281Ws + 1.88848097} \right) \cdot P \right) \right) \cdot (0.83662845) \dots \text{Ecuación 150}$ $Y2 = \left(\left(\left(\frac{(-1.77802219 - \frac{Ws}{0.75})}{(-0.47921079)} \right) \cdot \left(\frac{P}{(-1.7488148)} \right) \cdot (-0.47921079) \right) + 1.0880084 \right) \cdot (0.86601734) \dots \text{Ecuación 151}$ $Y3 = 17.24494564 - \left(\frac{P - 14.36315494Ws}{P + 0.23674587Ws} \right) \dots \text{Ecuación 152}$	$Y = (0.4287217154516X) \cdot \left(0.918513 + \left(0.879387 - \left(\frac{X}{7.9168344 + 0.673156X} \right) \right) \right) \dots \text{Ecuación 153}$

Tabla 273. Tipos de Ecuación

Ernesto	2012	$X = Ws - \frac{0.790681 \cdot P^2}{Ws^3} - 2 + \frac{1.752895 P}{Ws} \dots \text{Ecuación 154}$ $Y = \frac{\left(\frac{-3.65992992478919 + \frac{1.5326626}{Ws}}{0.49007317} \right) \cdot 0.87787116}{\frac{Ws - 2.2431057}{0.0094142348}} + 23.1157130917502 \dots \text{Ecuación 155}$	$X1 = \left(\frac{\frac{P}{(-58.708679 - P - Ws)}}{P - 0.595975Ws^2} + 2Ws - 0.193153Ws \right) + Ws \dots \text{Ecuación 156}$ $X2 = \left(\frac{-6.669765342}{Ws - 0.054172535P} \right) - \left(\frac{Ws - \left(\frac{Ws + 1.375211}{-3.294611} \right)}{-0.826127} \right) \dots \text{Ecuación 157}$ $X3 = \left(\frac{P - \frac{3.15760 + \frac{47.491994}{Ws}}{-0.864108}}{0.913407} \right) - P - 0.14493Ws \dots \text{Ecuación 158}$ $Y1 = \frac{\left(70.413653 - \frac{0.175086P}{Ws} + 0.1863679 \right) \cdot (-0.1302885)}{-0.746679} \dots \text{Ecuación 159}$ $Y2 = \frac{\frac{PWs}{(P - Ws - 5.4703752)}}{(0.1333912) - (-0.079346493Ws - 0.024494633)} + \frac{Ws^2}{P} \dots \text{Ecuación 160}$ $Y3 = \frac{\left(\frac{Ws - 0.85596864}{-0.054227409} \right)}{\left(\frac{Ws - \left(\frac{8.2491241597275Ws + 0.37446454Ws^2}{P} \right)}{0.43052803 - Ws} \right) + Ws} \dots \text{Ecuación 161}$	$Y = 0.826591512534584 \cdot \left((X + 6.135737932) + \left(-0.589244 - \frac{X}{1.218997} \right) \right) \dots \text{Ecuación 162}$
---------	------	---	--	--

Tabla 274. Correlaciones Huracanes del Golfo de México

Resumen de Correlaciones de Huracanes en Gofo de México					
Golfo de México	Huracán	Caso	X o Y	R2	R
	Huracán Isidoro	Trayectoria Continua	x	0.397	0.630
			y	0.357	0.598
		Trayectoria en Tramos	x	0.565	0.752
			y	0.903	0.950
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.445	0.667
	Huracán Cindy	Trayectoria Continua	x	0.270	0.520
			y	0.239	0.489
		Trayectoria en Tramos	x	0.946	0.973
			y	0.971	0.985
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.802	0.895
	Huracán Emily	Trayectoria Continua	x	0.233	0.482
			y	0.091	0.301
		Trayectoria en Tramos	x	0.966	0.983
			y	0.941	0.970
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.981	0.990
	Huracán Stan	Trayectoria Continua	x	0.424	0.651
			y	0.369	0.607
		Trayectoria en Tramos	x	0.828	0.910
			y	0.900	0.949
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.252	0.502
	Huracán Wilma	Trayectoria Continua	x	0.204	0.451
			y	0.220	0.469
		Trayectoria en Tramos	x	0.739	0.860
			y	0.831	0.912
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.759	0.871
	Huracán Dean	Trayectoria Continua	x	0.478	0.691
			y	0.280	0.529
		Trayectoria en Tramos	x	0.647	0.804
			y	0.572	0.756
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.996	0.998
	Huracán Lorenzo	Trayectoria Continua	x	0.201	0.448
			y	0.417	0.645
		Trayectoria en Tramos	x	0.588	0.767
			y	0.887	0.942
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.988	0.994
	Huracán Alex	Trayectoria Continua	x	0.451	0.671
			y	0.622	0.788
		Trayectoria en Tramos	x	0.743	0.862
			y	0.930	0.964
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.874	0.935
	Huracán Karl	Trayectoria Continua	x	0.538	0.733
			y	0.688	0.829
		Trayectoria en Tramos	x	0.196	0.443
			y	0.905	0.951
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.744	0.863
	Huracán Ernesto	Trayectoria Continua	x	0.390	0.625
			y	0.555	0.745
		Trayectoria en Tramos	x	0.962	0.981
			y	0.954	0.977
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.912	0.955

Tabla 275. Correlaciones Huracanes del Océano Pacífico

Resumen de Correlaciones de Huracanes en Océano Pacífico					
Océano Pacífico	Huracán	Caso	X o Y	R2	R
	Huracán Paulina	Trayectoria Continua	x	0.223	0.472
			y	0.170	0.413
		Trayectoria en Tramos	x	0.976	0.988
			y	0.945	0.972
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.851	0.923
	Huracán Juliette	Trayectoria Continua	x	0.107	0.327
			y	0.427	0.654
		Trayectoria en Tramos	x	0.944	0.972
			y	0.969	0.984
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.742	0.862
	Huracán Kenna	Trayectoria Continua	x	0.853	0.923
			y	0.433	0.658
		Trayectoria en Tramos	x	0.939	0.969
			y	0.985	0.992
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.358	0.599
	Huracán John	Trayectoria Continua	x	0.187	0.433
			y	0.065	0.254
		Trayectoria en Tramos	x	0.953	0.976
			y	0.968	0.984
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.974	0.987
	Huracán Lane	Trayectoria Continua	x	0.188	0.434
			y	0.435	0.659
		Trayectoria en Tramos	x	0.893	0.945
			y	0.909	0.953
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.803	0.896
	Huracán Jimena	Trayectoria Continua	x	0.031	0.177
			y	0.081	0.285
		Trayectoria en Tramos	x	0.751	0.866
			y	0.959	0.979
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.932	0.965
	Huracán Jova	Trayectoria Continua	x	0.642	0.801
			y	0.480	0.693
		Trayectoria en Tramos	x	0.965	0.982
			y	0.981	0.991
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.189	0.435
	Huracán Carlotta	Trayectoria Continua	x	0.327	0.572
			y	0.386	0.622
		Trayectoria en Tramos	x	0.986	0.993
			y	0.989	0.994
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.981	0.991
	Huracán Barbara	Trayectoria Continua	x	0.668	0.818
			y	0.461	0.679
		Trayectoria en Tramos	x	0.985	0.992
			y	0.997	0.999
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.777	0.882
	Huracán Manuel	Trayectoria Continua	x	0.250	0.500
			y	0.140	0.374
		Trayectoria en Tramos	x	0.984	0.992
			y	0.974	0.987
		Y = f(x)	Y=f(x)	0.965	0.982

Tabla 276. Resumen Huracanes del Océano Pacífico

HURACAN	AÑO	TRAYECTORIA MEDIDA	TRAYECTORIA CONTINUA	TRAYECTORIA EN INTERVALOS	$Y = F(x)$
Paulina	1997				
Juliette	2001				
Kenna	2002				
John	2006				
Lane	2006				

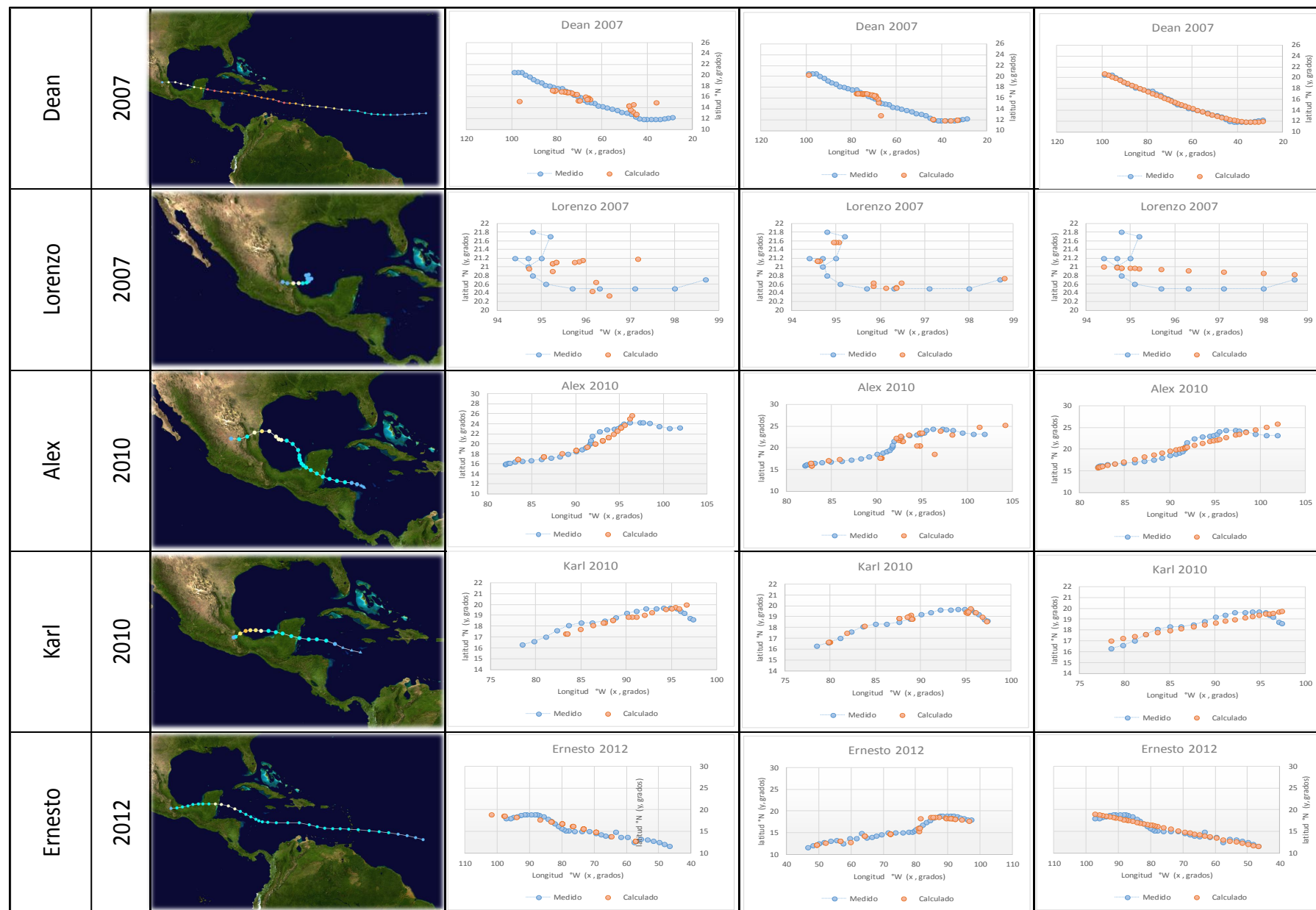
Tabla 277. Resumen Huracanes del Océano Pacífico

Jimena	2009				
Jova	2011				
Carlotta	2012				
Barbara	2013				
Manuel	2013				

Tabla 278. Resumen Huracanes del Golfo de México

HURACAN	AÑO	TRAYECTORIA MEDIDA	TRAYECTORIA CONTINUA	TRAYECTORIA EN INTERVALOS	$Y = F(x)$
Isidoro	2002				
Cindy	2005				
Emily	2005				
Stan	2005				
Wilma	2005				

Tabla 279. Resumen Huracanes de Golfo de México



REFERENCIAS

- *“Aler, R (2008). Programación Genética [diapositivas de Power Point]*
- *Aproximación de la función de distribución empírica bivariada de las avenidas históricas máximas de ingreso a una presa usando programación genética, Preciado Jiménez Margarita, Arganis Juárez Maritza, Ocón Gutiérrez Alfredo, instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor. Institutos de Ingeniería, México, noviembre 2013*
- *Ariadne Sofía Drust Nacarino. (2013). Revisión de eventos hidrometeorológicos extremos en zona continental Mexicana durante el siglo XXI (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.*
- *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Primera Impresión Diciembre 2002*
- *Centro Nacional de Prevención de Desastres (1998). Informe de Actividades (1ª ed.). México.*
- *Centro Nacional de Prevención de Desastres “CENAPRED” (2007). Ciclones Tropicales. (1ª ed.). México.*
- *Ciclones Tropicales, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), diciembre 2007.*
- *Ciclones Tropicales, SERIE Fascículos, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Versión Electrónica, 2013.*
- *Daniel Bitrán Bitrán (2001). Características del impacto socioeconómico de los principales desastres en México en el periodo 1980-99, Centro Nacional de Prevención de Desastres.*
- *Daniel Bitrán Bitrán, Leobardo Domínguez Morales, Roberto Durán Hernández, Óscar Fuentes Mariles, Norlang García Arróliga, Martín Jiménez Espinosa, Óscar López Batíz, Lucía G. Matías Ramírez, Carlos Reyes Salinas, Marco A. Salas Salinas y Óscar Zepeda Ramos (2003). Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002, Centro Nacional de Prevención de Desastres.*
- *Daniel Bitrán Bitrán, Lorena Acosta Colsa, Héctor Eslava Morales, Carlos Gutiérrez Martínez, Marco Antonio Salas Salinas y Maria Teresa Vázquez Conde (2002). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2001, Centro Nacional de Prevención de Desastres.*
- *Daniel P. Brown, Tropical Cyclone Report “Hurricane Barbara”. National Hurricane Center, 19 August 2013.*
- *Daniel P. Brown, Tropical Cyclone Report “Hurricane Ernesto”. National Hurricane Center, 20 February 2013.*
- *Díaz, S. (2010). Variabilidad de los ciclones tropicales que afectan a México. INTERCIENCIA, 306-307*

- Dr. Víctor Velasco Herrera, (2012). Análisis de huracanes en el Océano Pacífico (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Estrada y Rosas Reyes Rodriguez, (2014). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2012, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- *Hernández, A. (2005). Resumen de la tormenta tropical “Cindy” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. Reseña del Huracán “Dean” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C, (2012). Reseña del Huracán “Alex” del Océano Atlántico. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional*
- *Hernández, A. y Bravo, C. (2002). Reseña del Huracán “Isidore” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. (2005). Reseña del Huracán “Stan” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. (2005). Resumen del Huracán “Emily” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. (2005). Resumen del Huracán “Wilma” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. Reseña del Huracán “Ernesto” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. Reseña del Huracán “Karl” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- *Hernández, A. y Bravo, C. Reseña del Huracán “Lorenzo” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Pronóstico Meteorológico*
- Ing. Alberto Hernández Unzón y M.G. Cirilo Bravo Lujano, Crónica de “Jimena”, Temporada 2009 de Ciclones Tropicales, Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional, 2009.
- Ing. Alberto Hernández Unzón y M.G. Cirilo Bravo Lujano, Huracán Pauline, Temporada de Ciclones Tropicales 1997, Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional, Agosto 2009.
- Ing. Alberto Hernández Unzón y M.G. Cirilo Bravo Lujano, Reseña del Huracán “Jova”, Temporada 2011 de Ciclones Tropicales, Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional.
- Ing. Alberto Hernández Unzón, Huracán “Barbara”. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional.

- Ing. Alberto Hernández Unzón, Reseña del Huracán “Carlotta”, Temporada 2012 de Ciclones Tropicales, Océano Pacífico. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional.
- Ing. Alberto Hernández Unzón, Resumen del Huracán “John”. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional.
- Ing. Alberto Hernández Unzón, Resumen del Huracán “Lane”. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional.
- James L. Franklin and Daniel P. Brown, Tropical Cyclone Report “Hurricane Emily”. National Hurricane Center, 10 March 2006.
- James L. Franklin, Tropical Cyclone Report “Hurricane Dean”. National Hurricane Center, 31 January 2008.
- James L. Franklin, Tropical Cyclone Report “Hurricane Kenna”. National Hurricane Center, 26 December 2002.
- *James L. Franklin*, Tropical Cyclone Report “Hurricane Lorenzo”. National Hurricane Center, 18 October 2007
- Jiménez, R. (2002). La aplicación de métodos de la programación matemática para la identificación de fuentes simples de contaminación del aire (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
- John L. Beven, Tropical Cyclone Report “Hurricane Jimena”. National Hurricane Center, 29 January 2010.
- Lixion A. Avila, Tropical Cyclone Report “Hurricane Cesar”. National Hurricane Center, 27 August 1996.
- Lixion A. Avila, Tropical Cyclone Report “Hurricane Isidore”. National Hurricane Center, 20 December 2002.
- Lucía Guadalupe Matías Ramírez, Algunos efectos de la precipitación del huracán Paulina en Acapulco, Guerrero. Investigaciones Geográficas Boletín 37, 1998 Instituto de Geografía, UNAM.
- *Manson, R.H., E.J. Jardel Peláez et al. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 131-184.*
- Mario Gómez Ramírez, Karina Eileen Álvarez Román (2005), Ciclones tropicales que se formaron al Este de la Antilla menores e impactaron los estados costeros del litoral oriental de México de 1900 al 2003. Revista geográfica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia OEA
- Max Mayfield, Tropical Cyclone Report “Tropical Storm Cristina”. National Hurricane Center, 11 August 1996.

- Michael J. Brennan, Tropical Cyclone Report “Hurricane Jova”. National Hurricane Center, 6 February 2012.
- Michel Rosengaus. Impacto de los ciclones tropicales en las cuencas de México. “Las cuencas hidrográficas de México”
- Miles B. Lawrence and Michelle M. Mainelli , Tropical Cyclone Report “Hurricane Juliette”. National Hurricane Center, 30 November 2001.
- Miles B. Lawrence, Tropical Cyclone Report “Hurricane Pauline”. National Hurricane Center, 7 November 1997.
- Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis, Karla Méndez Estrada y Nadia Troncoso Arriaga, (2013). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2011, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis y Karla Méndez Estrada. (2006). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2005, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis y Karla Méndez Estrada. (2007). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2006, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis y Karla Méndez Estrada (2009). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis, Karla Méndez Estrada y Nadia Troncoso Arriaga (2012). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2010, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Omar G. Lizano (1996). Algunas características de las tormentas tropicales y de los huracanes que atravesaron o se formaron en el Caribe adyacente a Costa Rica durante el periodo 1886-1988. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Richard D. Knabb, Tropical Cyclone Report “Hurricane Lane”. National Hurricane Center, 30 November 2006.
- Richard J. Pasch and David A. Zelinsky, Tropical Cyclone Report “Hurricane Carlotta”. National Hurricane Center, 20 December 2012.
- Richard J. Pasch and David A. Zelinsky, Tropical Cyclone Report “Hurricane Manuel”. National Hurricane Center, 6 January 2014.
- Richard J. Pasch and David P. Roberts, Tropical Cyclone Report “Hurricane Stan”. National Hurricane Center, 14 February 2006

- Richard J. Pasch, Eric S. Blake, Hugh D. Cobb III, and David P. Roberts, Tropical Cyclone Report “Hurricane Lorenzo”. National Hurricane Center, 12 January 2006
- Richard J. Pasch, Tropical Cyclone Report “Hurricane Alex”. National Hurricane Center, 15 December 2010
- Richard J. Pasch, Tropical Cyclone Report “Hurricane John”. National Hurricane Center, 16 November 2006.
- Stacy R. Stewart, Tropical Cyclone Report “Hurricane Cindy”. National Hurricane Center, 14 February 2006.
- Stacy R. Stewart, Tropical Cyclone Report “Hurricane Karl”. National Hurricane Center, 31 January 2011
- Steven Businger. Huracanes Parte I Estructura y Climatología. [diapositivas de Power Point]
- Torres Juan Esteban, Martínez José Jesús, Tutorial de Programación Genética, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- http://www.cenapred.gob.mx/PublicacionesWeb/buscar_buscaSubcategoria
- http://www.cenapred.gob.mx/PublicacionesWeb/busca_disponibles
- http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=46
- <http://huracanwilma2005cancun.blogspot.mx/>
- <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2014/ciclonesTropicales2014.pdf>
- <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/ciclones-tropicales-huracanes>
- https://www.meted.ucar.edu/sign_in_es.php?go_back_to=http%253A%252F%252Fwww.meted.ucar.edu%252Fhurrican%252Fstrike_es%252Ftext%252Fmenu.htm##
- <http://www.accuweather.com/en/hurricane/tracker>
- <http://mexico.cnn.com/nacional/2013/05/29/oaxaca-y-chiapas-en-alerta-por-la-llegada-de-la-tormenta-barbara>
- <http://www.20minutos.es/noticia/1828909/0/huracan-barbara/muerto/mexico-pacifico/>
- Secretaria de Marina: http://meteorologia.semar.gob.mx/teoria_sobre_la_formacion_de_ciclones_tropicales.pdf