



24.17
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

"LA NORMAL BIVARIADA APLICADA A UN
FENOMENO CLIMATOLOGICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

A C T U A R I O

P R E S E N T A :

MARIA CONCEPCION FRAGOSO VILLARRUEL

MAYO - 1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I: DESCRIPCION DEL FENOMENO.

1.1	NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL HURACAN.....	1
1.2	SU MOVIMIENTO	5
1.3	TECNICAS DE PRONOSTICO DE TRAYECTORIA	
-	TECNICAS EMPIRICAS	8
-	TECNICAS DINAMICAS	9
-	TECNICAS ESTADISTICAS	10

CAPITULO II: SELECCION DE LA TECNICA

2.1	JUSTIFICACION DE LA TECNICA ESTADISTICA	13
2.2	DESCRIPCION DE LA TECNICA MEDIANTE EL METODO DE ANALOGIAS.....	15

CAPITULO III: LA NORMAL BIVARIADA APLICADA AL MODELO.

3.1	DESCRIPCION DEL MODELO.....	17
3.2	EL PRONOSTICO.....	27
3.3	EVALUACION DEL MODELO.....	56

ANEXOS.....	63
-------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	77
-------------------	----

INTRODUCCION.

Uno de los fenómenos climatológicos de mayor frecuencia y que más afectan directamente al territorio nacional, por estar éste limitado con el Océano Pacífico y el -- Océano Atlántico es el denominado huracán o tifón que es como se le conoce cerca del Sur de Australia, Océano Indico, sur de la India y Taiguan; en el Japón se le conoce como vecindad. Este fenómeno cobra vital importancia por los enormes daños que causa con sus fuertes vientos y sus intensas lluvias. Por ejemplo, en 1970 uno de ellos toco Banglha---desh provocando la muerte de aproximadamente 3,000,000 personas; otro de ellos toco la Paz Baja California en 1968 --siendo el causante de la muerte de miles de personas, así -como cuantiosos daños materiales.

Actualmente el hombre intenta crear modelos teóricos sobre su nacimiento, duración y trayectoria, para así, poder controlarlos y algún día aprovecharlos.

En éste trabajo de tesis se plantea un modelo analógico, el que utiliza la NORMAL BIVARIADA para obtener la posible trayectoria que un huracán seguirá en las proximas 24, 48, 72 y 96 horas.

CAPITULO I.

DESCRIPCION DEL FENOMENO

1.1 NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL HURACAN.

Durante los meses de mayo a noviembre, en el hemisferio norte, en una región oceánica llamada "ZONA INTER TROPICAL DE CONVERGENCIA", Fig. (1.1), cerca del ecuador terrestre, donde se juntan los vientos provenientes del norte y del sureste, se reúnen enormes masas de aire y de vapor de agua formándose una mancha que comenzará a desplazarse preferentemente hacia el norte, creando a partir de la superficie y hasta una altura aproximada de tres kilómetros una gran zona de baja presión, siendo esta mancha nublada una tormenta tropical.

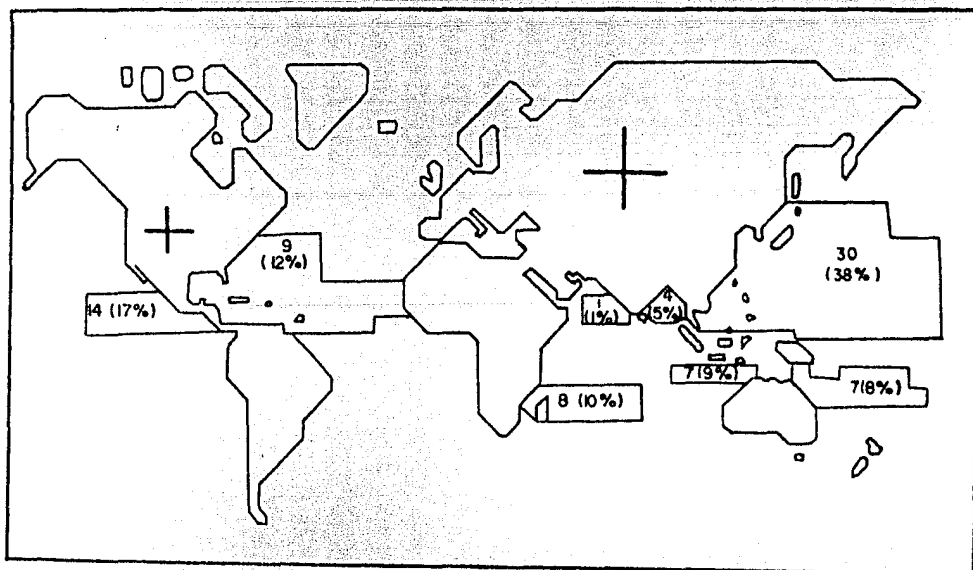


FIG. 1.1 LA FRANJA REPRESENTA LA ZONA INTERTROPICAL DE CONVERGENCIA. EL PORCENTAJE --- ANUAL DE OCURRENCIA Y NUMERO PROMEDIO DE HURACANES.

En esta etapa los vientos giran a una velocidad de apenas 34 nudos (un nudo equivale a una milla náutica -- por hora ó 1,870 metros por hora). Conforme se desplaza esta tormenta tropical, a lo largo de su camino puede encontrarse con aguas a temperaturas de 27°C sobre la superficie del mar, incrementándose enormemente la intensidad de los vientos, alcanzando velocidades de 40 nudos.

Si ahora se contempla desde arriba, un remolino de nubes habrá tomado perfectamente su forma, y en su centro habrá una región circular vacía, llamada "el ojo del huracán", conforme pasa el tiempo, si la temperatura superficial del mar que encuentra en su camino no desciende, habrá nacido un huracán, que tendrá una capacidad de soplar con vientos superiores a los 63 nudos y su "ojo" estará perfectamente formado con grandes bandas nubosas en forma de espiral a su alrededor. En su base, sobre la superficie del mar, succionará enormes cantidades de aire y vapor de agua, debido a la menor presión reinante en ella y que saldrá por su parte superior, como lo muestra la Fig. (1.2).

En un estudio oceanográfico efectuado para el Océano Atlántico, se encontró que el 95% de las tormentas tropicales que alcanzan la intensidad de huracán se encuentran en aguas oceánicas que tienen temperaturas de 28°C, además de que la capa entre la superficie del mar y los 60 metros de profundidad tienen una diferencia de temperatura de 4°C. Esto significa que si únicamente la superficie del mar está caliente a 28°C, la tormenta no tiene una fuente de calor lo suficientemente grande como para evolucionar --

y convertirse en huracán.

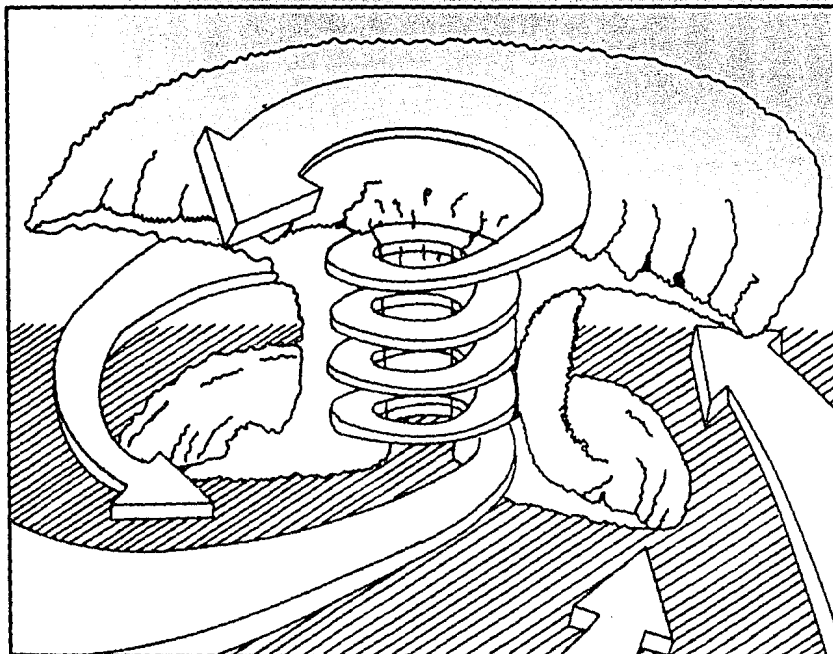


FIG. 1.2 FORMACION INTERNA Y EXTERNA DE UN HURACAN.

Otro hecho interesante de estos fenómenos, es que pueden formarse dos o tres al mismo tiempo en una misma --- área y a veces de ellos pueden acercarse hasta formar un -- sistema binario, girando cada uno de ellos sobre su propio eje y a la vez, en un eje común a una distancia media entre sus centros, pudiendo llegar a juntarse en uno solo.

1.2 MOVIMIENTOS.

Los posibles movimientos que en su trayectoria un huracán puede tener son muy variados, algunos muy simples y otros bastante complejos que para describirlos es necesario ejemplificarlos, tal como se muestra en la Fig. (1.3). Otros posibles movimientos pueden ser combinaciones de algunos de éstos, aquí solo se describirán los más generales y más comunes para el Océano Pacífico, cerca del Territorio Nacional.

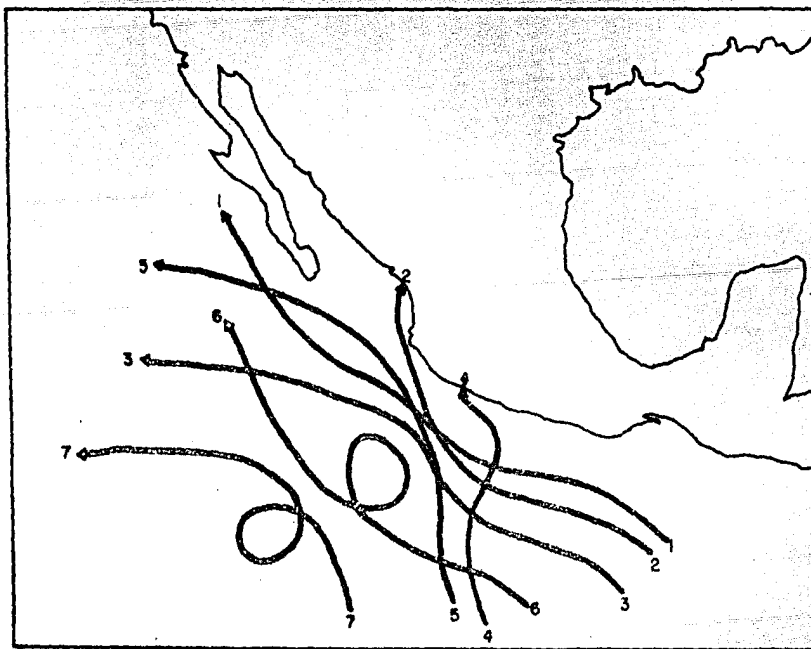


FIG. 1.3 LAS TRAYECTORIAS MAS FRECUENTES QUE HA ---
TENIDO UN HURACAN.

Los casos 1 , 2 y 3 inicialmente son similares por ser paralelos a la costa, pero finalmente el primero continúa hacia el norte, el segundo se desvía al noreste para penetrar al Continente y el tercero se desvía hacia el oeste para disiparse en el Océano.

Los casos 4 y 5 son movimientos perpendiculares al Continente, pudiendo como en el cuarto caso penetrar directamente a tierra o como en el quinto, desviarse hacia el noreste para perderse en el Océano.

También puede ocurrir que el huracán tenga una trayectoria en la que se forme un rizo, el cual puede ser grande o pequeño para después continuar con la misma dirección que llevaba al principio, como es el caso 6 , o pudiendo cambiar completamente de curso como en el caso 7 .

Es importante citar que en todos los casos descritos anteriormente, puede el huracán en cualquier punto de su trayectoria estacionarse un lapso de tiempo.

Como parte de la descripción del posible movimiento que un huracán puede tener, hay que mencionar la velocidad con que se mueve, siendo su velocidad promedio de aproximadamente entre 14 y 20 kilómetros por hora. Cuando su movimiento es lento, la velocidad varía entre cero y cinco kilómetros por hora. También puede alcanzar velocidades máximas hasta de 55 kilómetros por hora.

Las causas que provoca esta variabilidad en el movien

miento de un huracán, puede deberse a la influencia que sufre del medio ambiente en que se desarrolla según la época del año, tal como : la temperatura de la superficie del mar, el alejamiento a la zona intertropical de convergencia, el movimiento general de la atmósfera y otros factores que en la actualidad apenas se empiezan a estudiar.

Otra de las características que presentan en su movimiento los huracanes, es la frecuencia con que ocurren en determinadas áreas del Océano Pacífico, permitiendo ésto una cuantificación de todos los huracanes que han ocurrido y por tanto una clasificación de esta zona en pequeñas áreas donde la posibilidad de ocurrencia está dada en una estadística -- ver Fig. (1.1). Usando este resultado podemos decir que la posibilidad de tener un huracán al norte del Pacífico es casi nula a comparación de la posibilidad tan grande que existe de tenerlo al sur del Pacífico.

1.3 TECNICAS DE PRONOSTICO DE TRAYECTORIA DE HURACANES.

Para determinar la trayectoria que puede seguir un huracán, es necesario saber lo que está ocurriendo dentro y fuera de él, pero el conocimiento de lo que pueda ocurrir en un momento dado es muy difícil, ya que los fenómenos atmosféricos no están aún rigurosamente definidos, por lo que es necesario en base a observaciones de una serie de datos que permitan determinar la variabilidad tanto de su medio ambiente como de él. Actualmente existen tres técnicas para el pronóstico de la trayectoria de huracanes, las que se denominan Empíricas, Dinámicas y Estadísticas.

TECNICAS EMPIRICAS.

Las técnicas empíricas a su vez se dividen en varias categorías, que también en combinación pueden lograr un pronóstico de trayectoria de huracanes de 12 hasta 24 horas, y estas son:

PERSISTENCIA: En ésta se considera que los efectos integrados a todas las fuerzas que conducen a los huracanes durante un cierto período pasado, deberá continuar en un mismo tiempo futuro. La persistencia se toma como el movimiento suavizado del huracán entre 12 y 24 horas. Un pronóstico de persistencia de mayor orden, puede ser hecho tomando en cuenta los cambios de dirección y rapidez ocurridos 24 horas antes.

CLIMATOLOGIA: Este hace uso de la repetividad --

temporal y especial de las trayectorias obtenidas de los patrones sinópticos que gobiernan los huracanes. Esta técnica desplaza o mueve el huracán en dirección resultante de la rapidez media escalar, para una localización y época del año.

SINOPTICAS: Hay dos tipos de pronósticos que -- pueden considerarse sinópticos, uno es mediante el uso convencional de observaciones sinópticas de presión, temperatura, humedad, viento y otros parámetros meteorológicos. El otro considera lo mismo, además de la fotografía de satélites.

FOTOGRAFIA DE SATELITES: Se basa en el hecho de relacionar principalmente los cambios de las características de las nubes asociadas con los huracanes para los cambios futuros en la dirección del movimiento para determinar la dirección del movimiento del huracán, se ha observado que la nubosidad avanza en la dirección del mismo, así la fotografía de las nubes observadas por los satélites o el reporte de precipitación de las estaciones costeras adelante de los huracanes, a veces da una buena indicación de la dirección de la trayectoria del huracán.

TECNICAS DINAMICAS.

El procedimiento para obtener un pronóstico aplicando la técnica dinámica, se basa en datos observados para así resolver numéricamente las ecuaciones hidrodinámicas para el período de tiempo deseado del pronóstico.

Estas técnicas resultan del hecho de que un movimiento del huracán es precisamente una función de la corriente directriz en la cual el huracán está sumergido. Por tanto, los modelos desarrollados consideran que la circulación del huracán es sustraída del flujo total y la tormenta es manejada como un vórtice puntual, o también la circulación del huracán es reemplazado por un predeterminado vórtice que es simétrico y no interacciona.

Los modelos dinámicos requieren de dos mallas, una para representar el medio ambiente del huracán y la otra para analizar el vórtice puntual del huracán, la que se irá moviendo conforme el huracán avanza. En cada punto de las mallas se tiene los datos observados proporcionados por satélites y estaciones cercanas, para las zonas oceánicas donde no se tienen datos de sondeo de vientos, éstos se obtienen de un análisis subjetivo del campo de vientos.

Un modelo dinámico no depende de las relaciones estadísticas entre un huracán actual y un huracán pasado, esto es, las variaciones en el curso futuro de un huracán deben ser precedidas implícitamente por medio de las ecuaciones de movimiento e independientes de los detalles del comportamiento de un huracán pasado.

TECNICAS ESTADISTICAS.

El pronóstico obtenido para el movimiento de un huracán utilizando la técnica estadística, se puede dividir en dos categorías que son:

ANALOGICAS: Una tormenta actual es asociada con --- otras trayectorias parecidas, esto permite inferir lo que puede hacer en el futuro la tormenta actual. Estos modelos utilizan el método de analogías que consiste en capitalizar la habilidad para identificar familias de trayectorias de huracanes, a través de una serie de algoritmos de computación.

El desarrollo y uso operacional de un modelo analógico, requiere de disponibilidad de un archivo histórico de -- trayectorias de huracanes.

Una importancia característica de los modelos analógicos, es que el pronóstico se presenta en términos de elipses de probabilidad y adicionalmente dan una adecuada cantidad de información de diagnóstico.

Los modelos son relativamente fáciles para su implantación, solo requieren un mínimo de tiempo de procesamiento en la computadora, pero si un máximo de información. Adecuadamente interpretados sus resultados, ellos representan la mejor probabilidad para un primer pronóstico estimado disponible para el meteorólogo.

REGRESION: Los modelos que utilizan la regresión -- incorporan un mecanismo de predicción que requiere de datos -- sinópticos más recientes, que son seleccionados de la climatología y la persistencia; y datos pronosticados por otros modelos. Así, si hay suficientes datos disponibles, se desarrollan conjuntos separados de ecuaciones de regresión que representan diferentes patrones sinópticos.

CAPITULO II.

SELECCION DE LA TECNICA.

REQUERIMIENTOS DE LAS TECNICAS.

TECNICAS EMPIRICAS: Estas requieren de datos sinópticos en tiempo real, obtenidos por estaciones meteorológicas y satélites, además de un claro conocimiento de la naturaleza de toda esta información para realizar todos los análisis meteorológicos necesarios.

TECNICAS DINAMICAS: Al igual que las técnicas empíricas, requieren de los mismos datos sinópticos a tiempo real, es decir lo más cercano al tiempo en que va a elaborarse el pronóstico y en particular datos de estaciones meteorológicas de radio sondeo en zonas oceánicas.

TECNICAS ESTADISTICAS: Requieren de un archivo histórico de huracanes suficientemente grande y confiable, que contenga las posiciones y fechas correspondientes de cada huracán; disponibilidad de un equipo de cómputo y además de conocimientos de métodos estadísticos que puedan aplicarse a la información que contiene el archivo histórico.

En base al análisis de los requerimientos y material disponible, se concluyó que el uso de las técnicas dinámicas y empíricas no son aplicables en nuestro medio, debido a que se carece del volumen suficiente de datos sinópticos a tiempo real, dado que el número de estaciones meteorológicas es insuficiente y las que se tienen no están bien distribuidas y en particular se carece de ellas en las zonas oceánicas.

2.1 JUSTIFICACION DE LA TECNICA ESTADISTICA.

Para poder seleccionar con éxito la técnica y así - resolver el problema de obtener un pronóstico para la posible trayectoria de un huracán, se procedió a analizar el material disponible así como los requerimientos que cada técnica emplea para resolver el problema.

MATERIAL DISPONIBLE:

- 1.- Archivo histórico de huracanes que incluye la información del período 1921 a 1980, que contiene las coordenadas de cada punto de las trayectorias de los huracanes, siendo el lapso de tiempo entre punto y punto de 12 horas; las fechas correspondientes, o sea el año, el mes y el día; así como el nombre como fueron registradas (ver Anexo A).
- 2.- Datos disponibles en tiempo real, de huracanes que estén ocurriendo en el momento.
- 3.- Equipo y conocimiento de cómputo.
- 4.- Conocimiento de técnicas estadísticas, naturaleza de los datos.
- 5.- Información de 13 estaciones meteorológicas de radiosondeo distribuidas en el Territorio Nacional.

Por otro lado las técnicas dinámicas para la solución de las ecuaciones hidrodinámicas que plantean, requieren de mucho tiempo de procesamiento en la computadora, lo que implica un costo elevado en la elaboración del pronóstico; sin embargo a pesar del costo, el análisis que hace es bastante profundo, pues conjunta tanto el meteorológico como el numérico.

En resumen, a falta de información sinóptica a --- tiempo real, se tiene información histórica de huracanes, esto justifica la selección de la técnica estadística mediante el método de analogías, ya que se cubre ésta con el material disponible y por ello nuestras necesidades. El pronóstico - obtenido por esta técnica, requiere de un mínimo de tiempo - en su implantación y en su procesamiento en la computadora.

2.2 DESCRIPCION DEL METODO DE ANALOGIAS.

Entenderemos por analogía, la relación de semejanza que permita establecer visiones de conjunto entre realidades distintas. Este principio de semejanza se establece en el método de analogías, dada la existencia de un conjunto de --- eventos los cuales deben ser semejantes en naturaleza a un --- patrón, por tanto entenderemos el método de analogías a la --- identificación de eventos que sean semejantes con respecto al patrón.

Al conjunto de eventos lo llamaremos archivo de datos, el cual debe ser construido con eventos concretos y contables o medibles.

El método de analogías requiere de construir y diseñar un algoritmo que permita de manera sistemática seleccionar del archivo aquellos datos semejantes a un patrón, para así obtener una muestra que sea lo más representativa. El --- algoritmo debe ser elaborado en base a patrones de comparac--- ción, los cuales van a depender del problema a resolver.

Es necesario tener presente que la confiabilidad --- y el tamaño de la muestra obtenida por el algoritmo, va a depender en mucho de la forma de cómo se definan los parámetros y sus rangos, ya que en el caso de que éstos definan el problema de manera muy general, la muestra obtenida puede no ser representativa y en caso de ser muy específicos la muestra --- puede ser muy confiable pero muy pequeña, aún cuando se cuente con un archivo de datos lo suficientemente grande.

Las ventajas de utilizar un algoritmo, es que permite la selección de la muestra de una manera muy confiable, y por otro lado el proceso de obtención de la muestra es muy rápida.

Una vez obtenida la muestra de los datos análogos al patrón, puede suceder que la información que da sea o no suficiente para la solución del problema, en este último caso hay la opción de aplicar a la muestra obtenida cualquier otra técnica, la cual puede ser estadística, analítica o de cualquier otra índole.

C A P Í T U L O I I I .

LA NORMAL BIVARIADA APLICADA AL MODELO .

3.1 DESCRIPCION DEL MODELO.

Como se vió en el capítulo anterior, el método de analogías consiste en seleccionar un conjunto de eventos que cumplan con ciertas características de semejanza a un patrón, las cuales estarán definiendo el problema a resolver. En este caso se tendrá como conjunto de eventos, un archivo de posiciones de trayectorias de huracanes históricos o pasados y como patrón las posiciones de un huracán actual.

Para encontrar aquellas trayectorias de huracanes históricos que exhiban características de semejanza al huracán actual, será necesario establecer parámetros de comparación que definan al patrón, para nuestro propósito se establecieron los siguientes: La posición geográfica dada por la latitud y longitud de la última posición observada del huracán actual, así como las de 12 y 24 horas anteriores, la fecha de la última posición observadas, estos parámetros de com

PARAMETROS DE COMPARACION	RANGOS DE ACEPTACION
LATITUD	$\pm 2.0^{\circ}$
LONGITUD	$\pm 1.5^{\circ}$
DIA JULIANO	± 90 DIAS.

TABLA 1. PARAMETROS Y RANGOS DE ACEPTACION.

paración están limitados por los rangos de aceptación definidos en la tabla 1. Con el fin de seleccionar el conjunto de trayectoria de huracanes que sean semejantes al huracán actual.

ALGORITMO PARA LA EXTRACCION DE LA MUESTRA.

Una búsqueda sistemática en el archivo histórico es iniciada con la extracción del huracán histórico, para empezar la comparación de los parámetros del huracán actual con los parámetros del huracán histórico, esto es, se compara la última posición observada del huracán actual con cada una de las posiciones del huracán histórico, al

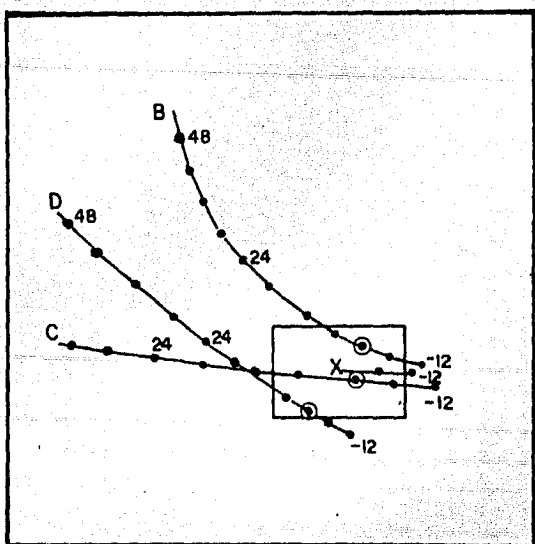


FIG. 3.1 POSICIONES DE HURACANES QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS RANGOS DE ACEPTACION.

mismo tiempo es comparado el parámetro día julian o del huracán actual con el del huracán histórico, como se muestra en la Fig. (3.1)

Obteniéndose así la mejor posición análoga del -- huracán histórico al huracán actual. Para continuar con el análisis de ese huracán histórico pero ahora con las posiciones de 12 y 24 horas después.

Es importante que se conozca también el comportamiento que tuvieron las trayectorias de los huracanes que fueron análogos, mediante las posiciones de 12 y 24 horas después de la mejor posición análoga, ya que si se recuerda lo que se pretende obtener es el comportamiento que sigue en su movimiento la trayectoria del huracán actual en las 24 horas posteriores, por esta razón es necesario que se -- continúe con el análisis de las posiciones de 12 y 24 horas después de la mejor análoga, puede ocurrir que no se tengan las posiciones de 12 y 24 horas después de la mejor análoga, debido a que los parámetros de comparación son limitados -- por rangos de aceptación, o por que la posición análoga sea la penúltima o última del huracán histórico, en estos casos se procederá a ser calculada.

Una vez completada la muestra con las posiciones no existentes, se cuenta entonces, con un conjunto de posiciones que fueron análogas al huracán actual, dando este -- conjunto tantas alternativas como posiciones contenidas en él, así que lo que la muestra nos proporciona no es sufi---

ciente. Se procederá entonces a recurrir a una técnica estadística, basada en la construcción de regiones (elipses) de confianza bajo la hipótesis de normalidad. A continuación se esboza la construcción de dichas regiones:

La expresión de la función de densidad normal - multivariada con p variables aleatorias independientes es:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} \sigma_1 \dots \sigma_p} \text{EXP}^{-1/2 \sum_{i=1}^p \left(\frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \right)^2}$$

si escribimos

$X' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ el vector de variables aleatorias

$\mu' = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p]$ el vector de medias

$$y \quad \Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & 0 \\ \sigma_1^2 & \dots & \sigma_p^2 \\ 0 & \dots & \sigma_p^2 \end{pmatrix} \quad \text{la matriz de covarianzas.}$$

en general la densidad conjunta será:

$$f(\underline{X}) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2p} |\Sigma|^{1/2}} \text{ESP}^{-1/2 [(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu})]}$$

Un caso especial de la distribución normal multivariada es la normal bivariada, es decir para $p = 2$. Sean x_1 y x_2 variables aleatorias las cuales se suponen tienen una distribución normal conjunta.

$$X' = [x_1, x_2] \quad \mu' = [\mu_1, \mu_2]$$

la matriz de covarianza

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_1 \sigma_2 \\ \sigma_2 \sigma_1 & \sigma_{22} \end{pmatrix}$$

y la matriz inverza de covarianza

$$\Sigma^{-1} = \frac{1}{1 - \rho^2} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_{11}} & \frac{-\rho}{\sigma_1 \sigma_2} \\ \frac{-\rho}{\sigma_1 \sigma_2} & \frac{1}{\sigma_{22}} \end{pmatrix}$$

el coeficiente de correlación entre x_1 y x_2 está dada como:

$$\rho_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11} \sigma_{22}} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \sigma_2}$$

donde σ_{11} es la varianza de x_1 y σ_{22} es la varianza de x_2 y ρ el coeficiente de correlación entre x_1 y x_2 .

Por tanto la función de densidad normal bivariada tiene la siguiente expresión:

$$f(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi \sigma_1 \sigma_2 \sqrt{1 - \rho^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2(1 - \rho^2)} \left[\left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right) \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right) + \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right)^2 \right] \right\}$$

La función de densidad es constante sobre las elipsoides, donde el exponente de la función igualada a una constante C resulta ser la ecuación de un elipsoide.

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$$

para todo valor positivo C en un espacio euclidiano p -dimensional.

El centro de cada elipsoide está en el punto $\underline{\mu}$, la forma del elipsoide está determinada por Σ y el tamaño -- (dado Σ) por C .

Se puede caracterizar la forma del elipsoide localizando las direcciones de los ejes y su tamaño de la siguiente forma:

para cualquier punto $\underline{X}$, la distancia al cuadrado hasta el centro del elipsoide es :

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu})$$

como el punto $\underline{X}$ debe estar sobre el elipsoide satisface:

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$$

entonces se puede plantear el problema de:

maximizar

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu})$$

sujeto a

$$(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$$

Para que las longitudes tengan su valor máximo, es necesario que sus derivadas con respecto al elemento de $\underline{X}$ sean cada una igualadas a cero:

$$f(\underline{X}) = (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) - \lambda [(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) - C]$$

$$\frac{\partial f(\underline{X})}{\partial \underline{X}} = 2(\underline{X} - \underline{\mu}) - 2\lambda \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu})$$

de donde las coordenadas de las longitudes de los ejes deben satisfacer la ecuación:

$$[I - \lambda \Sigma^{-1}] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

y como Σ es no singular, multiplicando a la izquierda por Σ

$$[\Sigma - \lambda I] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

multiplicando por la izquierda por $4 (\underline{X} - \underline{\mu})'$

$$4 (\underline{X} - \underline{\mu})' [I - \lambda \Sigma^{-1}] (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

$$4 (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) - 4\lambda (\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = \underline{0}$$

$$4 (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) = 4\lambda (\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu})$$

y como $(\underline{X} - \underline{\mu})' \Sigma^{-1} (\underline{X} - \underline{\mu}) = C$

$$4 (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) = 4\lambda C$$

por tanto la longitud de los ejes del elipsoide están dados por:

$$L = 2 \sqrt{ (\underline{X} - \underline{\mu})' (\underline{X} - \underline{\mu}) } = 2 \sqrt{\lambda C}$$

$$L_1 = 2 \sqrt{\lambda_1 C} \quad \text{y} \quad L_2 = 2 \sqrt{\lambda_2 C}$$

donde λ_1, λ_2 son los valores característicos de Σ y α_1, α_2 son los vectores característicos correspondientes, así las direcciones de los ejes están determinados por los vectores característicos.

Los estimadores de máxima verosimilitud de $\underline{\mu}$ y Σ en la función de densidad normal multivariada son:

Si $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \dots, \underline{X}_N$ es una muestra aleatoria con $N \leq p$

$$\bar{\underline{X}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \underline{X}_i = \begin{pmatrix} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{1i} \\ \vdots \\ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{pi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{X}_1 \\ \vdots \\ \bar{X}_p \end{pmatrix}$$

$$\hat{\Sigma} = S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\underline{X}_i - \bar{\underline{X}})(\underline{X}_i - \bar{\underline{X}})' \text{ es la matriz}$$

de covarianza muestral.

Una región del $(1-\alpha) \times 100\%$ de confianza para el vector de medias es:

$$N(\bar{\underline{X}} - \underline{\mu})' S^{-1} (\bar{\underline{X}} - \underline{\mu}) \leq T_{\alpha}^2$$

que corresponde a un elipsoide con centro en $\bar{\underline{X}}$ y donde T_{α}^2 es el cuantil $(1 - \alpha/2)$ de una T^2 de Hotelling, utilizando la relación:

$$F = \frac{N-p}{p(N-1)} T^2$$

se puede utilizar una distribución $F_{(p, N-p)}$ esto es:

$$N (\bar{X} - \underline{\mu})' S^{-1} (\bar{X} - \underline{\mu}) \leq \frac{p(N-1)}{N-p} F_{(p, N-p)}^{1-\alpha}$$

siendo ésta la que se utiliza en el programa, donde los parámetros poblacionales son:

μ_{x_1} : media de x (longitud) de la coordenada

μ_{x_2} : media de y (latitud) de la coordenada

V_{x_1} : desviación estandar de la coordenada x

V_{x_2} : desviación estandar de la coordenada y

$V_{x_1}^2$: varianza de la coordenada x

$V_{x_2}^2$: varianza de la coordenada y

$\rho_{x_2 x_1}$: coeficiente de correlación entre las coordenadas (x, y).

3.2 PRONOSTICO.

Se construyó un programa en el cual, se sistematizó la técnica utilizada para la obtención del pronóstico, el cual requiere de los siguientes datos de entrada.

- 1.- Un archivo histórico de huracanes.
- 2.- Datos generales del huracán actual.

PROCESO DEL PROGRAMA:

El proceso empieza con la extracción del primer huracán registrado en el archivo histórico, para ser calculado el día juliano, que consiste en obtener el día acumulado, es decir, cuenta los días transcurridos a partir del día primero de enero a la fecha en que fué registrada, tomando en cuenta si es o no año bisiesto, esto con el fin de poder ser comparado este parámetro.

Hace una identificación de la hora en que fué registrada la última posición del huracán actual y las horas que han transcurrido a partir de que se recibió la información y la hora en que se procesa ésta, ya que si han transcurrido más de 6 horas, ésta se toma como la de 12 horas antes. También se hace con el objeto de identificar si el pronóstico que se está calculando es el de las cero o las de 12 horas.

El proceso continúa al empezar a comparar los parámetros del huracán actual con los del huracán histórico,

y si el huracán histórico contribuye con más de una posición a la muestra, ésta es almacenada. Procediendo a preguntarse --- por la existencia de las posiciones de 12 y 24 horas después a la que escogió como la más análoga, en el caso de que las tenga, se procederá a ser calculadas en forma lineal. Este proceso es iterado tantas veces como huracanes se tengan registrados en el archivo histórico.

Así, una vez de haber hecho esta selección con cada una de las tormentas del archivo histórico, se preguntará si existe suficiente información en la muestra, es decir, si hay más de 10 posiciones acumuladas en la muestra, se procederá a calcular el pronóstico, ya que una de las condiciones principales para seguir, es que deben de existir mínimo 10 posiciones, de lo contrario se omitirá un letrero que indica "ANALOGIAS INSUFICIENTES", y el proceso se da por terminado. Pero en el caso de que la muestra obtenida contenga más de 10 posiciones, se procederá a asignarle la probabilidad al área correspondiente.

Procediendo a ser calculados los estimadores de los -- parámetros a partir de la muestra, siendo éstos: la media, varianza, desviación estandar, coeficiente de correlación correspondientes a x_1, x_2 . Ya calculados estos estimadores, entrará a una subrutina donde calculará la elipse de probabilidad siendo el centro de la elipse μ , para el pronóstico de 24 horas, todo este proceso es iterado tres veces más, ya que el pronóstico es calculado para 48, 72 y 96 horas más. Pero ahora para el pronóstico de 48 horas, supone que la última --

posición observada del huracán actual es la que pronosticó - para las 24 horas, y así consecutivamente para el pronóstico de las 72 y 96 horas.

Cuando ha obtenido los pronósticos de las 24, 48, 72 y 96 horas, entra a una subrutina de graficación, la --- cual omite dos tipos de reporte. El primero contiene las --- gráficas de las elipses correspondientes al pronóstico de --- 24, 48, 72 y 96 horas, las cuales representan las áreas más probables del movimiento del huracán, siendo la unión de --- los centros de las elipses la trayectoria más probable del movimiento del huracán, por ser los centros de las elipses las latitudes y longitudes medias. Donde la ubicación de --- las elipses estarán dadas por el coeficiente de correlación, es decir, si el coeficiente de correlación es positivo, la ubicación de la elipse será hacia el oriente, si el coeficiente de correlación es negativo, la ubicación de la elipse será al poniente, y si el coeficiente de correlación es igual a cero tendremos una circunferencia. Junto con las --- gráficas de las elipses es graficado el contorno de la República Mexicana, con el fin de que sea más fácil la ubicación del resultado esto es, de una manera visual se facilite la ubicación de las áreas de probabilidad y por tanto la posible trayectoria que en su movimiento el huracán pueda --- seguir con respecto a la costa de la República Mexicana. --- Ver Reporte 1.

El segundo reporte contiene las coordenadas correspondientes a los lugares geométricos de las elipses, ---

así como el total de tormentas que fueron análogas junto --
con las posiciones totales de la muestra. Ver Reporte 2.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 13.0N 110.0W
 HORA 02 DIA 21 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 90 ANALOGIAS CON 193 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 13.7N 114.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 14.6N 115.7W 12.8N 112.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 14.9N 113.6W 12.5N 115.0W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 80 ANALOGIAS CON 172 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 15.1N 118.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 15.5N 124.9W 14.7N 112.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.3N 118.5W 12.0N 118.6W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 66 ANALOGIAS CON 147 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.3N 121.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.5N 125.7W 16.1N 116.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.3N 121.1W 12.3N 121.5W

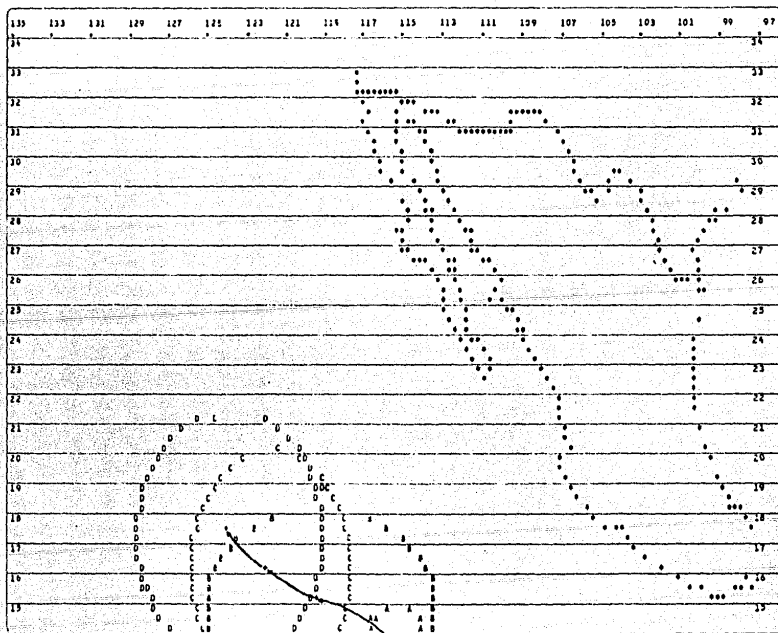
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 53 ANALOGIAS CON 122 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.5N 123.6W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.1N 118.5W 15.8N 128.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.4N 124.6W 13.6N 122.6W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 13.3N 112.8W
 HORA 12Z DIA 21 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 230 ANALOGIAS CON 498 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 14.7N 117.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 14.9N 123.1W 14.6N 111.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 16.2N 117.2W 13.2N 117.2W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 225 ANALOGIAS CON 539 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.6N 121.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.8N 131.9W 16.3N 111.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.5N 121.5W 13.6N 121.5W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 172 ANALOGIAS CON 437 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.9N 123.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.1N 129.6W 17.6N 118.0W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.9N 123.7W 13.9N 123.9W

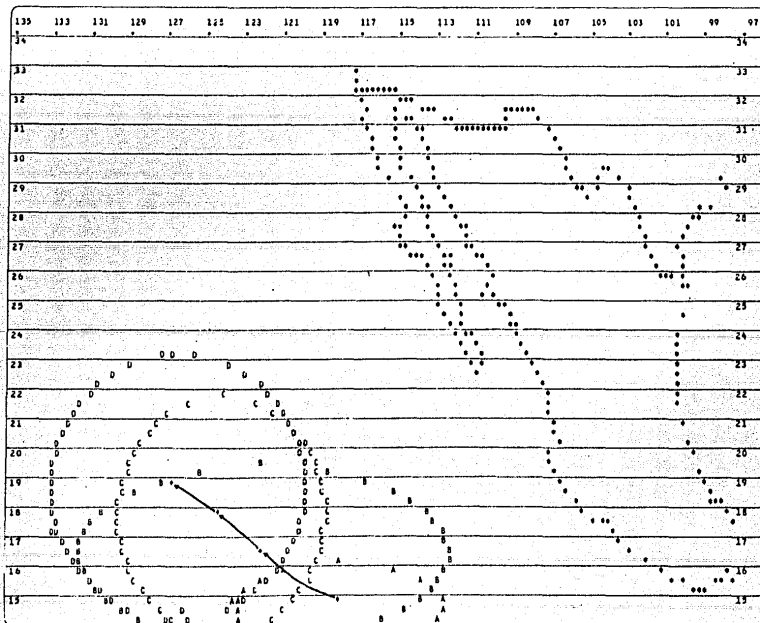
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 135 ANALOGIAS CON 345 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.8N 126.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.3N 119.0W 17.3N 133.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 126.7W 14.5N 125.9W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "x" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 14.3N 115.0W
 HORA 0Z DIA 22 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 289 ANALOGIAS CON 602 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.0N 119.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.1N 128.6W 16.0N 110.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 17.6N 119.4W 14.5N 119.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 247 ANALOGIAS CON 502 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.9N 122.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.9N 131.3W 17.8N 112.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.0N 122.1W 14.8N 122.1W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 187 ANALOGIAS CON 389 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 123.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.6N 118.5W 18.0N 129.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.5N 124.7W 15.1N 123.1W

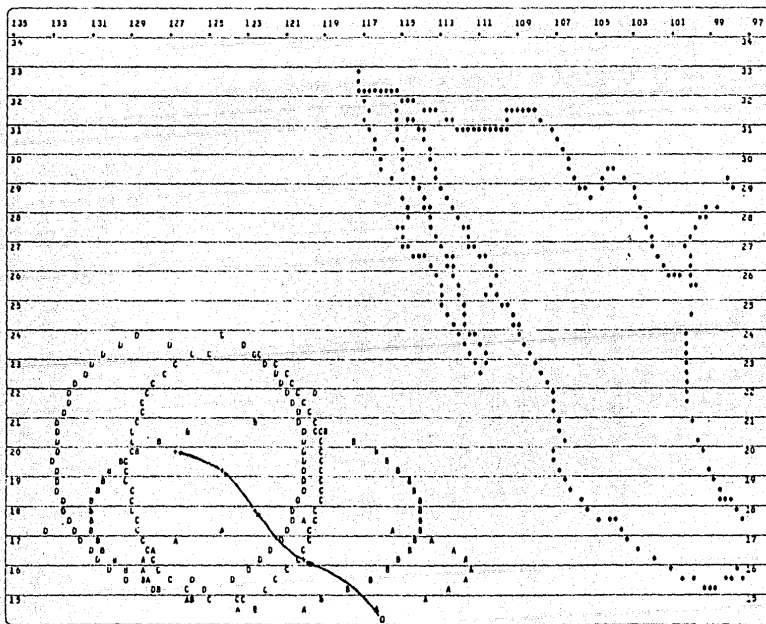
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 138 ANALOGIAS CON 281 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.8N 126.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.0N 119.0W 17.5N 133.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.8N 126.9W 15.7N 125.8W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "*" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 14.5N 116.9W
 HORA 12Z DIA 22 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 268 ANALOGIAS CON 674 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 15.8N 120.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 16.1N 122.5N 15.4N 118.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 17.2N 120.3W 14.3N 120.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 231 ANALOGIAS CON 569 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.2N 123.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.5N 128.4W 17.0N 118.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.1N 123.3W 14.3N 123.4W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 176 ANALOGIAS CON 459 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.5N 125.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.6N 120.2W 18.5N 130.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 22.5N 125.4W 14.5N 125.4W

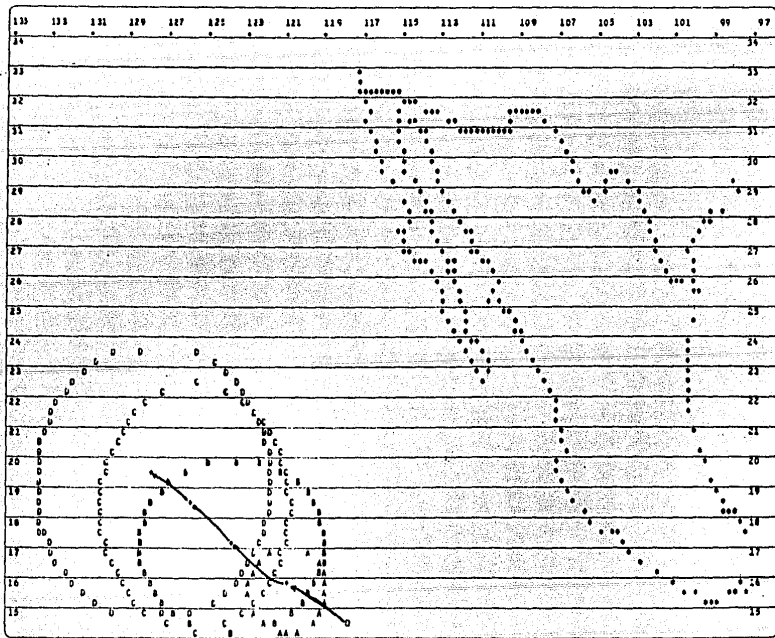
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 128 ANALOGIAS CON 340 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 127.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.9N 121.2W 17.7N 134.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 128.4W 14.9N 127.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 15.3N 119.0W
 HORA 02 DIA 23 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 292 ANALOGIAS CON 691 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.9N 123.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.0N 132.0W 16.8N 114.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.5N 123.1W 15.4N 123.1W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 246 ANALOGIAS CON 578 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.5N 125.0W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.5N 131.7W 18.4N 118.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.6N 125.0W 15.4N 125.0W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 185 ANALOGIAS CON 439 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 127.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 122.4W 18.4N 133.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.4N 128.3W 15.7N 127.2W

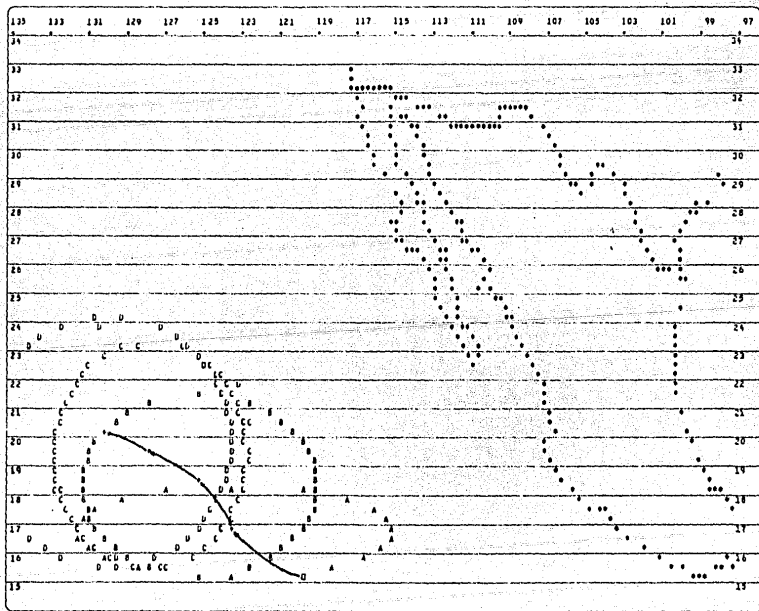
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 128 ANALOGIAS CON 313 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 130.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.9N 122.9W 18.1N 137.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 130.6W 16.0N 129.7W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SÍMBOLO "x" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 15.7N 121.0W
 HORA 12[DIA 23 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 262 ANALOGIAS CON 716 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 16.9N 124.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.0N 131.6W 16.8N 117.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 18.5N 124.4W 15.4N 124.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 219 ANALOGIAS CON 598 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.1N 127.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.2N 132.8W 18.1N 121.7W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.1N 127.3W 15.2N 127.3W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 168 ANALOGIAS CON 461 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.2N 129.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.8N 124.3W 18.5N 135.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 130.1W 15.2N 129.5W

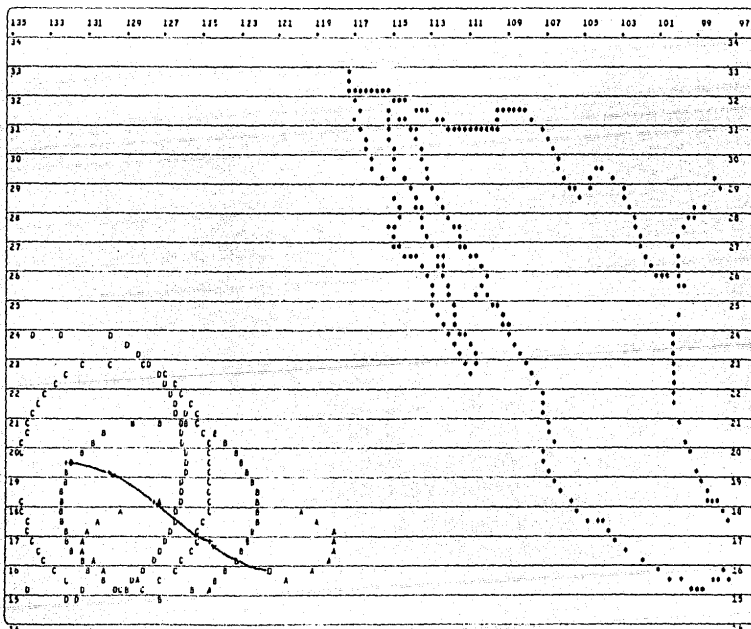
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 119 ANALOGIAS CON 325 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 132.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.3N 125.7W 17.9N 138.7W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 132.9W 15.2N 131.5W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 16.2N 123.0W
 HORA 0Z DIA 24 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 275 ANALOGIAS CON 753 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 17.5N 126.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 17.5N 121.6W 17.4N 131.3W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.0N 126.5W 15.9N 126.5W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 227 ANALOGIAS CON 612 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.7N 129.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.0N 124.6W 18.4N 133.7W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.7N 129.3W 15.7N 129.0W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 176 ANALOGIAS CON 464 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.6N 131.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 126.3W 18.4N 137.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.4N 132.4W 15.8N 131.4W

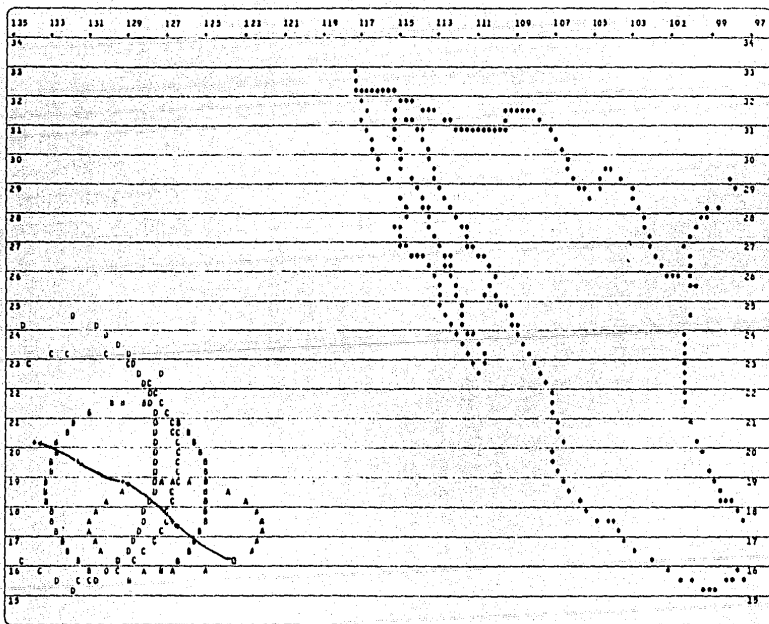
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 119 ANALOGIAS CON 310 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 134.1W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.6N 127.1W 17.4N 141.0W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.3N 135.1W 15.7N 133.2W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 16.8N 124.7W
 HORA 12Z DIA 24 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 274 ANALOGIAS CON 719 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.0N 127.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 18.0N 132.9W 18.0N 122.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 19.6N 127.7W 16.4N 127.7W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 219 ANALOGIAS CON 572 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.1N 129.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.9N 124.5W 18.4N 135.3W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 22.1N 130.1W 16.2N 129.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 168 ANALOGIAS CON 426 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 132.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.2N 125.6W 18.9N 139.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 132.8W 16.3N 132.3W

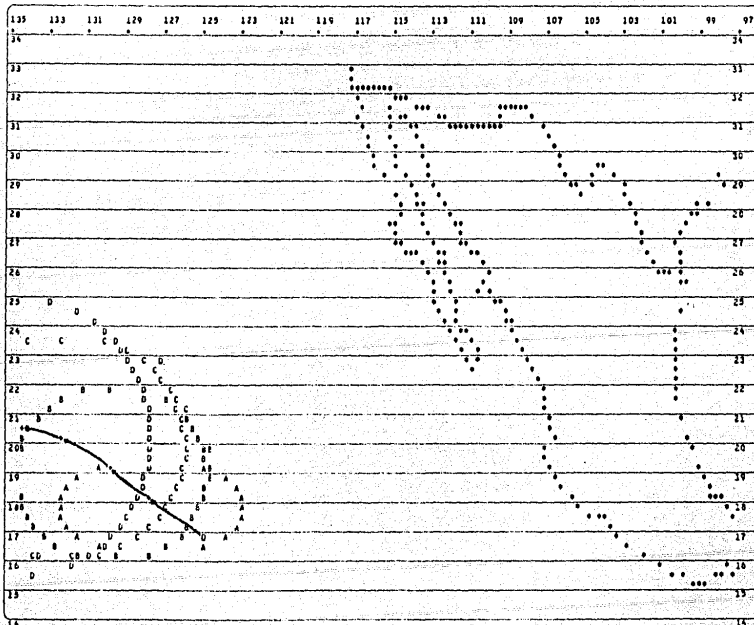
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 103 ANALOGIAS CON 269 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.4N 134.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.9N 127.4W 17.9N 142.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.5N 135.5W 16.2N 134.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 17.5N 126.5W
 HORA 02 DIA 25 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 263 ANALOGIAS CON 648 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 18.8N 129.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.1N 133.0W 18.5N 126.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 20.6N 129.5W 17.0N 129.6W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 211 ANALOGIAS CON 497 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 131.0W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.2N 126.2W 19.8N 137.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.0N 131.9W 17.0N 131.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 155 ANALOGIAS CON 357 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.8N 134.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.4N 127.2W 19.2N 141.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.6N 134.7W 17.1N 134.0W

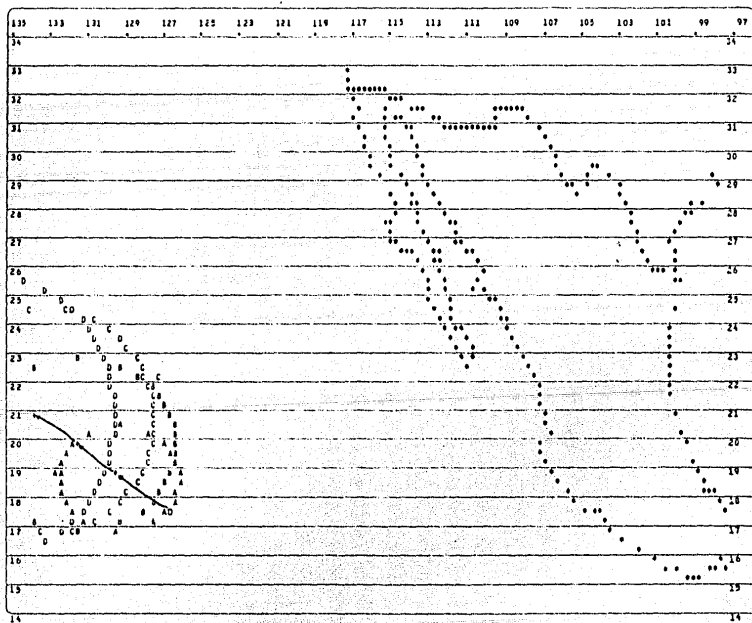
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 92 ANALOGIAS CON 216 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.0N 136.8W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 23.6N 129.3W 18.5N 144.1W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 25.3N 137.5W 16.8N 136.0W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 18.1N 128.3W
 HORA 12Z DIA 25 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 234 ANALOGIAS CON 571 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 19.3N 131.4W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 19.6N 135.1W 18.9N 127.6W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.0N 131.3W 17.5N 131.4W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 183 ANALOGIAS CON 426 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.3N 133.7W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.8N 128.9W 19.9N 138.5W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.2N 133.9W 17.5N 133.5W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 121 ANALOGIAS CON 292 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.2N 136.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 23.2N 129.6W 19.1N 142.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.7N 136.8W 17.6N 135.8W

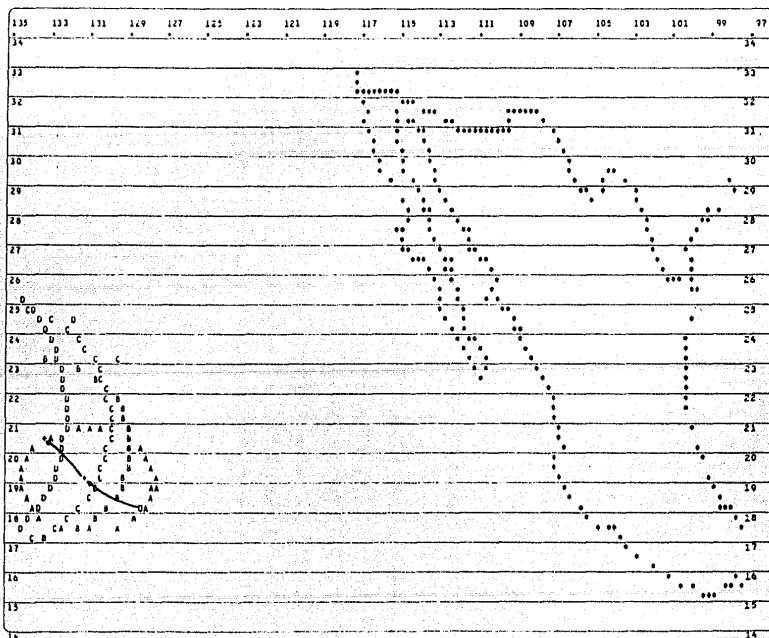
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 80 ANALOGIAS CON 175 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.5N 139.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.5N 132.1W 18.6N 146.2W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 25.8N 140.3W 17.3N 138.2W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SÍMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 18.8N 130.6W
 HORA 02 DIA 26 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 203 ANALOGIAS CON 467 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 20.0N 134.2W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 20.6N 137.3W 19.4N 131.0W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 21.6N 134.0W 18.4N 134.3W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 148 ANALOGIAS CON 338 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.2N 136.9W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 21.8N 131.4W 20.5N 142.3W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 24.0N 137.0W 18.4N 136.8W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 100 ANALOGIAS CON 215 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 22.1N 139.3W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.3N 131.1W 20.0N 147.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 26.0N 139.7W 18.3N 138.9W

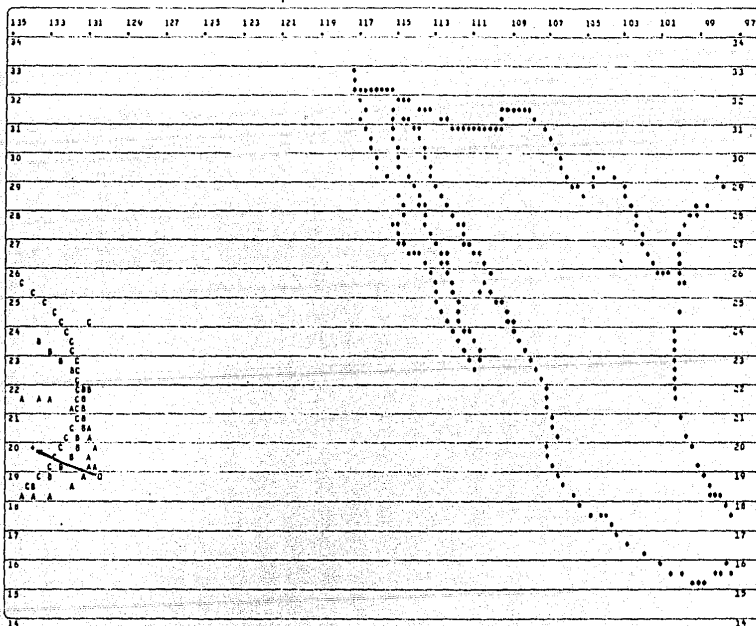
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 54 ANALOGIAS CON 112 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 22.5N 142.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 25.8N 135.4W 19.2N 149.4W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 27.1N 143.9W 18.0N 141.1W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL
 TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.

MODELO PARA DETERMINAR LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

NOMBRE DE LA TORMENTA O HURACAN LIZA
 ULTIMA POSICION OBSERVADA 20.0N 133.0W
 HORA 12Z DIA 26 MES 10

PRONOSTICO A 24 HORAS BASADO EN 163 ANALOGIAS CON 251 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 21.9N 136.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 22.4N 140.0W 21.5N 132.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 23.7N 136.4W 20.2N 136.6W

PRONOSTICO A 48 HORAS BASADO EN 140 ANALOGIAS CON 151 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 23.4N 138.5W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 24.8N 132.2W 22.0N 144.7W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 26.9N 138.9W 19.9N 138.1W

PRONOSTICO A 72 HORAS BASADO EN 55 ANALOGIAS CON 78 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 24.6N 140.6W

COORDENADAS DEL EJE MAYOR 27.0N 133.2W 22.1N 147.9W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 28.9N 141.5W 20.2N 139.8W

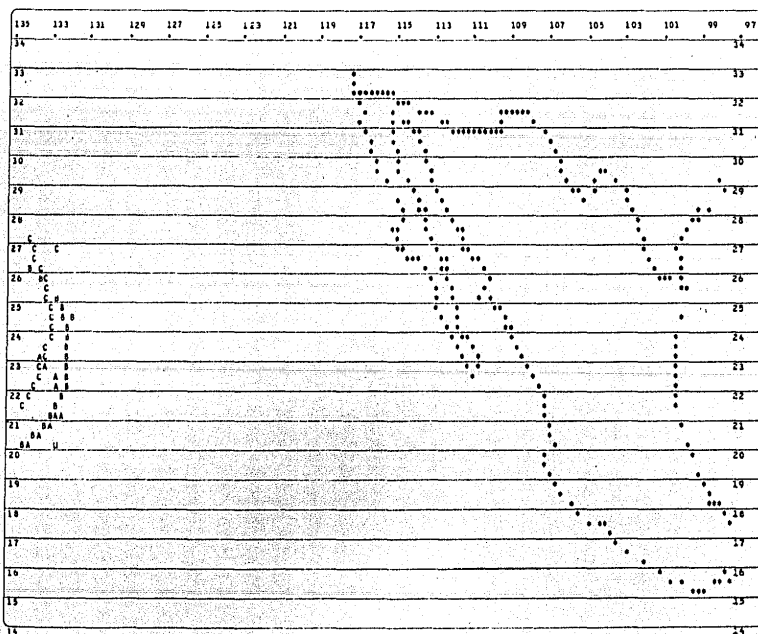
PRONOSTICO A 96 HORAS BASADO EN 23 ANALOGIAS CON 37 POSICIONES

COORDENADAS DEL CENTRO DE LA ELIPSE 24.9N 143.4W

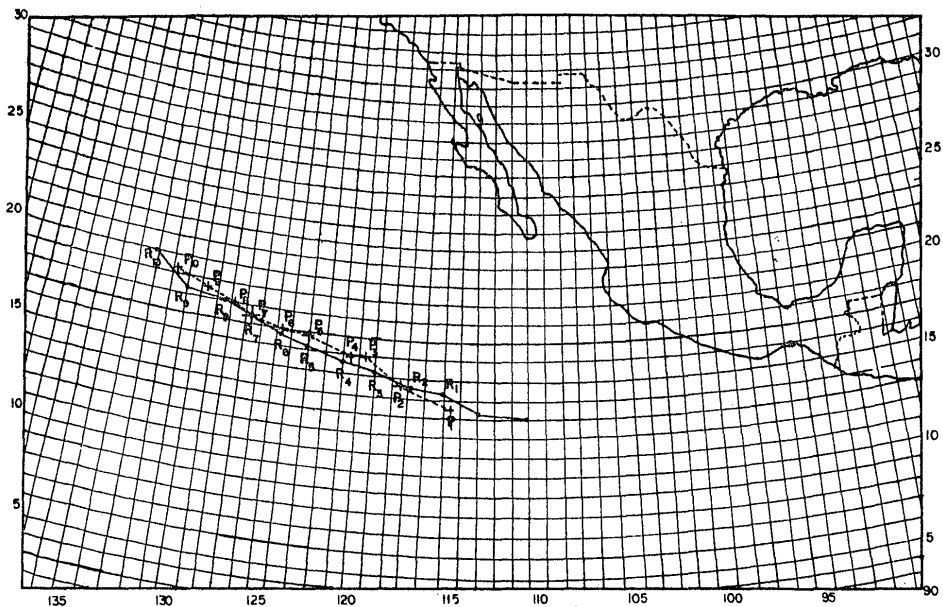
COORDENADAS DEL EJE MAYOR 29.1N 139.7W 20.8N 147.0W

COORDENADAS DEL EJE MENOR 27.2N 147.2W 22.7N 139.8W

REPORTE 2.- COORDENADAS DE LOS LUGARES GEOMETRICOS A 24, 48, 72 Y 96 HORAS, ASI COMO EL TOTAL DE TORMENTAS QUE FUERON ANALOGAS Y SUS CORRESPONDIENTES POSICIONES.



REPORTE 1.- GRAFICA DE LAS ELIPSES CORRESPONDIENTES AL PRONOSTICO DE 24 HORAS (A), 48 HORAS (B), 72 HORAS (C) Y 96 HORAS (D), SIENDO EL SIMBOLO "+" EL CENTRO DE LAS ELIPSES.



+ ES EL PUNTO PRONOSTICADO (LINEA PUNTEADA ES LA TRAYECTORIA PRONOSTICADA)
 . ES EL PUNTO REAL (LINEA CONTINUA ES LA TRAYECTORIA REAL)

3.3 EVALUACION DEL MODELO.

Una verificación del pronóstico obtenido por el modelo, fué hecha para ver la eficiencia del pronóstico, -- así como del modelo, mediante una comparación entre la posición real observada y la posición pronosticada, ésto se empezó haciendo con los huracanes que iban ocurriendo en el momento, pero se tenía que esperar que transcurrieran 24 -- horas para la comparación, no siendo ésto una manera rápida ni eficiente para la evaluación, además de que eran pocos -- los casos ocurridos. Así que se optó por recurrir a la información de los huracanes que se tienen registrados en el archivo histórico, no teniendo ya que esperar que transcurrieran 24 horas para la comparación, además de que es lo -- suficientemente grande como para obtener una estadística -- buena del comportamiento del pronóstico.

Aprovechando toda esta información, se construyó un programa adicional para esta evaluación, el cual considera como hipótesis lo siguiente: "que el centro de la elipse obtenida por el programa que calcula el pronóstico, es el -- punto geométrico más conveniente para compararlo con la posición real observada", de esta manera para el programa se determinaron los siguientes parámetros de evaluación:

- 1.- La distancia que existe entre el centro de --

la elipse pronosticada al punto real observado, "D" ver-
Fig. (3.2).

2.- La avertura del ángulo " $\emptyset$ ", formado por el -
punto real observado y el centro de la elipse pronosticada,
teniendo como vértice el punto inicial, ver Fig. (3.2).

3.- Un coeficiente de calificación que va en fun-
ción de la distancia y el ángulo.

4.- Si la posición real observada es o no un ele-
mento del conjunto de puntos del área de la elipse de pro-
nóstico, ver Fig. (3.3) y (3.4).

Para llevar a cabo la evaluación, los parámetros
de evaluación deben de cumplir con los rangos de aceptación
mostrados en la tabla 2.

PARAMETROS DE EVALUACION	RANGOS DE ACEPTACION
DISTANCIA	$\leq 2^\circ$ latitud
ANGULO	$\emptyset \leq 90^\circ$
COEFICIENTE DE CALIFICACION	$75 \leq C(D, \emptyset) \leq 100$
ELEMENTOS DE LA ELIPSE	1 SI 0 NO

TABLA 2. PARAMETROS QUE SE UTILIZARON PARA LA EVA-
LUACION DEL MODELO.

Se calcula la distancia D que existe entre la posición real observada con la posición del centro de la elipse pronosticada, así como el ángulo que guardan entre sí -- las posiciones, tomándose como vértice la última posición observada.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se determina un coeficiente de calificación, el cual puede tomar valores de 0 a 100. Siendo 100 el valor máximo que es cuando la dirección $D = 0$ y cuando no hay variación en la dirección pronosticada, es decir $\emptyset = 0$. Donde el coeficiente de calificación se determina mediante:

$$C = CD + C\emptyset$$

$$CD = 50 (1 - D/2) \text{ para } D \leq 2^\circ \text{ latitud}$$

$$C\emptyset = 50 (1 - \emptyset/90) \text{ para } \emptyset \leq 90^\circ$$

Cuando la distancia D y el ángulo $\emptyset$ exceden en 2° latitud y 90° respectivamente, se asignará el valor de cero al coeficiente de calificación.

Es indicado mediante los dígitos 1 y 0, si la posición real observada es o no respectivamente un elemento del área de la elipse de probabilidad, ver Fig. (3.5).

Obteniendo el programa los resultados mostrados en la Tabla 3.

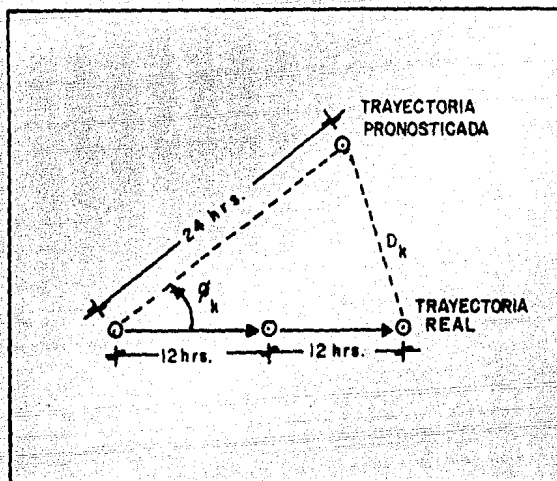


FIG. (3.2.) LA DISTANCIA "D" ES EL SEGMENTO QUE UNE EL PUNTO REAL OBSERVADO DE 24 HORAS DESPUES A LA ULTIMA POSICION OBSERVADA CON EL PUNTO PRONOSTICADO A 24 HORAS. Y θ ES EL ANGULO QUE FORMAN ESTOS DOS PUNTOS SIENDO SU VERTICE LA ULTIMA POSICION REAL OBSERVADA.

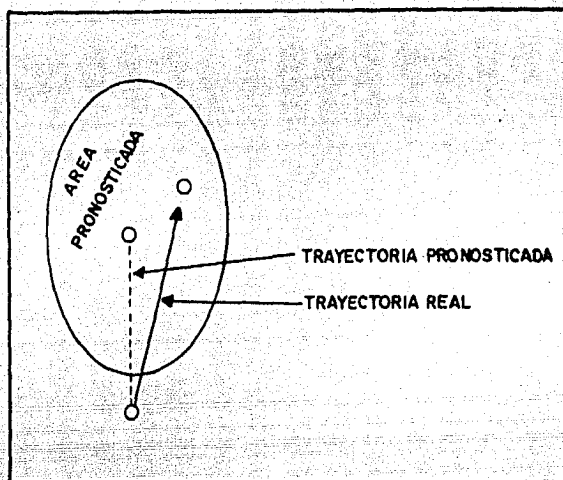


FIG. (3.3) PRIMER CASO. EL PUNTO REAL OBSERVADO DE LA TRAYECTORIA, CAE DENTRO DEL AREA PRONOSTICADA A 24 HORAS.

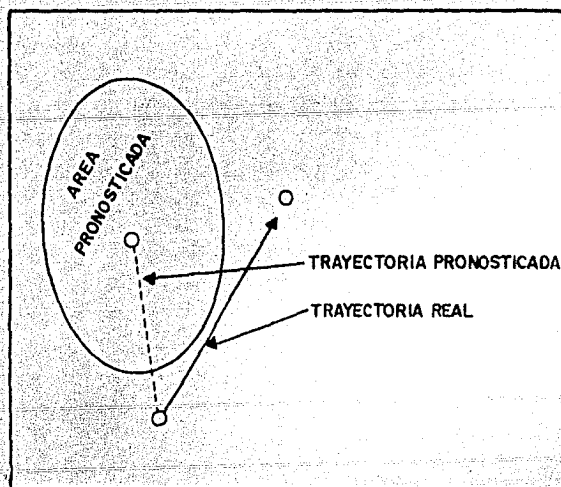


FIG. (3.4) SEGUNDO CASO. EL PUNTO REAL OBSERVADO DE LA TRAYECTORIA, CAE FUERA DEL AREA PRONOSTICADA A 24 HORAS.

TABLA 3: Resumen por frecuencia y porcentajes de los parámetros de Evaluación.

Total de Pronósticos computados = 2071 (100%).

Total de Puntos reales que fueron elementos del Area de la Elipse = 1641 (79.7%).

Total de Puntos reales que no fueron elementos del Area de la Elipse = 437 (21.3%).

D DISTANCIA	ANGULO ϕ	(0,30)	(30,60)	(60,90)	(90,+)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
[0.0,0.5]		158	0	0	0	150	7.6 %
[0.5,1.0]		377	2	1	0	380	18.4 %
[1.0,1.5]		399	23	4	0	426	20.6 %
[1.5,2.0]		311	60	8	3	382	18.5 %
[2.0,2.5]		203	66	10	2	281	13.5 %
[2.5,3.0]		85	55	10	3	153	7.4 %
[3.0,3.5]		47	29	8	6	90	4.3 %
[3.5,4.0]		22	22	10	10	64	3.0 %
[4.0, +]		48	25	28	37	138	6.7 %
FRECUENCIA		1650	282	79	61	---	---
PORCENTAJE		79.7%	13.6%	3.8%	2.9%	---	---

PARAMETRO C(Ø,D)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
(0, 25)	749	35.8%
(25, 50)	268	12,8%
(50, 75)	695	33.8%
(75,100)	375	17.9%

ANEXOS

A. ARCHIVO HISTORICO.

La función principal del archivo histórico, es --- apoyar fundamentalmente a dos programas: El programa que -- pronostica la trayectoria del huracán, el otro que se utiliza para la evaluación del primero, con el fin de calificar - la técnica usada en el modelo para la obtención del pronósti- co de trayectoria de huracanes.

La información recopilada para el archivo históri- co, fué proporcionada por el Centro de Ciencias de la Atmós- fera (U.N.A.M.) y el Servicio Meteorológico de la S.A.R.H. - Actualmente se cuenta con información desde 1921 a 1980, te- niendo 4860 posiciones correspondientes a 498 tormentas re- gistradas en ese período. Referente a esta información, es importante mencionar lo siguiente:

1.- La información de las posiciones de las tor- mentas registradas en el período 1921 a 1948, corresponden - a cada 24 horas, es decir se tiene una posición por día, sin embargo no se cuenta con la especificación del grado de in- tensidad con que se registró cada tormenta.

2.- Las posiciones de las tormentas de 1949 a --- 1980 ya se tiene cada 12 horas, es decir se cuenta con dos - posiciones por día, además se especifica el grado de inten- sidad de cada tormenta.

3.- En la información de 1960 a 1980 las tormén- tas pueden identificarse por el nombre que se les fué dado.

4.- La información de 1975 a 1980 es más completa, ya que cuenta con: fecha, posiciones de cada doce horas, nombre, grado de intensidad, dirección de la tormenta y viento máximo. El dato que detecta el grado de intensidad de la tormenta, es el viento o racha máxima, y que es reportado a partir de ésta fecha.

La clasificación de información está dada en tres tipos, que son manejados dentro del archivo en tres tipos de registros que se componen de la información siguiente:

1.- El primer registro o llave de acceso, contiene los datos generales de la información recopilada hasta -- ahora y estos son: el total de tormentas registradas, total de posiciones de las tormentas, el año en que fué registrada la primera tormenta y el año en que fué registrada la última tormenta.

2.- El segundo registro contiene la información -- general de la tormenta y ésta es: el año en que ocurrió, -- el número progresivo que le corresponde en ese año, número -- de posiciones registradas, el grado de intensidad.

3.- El tercer registro contiene la información -- por cada posición de la tormenta como es: la latitud y longitud de la posición, dirección de la trayectoria, y el viento o racha máxima.

[illegible]

```

PROGRAM OPUS2O          24/04/00  DPT-1          FTN 4.8+630      19/08/87  19.26.38  PAGE 1
      IDUMP = 1
      READ (7,71) J1,J2,NP2,JF,X1
60      7      FORMAT(I5,I7,2I3)
      J1=J2
      DO 57279 J=1,J1
      READ(7,74) JFR(I),DAV(I),JHO(I),LCC(I)
      4      FORMAT(I4,O1,F4.4,I7,2I2)
      J1N=J1+1
      J1=J1N+1
      J1=J1N+1
      6      FUPMAT(I2,I4,I1,E5.1,I3,I1)
      57278 CONTINUE
70      C
      C LECTURA DEL CONTENIDO DE LA REPUBLICA MEXICANA
      ON 6001 J1=0,I151
      READ (7,6001)M,P,J1,K,K=1,61)
      6001 CONTINUE
75      6000 FCPMAT(61,I1)
      KO = IM*
      K9 = IM
      DO 6002 J1=0,I151
      DO 6002 J1=1,61
      IF(MAP(I,J1,D),EQ,1) GO TO 6003
      MAP(I,J1) = KB
      GO TO 6002
      6003 MAP(I,J1) = KO
      6002 CONTINUE
      DO 6004 J1=1,61
      DO 6004 K=1,61
      6004 MAP(J1,K)=KB
      C
      C LECTURA DE IMPRESION DEL MAPA
80      C1500 FCPMAT(I2,K,PASTED DE IPASS = M,I1)
      K = J1+J2
      77 LOC(I) = LOC(K-1)
      LOC(I) = J1
      DO 8 J= 1,J1
      95 LOC(I+1) = LOC(J+1)+LOC(I)
      READ (7,6000) IMPPE
      C
      C IF(I1)902 I10, 0100 TO 001
      95 I1=001
      100 5001 "J1P14K+23M INFORMACION HISTORICA )
      DO 5002 K1= 1,J1
      K1 = JFR(I,K1) + 1900
      K1 = LOC(K1)
      K1 = LOC(K1) - 1
      105 K2 = JHO(K1)
      2100 CH=5
      I=20 --74.0
      4020 "F(I,K1)=MVI 4020,4021,4020
      4020 PL(2) = 24
      4021 TC 4022
      4021 RE(2) = 24
      4022 CONTINUE
      K1 = L1+V(L1)
      I=IDAV(K1)-J1) 5005,5005,5006

```

[illegible]

10

```

      JHR = IHR * 100
      DAC = NDH(MD)* 10A + FLQAT(IHR)/25.0
174      IF (IHISTY - 2316,16,16)
15      GO TO (15,15,16,16), IPDS
15      XC12 = (YCO + YC24) / 2.0
      YC12 = (YCO + YC24) / 2.0
16      CONTINUE
      PRINT 500, NAME, YCO, YC2, IHR, 10A, MD
140      4007 00PPAT(23,35H IDUOPE DE LA TORNENTA O HURACAN ,A7/,20X,29HULTI
      *M, POSICION OBSERVADA,3X,FC,1,1HN,P6,1,1HN/,20X,3HHORA ,15,1H2,10
      *,4H216 ,12,105,5HRES ,12,111
17      CONTINUE
18      DO 60 J= 1,JU
145      C
      HCF = 2
      IPASS=1
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA *****
      C 20 PRINT 15CO,IPASS
190      1500 00PPAT(15),PASTRED DE IPASS = #,141
      20 2F (J2,25) 60,60,21
      C
      21 HFIAS1 = L3C(1)
      H6 = FFIEST
195      HU = LOC(J,1) - 3
      2F (NU-NL100,22,22
      C
      22 DO 2201 IP=1,IPFQGT
      IP(IP)=0
220      2201 CONTINUE
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA *****
      C 20 PRINT 15C1,NL,NU
      C150L 00PPAT(12),# VALOR DE NL = #,13,# VALOR DE NU = #,131
      DO 30 N=N1,NU
205      C
      INISTA = MIN(N-NL,INIST,INHISTY)
      IXP = (NU - N)/2 + 1
      IPROG = INIC(1),PRDG,IPRODT,2NN1
      DAA = DAT(J1+0,5*(N-NFIPST))
210      C
      C
      HCF = 3
      DO TO 201
23      IF (IPASS) 30,30,24
215      24 CONTINUE
      INIT = 0
      IF (INHISTA)2300,2300,2301
      2300 IF (INHISTY)2301,2301,2302
      2302 INIT = 1
      2301 CONTINUE
220      IF (JFI45*INHIST)2401,2401,30
      2401 CONTINUE
      C
      IF (INHISTA,GT,0) GO TO 26
225      DO 25 IP 41,IPROG
      25 XA(IP)= 0.0
      GO TO 27
      C ***** TARJETAS DE PRUEBA *****

```

```

C26 PRINT I302,IMISTA,IPROGA,IPDS
C1502 FORMAT(10X,'VALOR DE IMISTA = ',I2,' VALOR DE IPROGA = ',I2,' VALOR
C *DC IPDS = ',I2)
26 CALL PRECY (IMISTA,IPROGA,IPDS)
27 CONTINUE
285 ITY = 3.50 * TY*OSTY
ITX = 3.50 * TX*OSTX
I3Y = 3.50 * BY*OSBY
I3X = 3.50 * BX*OSBX
I0C = 3.50 * DO*OSDO
P884 = P803(11)/P8802(I1X)*P8803(I1Y)*P8804(I1X)*P8805(I0D)
240 C
DO 26 IP= 1,IPROGA
  YAI(IP)=Y(IN)*IP) * TY
  IAF=YAI(IP)
  IUB = MINO (40,IAF)
  I18= MAX(1,I13)
  XAI(IP)= YIN*2*IP) * (XAI(IP)+TX)/ACOS(I18)
  ICLAS = 12*IP+ 3*IPDS + IMISTA -14
  YI = SPZ(ICLAS)*P88A
  WSY(IP)=WSY(IP)+YAI(IP)
  WXA(IP) = WXA(IP)+XAI(IP)*WY
  WYI(IP) = 3*WYI(IP)+WI
  WYI(IP) = WYI(IP)+ 1.0
  WSYI(IP)=WSYI(IP)+YAI(IP)*XAI(IP)*WX
  WYI(IP)=WSYI(IP) + YAI(IP)*YAI(IP)
  WYASO(IP)= WYASO(IP) + XAI(IP)*XAI(IP)*WX
  WYUO(IP) = WYUO(IP) + YAI(IP)*WX
  NP(IP) = NP(IP)+1
29 CONTINUE
30 CONTINUE
260 C
DO 36 IP= 1,IPROGT
  XE(NP(IP)) 37,37,33
255 C
33 CONTINUE
NF(IP)= NF(IP)+ 1
NT(IP)= NT(IP)+ NP(IP)
NP(IP) = NP(IP)+ INIT
36 CONTINUE
37 CONTINUE
60 CONTINUE
C
C
275 IVFY = 0
DO 66 IP= 1,IPROGV
  400 IF (NF(IP)=10) 64+401+401
  401 **IP=TF(IP)
  CIP=CN(TN(IP))
  ACTU = 0.24*TNIP + 0.54 *CAIT *0.9
  IF (NI(IP)=NCTU) 402+402+403
  403 JFLAG = 1
  GO TO 10
  402 IVFY = IVFY + 1
  295 XF = WSX(IP)/SWX(IP)

```



```
VF = SVY(IP)/SVY(IP)
SIGV = SCOT(SVY(IP)/SVY(IP) - VF*VF)
SIGX = SCOT(SVX(IP)/SVX(IP) - XF*XF)
AAJ = NF(IP)
FCT = SCOT(1/AAA/(AAA-1.0))
SIGV = FCT*SIGV
SIGX = FCT*SIGX
RNF = SVX(IP) - XF*SVX(IP)/(SVX(IP)*SIGV)
YFCST(IP) = VF
YFCST(IP) = VF
JCC = VF*AAJ
IYE = MINOT(4000)
SIGX = SIGX + ACOS(IYE)
ITIME = 24*IP
CALL FLAPIS (YE, VF, SIGV, SIGX, RNF, YAT(1), YAT(3), XAT(1), XAT(3))
YAT(2) = 2.0*VF - YAT(1)
XAT(2) = 2.0*VF - XAT(1)
XAT(3) = 2.0*VF - XAT(1)
DZ = 400.1*MM(1)
INC = 0.5*VF + YAT(1)*1
IYE = MINOT(4000)
YOLCH = (YAT(1)*VF)/ACOS(IYE)
404 XAT(1) = VF + XOLCH
ITIME = 24*IP
PRINT 4000, ITIME, NE(IP), NY(IP)
4008 FCMAT(20, 13H PRONOSTICO A 15.5 HORAS, 10H BASADO EN 15.0H ANALOGIA
      * 2X, 10CON, 15, 13H POSICIONES, /)
POINT 4000, VF, YE
314 4009 FCMAT(20, 40H COORDENADAS DEL CENTRO DE LA FLEPSE , F0, 1, 1HM, F0
      * 1, 1HM, /)
PRINT 3010, (YAT(1), YAT(3), XAT(1), XAT(3))
4010 FCMAT(20, 30H COORDENADAS DEL EJE MAYOR , F0, 1, 1HM, 6X, F0, 1, 1HM,
      * 10X, F0, 1, 1HM, 6X, F0, 1, 1HM, /, 20X, 30H COORDENADAS DEL EJE MENOR
      * F0, 1, 1HM, 6X, F0, 1, 1HM, 10X, F0, 1, 1HM, 6X, F0, 1, 1HM, /)
CALL INTR (IP, XF, VF)
GO TO 60
64 JUNT(IP) = MIN(IP) + 1
68 CONTINUE
KP = ((134 - YCOI(20)) * 40. + 1
      * 5. + ((132 - XCOI(20)) * 20. + 1
      * 5. + 1) * 0.5) * 40. * KP * LE. 6100 TO 500
DO TO *01
500 IF (K5, 01, 0.5 * ALD, K5 * LE, 101) MAP(K5, KP) = 1HD
501 CONTINUE
HAF(1) = 13
DO 6100 JK = 2, 20
HAF(JK) = HAF(JK - 1) * 2.
6100 CONTINUE
HAF(11) = 34
DO 1101 JC = 2, 21
HAF(JC) = HAF(JC - 1) * 1
1101 CONTINUE
PRINT 4001
340 PRINT 6107, (HAF(K), K = 1, 20)
6107 FJ0MAT(1X, 19(13, 12), 13)
KPLN = 14.
```


SUBROUTINE PREDCT 74/640 OPT=1

FTN 4,8+650

19/08/87 19.26.48

PAGE 1

```
1      SUBROUTINE PREDCT (IHIST,IPROG,IPDS)
      COMMON X(3),Y(3),Z(3),DD,DAC,YC0,YC1,YA(4),YA(4),BT24,ST24
      COMMON MAP1(1,61),MAP(22),PAR(21)
      EQUIVALENCE (YC0,YC1)
      ZOUVZLENCE (YC0,YC1)
      IMI = IMIST * 1
      GO TO (100,200,300), IMI

100  GO TO (110,120,130,140),IPROG

110  GO TO (111,115,114,112),IPROG
112  XA(4) = 0.26*(0.6392*DD*DAC*DAC - 2.6774TX*XC0**XC0)*1.E-6
114  XA(3) = 0.15*(0.43*DD*DAC*DAC + 2.223TX*XC0**XC0)*1.E-6
116  XA(2) = 0.07*(0.84*DD*DAC*DAC - 0.1868TX*XC0**XC0)*1.E-6
118  XA(1) = 0.22*(0.670TX - 2.543*DD)*YC0**2.*1.E-4 + DD*(5.41*YC0 - 0.117
      **DACA)*1.E-3
      GO TO 400

120  GO TO (121,126,124,123),IPROG
122  XA(4) = 0.49*(0.682*DD*DAC*DAC - 2.674TX*XC0**XC0)*1.E-6
124  XA(3) = 0.14*(0.47*DD*DAC*DAC - 2.037TX*XC0**XC0)*1.E-6
126  XA(2) = 0.724*(-1*(0.302*DD*DACA - 1.744TX*XC0**XC0)*1.E-6
128  XA(1) = -0.572*(-1*(0.711TX - 0.238*DD)*YC0**XC0)*1.E-6
      GO TO 400

130  GO TO (131,136,134,132),IPROG
132  XA(4) = 0.253*(DACA*DD*0.171E-3 + TX*XC0**XC0*0.261E-5
134  XA(3) = 0.14*(0.47*DD*DACA*DD - 1.745TX*XC0**XC0)*1.E-6
136  XA(2) = 0.348*(-1*(0.249*DD*DACA*DD - 0.155TX*XC0**XC0)*1.E-6
138  XA(1) = -0.092 + (0.644TX - 0.229*DD)*YC0**XC0*1.E-4
      GO TO 400

140  GO TO (141,146,144,142),IPROG
142  XA(4) = 0.249*(DACA*DD*0.171E-3 + TX*XC0**XC0*0.270E-5
144  XA(3) = 0.129*(0.47*DD*DACA*DD - 1.745TX*XC0**XC0)*1.E-6
146  XA(2) = 0.117*(DACA*DD*0.296E-6 + TX*YC0**YC0*0.671E-4
148  XA(1) = -0.124 + (0.556TX - 0.226*DD)*YC0**YC0*1.E-4
      GO TO 400

200  GO TO (210,220,230,240),IPDS

210  GO TO (211,216,214,213),IPROG
212  Y(4) = 0.528*(-0.521TX*DD + 1.225*DD*DACA)*1.E-4
214  XA(3) = -0.416*(-(DACA*DD*0.0116 + DD*DACA*DD*0.216E-6)
216  XA(2) = -(C.1934 + 9X*DACA*0.544E-2)
218  XA(1) = -(0.0723 + 1.307*DX)
      GO TO 400

220  GO TO (221,226,224,223),IPROG
222  Y(4) = -0.654 + 9X*DACA*34E-4*0.48E-4 + DD*XC0**XC0*0.228E-5)
224  Y(3) = -(0.362 + 0.011TX*DD + DD*DACA*DD*0.242E-6)
226  XA(2) = -(C.120 + 9X*DX)*C.60E-2 + DD*DACA*DD*0.155E-6)
228  XA(1) = -(0.07124 + 1.14*DX)
      GO TO 400

230  GO TO (231,236,234,232),IPROG
232  XA(4) = -(C.419 + (4.544X + 0.563*DD)*DACA*DD*1.E-6)
234  XA(3) = -(C.2446 + 19X*TX*36E-4 + DD*0.201E-6)*DACA*DD)
```

SUPROUTINE: PRFDCI 74/840 OPT=1

FTN 4.8+850

19/08/87 19.78.78

PAGE 2

```

336 XA(2)= (0.102 +BX*0.713E-2 + DD*DAC*0.195E-6)*DAC)
338 XA(1)= (0.9182 + (BX*0.397E-2 + DD*DAC*0.008E-7)*DAC)
GO TO 400

C
340 GO TO (326,328,342,344),IPRPG
342 XA(4)= (1.357 + DD*XC*XC*0.264E-5 + BX*DAC*0.00897)
344 XA(3)= (0.921 + (7.609*BX + C.103*DD)*DAC*1.E-3)
346 XA(7)= (0.315 + 1.207*BX + DD*DAC*0.195E-6)
348 XA(1)= (0.3176 + 0.007*BX*XC)
GO TO 400

C
360 GO TO (310,320,330,340),TPDS
310 GO TO (312,314,316,318),IPRPG
312 XA(4)= 0.344 + (20.00*BX + 0.272*DD)*XC*XC*1.E-3
314 XA(3)= 0.244 + (18.33*BX + 0.116*DD)*XC*XC*1.E-3
316 XA(7)= 0.193 + (2.273*BX + 0.007*DD)*XC*XC*1.E-3
318 XA(1)= 0.0259 + (0.9312*BX + 0.2820*BX*XC)
GO TO 400

C
320 GO TO (326,328,342,344),IPRPG
322 XA(4)= 0.201 + (16.05*BX + 0.271*DD)*XC*XC*1.E-3
324 XA(3)= 0.153 + (0.0194*BX*XC + DD*XC*XC*0.128E-3)
326 XA(1)= (0.067 + 1.20*BX)
GO TO 500

C
330 GO TO (336,338,342,344),IPRPG
332 XA(4)= (0.222 + 0.0278*XC*XC + (0.273*DD*XC*XC + 2.51*RY*2)*DAC*DA
      *C)*1.E-3)
334 XA(3)= (0.271 + 0.02*BX*XC + DD*XC*XC*0.147E-3)
336 XA(7)= (0.002124 + 0.0153*BX*XC + DD*DAC*0.195E-6)
338 XA(1)= (0.315 + 0.0094*BX*XC)
GO TO 400

C
340 GO TO (346,348,352,354),IPRPG
342 XA(4)= (0.096 + 0.024*BX*XC + DD*XC*XC*0.275E-3 + BX*DAC*DAC*
      *0.753E-5)
344 XA(3)= (0.313 + 0.017*BX*XC + DD*XC*XC*0.157E-3)
346 XA(2)= (0.01700 + BX*XC*XC*0.105E-3 + DD*DAC*DAC*0.22E-6)
348 XA(1)= 0.149 + BX*XC*XC*0.999E-4 + (DAC*DAC*0.176E-5 + 0.123*DAC*0
      *0.003E-3)*DD
400 RETURN
      END

```

CARD NO. SEVERITY DETAILS DIAGNOSIS OF PROBLEM

"A" IF STATEMENT MAY BE MORE EFFICIENT THAN A 2 OR 3 BRANCH COMPUTED GO TO STATEMENT.

CURTIS/INTL	74/840 DPT=1	FTN 4.8+050	19/08/87 19.20.38	PAGE 1
1	SUBROUTINE INTER(IP,XF,YF) COMMON XE,YE,ZE,DD,DAC,TCO,XC,XA(4),YA(4),BYZ,8X24 COMMON MAP(15),G1,MAP(22),MAP(21) IF(IP.EQ.1)K1=1M4 IF(IP.EQ.2)K1=1M3 IF(IP.EQ.3)K1=1M2 IF(IP.EQ.4)K1=1M1 K1=(134-YF)/20.1*0.0+1 K2=((125-XF)/20.1)*0.0+1 IF(IP.GT.0.AND.KF.LE.6)GO TO 1 GO TO 1 1 IF(KS.GT.0.AND.KS.LE.15)MAP(KS,KP)=1M 2 CONTINUE DO 20 K=1,4 K1=(134-YA(K))/3. + 1.5 K2=((125-XA(K))/20.1)*0.0+1.5 IF(KP.GT.0.AND.KP.LE.6)GO TO 3 GO TO 20 3 IF(KS.GT.0.AND.KS.LE.15)MAP(KS,KP)=K1 20 CONTINUE A=SQRT((YA(2)-YA(1))**2.0+(XA(2)-XA(1))**2.0)/2.0 B=SQRT((YA(4)-YA(3))**2.0+(XA(4)-XA(3))**2.0)/2.0 C=YA(1)-YF D=YA(1)-YF E=C**2. + D**2. F=YF-YA(1) G=YA(1)-YF DELTA=C**2. + F**2. DT=77.1*0.0 Y=14.0*(12-1)/3.0 YAST=Y-YF ADIS=(B**2. + F**2. + A**2.)*0.002 RDIS=(Y-YF)**2. + B**2. + F**2. + A**2.)*0.001 CDIS=YAST**2. + (B**2. + F**2. + A**2.)*0.002 - DELTA**2. + B**2. + A**2.)/F DTIC=20*(12-1)*0.06*0.06*0.06*CDIS IF(DTIC>77.1*0.06)GO 88 X1=(-B+SQRT(DTIC))/((2. + ADIS) + XF X2=(-B-SQRT(DTIC))/((2. + ADIS) + XF K1=(134-YF)/20.1*0.0+1.5 K2=((125-XF)/20.1)*0.0+1.5 IF(KS.GT.0.AND.KS.LE.15)MAP(KS,KP)=K1 K1=((125-XF)/20.1)*0.0+1.5 IF(KS.GT.0.AND.KS.LE.15)MAP(KS,KP)=K1 77 CONTINUE 45 RETURN END #ABSENT#			

CARD NO. SEVERITY DETAILS DIAGNOSIS OF PROBLEM

44. 1 NO. END CARD, END LINE ASSUMED

75

SUBROUTINE ELAXIS 74/040 UPT=1

FTM 4.8+650

19/08/87 19.16.38

PAGE

1

```

1 SUBROUTINE ELAXIS(YB,XB,SY, SX, RHO, YU, YL, XU, XL)
  CM1 = 1.365
  Z = (SY/SX)*(SY/SX)
  T = 1.-Z
  SU = (COPT1)*T + (2.0*RHO*Z)*(2.0*RHO*Z)
  SL = (T-SU)/(2.0*RHO)
  SU = (T+SU)/(2.0*RHO)
  YU = (SU*(1.0-RHO*RHO)*CHI/(SU*SU-2.0*RHO*SU+1.0))
  YL = (SU*(1.0-RHO*RHO)*CHI/(SU*SU-2.0*RHO*SU+1.0))
  XU = XS +SU*VU+SL
  XL = XS +SL*VL+SL
  YU = YB +VU*SY
  YL = YB +VL*SY
  IF (YL-YB)*(YU-YB) + (XU-XB)*(XU-XB) - (YL-YB)*(YL-YB) - (XL-XB)*(XL-XB)
  3 C = YL
  YL = YL
  YU = Y
  S = XL
  20 XL = XU
  XU = S
  4 RETURN
  END

```

SYMBOLIC REFERENCE MAP (R=1)

ENTRY POINTS

3 ELAXIS

VARIABLES	SN	TYPE	RELOCATION	0 RHO	REAL	F.P.
74 CM1	REAL			100 SL	REAL	
103 T	REAL			0 SX	REAL	F.P.
77 SU	REAL		F.P.	76 T	REAL	
0 SY	REAL			101 VU	REAL	F.P.
132 YL	REAL		F.P.	0 XL	REAL	F.P.
0 XS	REAL		F.P.	0 YB	REAL	F.P.
0 YU	REAL		F.P.	0 YU	REAL	F.P.
75 Z	REAL					

EXTERNALS	TYPE	ARGS
132T	REAL	1 LIBRARY

STATEMENT LABELS	INACTIVE	65 4
0 3		

SYNOPSIS	PPD;PIM LENGTH	1048 06
243002 CM USLO		

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Hope J. R. and Neumann Ch. J. (1970)
An operational technique for relating the movement of existing tropical cyclones to past tracks.
- 2.- Robert W. Pett January 1974
Tropical cyclone movements forecasts based on observation from satellites.
Environmental prediction research facility
(Navy) Monterey, California.
- 3.- Banner I. Miller and Peter P. Chase
Prediction of hurricane motion by statistical methods.
- 4.- Morrison, D.F. (1967)
Multivariate statistical methods
Mc. Graw Hill.
- 5.- Información proporcionada por El Centro de Ciencias -
de la Atmósfera (UNAM) y Secretaria de Agricultura y
Recursos Hidráulicos.