



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAPITULO V

CAPITULO V

- V Efecto destructivo de la lluvia**
- V.1 Conceptos hidrológicos fundamentales**
- V.2 Dificultad de modelar y simular el campo de precipitación pluvial**
- V.3 Estructura general del campo de lluvias**
- V.4 Magnificación orográfica**
- V.5 Documentación de daños típicos**
- V.6 Métodos de estimación en tiempo real**
- V.7 Ejemplos de modelos disponibles a través de imágenes de satélite**
- V.8 Software de estimación**
- V.9 Reglamentos de construcción y usos de suelo**
- V.10 Aspectos de protección civil**
- V.11 Posible magnificación de inundación en desembocaduras por marea de tormenta**
- V.12 Consecuencias ambientales**

V.I.- CONCEPTOS HIDROLÓGICOS FUNDAMENTALES

Introducción

El escurrimiento es el componente más importante del ciclo hidrológico, en cuanto a la hidrología aplicada se refiere, ya que éste constituye básicamente el volumen disponible para ser derivado y utilizado, en riego o abastecimiento o bien para ser almacenado en embalses y empleado posteriormente en diversos fines o incluso retenida para su control con objeto de reducir los daños por su abundancia.

El escurrimiento es la parte de la precipitación que fluye por gravedad por la superficie del terreno, o en el interior del mismo. El escurrimiento se expresa en unidades de gasto (Volumen / Tiempo), en unidades de gasto unitario ($m^3/s/km^2$) o incluso en lámina equivalente sobre la cuenca (mm/día, mm/mes o mm/año). Éstas últimas unidades son útiles al analizar y comparar la precipitación con el escurrimiento.

V.1.1.- Conceptos del proceso de lluvia a escurrimiento

La relación entre lluvia y escurrimiento es obvia, pero fué comprobada en el s. XVII por Pierré Perrault en la cuenca del río Sena.

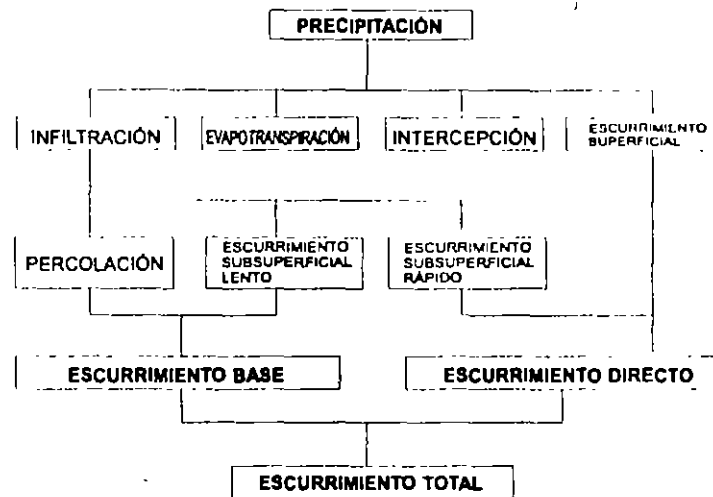


Figura No. 1. Relación entre precipitación y escurrimiento

Cuando llueve sobre un área, primero se presenta el proceso de intercepción y posteriormente los procesos de infiltración y almacenamiento en depresiones. De los procesos anteriores, sólo una porción de la lluvia infiltrada puede originar escurrimiento. Después que las depresiones del suelo han sido llenadas, si la intensidad de la lluvia excede a la capacidad de infiltración del suelo, la diferencia dará origen a la lluvia en exceso, la cual se acumula sobre el terreno como detención superficial y posteriormente fluye hacia los cauces como flujo por tierra, constituyendo el escurrimiento superficial. El agua que se infiltra primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y luego recarga al agua subterránea. La descarga del agua subterránea hacia los cauces da origen al escurrimiento base.

Factores que afectan el escurrimiento.

Existen esencialmente dos grupos de factores:

- 1) Los que afectan el volumen de escurrimiento. Entre estos se encuentran los climáticos y los fisiográficos (forma, tamaño, pendiente y altitud de la cuenca, etc).
- 2) Los que afectan la distribución en el tiempo del escurrimiento. Entre estos se pueden citar los meteorológicos (clase de precipitación, intensidad y duración de la misma, distribución y trayectoria de la precipitación, etc); los fisiográficos (topografía y geomorfología de la cuenca, geología, permeabilidad, suelo, cubierta vegetal, red de drenaje, etc) y los humanos (estructuras hidráulica, prácticas agrícolas, urbanización, etc).

En todo el proceso lluvia - escurrimiento, la precipitación es el principal agente causante. En general, las tormentas son de los diferentes siguientes tipos:

Tormentas de nieve.- Formadas por cúmulos de nieve y que luego dan origen a escurrimientos por deshielo.

Tormentas generales de poca intensidad y gran duración.

Tormentas locales de corta duración y gran intensidad.

Tormentas debidas a ciclones y huracanes que producen lluvia intensa en grandes extensiones.

Es precisamente este último tipo el que produce más daños por inundaciones en nuestro país y en muchos otros.

Ahora bien, es muy común que no se cuente con registros adecuados de escurrimiento en el sitio de interés para determinar los parámetros necesarios para el diseño y operación de obras hidráulicas. En general los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimiento y no se afectan tan drásticamente por cambios en la cuenca, como la construcción de obras, urbanización, erosión, etc. Por esto es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento de una cuenca a partir de las características de la misma y la precipitación. A esto se le conoce como análisis de la relación lluvia - escurrimiento.

V.1.2.- Factores de saturación previa del terreno

Uno de los factores que más afectan el comportamiento y características del escurrimiento de una cuenca son las condiciones de saturación previa del terreno previa a una tormenta. La magnitud del escurrimiento dependerá de la humedad que contenga el suelo en el instante en que se presenta la tormenta; lo anterior se define al tomar en cuenta la llamada *condición de humedad antecedente* (CHA), para la cual se tienen 3 niveles de acuerdo a la cantidad de lluvia ocurrida en los 5 días previos al de ocurrencia de la tormenta. Estos niveles son:

CHA 1 (Condición seca).- Bajo potencial de escurrimiento. Los suelos de la cuenca están secos, pero en buen estado para ararse y cultivarse.

CHA 2 (Condición media).- Condición promedio.

CHA 3 (Condición húmeda).- Alto potencial de escurrimiento. La cuenca está prácticamente saturada por las lluvias antecedentes.

Las condiciones de humedad antecedente se toman en cuenta al determinar la precipitación en exceso de la tormenta. El método de los *números de escurrimiento N* del USCS liga la precipitación total con la precipitación en exceso (la que produce el escurrimiento directo) en una forma muy sencilla.

$$P_e = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

donde P_e es la precipitación en exceso (cm) y P es la precipitación total (cm).
 En teoría, se puede determinar el número N de cualquier cuenca aforada. Existen algunas tablas orientativas como la mostrada.

Uso de la tierra y cobertura	Tratamiento del suelo	Pendiente del terreno, en %	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	—	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	> 1	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1	67	78	85	89
	Contorneo	> 1	70	79	84	88
	Contorneo	< 1	65	75	82	86
	Terrazas	> 1	66	74	80	82
	Terrazas	< 1	62	71	78	81
	Cereales	Surcos rectos	> 1	65	76	84
Surcos rectos		< 1	63	75	83	87
Contorneo		> 1	63	74	82	85
Contorneo		< 1	61	73	81	84
Terrazas		> 1	61	72	79	82
Terrazas		> 1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	> 1	66	77	85	89
	Surcos rectos	< 1	58	72	81	85
	Contorneo	> 1	64	75	83	85
	Contorneo	< 1	55	69	78	83
	Terrazas	> 1	63	73	80	83
	Terrazas	< 1	51	67	76	80
Pastizales	-----	> 1	68	79	86	89
	-----	< 1	39	61	74	80
	Contorneo	> 1	47	67	81	88
	Contorneo	< 1	6	35	70	79
Pradera permanente	-----	< 1	30	58	71	78
Bosques naturales	Muy ralo	-----	56	75	86	91
	Ralo	-----	46	68	78	84
	Normal	-----	36	60	70	77
	Espeso	-----	26	52	62	69
	Muy espeso	-----	15	44	54	61
Caminos	De terracería	-----	72	82	87	89
	Con superficie dura	-----	74	84	90	92

Tipo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelo con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades; suelo poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelo muy impermeables

Si se define II_5 como la altura de lluvia acumulada en cinco días anteriores a la tormenta, se tendrá que:

Si $II_5 < 2.5$ cm se tendrá la corrección A al número de escurrimiento

Si $2.5 \text{ cm} < II_5 < 5$ cm no se requiere corrección alguna en N

Si $II_5 > 5$ cm se aplicará la corrección B.

Número N	N con corrección A	N con corrección B
0	0	0
10	4	22
20	9	37
30	15	50
40	22	60
50	31	70
60	40	78
70	51	85
80	63	91
90	78	96
100	100	100

V.1.3.- El tiempo de concentración

Un concepto importante en el análisis de relaciones lluvia - escurrimiento es el tiempo de concentración. El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

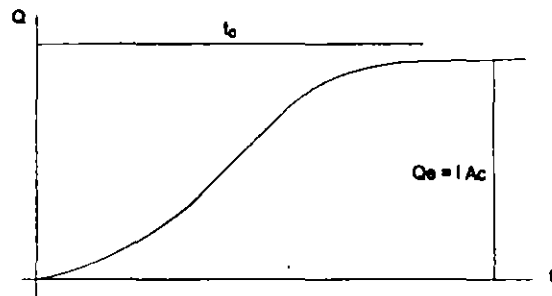


Figura 2.- El tiempo de concentración

Naturalmente, el t_c depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, la cual es función de la pendiente del terreno y cauces y la rugosidad de los mismos. Una forma de calcularlo es:

$$t_c = \frac{L}{3600v}$$

donde:

t_c = tiempo de concentración (h)

L = longitud del cauce principal (m)

v = velocidad (m/s)

O según Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Hidrogramas y su análisis.

Un hidrograma es una gráfica de gastos al transcurrir el tiempo.

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

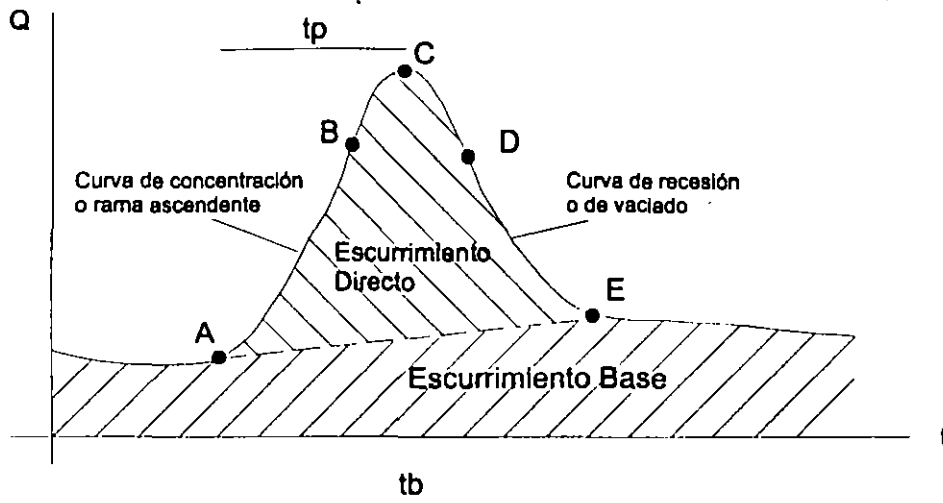


Figura 3.- Hidrograma aislado

En la figura 3 se pueden identificar los puntos siguientes:

- A.- Punto de levantamiento. Inicio del escurrimiento directo
- B.- Punto de inflexión anterior al pico
- C.- Pico (Gasto máximo). Es el punto más importante del hidrograma
- D.- Punto de inflexión después de pico. Es aquí, donde en forma aproximada termina el flujo sobre el terreno y en adelante solo queda escurrimiento por los cauce y subsuperficialmente
- E.- Final del escurrimiento directo

El área bajo el hidrograma es el volumen total escurrido:

$$V_T = \int_{t_0}^t Q dt$$

y el volumen del escurrimiento directo está dado por:

$$V_{ed} = \int_{t_0}^t (Q - Q_0) dt$$

en donde Q_0 es el gasto base.

V.I.4.- Modelos lluvia - escurrimiento

Existen muchos métodos, desde los muy simples hasta los más complejos. La complejidad aumenta mientras más parámetros se consideren en el análisis.

Método de las envolventes.

Es el método más simple y solo toma en cuenta el área de la cuenca. Es de gran utilidad en casos en que se requieran estimaciones gruesas de los gastos máximos probables o cuando se carezca por completo de información.

Las envolventes más conocidas son la de Creager y la de Lowry.

Envolvente de Creager:

$$q = 1.303 C_c (0.386 A_c)^{\alpha} A_c^{-1}$$

donde:

$$q = \frac{Q}{A_c} \quad \alpha = \frac{0.936}{A_c^{0.048}}$$

y C_c es un coeficiente ($C_c = 200$ en la envolvente mundial y $C_c = 100$ para México).

Envolvente de Lowry:

$$q = \frac{C_L}{(A_c + 259)^{0.85}}$$

donde C_L es un coeficiente empírico. La tabla siguiente consigna los valores para México por regiones.

Región No.	Descripción	C_L	Región No.	Descripción	C_L
1	Baja California noroeste (Ensenada)	980	22	Tehuantepec	2170
2	Baja California centro (El Vizcaíno)	530	23	Costa de Chiapas	1190
3	Baja California suroeste (Magdalena)	2190	24A	Alto Bravo - Conchos	1020
4	Baja California noreste (Laguna Salada)	1050	24B	Medio Bravo	5170
5	Baja California centro este (Sta. Rosalía)	990	24C	Río Salado	1410
6	Baja California sureste (La Paz)	5120	24D	Bajo Bravo	2130
7	Río Colorado	1050	25	San Fernando - Soto la Marina	2330
8	Sonora norte	760	26A	Alto Pánuco	1360
9	Sonora sur	2140	26B	Bajo Pánuco	3010
10	Sinaloa	3290	26C	Valle de México	760
11	Presidio - San Pedro zona costera	4630	27	Tuxpan - Nautla	2450
11	Presidio - San Pedro zona alta	470	28	Papaloapan	1750
12	Lerma - Santiago	1290	29	Coatzacoalcos	1840
13	Huicicila	760	30	Grijalva - Usumacinta	2130
14	Ameca	600	30	Alto Grijalva	610
15	Costa de Jalisco	5270	31	Yucatán oeste (Campeche)	370
1	Armería - Coahuayana	4940	32	Yucatán norte (Yucatán)	sin datos
1	Costa de Michoacán	2100	33	Yucatán este (Quintana Roo)	sin datos
18	Balsas alto	1090	34	Cuencas cerradas del norte (Casas Grandes)	230
18	Balsas medio y bajo	4450	35	Mapimí	230
19	Costa Grande	2100	36	Nazas	1510
20	Costa Chica - Río Verde	3180	36	Aguanaval	380
20	Alto Río Verde	390	37	El Salado	1310
21	Costa de Oaxaca (Pto. Ángel)	3000			

* Datos registrados hasta 1975.

La fórmula racional.

Propuesta en el siglo pasado, se utiliza aún en forma amplia en el diseño de drenajes urbanos. Esta dada por:

$$Q_p = CiAc$$

en donde C es un coeficiente de escurrimiento que cumple con $0 < C < 1$, i es la intensidad de la lluvia y Ac es el área de la cuenca.

En este método se supone que se alcanza el gasto de equilibrio, es decir que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia es el mismo que el gasto de salida de la cuenca. En general, el gasto es sobreestimado y la fórmula sólo es válida en cuenca pequeñas ($Ac < 200 \text{ km}^2$) ya que se considera que la intensidad es constante en toda la cuenca y durante mucho tiempo. También se debe cumplir que la duración de la lluvia sea mayor que el tiempo de concentración.

TIPO DEL ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
ZONAS COMERCIALES:		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES:		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES:		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS	0.10	0.30
CALLES:		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
TECHADOS	0.75	0.95
PRADERAS:		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Hidrograma Unitario.

Este método fué propuesto por Sherman en 1932 y se basa en los conceptos siguientes. Si se presenta una misma tormenta en dos cuenca con el mismo suelo y área pero de distinta forma, aunque el volumen escurrido sea el mismo, el gasto pico y demás características del hidrograma variarán de una cuenca a otra. El método de Hidrograma Unitario (HU) de escurrimiento directo toma en cuenta este efecto, considerando además de la altura de precipitación y el A_c , su forma, pendiente, vegetación, etc., en forma implícita.

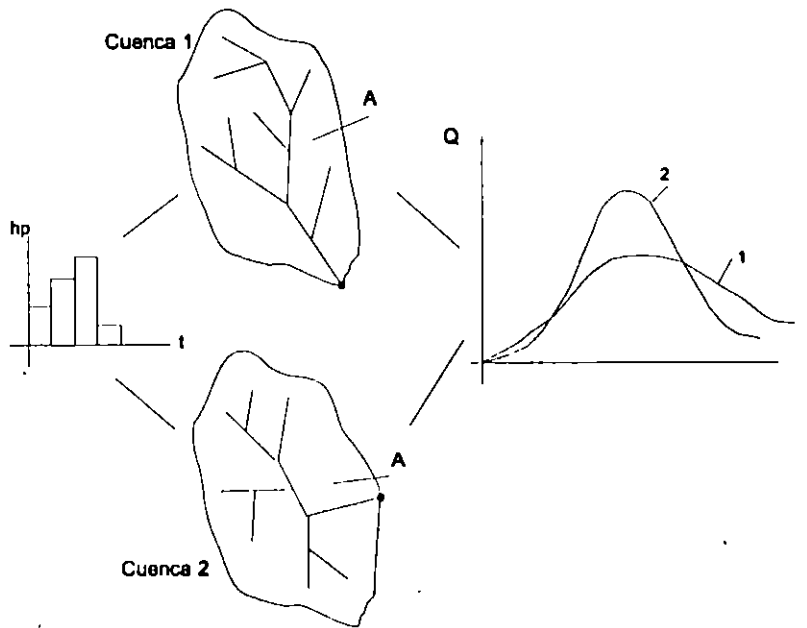


Figura 4 .- Efecto de la forma de la cuenca

El hidrograma unitario es el hidrograma de escurrimiento directo producido por una precipitación efectiva de lámina unitaria y de duración de, repartida uniformemente en el área de la cuenca. Su obtención se basa en la consideración de tiempo base constante, y la validez de proporcionalidad y superposición de causas y efectos.

Existen varios métodos para este concepto, como lo son el hidrograma unitario tradicional, las curvas S, el hidrograma unitario instantáneo (método matricial), hidrogramas unitarios sintéticos, triangulares, adimensionales, etc.

La idea de tener un H.U. para una cierta duración, de, es que si se presenta una tormenta para la misma duración y con una cierta altura de precipitación, es posible en forma inmediata calcular el hidrograma de escurrimiento directo para esa tormenta.

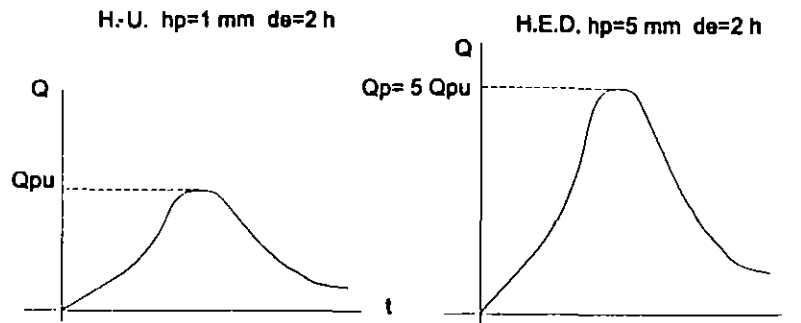


Figura 5 .- Concepto del hidrograma unitario

Para duraciones distintas se debe hacer una corrección, la cual se realiza con la curva S.

Los detalles de los métodos se pueden consultar en los libros consignados en la bibliografía y referencias.

V.1.5.- Tránsito de avenidas en cauces.

Normalmente, el sitio donde se miden los escurrimientos se localiza varios kilómetros aguas arriba del punto donde las avenidas pueden causar daños, debido a las condiciones que debe reunir el sitio para instalar una estación hidrométrica o para construir una presa. En otras ocasiones, es imposible instalar estaciones hidrométricas al ser áreas potencialmente inundables, como los casos de las llanuras de inundación de los ríos Papaloapan, Pánuco y Grijalva, por ejemplo.

Es necesario entonces, contar con métodos que permitan conocer la variación de un hidrograma al recorrer un tramo de cauce para poder determinar el efecto de estructuras, diseñar bordos de protección, etc. La simulación de la variación del hidrograma al recorrer un cauce se conoce como "tránsito de avenidas". Existen básicamente dos tipos de métodos para realizar el tránsito en cauce: los hidráulicos y los hidrológicos. Los primeros se basan en la solución de las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento para flujo no permanente en su forma diferencial (Ecuaciones de Saint - Venant). Es necesario en este caso recurrir a métodos numéricos de solución.

Los métodos hidrológicos utilizan simplificaciones de las ecuaciones anteriores para llegar a soluciones más simples y menos aproximadas.

El método de Muskingum, propuesto por Mc Carthy en 1938 es uno de los métodos más utilizados en el mundo.

En su forma discreta, la ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\frac{I_1 + I_{1,1}}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_{1,1}}{2} \Delta t = \Delta V$$

y una relación entre almacenamiento del tramo y las entradas (I) y salidas (O) del tipo: $V = K O + K X (I - O)$, es decir un almacenamiento en prisma y otro en cuña.

En las expresiones anterior K es un parámetro de almacenamiento y x es el factor de peso

(influencia relativa entre I y O).
Con lo anterior se llega a:

$$O_{t,1} = C_1 I_1 + C_2 I_{t,1} + C_3 O_1$$

donde:

$$C_2 = \frac{-Kx + \frac{\Delta t}{2}}{\alpha}$$

$$C_1 = \frac{Kx + \frac{\Delta t}{2}}{\alpha}$$

$$C_3 = \frac{K(1-x) - \frac{\Delta t}{2}}{\alpha}$$

$$\alpha = K(1-x) + \frac{\Delta t}{2}$$

cumpléndose que $C_1 + C_2 + C_3 = 1$.

Con esta ecuación es posible hacer el tránsito de cualquier avenida por el tramo, dado Δt , K y x . Se recomienda utilizar $\Delta t = 0.1$ tp (del hidrograma de entrada). K es aproximadamente igual al tiempo de viaje del pico de la avenida y x varía entre 0 y 0.5. $x=0$ corresponde a que el volumen almacenado sólo es función de la salida O . $x=0.5$ implica que las entradas y las salidas tiene la misma importancia y no hay abatimiento del pico. En general x se aproxima a cero en cauces muy caudalosos y de poca pendiente y a 0.5 en caso contrario. A falta de datos se puede tomar $x=0.25$.

Si se cuenta con al menos una avenida medida en ambos extremos del cauce, K y x se estiman con mayor precisión, mediante el procedimiento indicado en la figura siguiente.

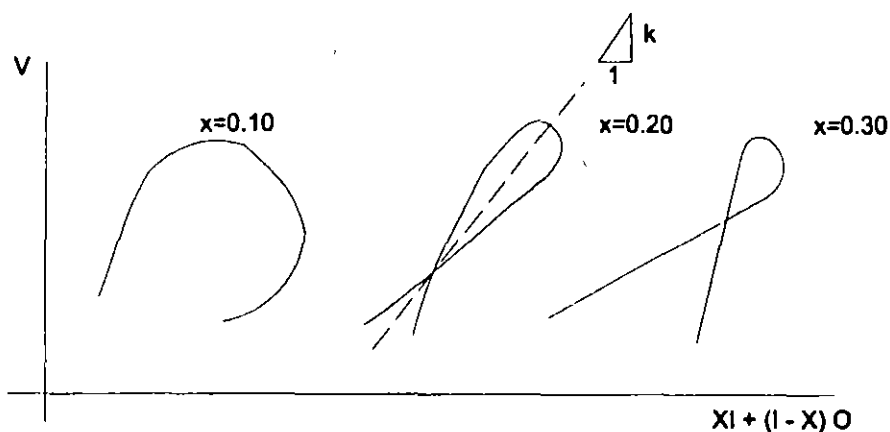


Figura 6 .- Calibración del método de Muskingum

Con los datos de entrada (I) y salida (O) se calculan los valores de K y x (calibración del método). Una vez estimado éstos, es posible calcular los coeficientes C_i del método de Muskingum y determinar la ecuación para el tránsito.

Con este método se cuenta con un procedimiento para la transferencia de información acerca de las avenidas en el espacio.

V.1.6.- Medidas para el control de avenidas.

La forma más obvia de evitar daños por inundaciones es tener la precaución de construir viviendas y fábricas en zonas en las cuales no exista peligro de éstas. Esto se puede hacer mediante la planeación adecuada y anticipada basada en la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos. Con esto se puede evitar que los desarrollos urbanos e industriales se localicen en zonas de alto riesgo de inundaciones, las cuales podrán utilizarse para actividades alternas como la agricultura y la recreación por ejemplo.

Otra forma de prevenir daños corresponde a la alerta a tiempo, lo cual permite evacuar el área con afectación potencial.

Existen básicamente dos enfoques en el control de inundaciones. Uno es la minimización de la extensión de la inundación mediante la construcción de presas, diques, bordos y otras obras de ingeniería hidráulica. El otro es la prevención de las inundaciones mediante prácticas de conservación diseñadas para controlar el agua donde ésta se precipita, en la parte alta de las cuencas.

Las obras de protección más antiguas consisten en bordos, los cuales controlaron los ríos chinos por siglos y fueron construidos en el Mississippi en los principios de 1700.

Cuando se desea evitar que las zonas adyacentes a los ríos sean inundadas año con año durante la épocas de lluvias o ciclones, se contruyen obras que interfieren directamente con los escurrimientos permitiendo su almacenamiento, desvío o encauzamiento. El diseño de una obra con características de protección contra inundaciones y cualquier otra relacionada con algún aspecto hidrológico debe basarse en un *evento de diseño*. La selección de éste debe realizarse analizando el riesgo involucrado y el costo de la falla. A partir de estos factores se elige un *período de retorno de diseño* para la obra.

El período de retorno, expresado en años, se define como el número de años en que un cierto evento puede ser igualado o excedido, en promedio y a la larga.

Las principales obras de protección se pueden clasificar en alguno de los siguientes grupos:

- 1.- Bordos perimetrales
- 2.- Bordos longitudinales
- 3.- Desvíos permanentes (Cauces de alivio)
- 4.- Desvíos temporales
- 5.- Corte de meandros
- 6.- Presas de almacenamiento
- 7.- Presas rompepicos
- 8.- Limpieza de cauces y dragado

En forma general, se requiere de la combinación adecuada de dos o más de estas obras y sólo en casos muy particulares una sola solución resuelve completamente el control de las inundaciones.

V.1.7.- Desbordamiento de ríos.

Una inundación es la acumulación de agua en tierras normalmente secas, resultado de la elevación o el vertido de cuerpos de agua, ocasionada principalmente por precipitaciones extraordinarias.

LAS PEORES INUNDACIONES REGISTRADAS

Año	Localidad	Causas y consecuencias
1228	Holanda	Marea de tormenta causa 100,000 muertes
1824	San Petesburgo, Rusia	Desborde del rio Neva, por deshielo. 10,000 muertes
1887	Henam, China	Desborde del Huang Ho causa 1 millón de muertes.
1900	Galveston, EUA	Rompimiento de la presa South Fork después de intensas lluvias, 2,200 muertes
1911	China	Desborde el Yang Tze. 78,000 km2 inundados y 100,000 muertes
1928	Florida, EUA	Un huracán produce inundaciones. 2,000 muertes
1938	Norte de China	Los chinos dinamitan un dique en el Huang Ho para impedir el avance japonés. 1 millón de muertes.
1943	Nueva Delhi, India	Tres presas sobre el río Khari se colapsan por lluvias intensas. 5,000 muertes
1970	Pakistán (Hoy Bangladesh)	Un ciclón inunda zonas costeras. 200,000 muertes
1971	Orissa, India	Un ciclón incide en la costa. 10,000 muertes
1974	Tubarão, Brasil	Desborde del río Tubarão produce mas de 1,000 muertes

1979	Morvi, India	Lluvias monzónicas causan el colapso de una presa. 100,000 muertes
1988	Bangladesh	Lluvias monzónicas inundan el 75% del país. 2,000 muertes
1991	Bangladesh	Un ciclón inunda la región del delta produciendo 125,000 muertes
1991	Filipinas	Thelma, una tormenta tropical, produce inundaciones. 3,400 muertes.
1992	Pakistán	Lluvias torrenciales producen inundaciones severas. 2,000 muertes.

Las inundaciones pueden tener muy diversas causas entre las que destacan las acciones humanas y el desborde de ríos. Las inundaciones por desborde de ríos tienen su causa principal en la lluvia. Como se sabe, la proporción en la cual el suelo absorbe el agua decrece con el tiempo de lluvia, por lo cual entre mayor sea la duración e intensidad de una tormenta mayor será el porcentaje de agua que fluirá por el terreno como escurrimiento.

Las inundaciones periódicas de las zonas adyacentes a los ríos originan las llamadas llanuras de inundación, las cuales proveen de tierras agrícolas muy ricas, constituyendo regiones altamente pobladas en todo el mundo. Su mayor desventaja consiste en el peligro de inundaciones. Las llanuras tienen poca pendiente y por lo tanto un drenaje muy pobre y poca capacidad de conducción en los cauces, los cuales ante lluvias intensas de gran duración, desbordan lateralmente hacia las zonas inundables.

Una avenida extraordinaria es el producto del escurrimiento, en cantidades tan grandes como para impedir su acomodo en los cauces de aguas bajas de las corrientes fluviales. A partir de ésta se genera entonces el desbordamiento lateral y la inundación de las zonas aledañas.

Bibliografía

- Aparicio Mijares, F. J., "Fundamentos de hidrología de superficie", Ed. Limusa, 1992
Campos Aranda, D.F., "Procesos del ciclo hidrológico", UASLP, México, 1992
Comisión Nacional del Agua, "Manual de Ingeniería de ríos", Cap. 3,6,14,16 y 23, 1993
Raudkivi, A.J., "Hydrology", Pergamon Press, 1979
Ven Te Chow, "Hidrología aplicada", McGraw Hill, México, 1994
Ven Te Chow (Ed.) "Handbook of applied hydrology", McGraw Hill, New York, 1964
Viessman, W., Lewis, G. y Knapp, J., "Introduction to hydrology", Harper and Row Pub., 2a edición, New York, 1977.

V Lluvia

V.2 Dificultades de modelar y simular el campo de precipitación.

V.3 Estructura general del campo de lluvias

V.4 Magnificación orográfica

V.5 Documentación de daños típicos

V.6 Métodos de estimación en tiempo real

V.2 Dificultades de modelar y simular el campo de precipitación.

La dificultad que se presentan para modelar el campo de lluvia son las asociadas a la modelación del proceso de generación de lluvia. Se sabe que en las capas bajas del huracán se presenta convergencia de un aire tropical (caliente y cercano a la saturación) que tiene un contenido de vapor elevado lo cual es necesario para precipitaciones intensas. Sin embargo la manera en que se realiza el proceso convectivo y la eficiencia del proceso son incógnitas que dificultan la modelación.

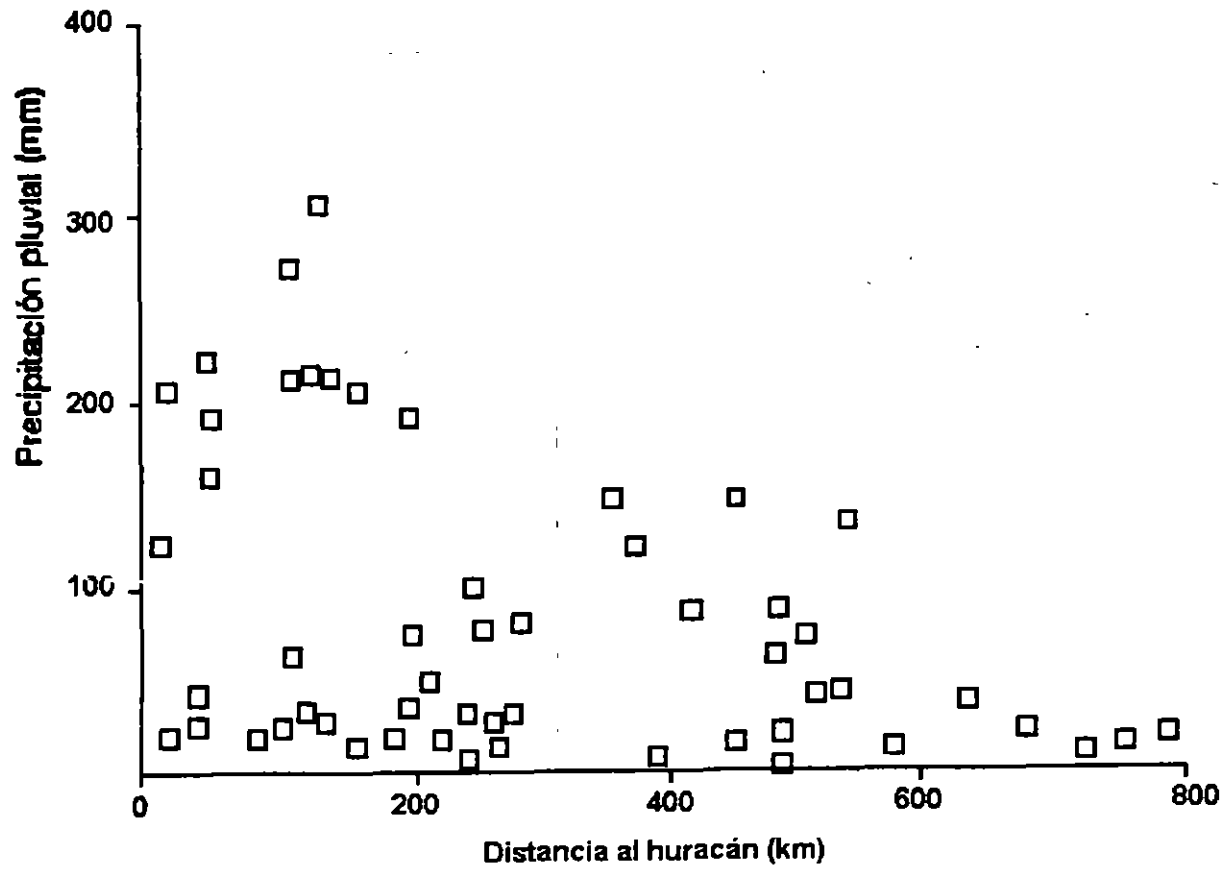
Otra dificultad es la que presenta el terreno montañoso que por sus pendientes y cambios de nivel provoca cambios en los flujos y distribuciones de la precipitación difíciles de cuantificar.

V.3 Estructura general del campo de lluvias

La estructura del campo de lluvias está asociada a la estructura del campo nuboso alrededor del huracán. La precipitación se da por procesos convectivos de manera regular en las bandas o calles de nubes que con formas espirales que parten del límite del ojo del huracán hacia la periferia de la tormenta.

Al igual que el viento, fuera del "ojo", las intensidades de la lluvia decrecer con la distancia radial. Lo anterior se gráfica en las figuras.

V-19



PRECIPITACION ACUMULADA EN FUNCION DE LA DISTANCIA MINIMA AL CENTRO DEL GILBERT

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

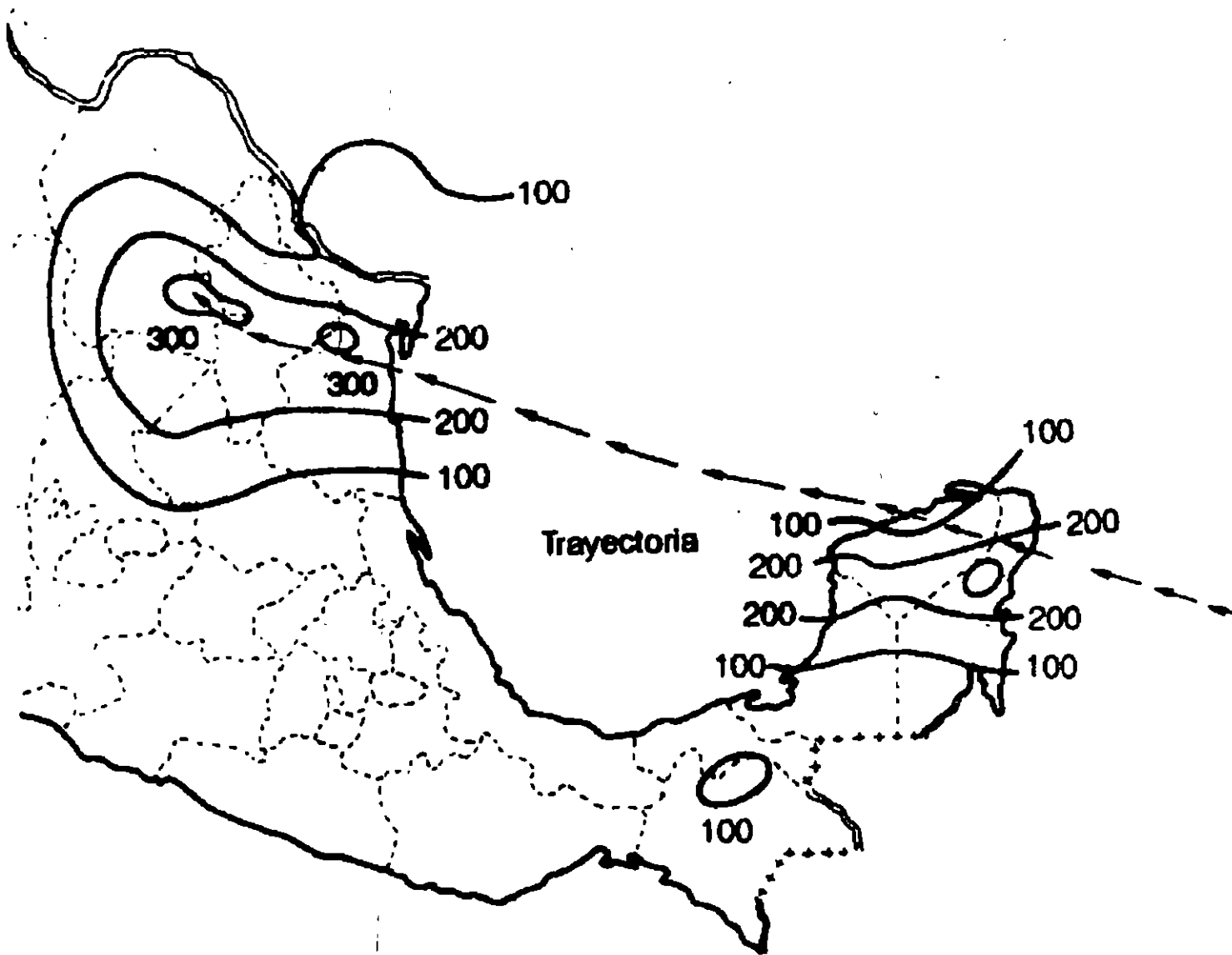
V.4 Influencia orográfica

La modificación que producen en los huracanes las cadenas montañosas es bien conocida. En los flujos estos se distorsionan y las precipitaciones pluviales se ven afectadas.

En la figura V.4.1 aparecen las lluvias acumuladas durante el paso del huracán Gilbert, en septiembre de 1988.

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

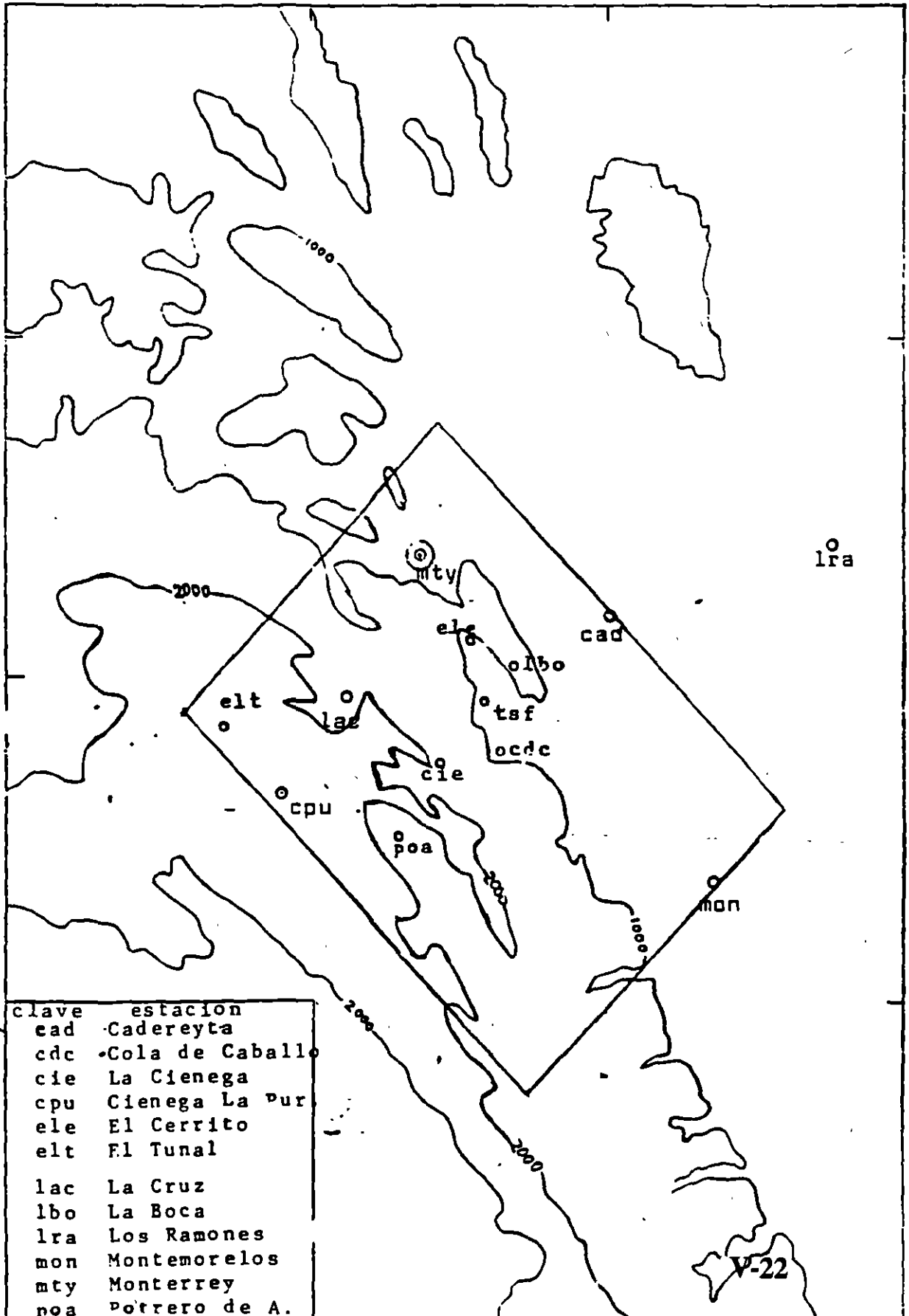
N O T A S



PRECIPITACIONES ACUMULADAS AL PASO DEL GILBERT (MM)

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS



clave	estacion
cad	Cadereyta
cdc	Cola de Caballo
cie	La Cienega
cpu	Cienega La Pur
ele	El Cerrito
elt	El Tunal
lac	La Cruz
lbo	La Boca
lra	Los Ramones
mon	Montemorelos
mty	Monterrey
noa	Postrero de A.

25

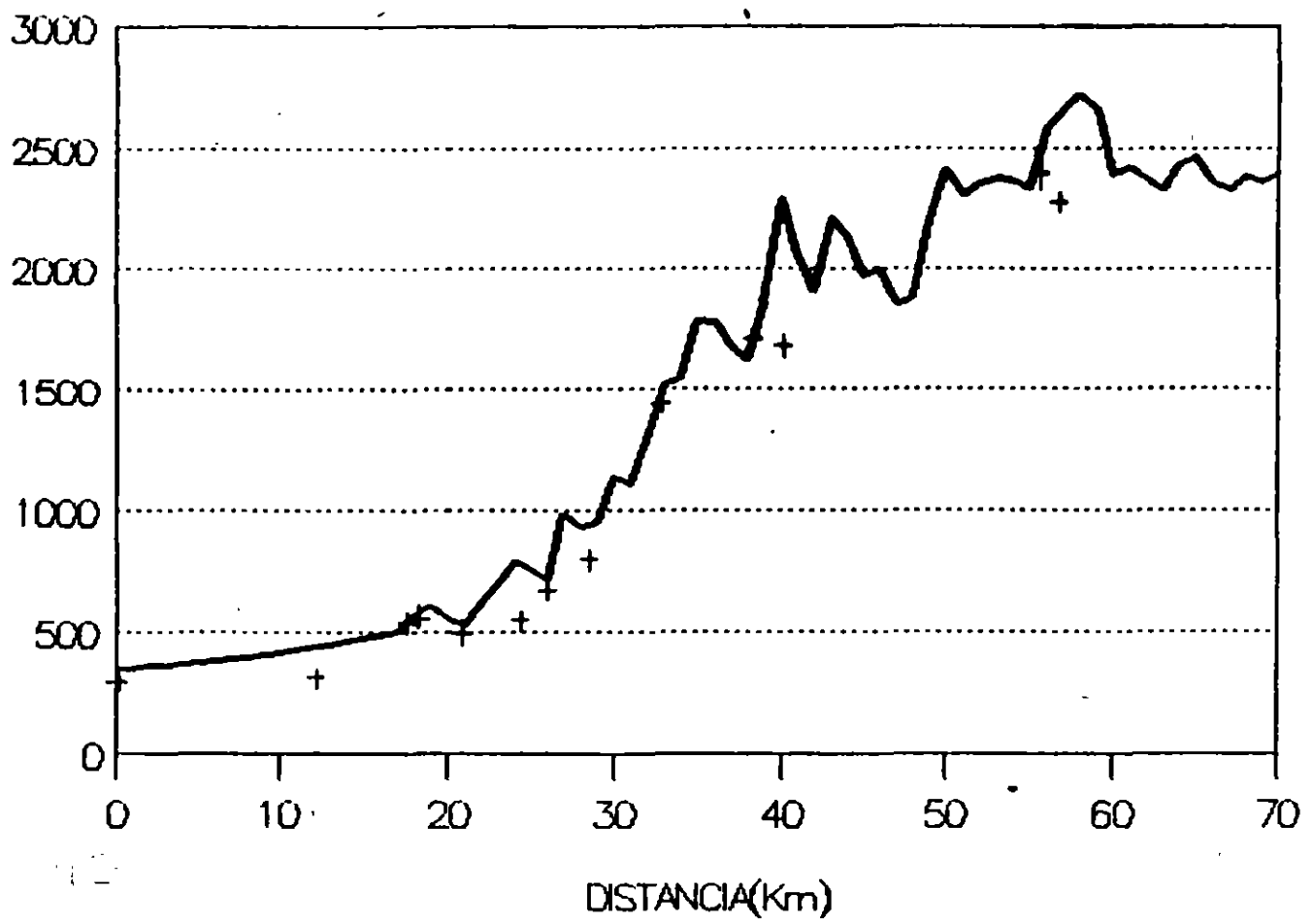
25

V-22

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

CURVA DE ALTITUD DE MONTERREY



Mediciones

ALTITUD(m)

V-23

DISTANCIA(Km)

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

V.5 Documentación de daños típicos

Los daños típicos de precipitaciones son los asociados a las inundaciones correspondientes. Las inundaciones y crecientes de los ríos causan numerosas muertes en la población. Además los daños en la agricultura y en las comunicaciones son cuantiosas.

Como ejemplos podemos mencionar los daños provocados por dos huracanes que afectaron México. Gilbert en 1988 generó lluvias y crecientes de los ríos del NOreste de México que provocaron la muerte de mas de 200 personas. Roxanne en 1995 generó lluvias e inundaciones en la Península de Yucatán con numerosas pérdidas en la agricultura que se estima fueron mas de 100,000 hectareas cultivadas con maíz y frijol.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

V.6 Métodos de estimación en tiempo real

V.6.2 CLIMATOLOGIA

La estimación en tiempo real de la precipitación pluvial en México puede utilizar información climatológica.

Para ello se deben desarrollar algoritmos para el manejo histórico de los campos de precipitación. En la gráfica V.6.1 aparece el campo de precipitación medido

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

V.6 Métodos de estimación en tiempo real

V.6.2 SISTEMA EPREPMEX:

ESTIMACION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN MEXICO, UTILIZANDO IMAGENES DE SATELITE GEOSTACIONARIO

OBJETIVO:

La estimación en tiempo real de la precipitación pluvial en México utilizando imágenes de satélite geostacionario banda infrarroja

ANTECEDENTES:

La presencia de ciclones tropicales y tormentas convectivas en la temporada de verano exponen a frecuentes riesgos tanto a la población como a su infraestructura

La estimación de la cantidad e intensidad de la lluvia permitirá un mejor manejo de esos riesgos. Las imágenes de satélite geostacionario, por su cobertura espacial y temporal representan uno de los mayores potenciales para la estimación de lluvia.

METODOLOGIA

Desarrollo de algoritmos para el manejo geométrico de la imagen de satélite para su georeferencia, transformación de coordenadas y la identificación de formas nubosas. Verificación de las relaciones entre la radiación y la temperatura del tope de la nube

Adaptación de el modelo de Adler-Negri para la asignación del tamaño e intensidad de precipitación de los núcleos convectivos en ciclones tropicales y tormentas.

Desarrollo de un algoritmo para calibrar parámetros por región y tipo de sistema meteorológico, que minimiza las diferencias con los valores regionales de precipitación acumulada diaria.

RESULTADOS

Algoritmo operativo para las plataformas PC y Workstation que permite la estimación de la intensidad y valor acumulado de la precipitación pluvial en la totalidad del territorio de México a partir de imágenes infrarrojas del satélite GOES.

Algoritmo de calibración de parámetros regionales para los diferentes tipos de precipitación pluvial de verano.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

RESULTADOS PRACTICOS:

El 21 y 22 de septiembre de 1993 el huracán Gert afectó la costa oriental de México. Las lluvias provocadas causaron crecientes extremas. En figuras se muestran los valores de lluvia acumulada registrada y estimada con imágenes de satélite, en 24 horas de las 8 am del 21 de septiembre a las 8 am del 22 de septiembre de 1993.

COMENTARIOS:

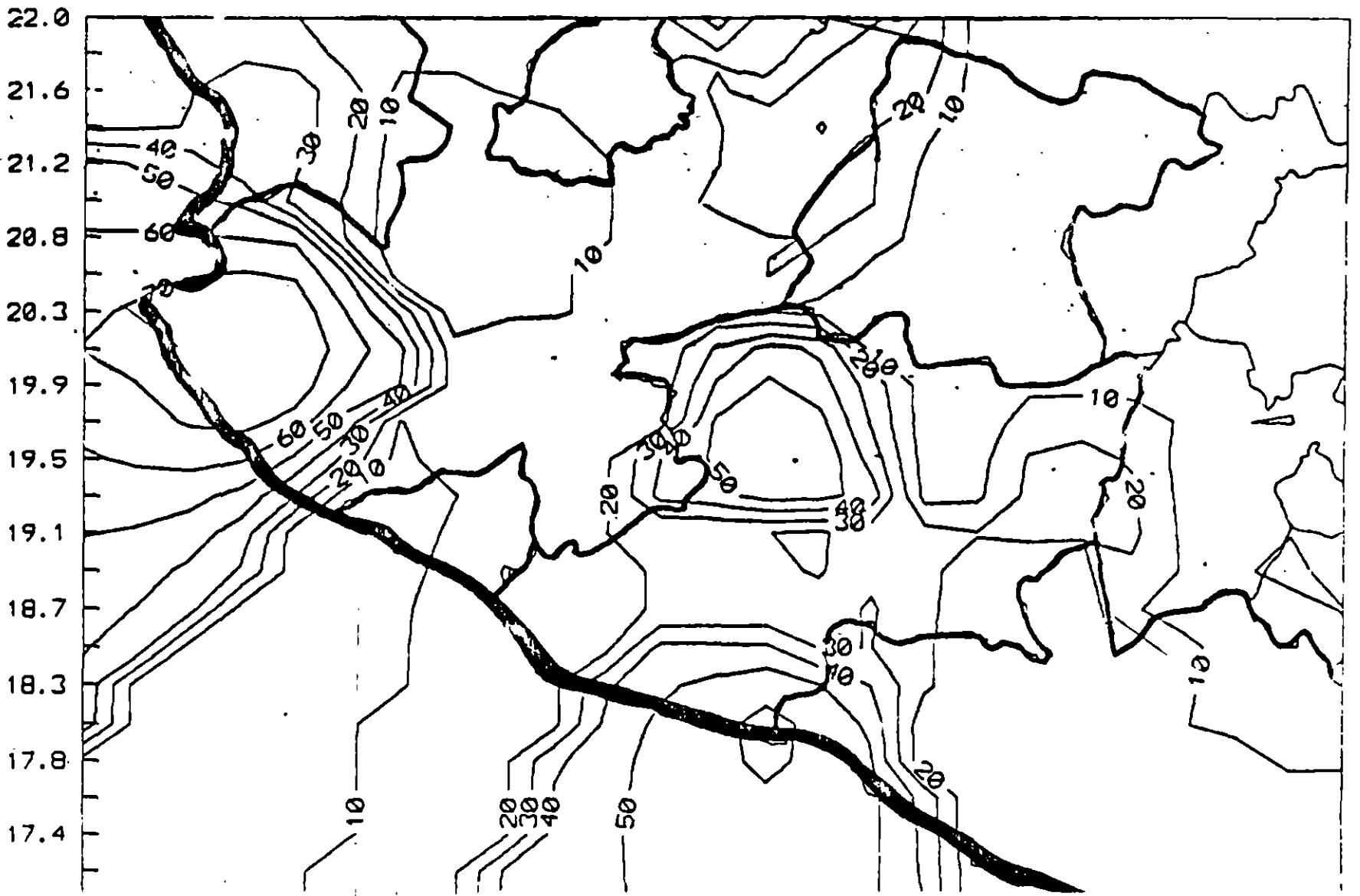
Esta técnica de estimación de precipitación de ciclones tropicales aprovecha la mayor homogeneidad que presentan estos sistemas con respecto a los demás tipos de sistemas meteorológicos.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

HURACAN WINFRED

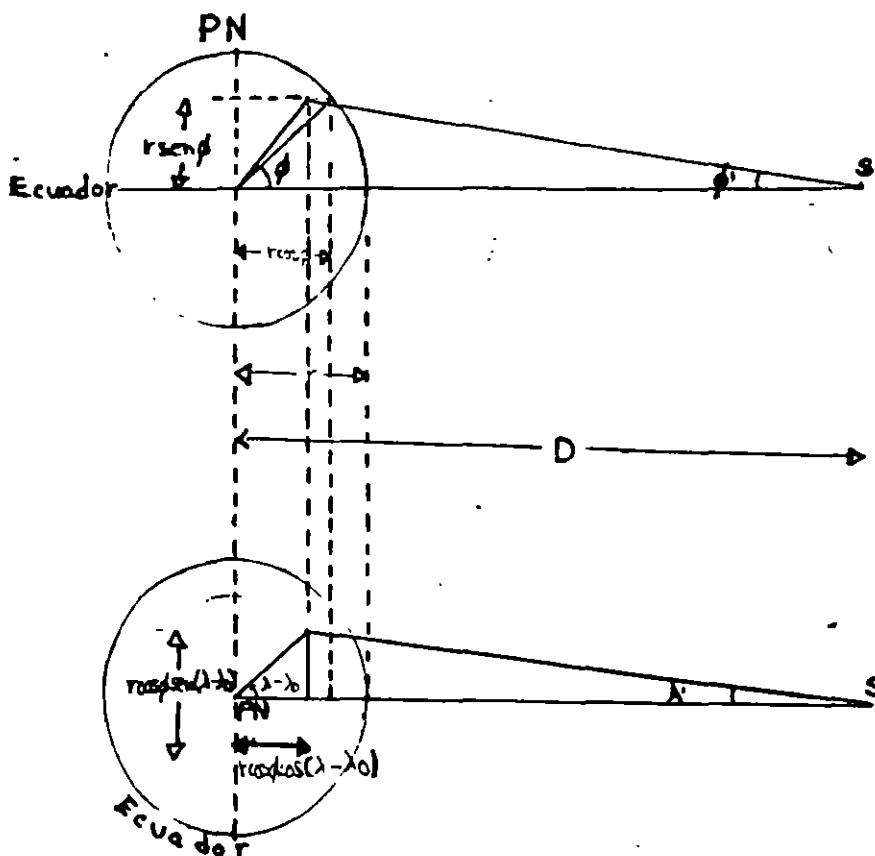
LLUVIA REGISTRADA POR ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
PRECIPITACION ACUMULADA EN 24 HORAS
DE 08:00 DE 8-X-92 HASTA 08:00 DEL 9-X-92



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Georeferencia (coord.pantalla - coord.geograf.)



$$x = (R \cos \phi \operatorname{sen} \lambda) / (1 - R/D \cos \phi \cos \lambda)$$

$$y = R \operatorname{sen} \phi / (1 - R/D \cos \phi \cos \lambda)$$

$$\phi = \operatorname{arcsen} (y/R)$$

$$\lambda = \operatorname{arctan} (x/Z)$$

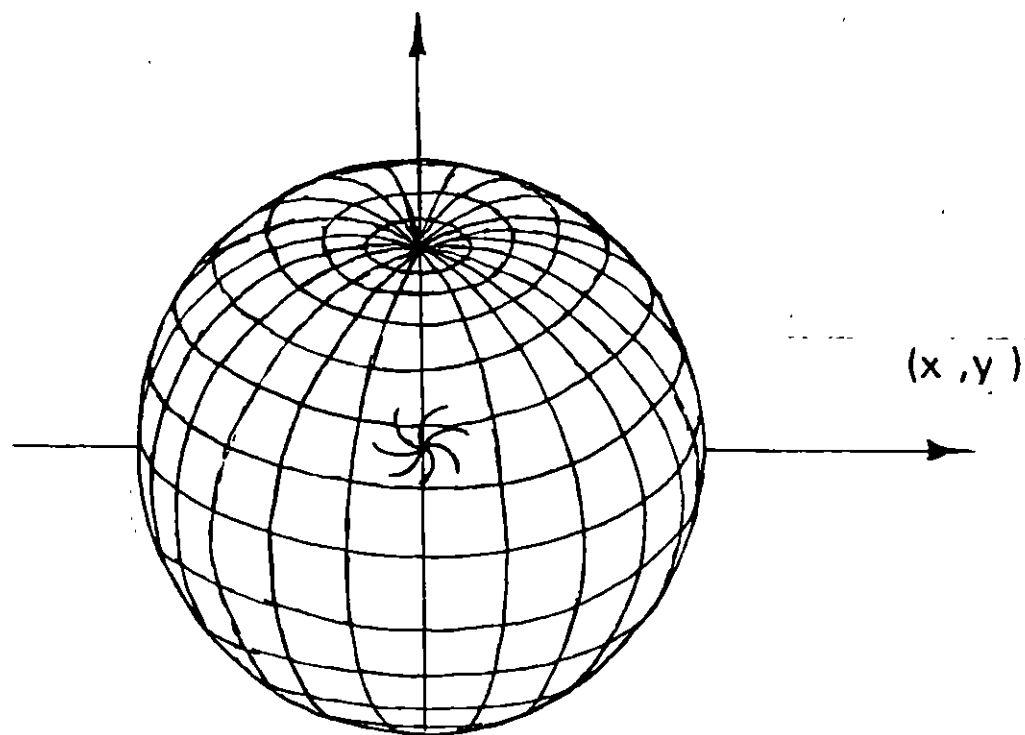
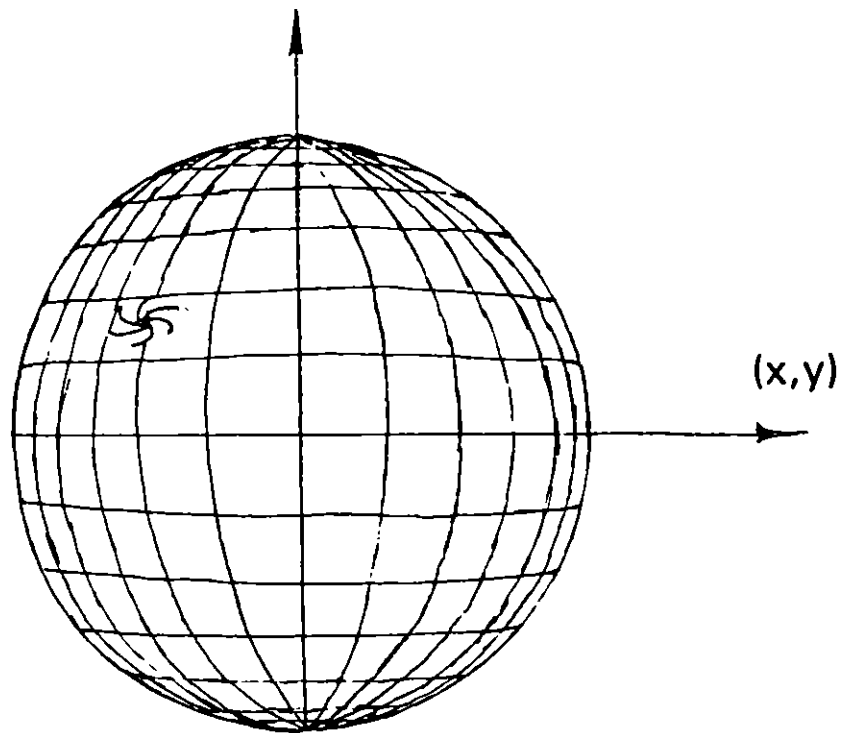
$$\frac{dA_t}{dA_i} = \frac{D-Z}{D} \frac{\cos \lambda}{\cos(\lambda+\phi)} \frac{1}{K_x K_y}$$

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

Precipitación debida a Ciclones Tropicales

Cambio de Coordenadas (plano polar-plano tangente)



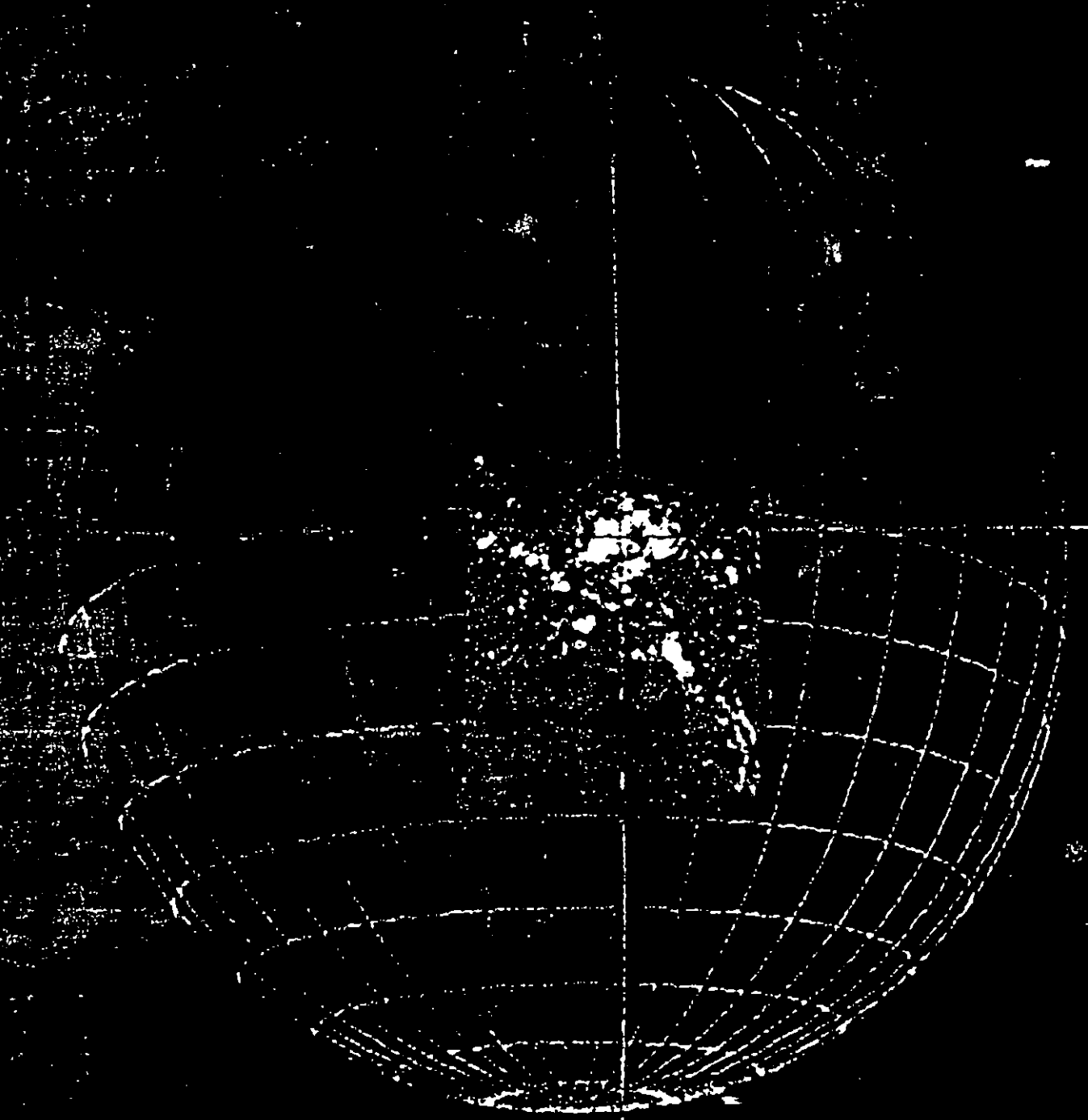
$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\lambda & 0 & -\text{sen}\lambda \\ -\text{sen}\lambda\cos\phi & \cos\lambda & -\cos\lambda\text{sen}\phi \\ \text{sen}\lambda\cos\phi & \text{sen}\phi & \cos\lambda\cos\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

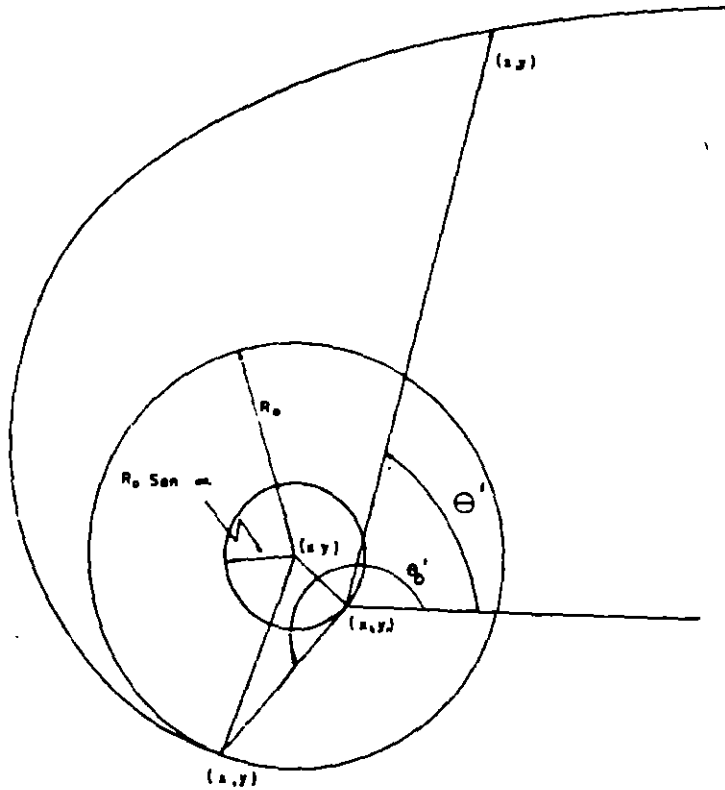
N O T A S



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Detección Automática de Espirales Nubosas



$$\rho = \rho_0 e^{(\theta' - \theta) \tan \alpha}$$

$$x = \rho \cos \theta + x_0$$

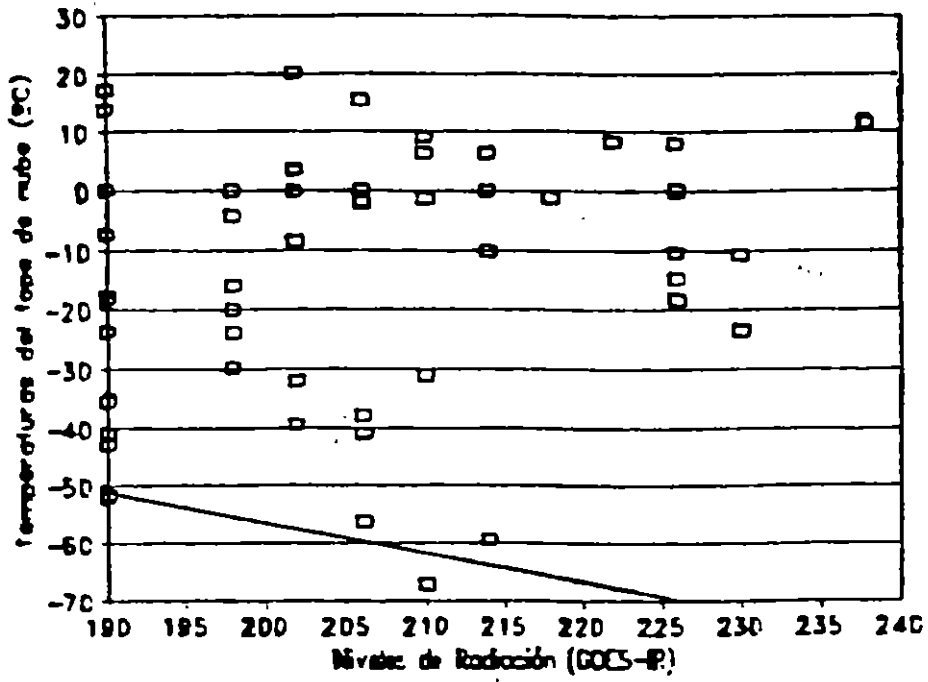
$$y = \rho \sin \theta + y_0$$

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

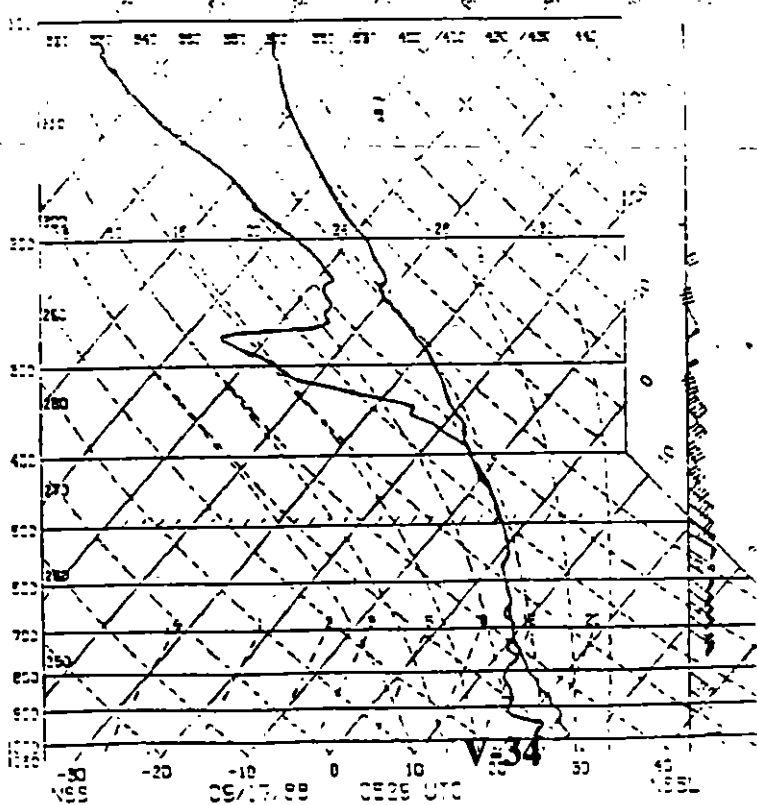
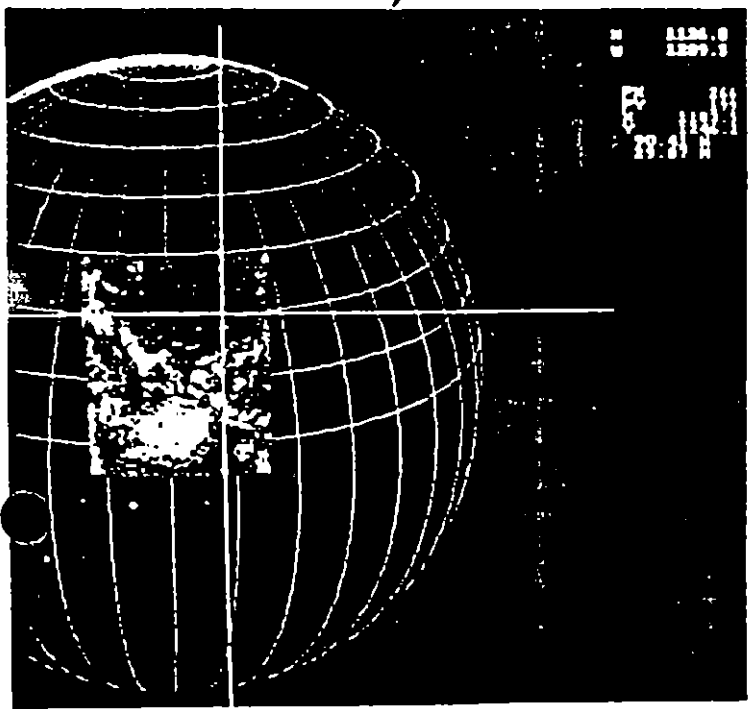
Relaciones Radiación Temperatura del Tope de Nube

Gráfica Radiación-Temperatura



R

T

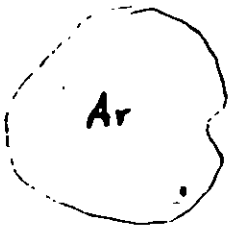
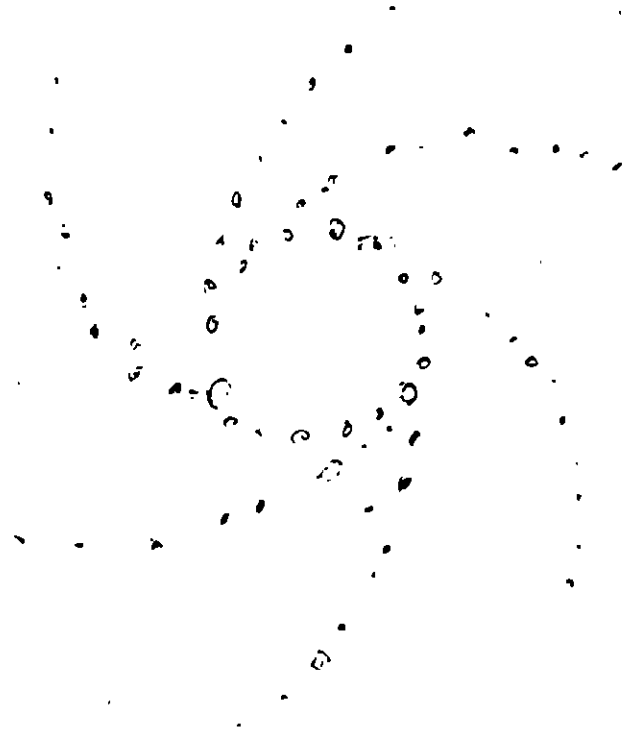
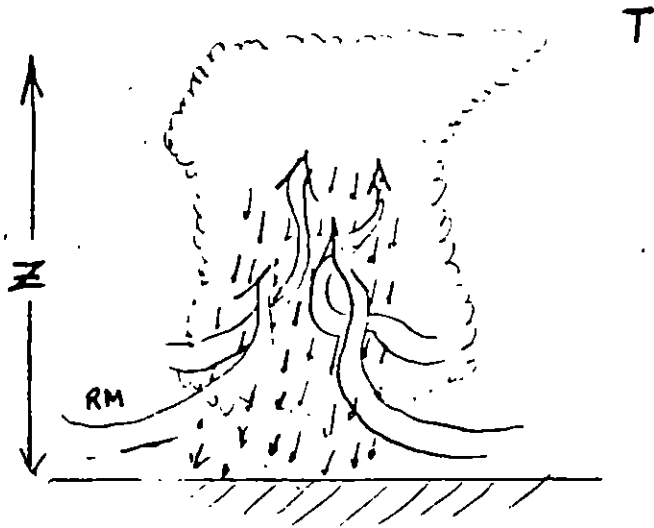


EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Precipitación debida a Ciclones Tropicales

Precipitación Convectiva



$$T_c = 0.717 T_{min} + 56.6$$

$$R_m = 74.89 - 0.266 T_c$$

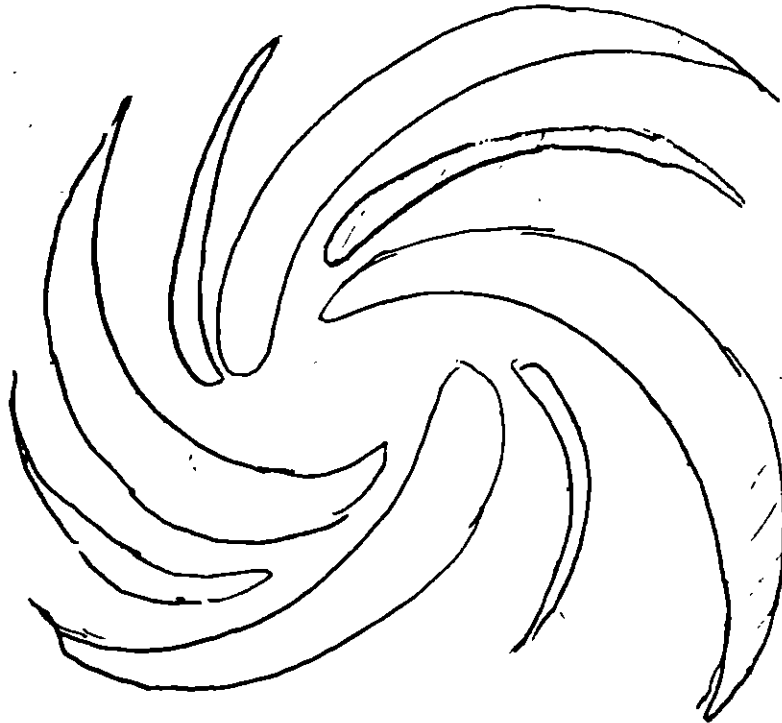
$$A_r = \exp (15.27 - 0.0465 T_c)$$

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Precipitación debida a Ciclones Tropicales

Precipitación de Nubes Estratiformes.



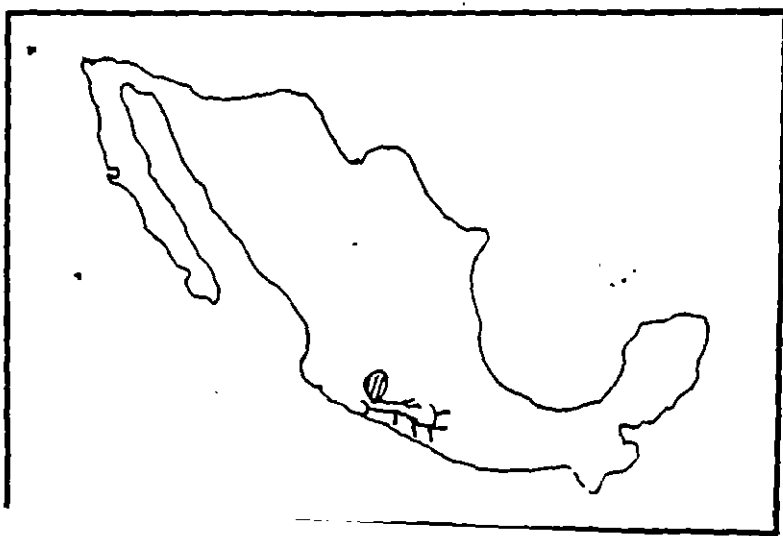
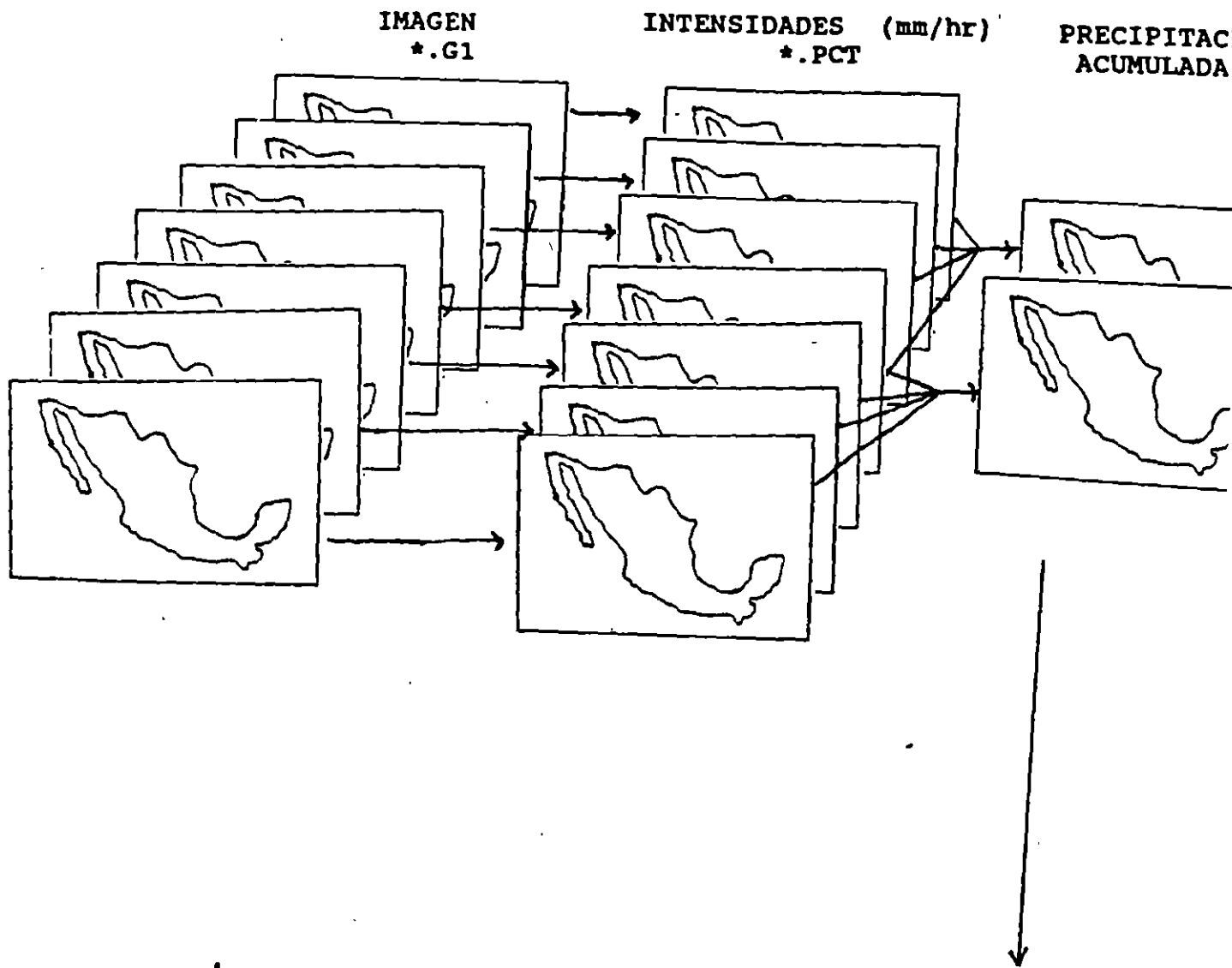
$$T < \bar{T}$$

$$2 \left[\frac{mm}{hr} \right]$$

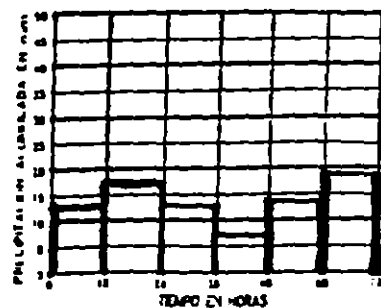
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Estimación Operativa de Precipitación de Verano en Subcuencas



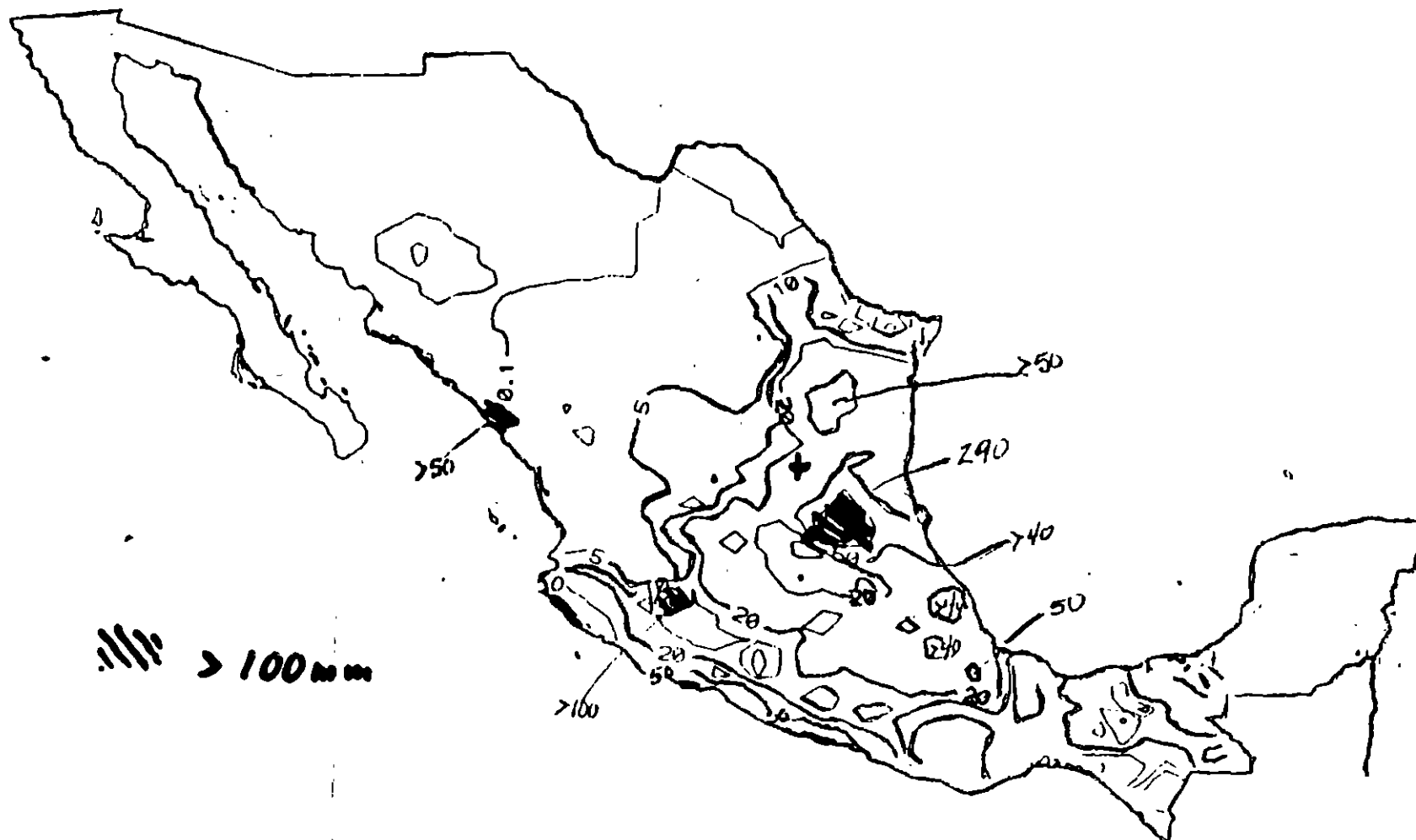
HIETOGRAMA



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

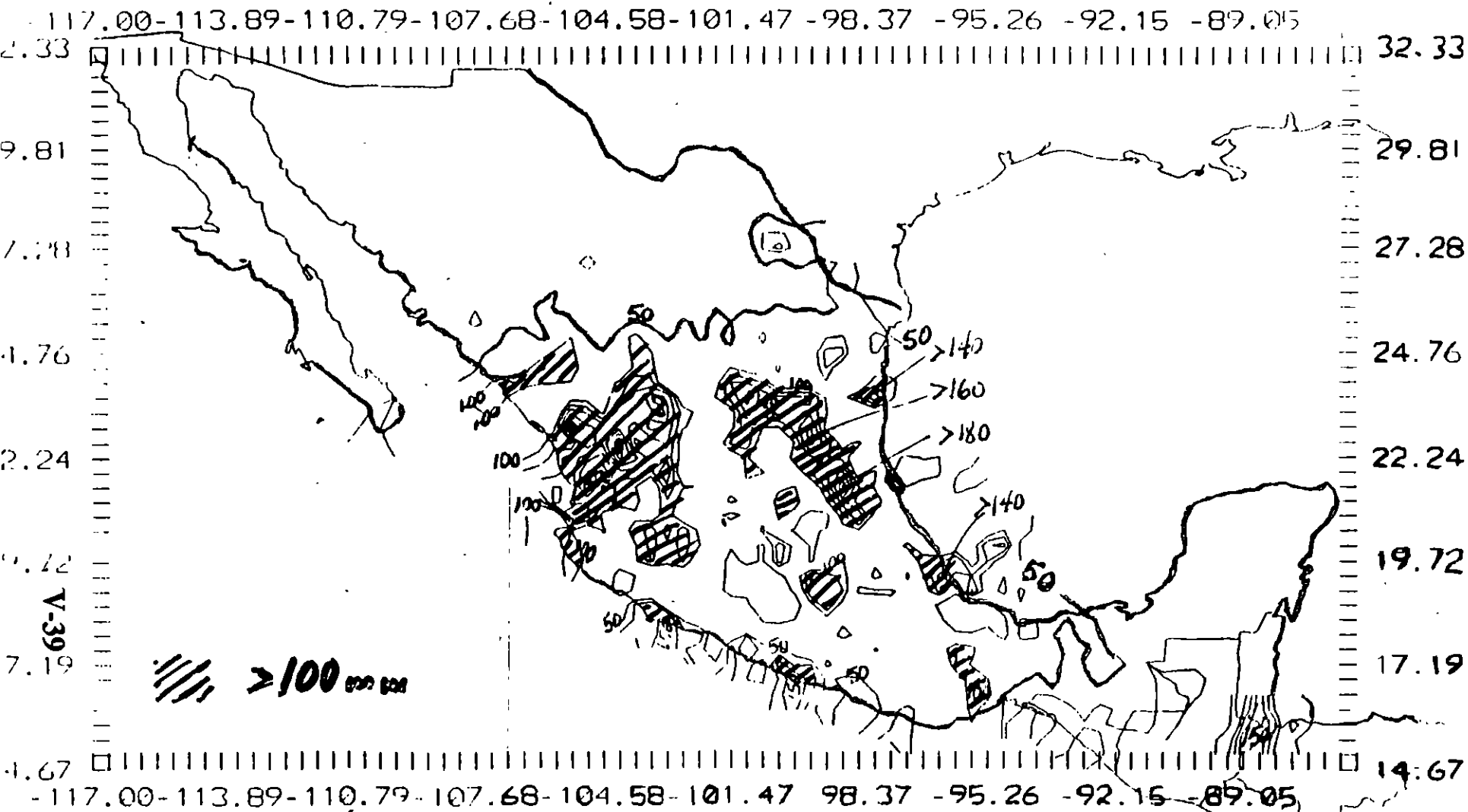
PRECIPITACION REAL EN mm DEL 21 DE SEPTIEMBRE DE 1993.



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

PRECIPITACION ESTIMADA, 21-SEP-1993 [MM/DIA]



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

PRECIPITACION REAL EN mm DEL 22 DE SEPTIEMBRE DE 1993.



LAMINA MEDIA 12.2 mm.

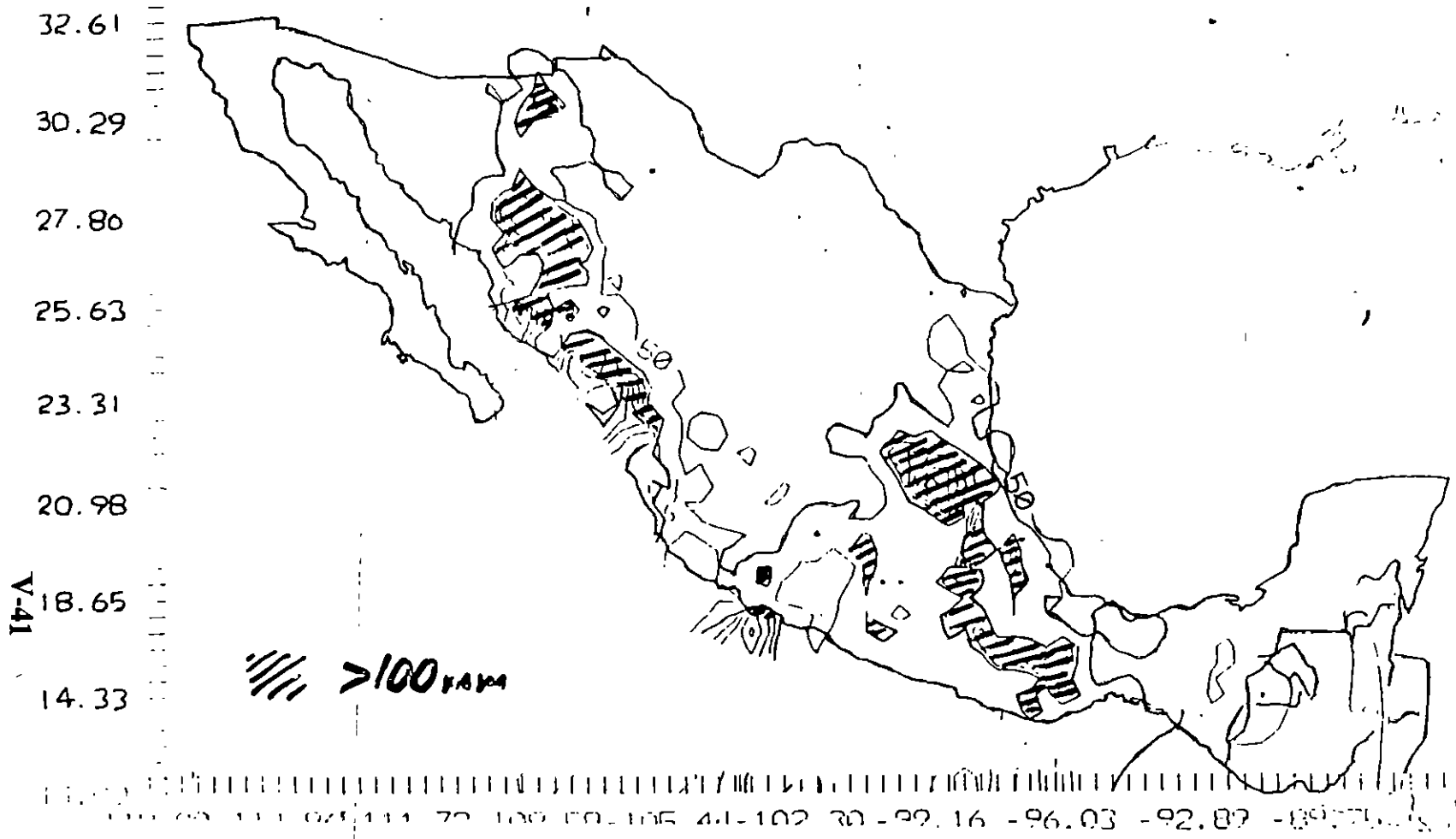
 > 100 mm

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

- 50
- 100
- 175
- 140
- 160
- 200

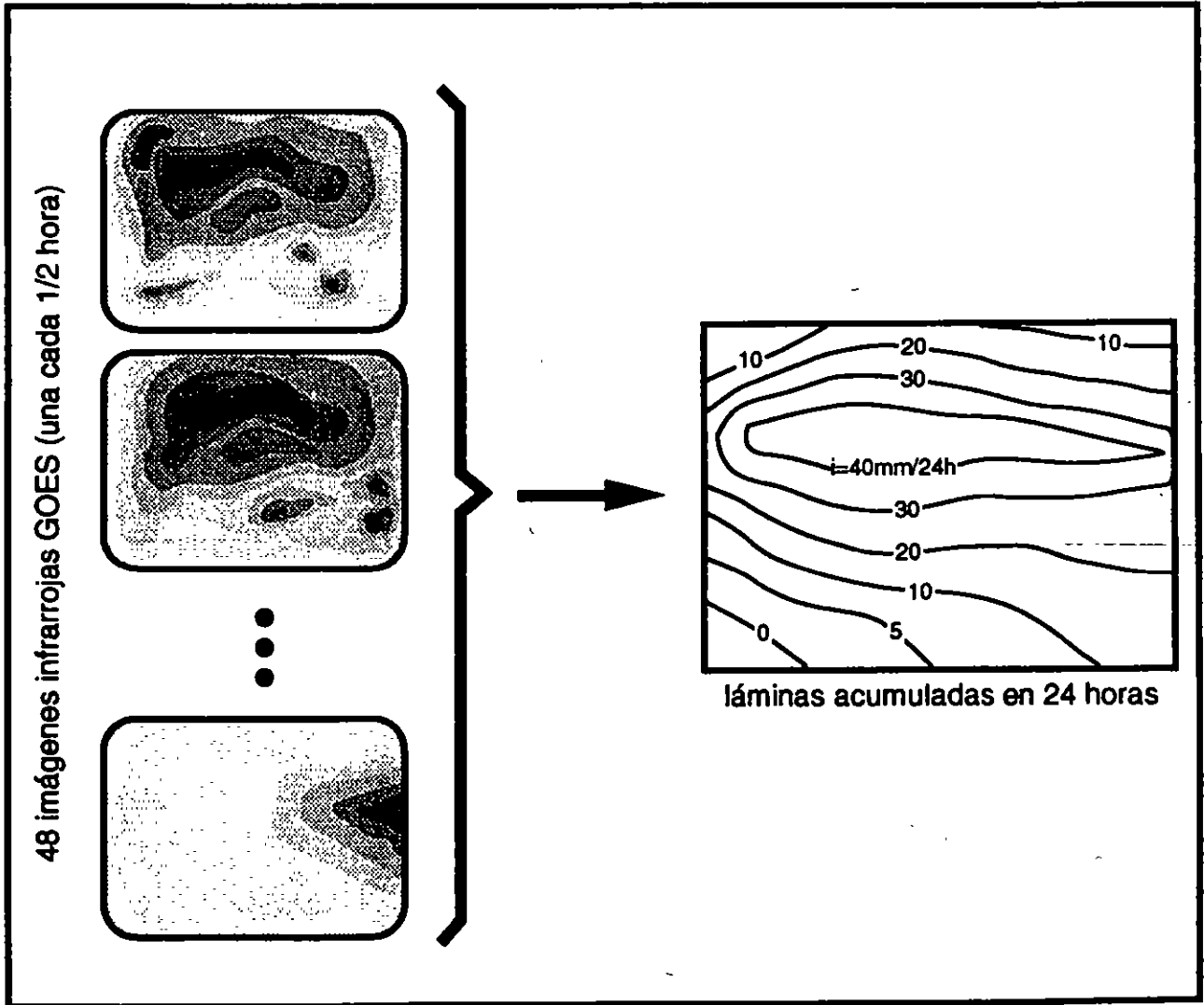
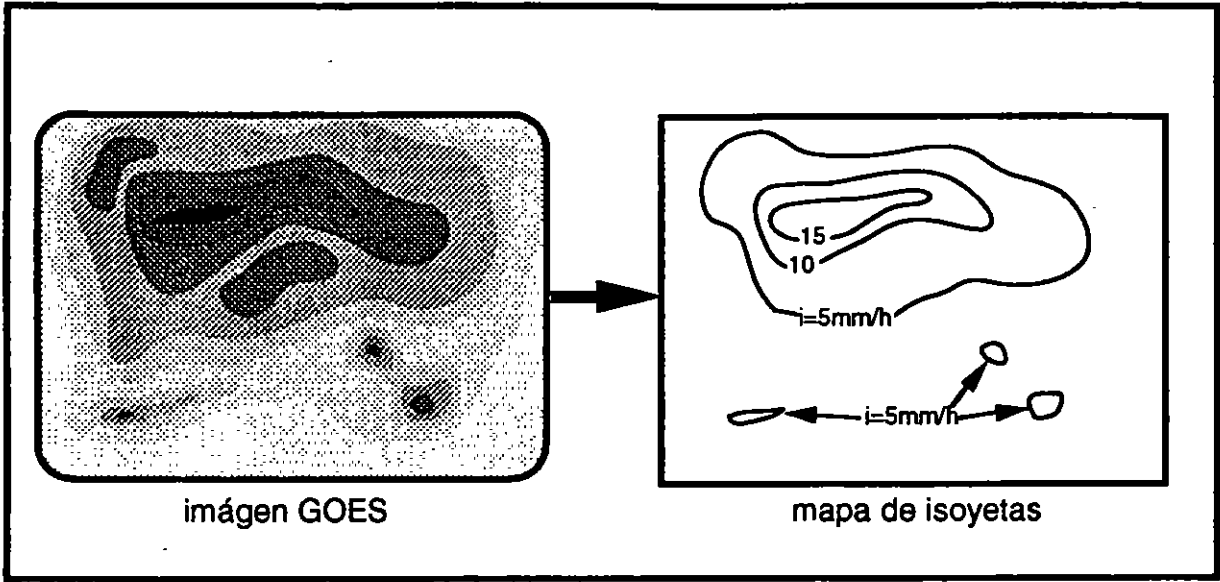
PRECIPITACIONES ESTIMADAS, 22-SEP-93 [mm]



41

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

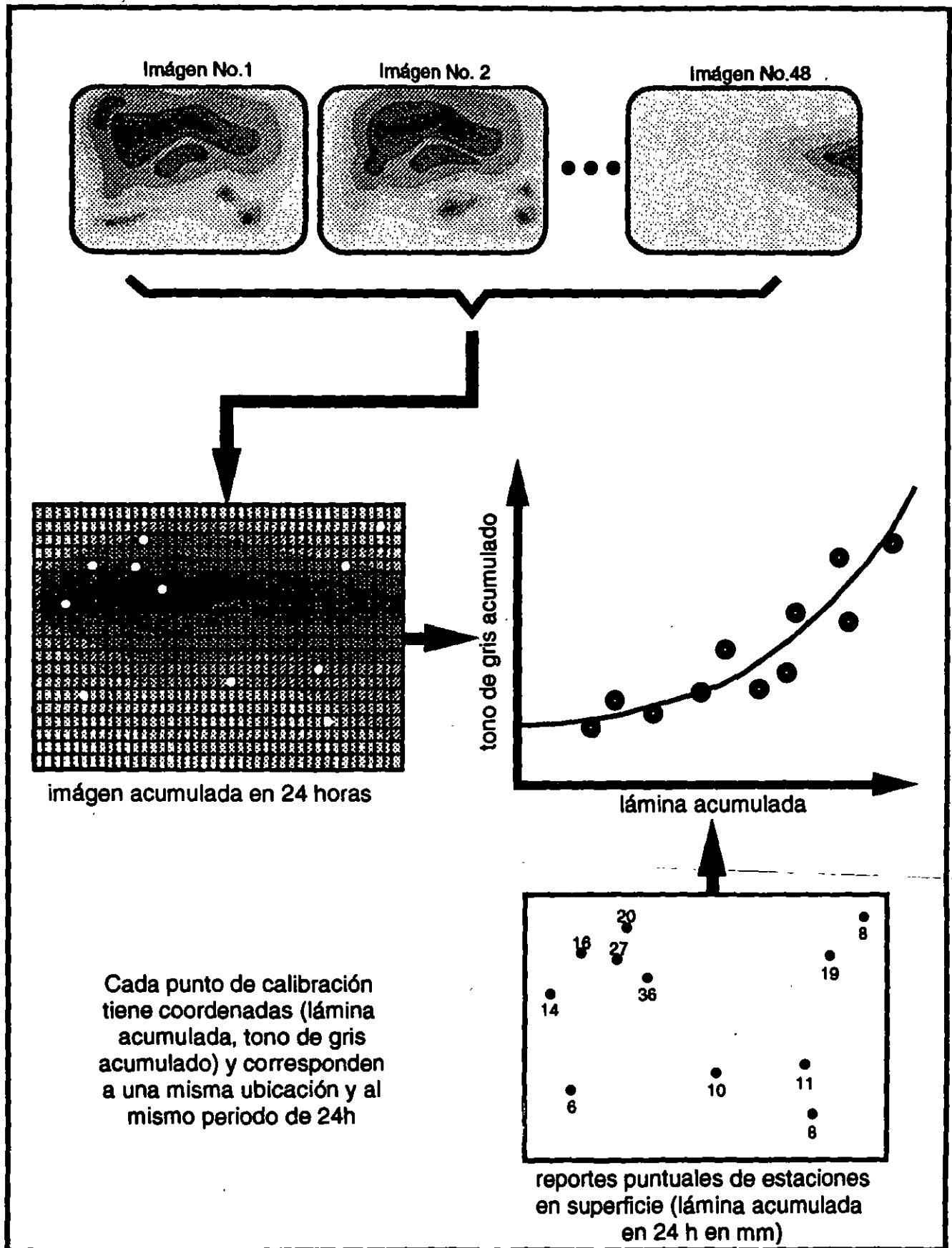
N O T A S



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

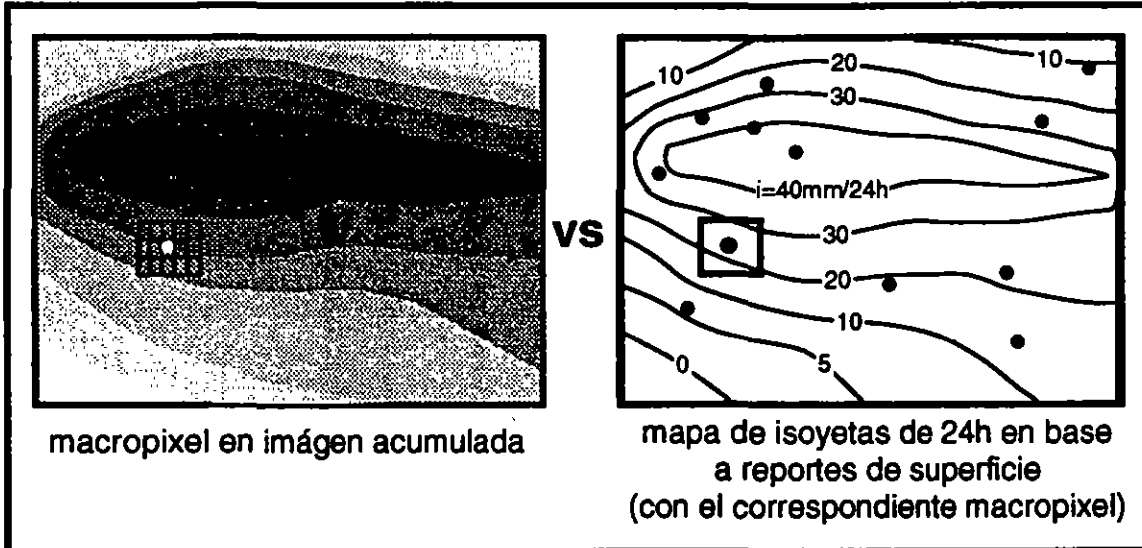
MODELOS DE ESTIMACION DE LLUVIAS CON BASE EN IMAGENES DE SATELITE



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

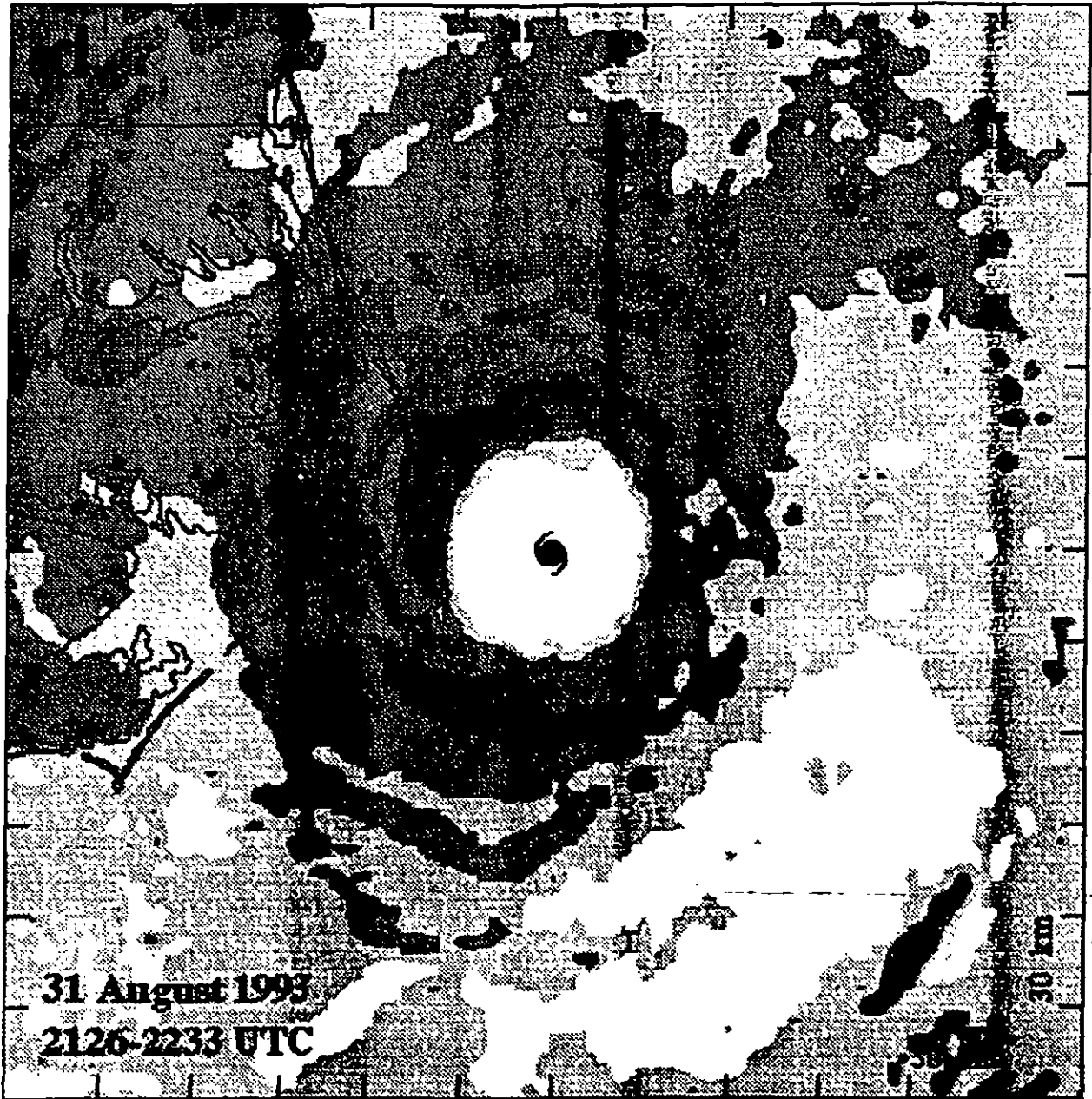
N O T A S

MODELOS DE ESTIMACION DE LLUVIAS CON BASE EN IMAGENES DE SATELITE



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

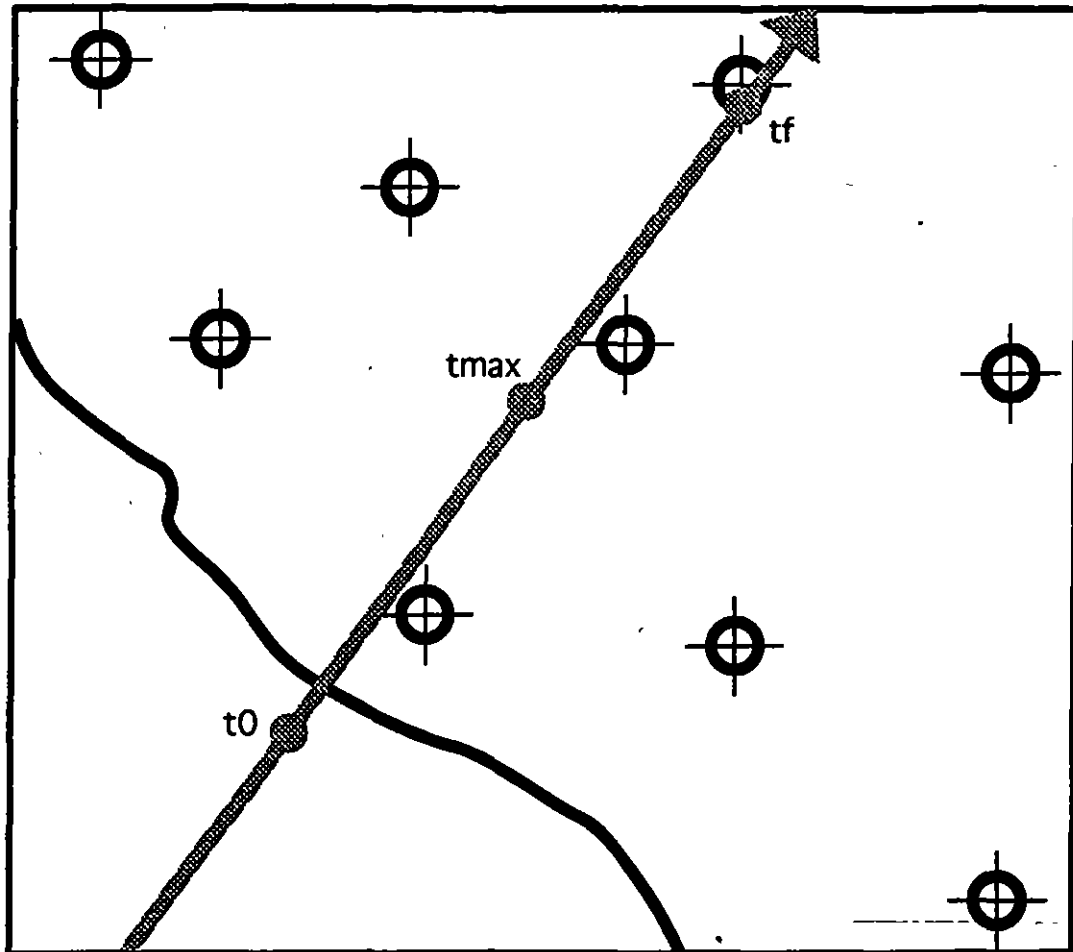


Reflectividad promedio en el periodo 2126-2233 UTC relacionada al huracán Emily.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

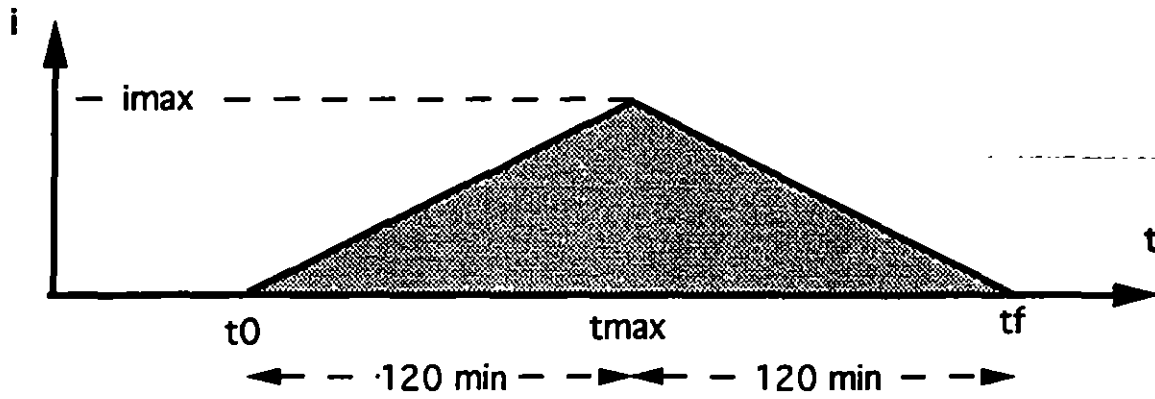
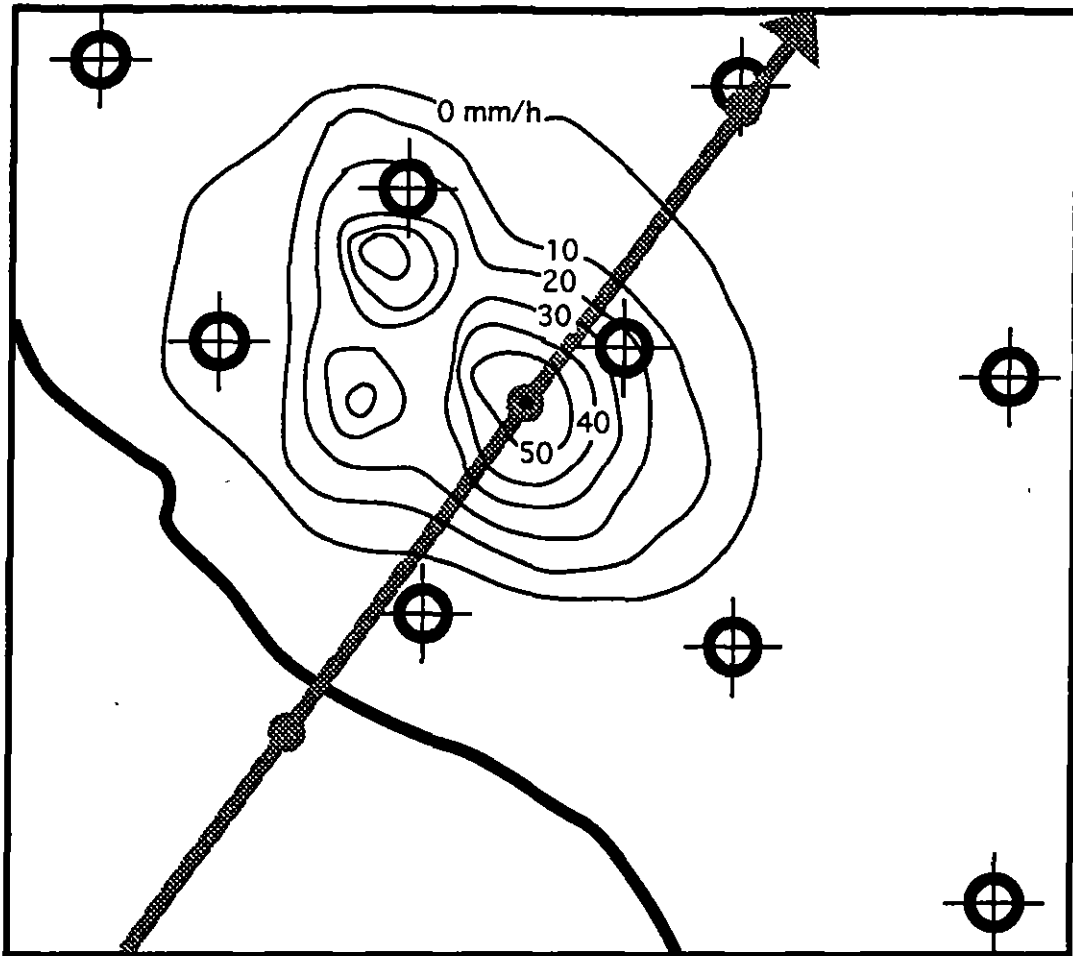
RED BASICA Y TRAYECTORIA DE TORMENTA



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

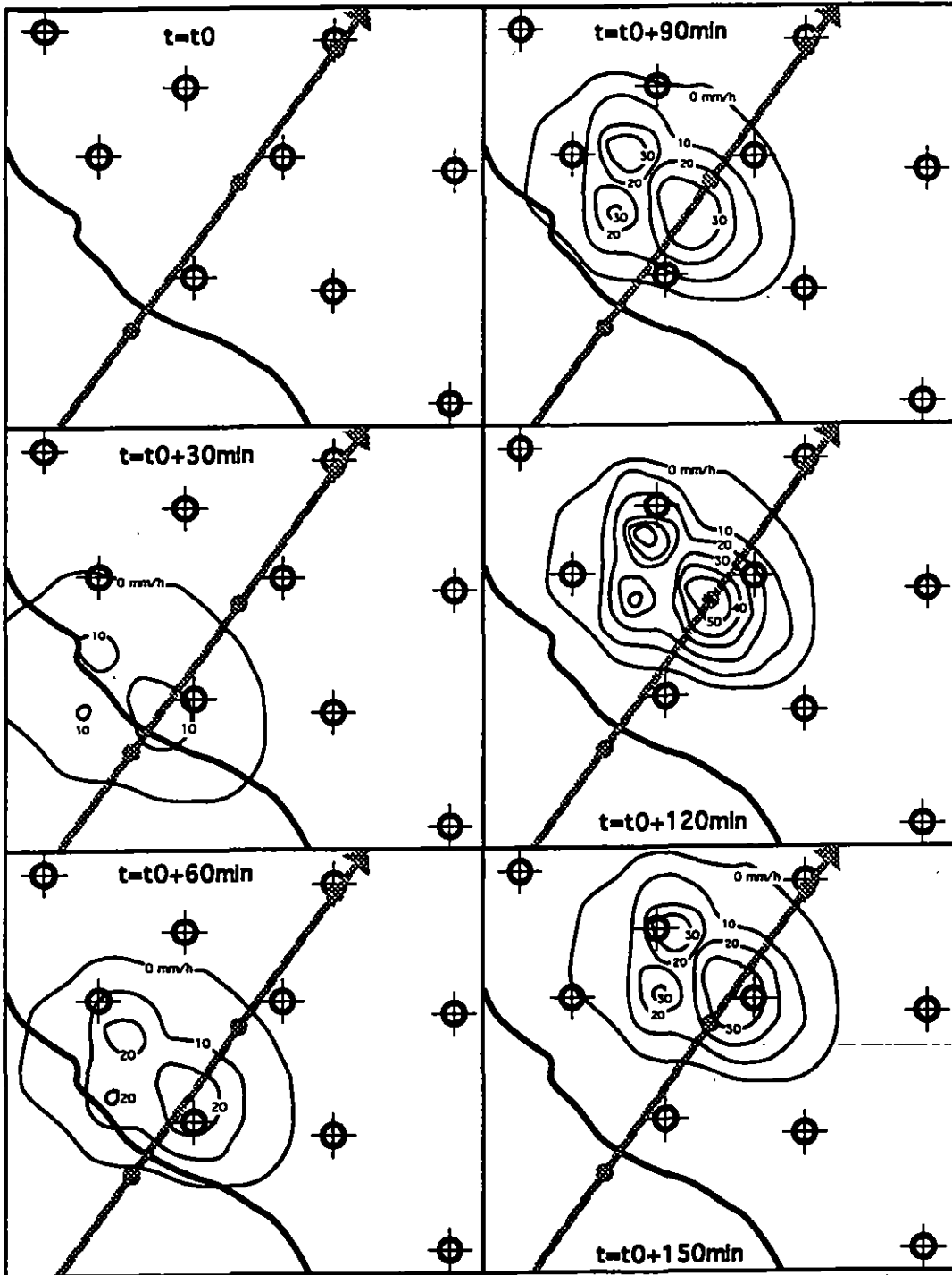
DEFINICION DE LA TORMENTA



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

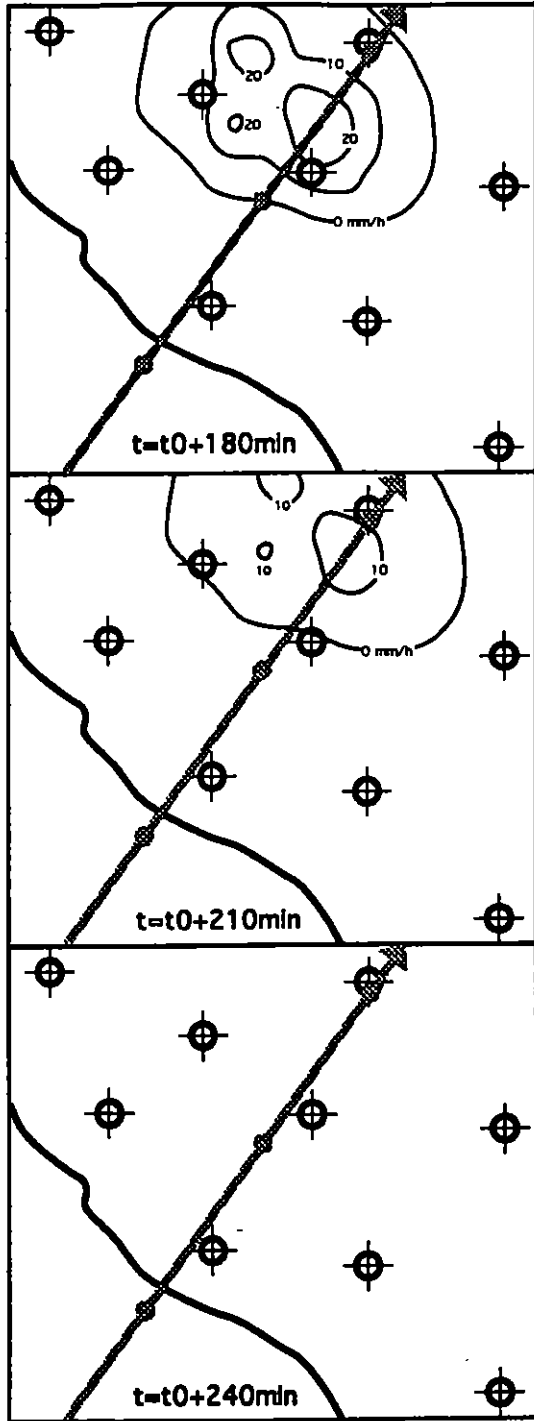
EVOLUCION DE LA REALIDAD



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

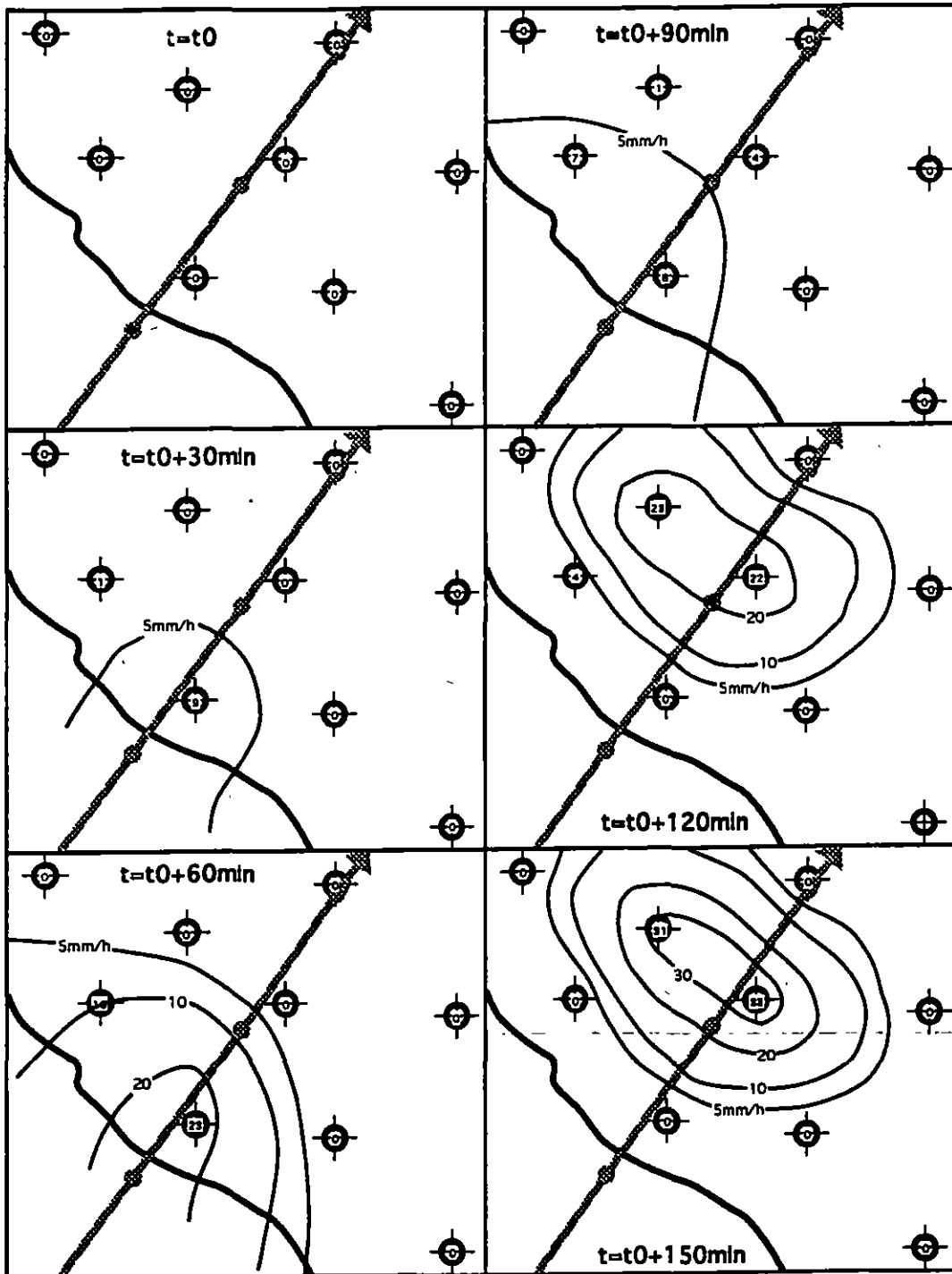
N O T A S

EVOLUCION DE LA REALIDAD



NOTAS

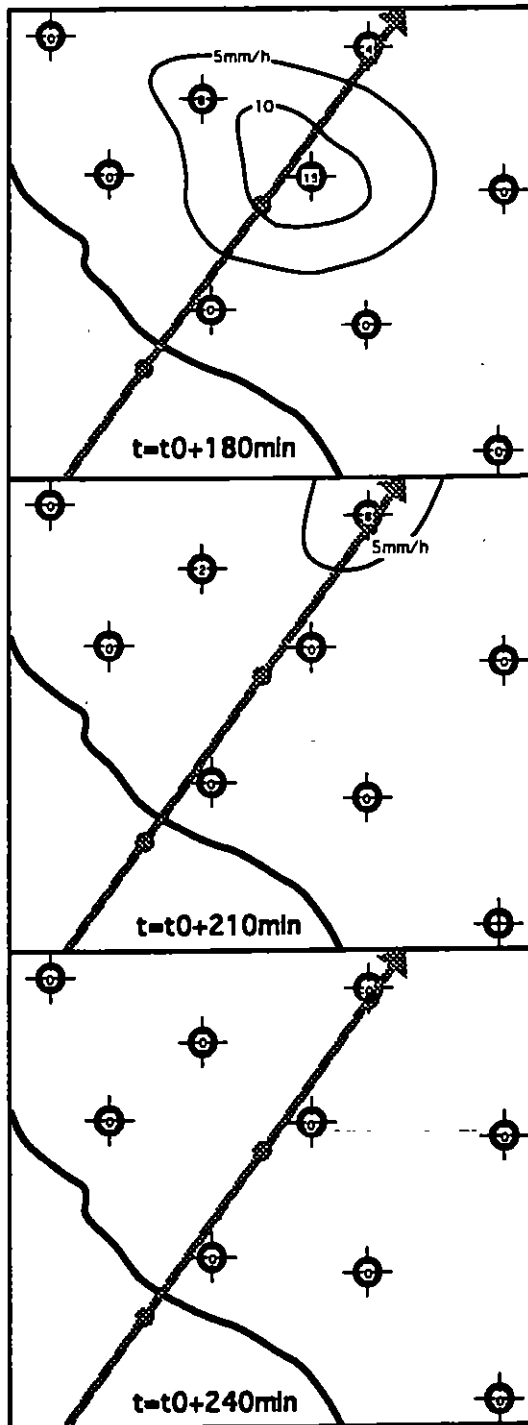
PERCEPCION DE LA REALIDAD (RED BASICA)



EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

PERCEPCION DE LA REALIDAD (RED BASICA)



EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

V.8.- Software para estimar la precipitación.

1.- Objetivos.

El objetivo y función de este código es el de estimar la precipitación acumulada en un período de 24 horas, dicha estimación puede ser mostrada en una imagen de precipitación o en un mapa de isoyetas.

2.- Descripción.

Se presenta el código de computadora para la Estimación de Precipitación Acumulada Diaria de Imágenes Infrarrojas GOES, EPADIIG1, la estimación de la precipitación acumulada en un período de 24 horas se realiza a partir de imágenes infrarrojas GOES, provenientes del sistema procesador de imagen instalado en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

3.- Entradas.

Las imágenes requeridas por el programa son las provenientes del sistema procesador de imágenes en la banda infrarroja. Debido a limitaciones del sistema la información contenida en la imagen que se recibe es reducida a 16 valores. Se realiza un proceso de transformación de escalas, por medio de un menú gráfico del software que controla la recepción, en las zonas que se desee tener mayor detalle, esta información se guarda en un archivo.

4.- Producto de salida.

El código EPADIIG1 además de mostrar la imagen de precipitación estimada o el mapa de isoyetas, permite:

- Calcular el volumen llovido para una cierta área, la cual puede ser un contorno arbitrario definido por el usuario (como una cuenca, un estado, etc.)
- Obtener la lámina quasi-puntual para un lugar de latitud y longitud conocidas, es decir, la lámina promedio llovida en un rectángulo de 20 x 24 km, cuyo centro es el punto en cuestión.
- Ampliar la zona de interés (zoom).

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

5.- Requisitos y restricciones operativas.

El código opera en máquinas IBM-PC compatibles bajo MS DOS, requiere aproximadamente 1.1 MB de espacio en disco duro, monitor a color, tarjeta gráfica VGA y coprocesador matemático. Debido a la gran cantidad de cálculos implícitos en la estimación, se recomienda tener como mínimo un procesador 80386 a 25 Mhz, aunque lo ideal sería contar con un 80486 para fines de cálculo en tiempo real. El uso de mouse es opcional y será utilizado por el programa en forma automática si está presente.

Previo a la instalación de EPADIIG1 se requiere haber instalado el paquete Surfer (Golden Software, 1991), ya que el programa hace llamadas a subrutinas del mismo para la generación de mapas de isoyetas.

6.- Condiciones de uso.

A voluntad y criterio del usuario, ya que solo da un estimado de la precipitación acumulada, pero no sustituye en ningún momento el criterio y experiencia del usuario en la toma de decisiones.

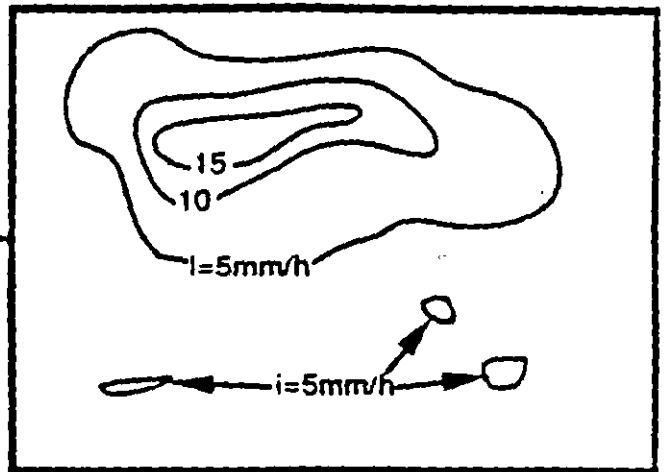
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

transformar imágenes GOES en
mapas de isoyetas



imagen GOES

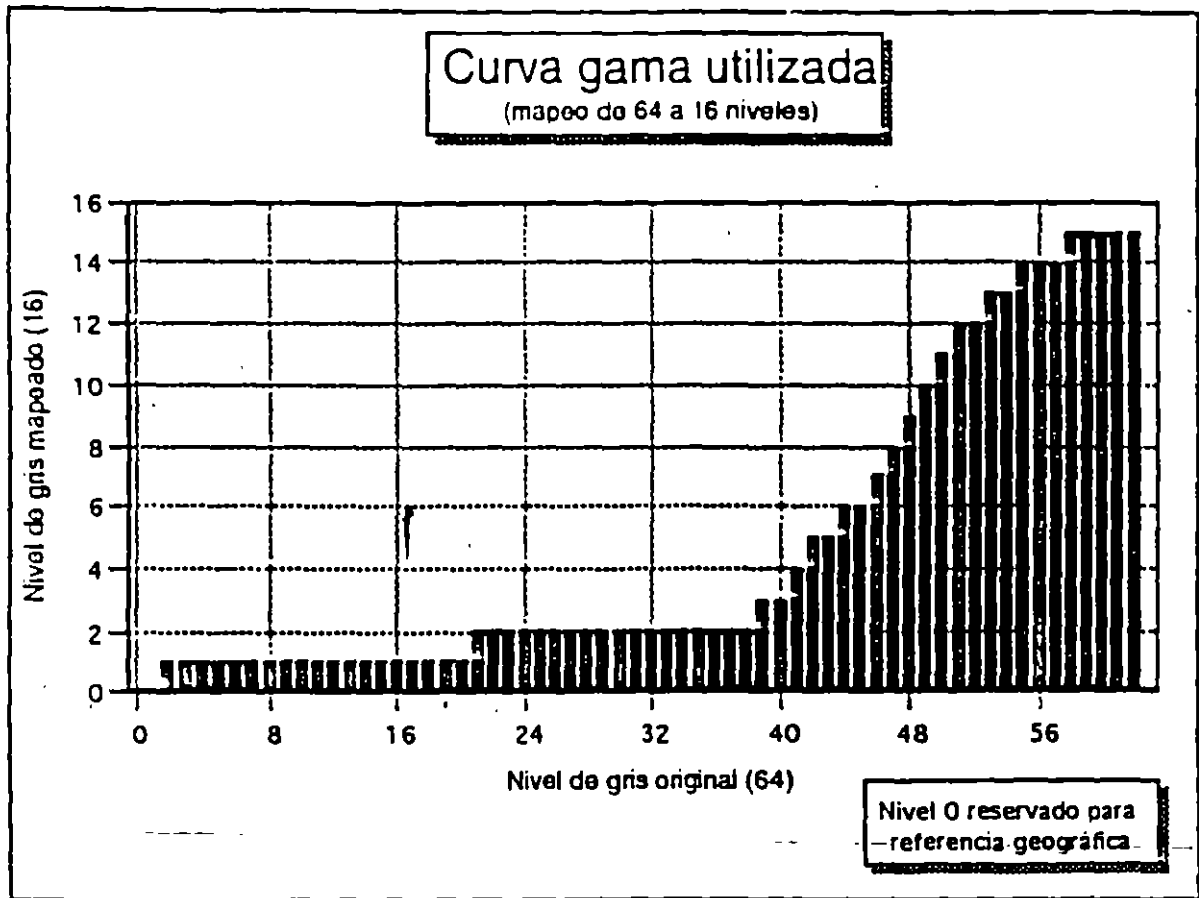


mapa de isoyetas

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

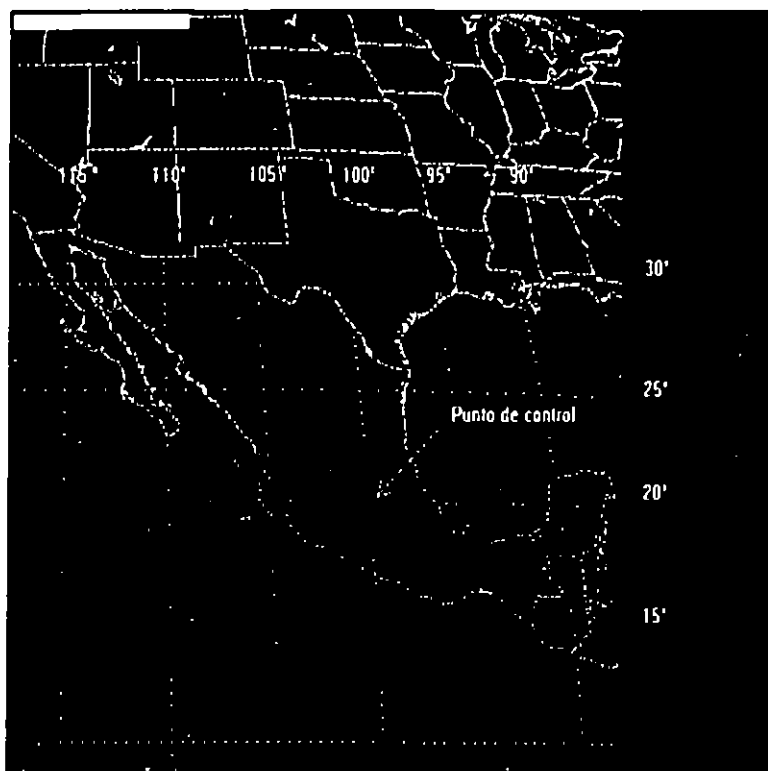
Curva gama a utilizar para el modelo EPADIIG1



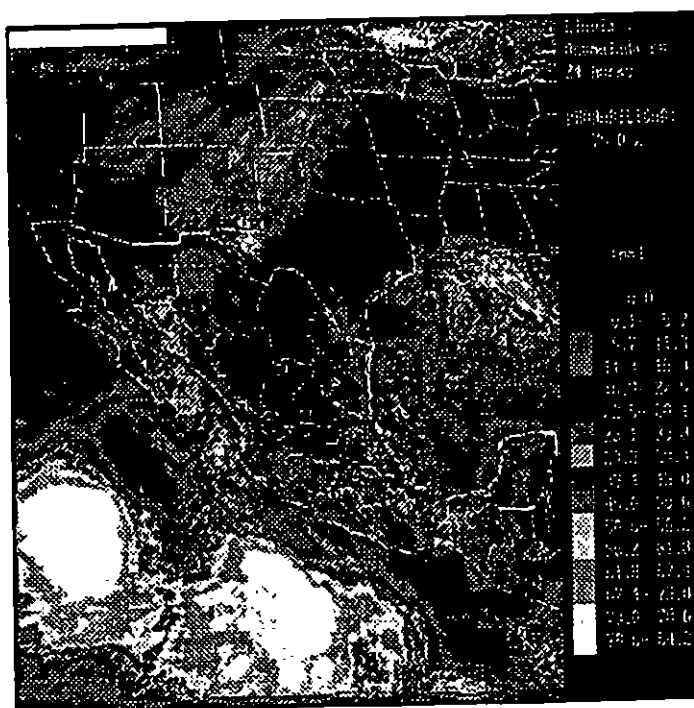
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

Ubicación del punto de control para corregir el desfazamiento entre imágenes.



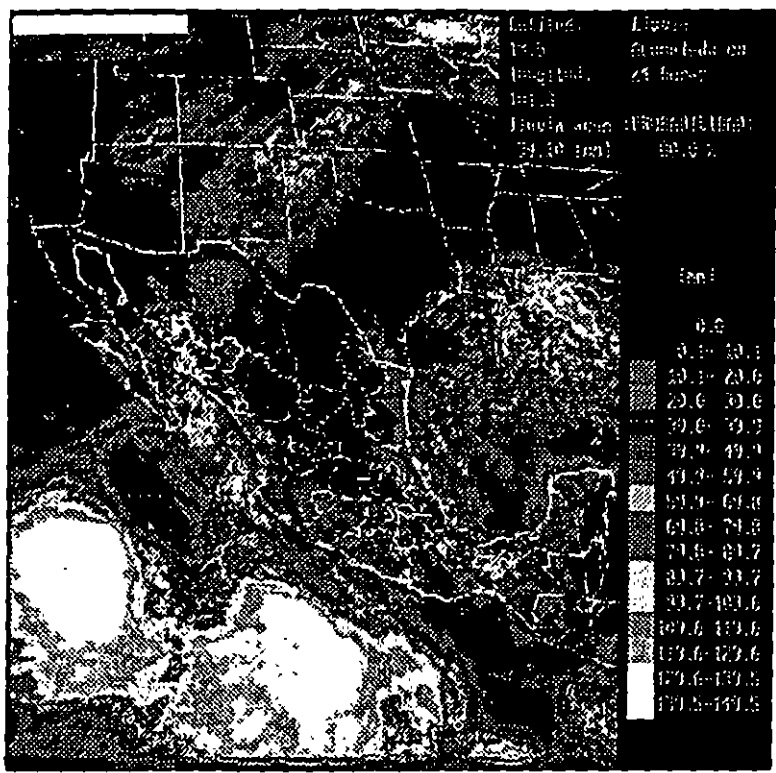
Imágen de precipitación acumulada generada por EPADIIG1



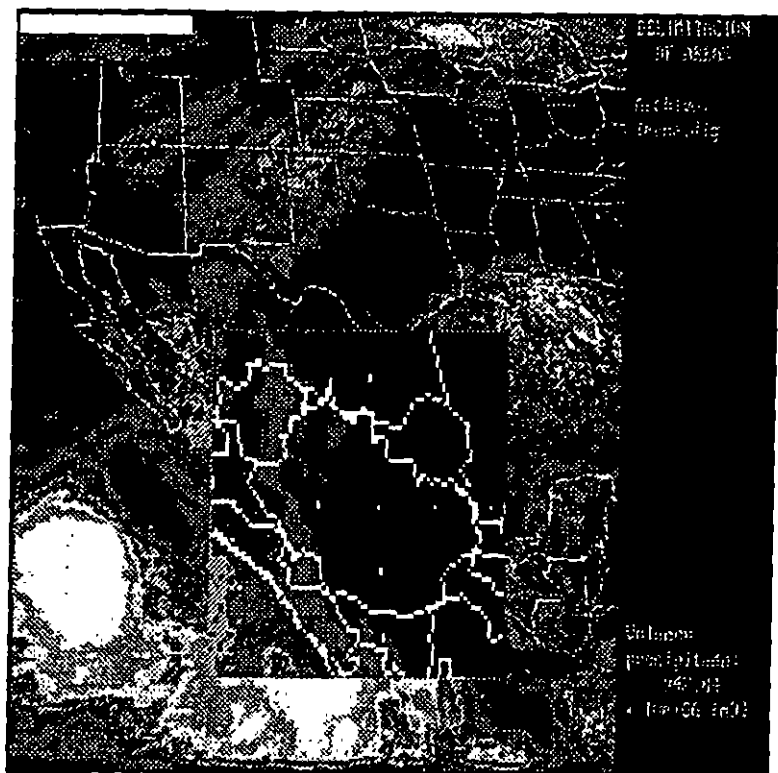
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Precipitación estimada para un lugar dando su latitud y longitud



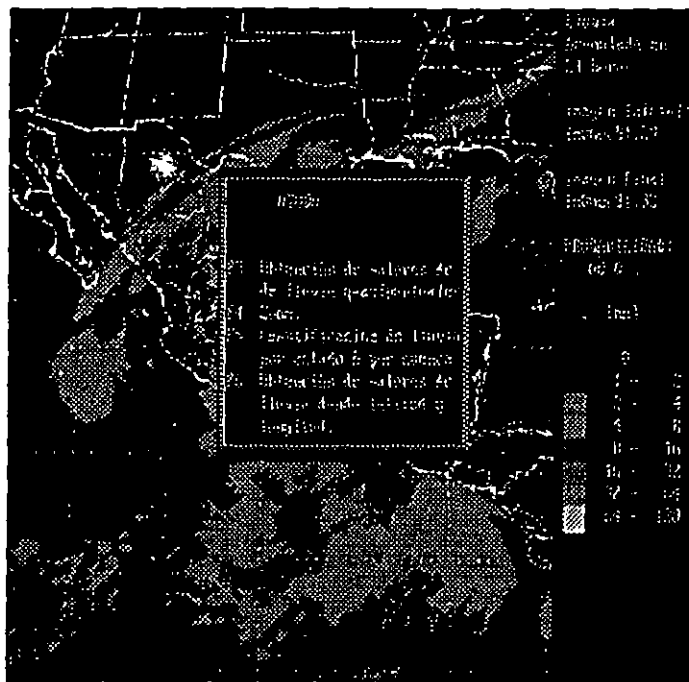
Cálculo del volumen precipitado en una cuenca



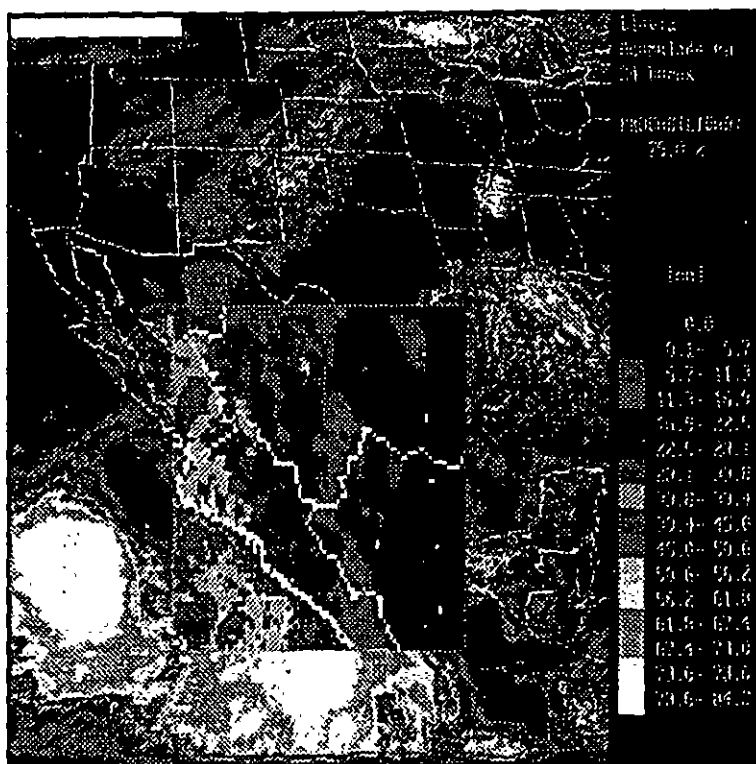
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

Opciones disponibles sobre una imagen de precipitación desplegada.



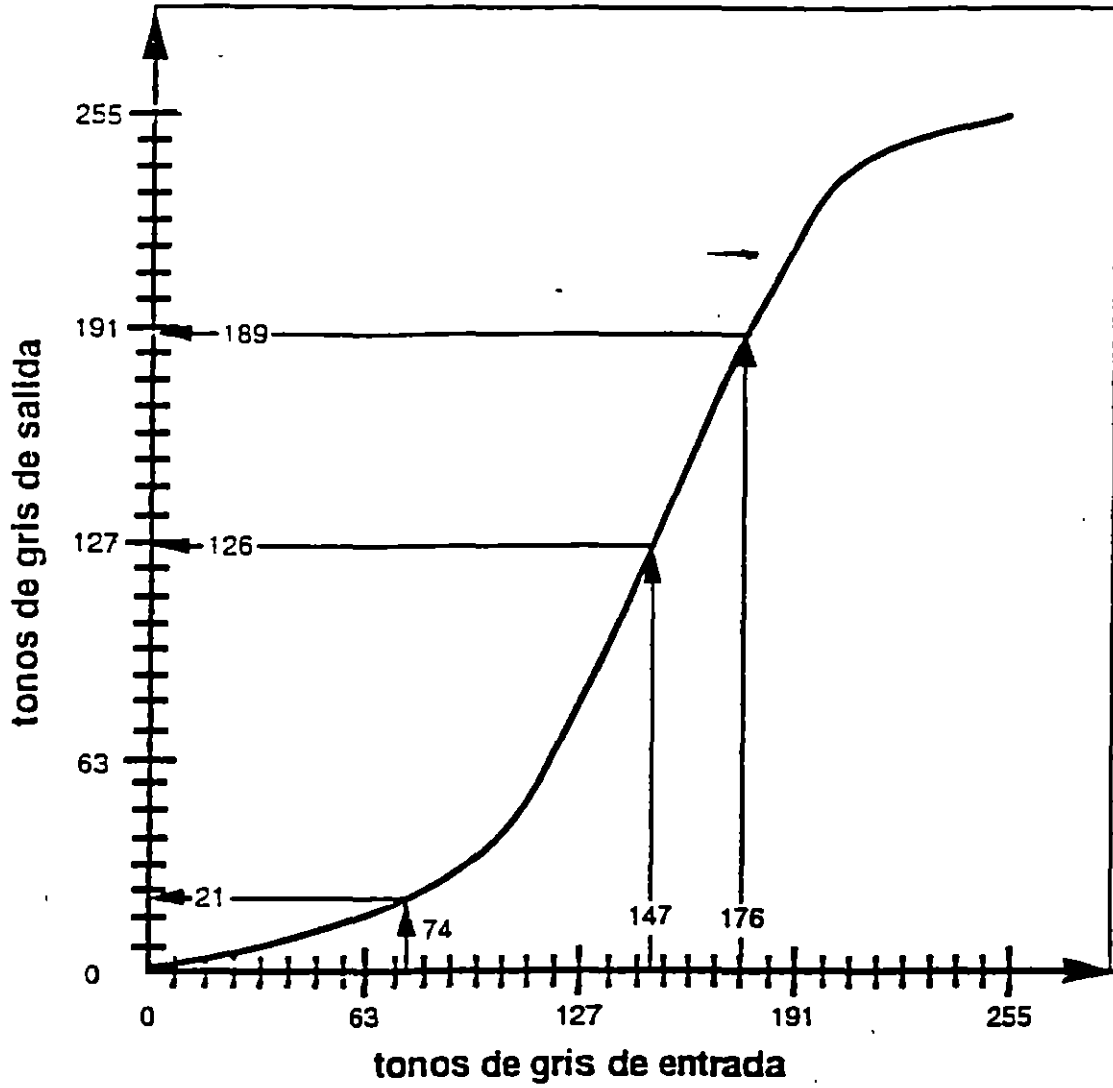
Ampliación de una zona de interés con la opción Zoom



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

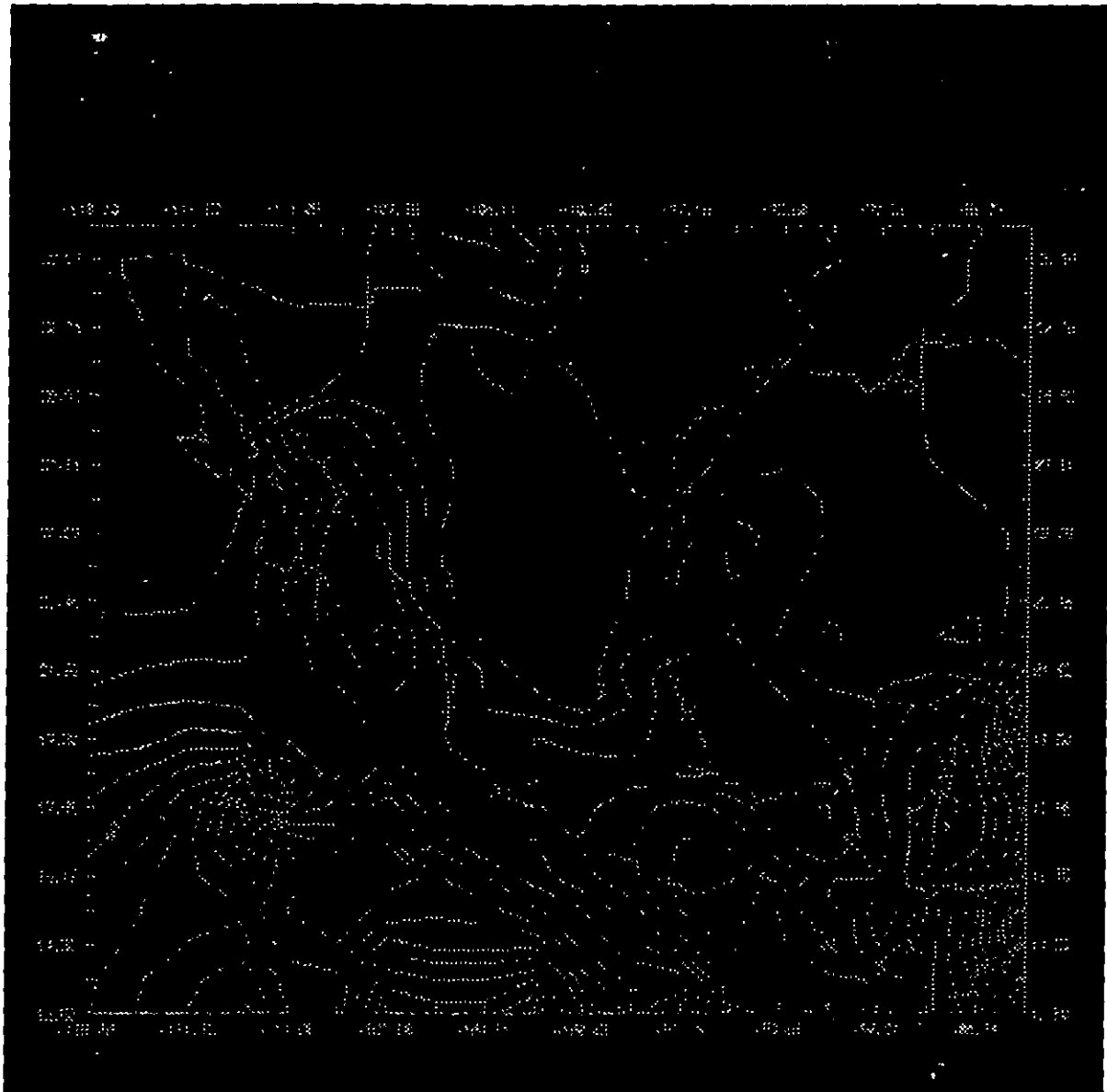
Transformación de tonos de gris a través de la curva gama.



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

NOTAS

Mapa de isoyetas generado a partir de una imagen de precipitación acumulada



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

LLUVIA: ASPECTOS DE PROTECCION CIVIL

- **Los dos principales efectos peligrosos de la lluvia son: el desbordamiento de cauces (naturales o artificiales) y el deslizamiento de tierras (fundamentalmente laderas y taludes marginalmente estables)**
- **Es extremadamente importante el evacuar al 100% de la población que se ha instalado en el interior de cauces. El límite natural de un cauce puede no ser obvio a simple vista para un no especialista, pero en innumerables ocasiones existen asentamientos hasta en zonas obviamente en la cama del cauce o entre bordos que intentan delimitar la llanura de inundación. Es muy importante el conocer, no solamente la situación urbana actual, sino su evolución a lo largo del tiempo, para identificar así zonas de peligro. Ha ocurrido que en eventos catastróficos de este tipo, el 100% de los afectados sean personas que se asentaron en los últimos años después de haber ocurrido el último gran evento histórico. La evacuación debe realizarse para todos los cauces en la zona de influencia del ciclón, aún cuando localmente no se haya o se esté presentando lluvia. Las avenidas pueden ser sumamente abruptas y no permitir ninguna maniobra ya que el problema es obvio.**
- **La construcción de bordos alrededor de cauces o poblaciones protegen a la población mientras no sean rebasados o fallen. Si esto ocurre, el nivel de aguas al que inicia la emergencia es mucho más crítico que de no existir dichos bordos. Es necesario estar conciente de la posibilidad de falla catastrófica de este tipo de estructuras.**
- **Los responsables de bajo nivel deben ser concientizados sobre éste tipo de fenómenos; la intuición de personal sin capacitación específica no es suficiente para salvaguardar a la población, sin importar su buena voluntad. Como el número de decisiones diferentes a tomar es muy grande, atacar el problema desde el enfoque de aumentar la "cultura de ciclones tropicales" de todos y cada uno de los tomadores de decisiones es el más razonable.**
- **No debe permitirse el paso de vehículos a través de vados sobre el fondo del cauce, a menos que se cuente con una red de preaviso aguas arriba que pueda alertar sobre una avenida en tiempo real. El acceso sobre puentes debe ser estrictamente controlado por personal capacitado sobre condiciones que los pudieran hacer fallar. La resistencia de un puente al paso del agua aumenta abruptamente al alcanzar el nivel estructural del puente (arriba de las pilas). Su falla puede ser abrupta y catastrófica.**

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

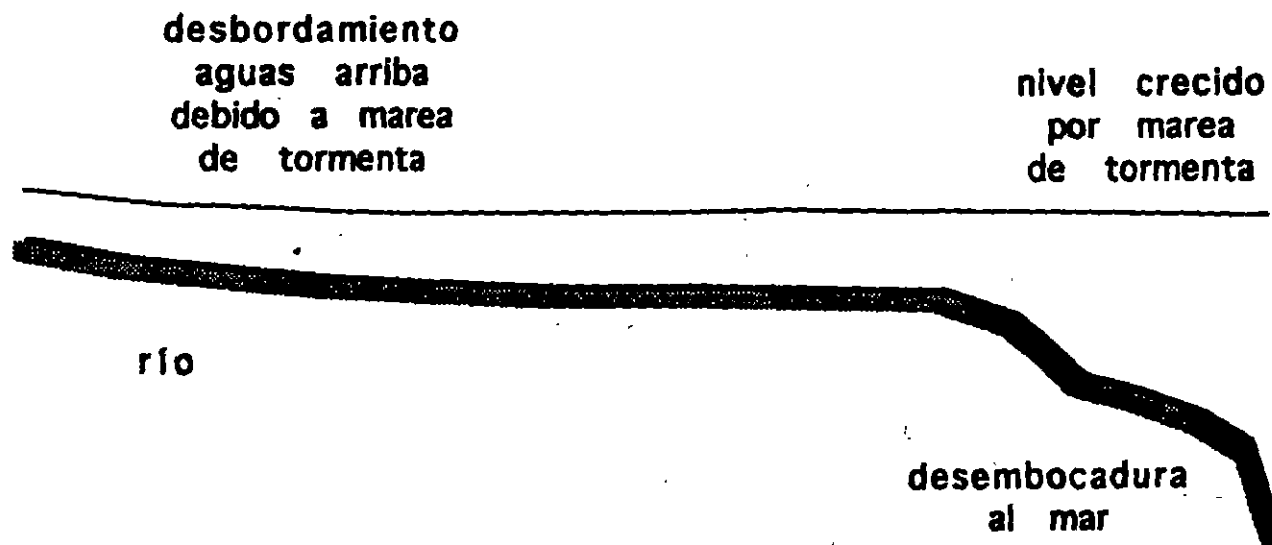
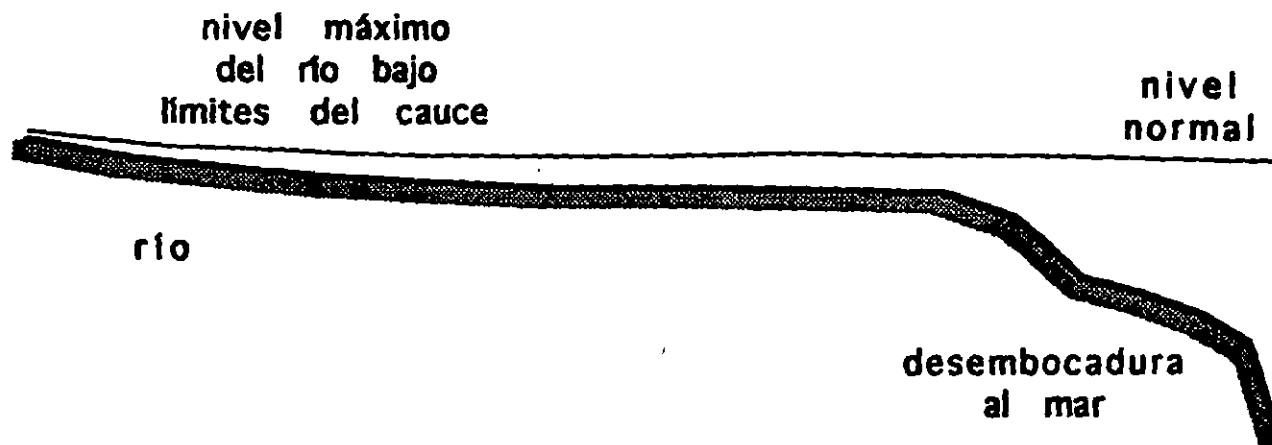
LLUVIA: ASPECTOS DE PROTECCION CIVIL

- **Existe una cierta tendencia de la población a evacuar hacia zonas más urbanizadas o con mayores servicios, debido a la percepción de que son más "seguras". Evacuar de un lugar a otro sin incremento real en la seguridad sólo aumenta el riesgo sobre los evacuados y desperdicia recursos esenciales en momentos emergentes.**
- **Las zonas de caminos y carreteras identificadas como con tendencia a deslizamientos en época de lluvias deben ser monitoreadas continuamente por personal de las autoridades correspondientes. A la menor señal de falla, el camino debe ser cerrado en puntos que permitan rutas alternas o refugio para los transportados, no directamente sobre el punto de peligro (deslizamiento de tierras sobre la carpeta de la carretera o corte del talud de la carretera).**
- **Las "presas" más grandes del mundo son los caminos y carreteras con drenajes calculados para condiciones habituales (vs. extremas). La presencia de una carretera con drenaje insuficiente puede acumular grandes cantidades de líquido en su costado aguas arriba, aumentando el riesgo de falla abrupta y catastrófica. Al identificar una condición de este tipo, debe alertarse a la población aguas abajo. En ocasiones puede ser necesario el realizar un corte artificial del camino (con explosivos o maquinaria pesada) para liberar el agua en una forma más controlada. El peligro cerca de la carretera (aguas abajo) se encuentra más asociado al tirante, mientras que más lejos se encuentra asociado al volúmen de agua en la represa.**
- **Las autoridades de protección civil (a todos niveles) en cada población deben estar muy concientes del relieve topográfico de la zona, de la red de drenaje y de los sitios problemáticos en eventos históricos importantes. Especialmente en zonas urbanizadas, esto puede no ser obvio a los ojos de no especialistas.**
- **Los deslizamientos de tierra sobre zonas habitacionales marginadas han sido tradicionalmente importantes contribuyentes al número total de muertos durante ciclones tropicales. Independientemente de las condiciones que llevaron a la población a establecerse en dichas zonas (legal o ilegalmente) deben ser advertidos y concientizados de los peligros durante eventos hidrometeorológicos extremos.**

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S

MAGNIFICACION DE INUNDACIONES FLUVIALES POR POSIBLE COINCIDENCIA CON MAREA DE TORMENTA



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

N O T A S



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAPITULO IV

TEMARIO (CAPITULO IV)

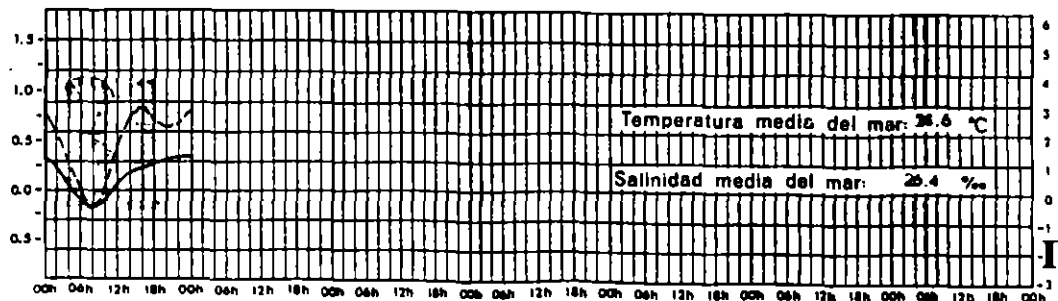
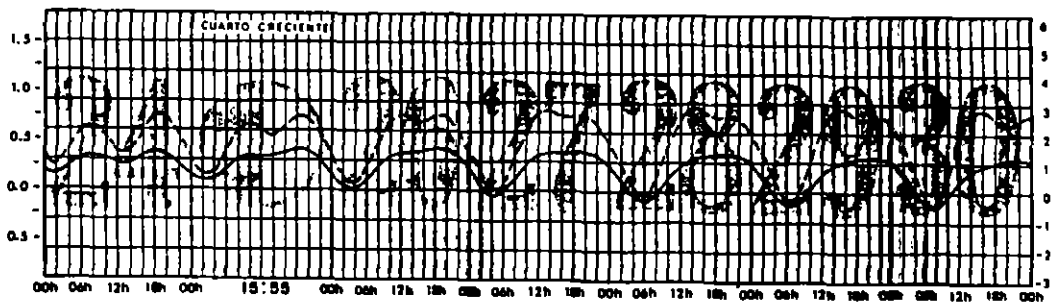
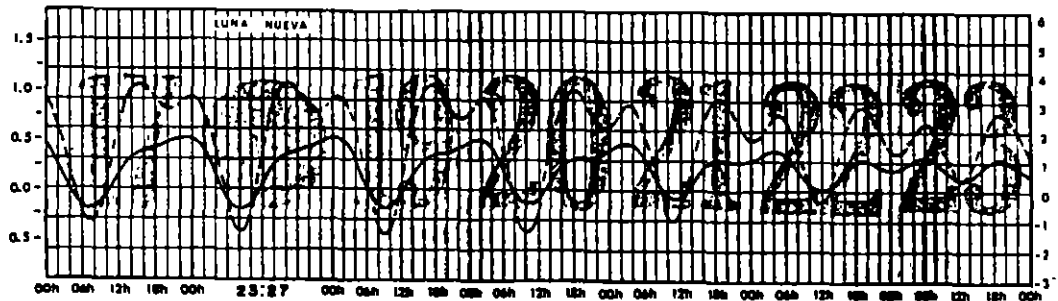
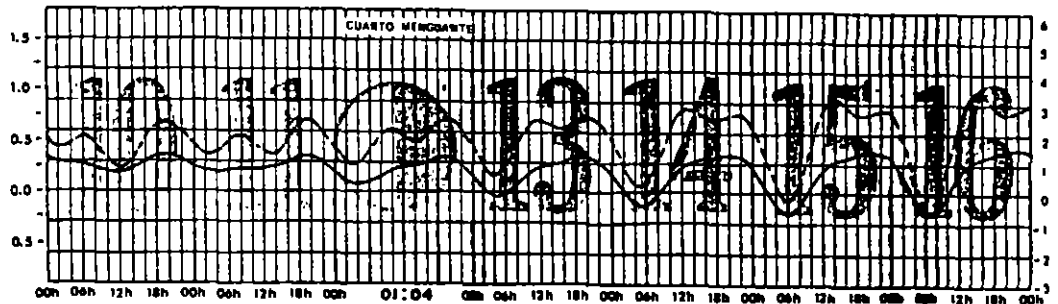
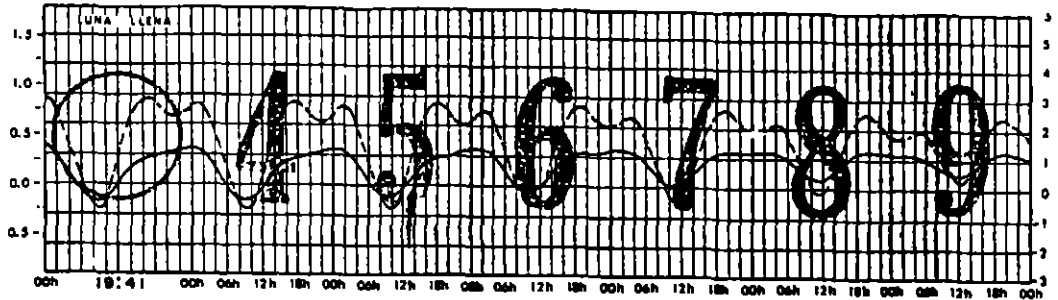
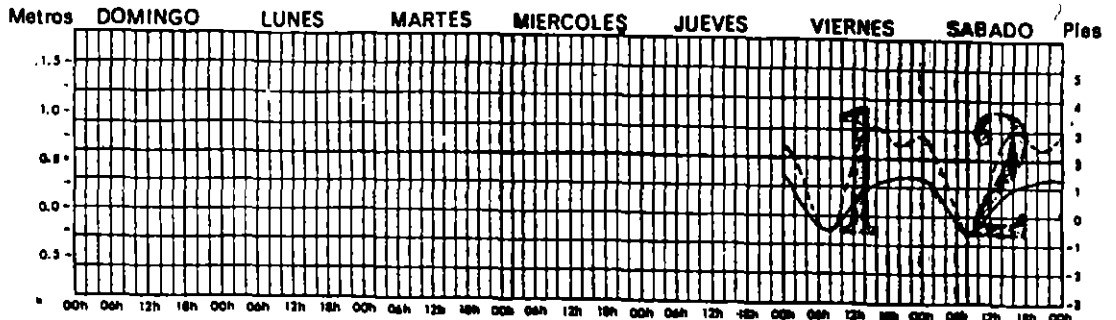
- IV. Efecto destructivo: marea de tormenta (MRM, GRA)**
 - IV.1. El nivel medio del mar y sus variaciones astronómicas (MRM)**
 - IV.2. La marea de tormenta (MRM)**
 - IV.3. Documentación del fenómeno y daños típicos (MRM)**
 - IV.4. Ecuaciones gobernantes del fenómeno (MRM)**
 - IV.5. Conceptos fundamentales de su solución numérica (MRM)**
 - IV.6. Modelos y herramientas disponibles (MRM)**
 - IV.7. Software de simulación en computadora (GRA)**
 - IV.8. Datos requeridos por diversos modelos para operar (MRM)**
 - IV.9. Métodos para evitar el cálculo en tiempo real (MRM)**
 - IV.10. Condiciones que magnifican la marea de tormenta (MRM)**
 - IV.11. Aspectos de protección civil (MRM)**
 - IV.12. Reglamentos de construcción y uso del suelo (MRM)**
 - IV.13. Consecuencias ambientales y sanitarias (MRM)**
 - IV.14. Interpretación de boletines (MRM)**



ENERO 1988

CD. del CARMEN, CAMP.
CAMPECHE, CAMP.

INSTITUTO DE GEOFISICA, U.N.A.M.



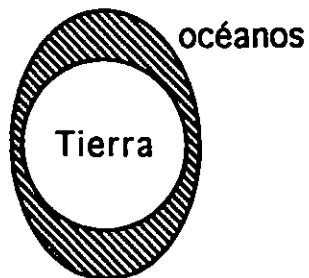
EJEMPLO DE MAREAS ASTRONOMICAS (PRONOSTICO)

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

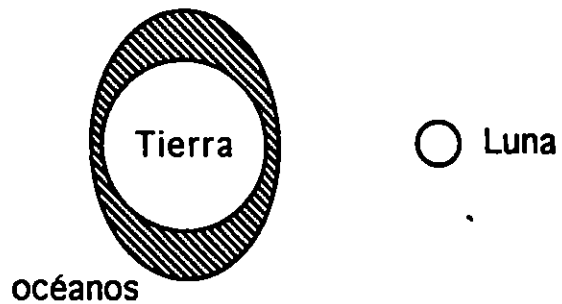
NOTAS

ESQUEMA DE MAREA ASTRONOMICA

○ Luna



Caso de respuesta instantánea del océano

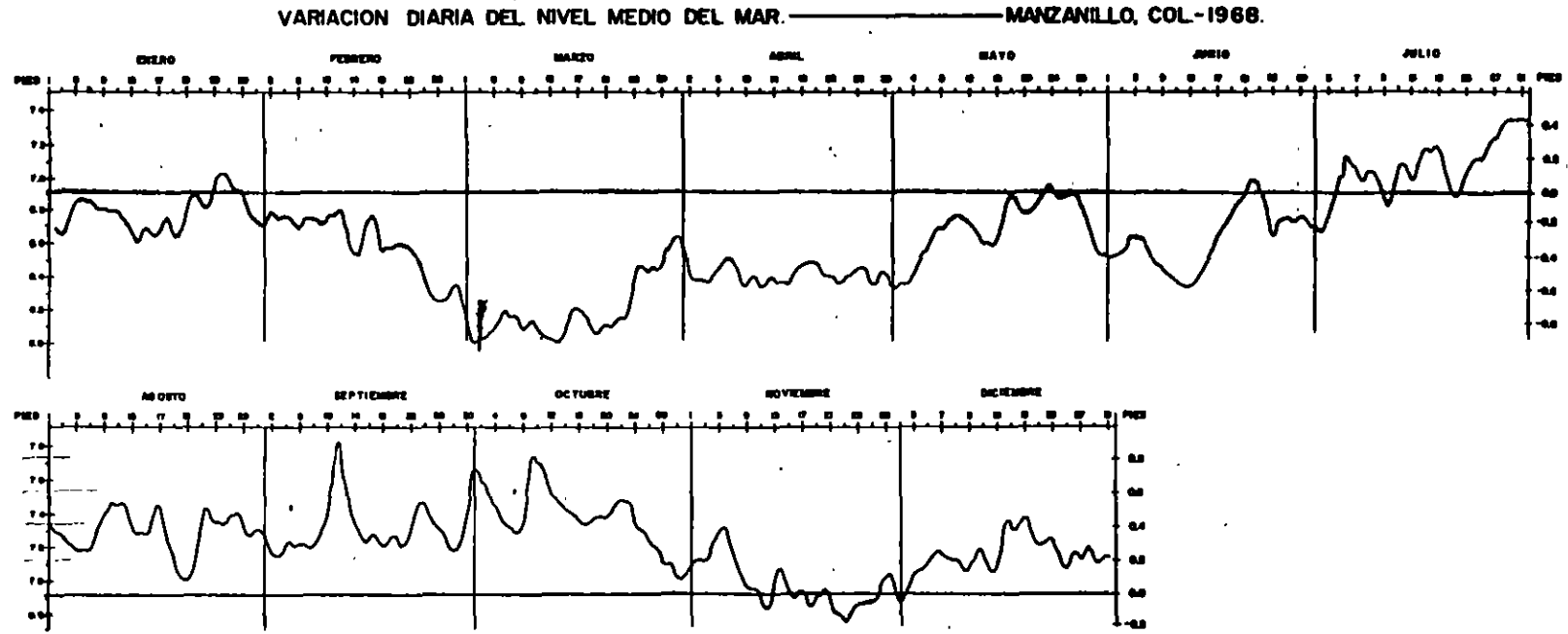


Caso de respuesta del océano acorde a velocidad de la onda

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

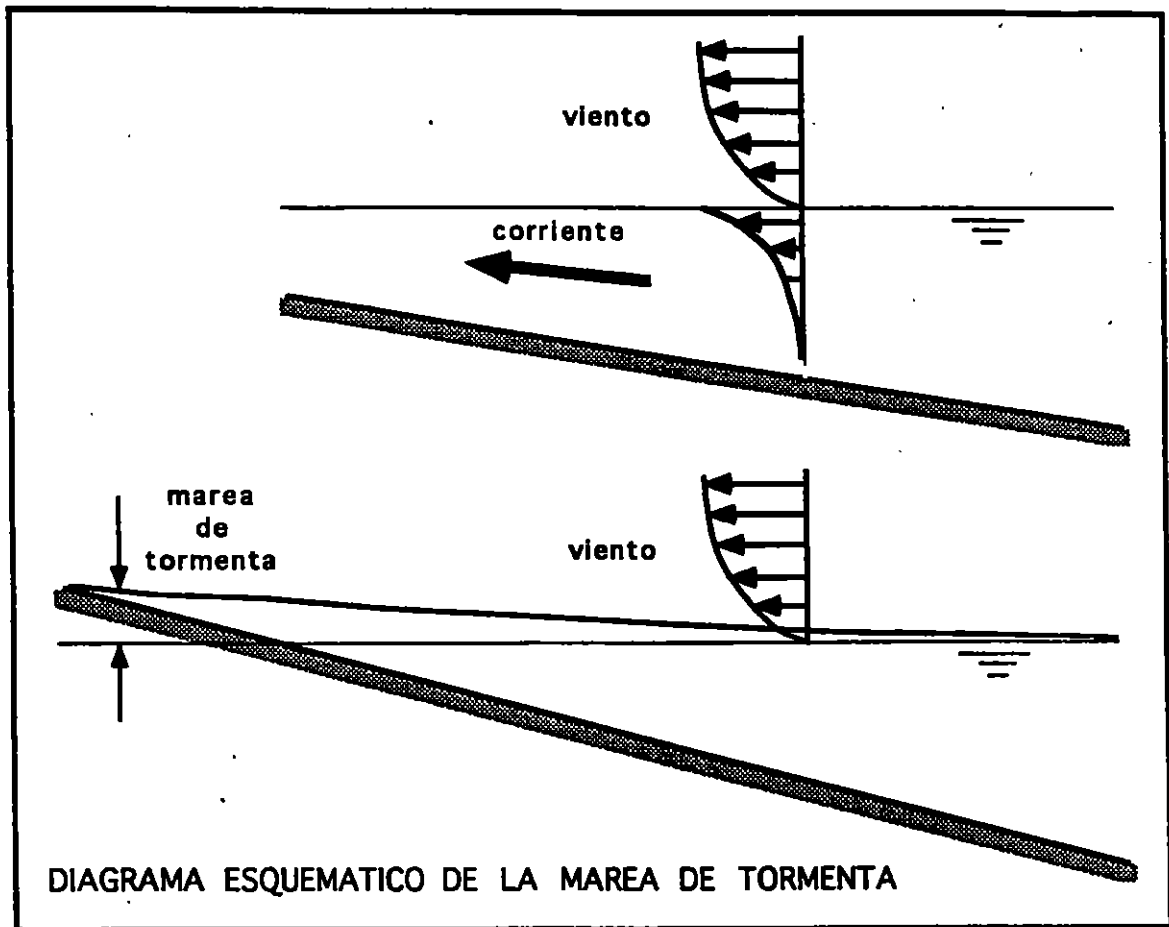
N O T A S

EJEMPLO DE MEDICIONES DE NIVEL MEDIO DEL MAR



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

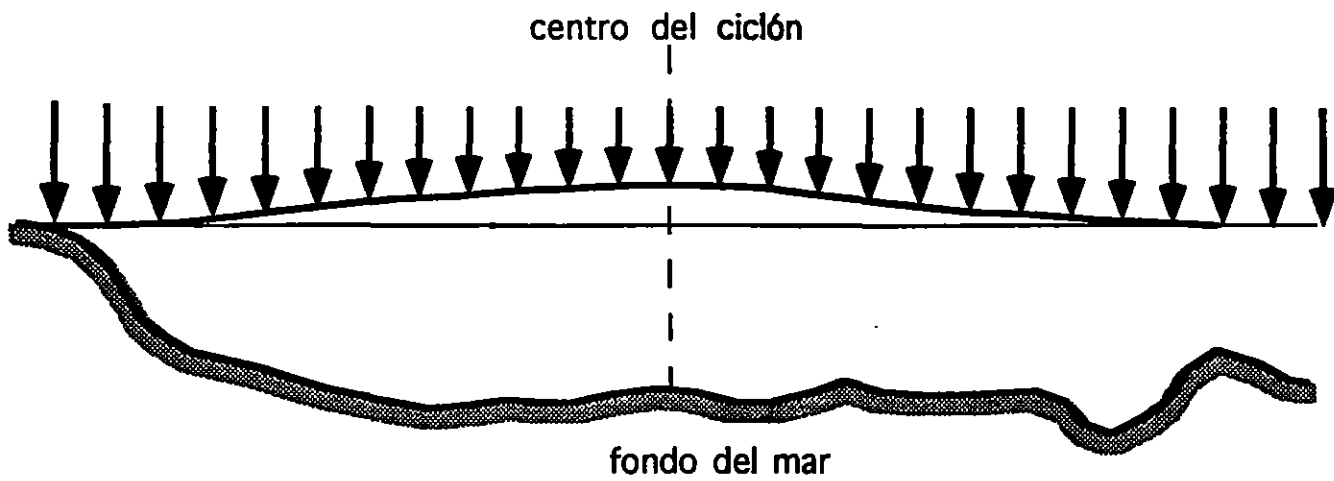
N O T A S



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

SOBREELEVACION POR BAJA DE PRESION ATMOSFERICA EN LA ZONA DEL CICLON

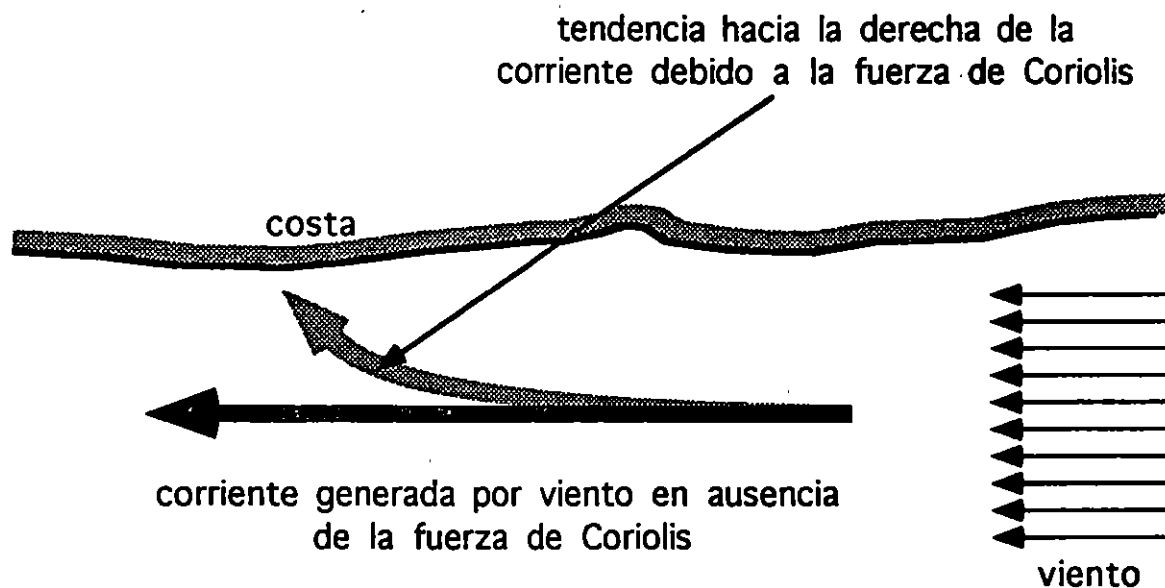


Nota: este efecto es relativamente independiente de la profundidad local

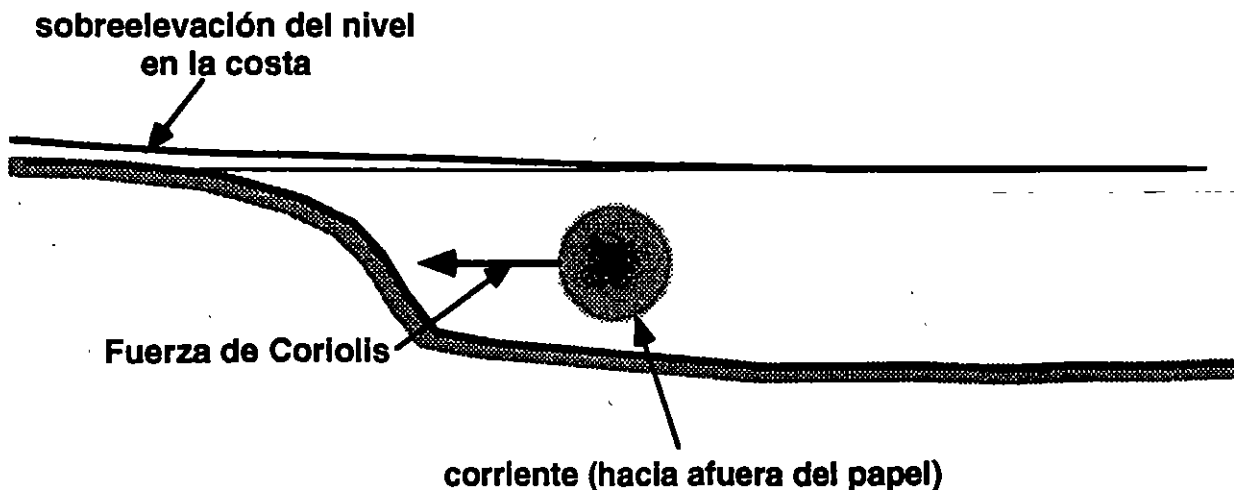
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

COMPONENTE DE MAREA DE TORMENTA DEBIDO A LA FUERZA DE CORIOLIS



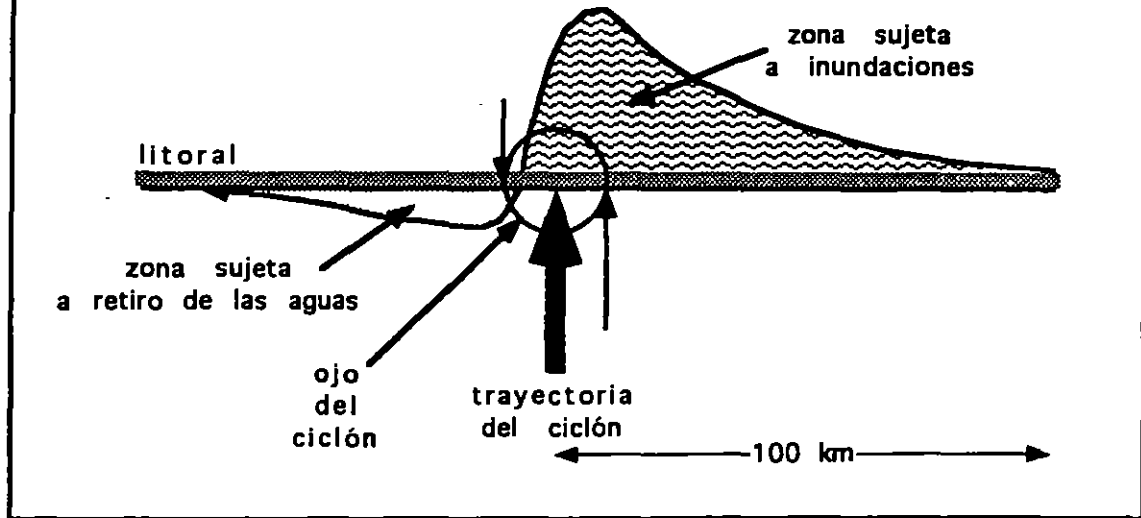
Nota: la presencia de la costa impide balancear la fuerza de Coriolis con una desviación hacia la derecha de la corriente. La única forma de balancear dicha fuerza radica en una sobreelevación del nivel sobre la costa



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

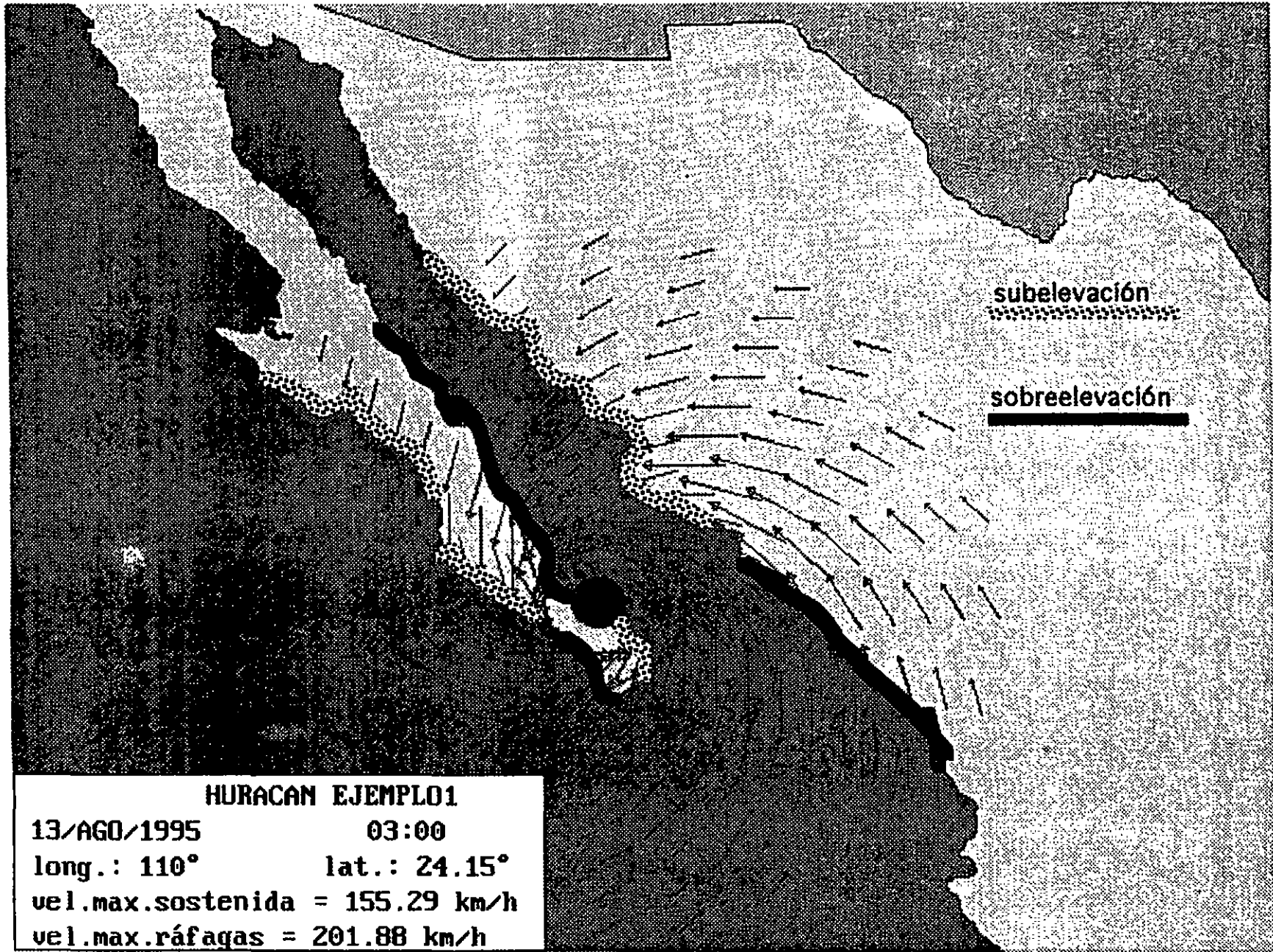
ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA DISTRIBUCION DE LA MAREA DE TORMENTA A LO LARGO DEL LITORAL



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

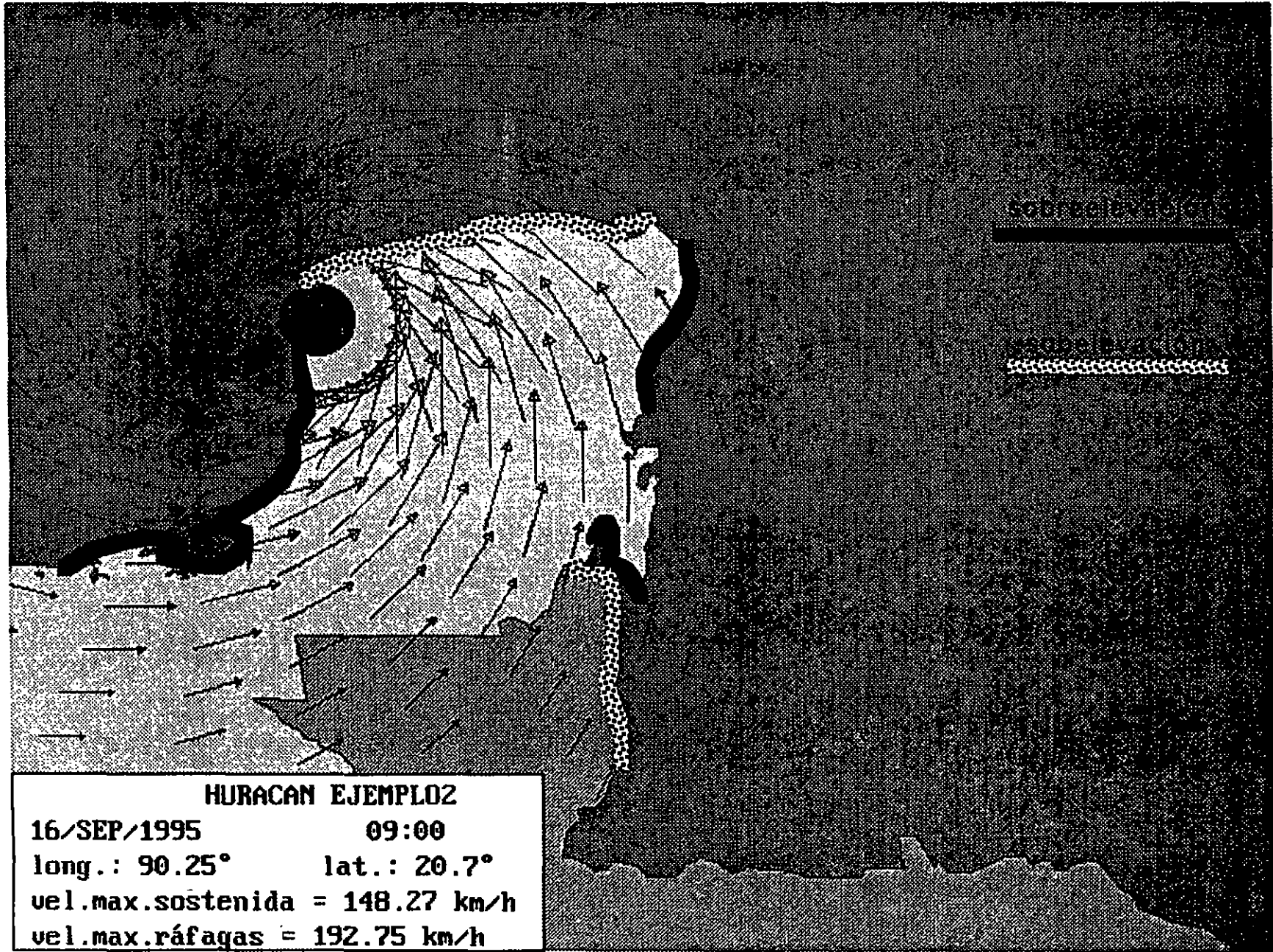
EJEMPLO DE CASO ATIPICO DE MAREA DE TORMENTA



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

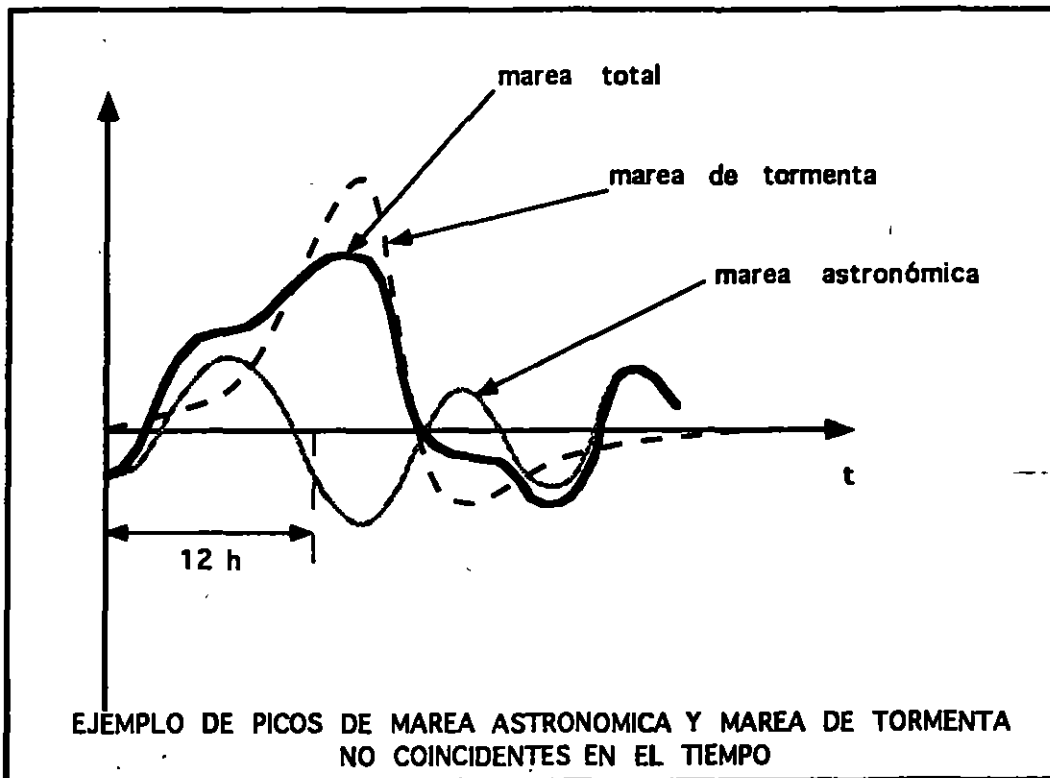
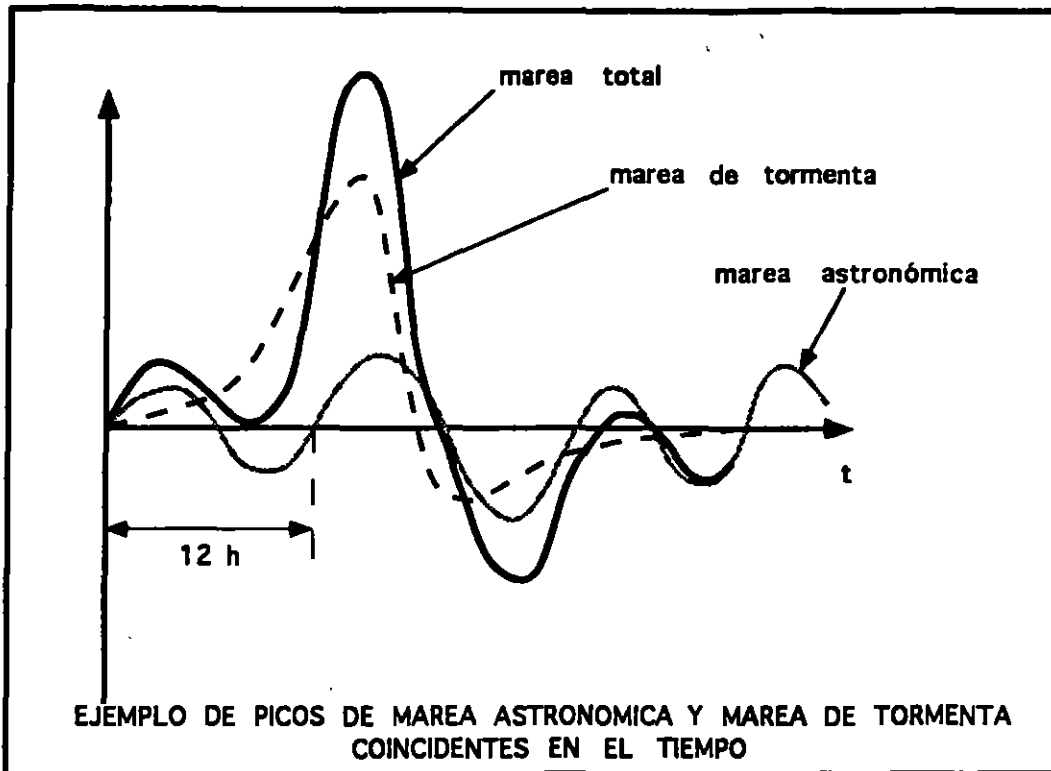
· N O T A S

EJEMPLO DE CASO ATIPICO DE MAREA DE TORMENTA



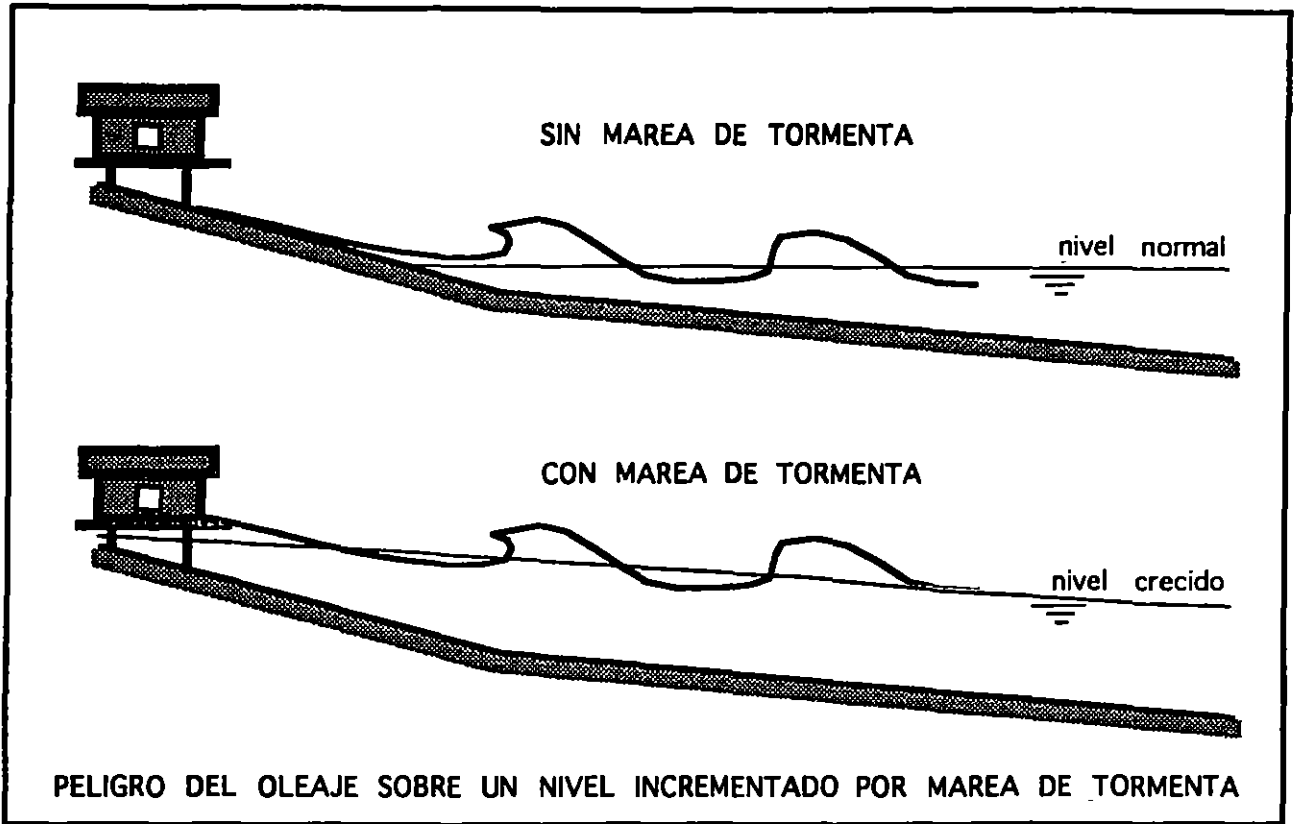
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

· N O T A S



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

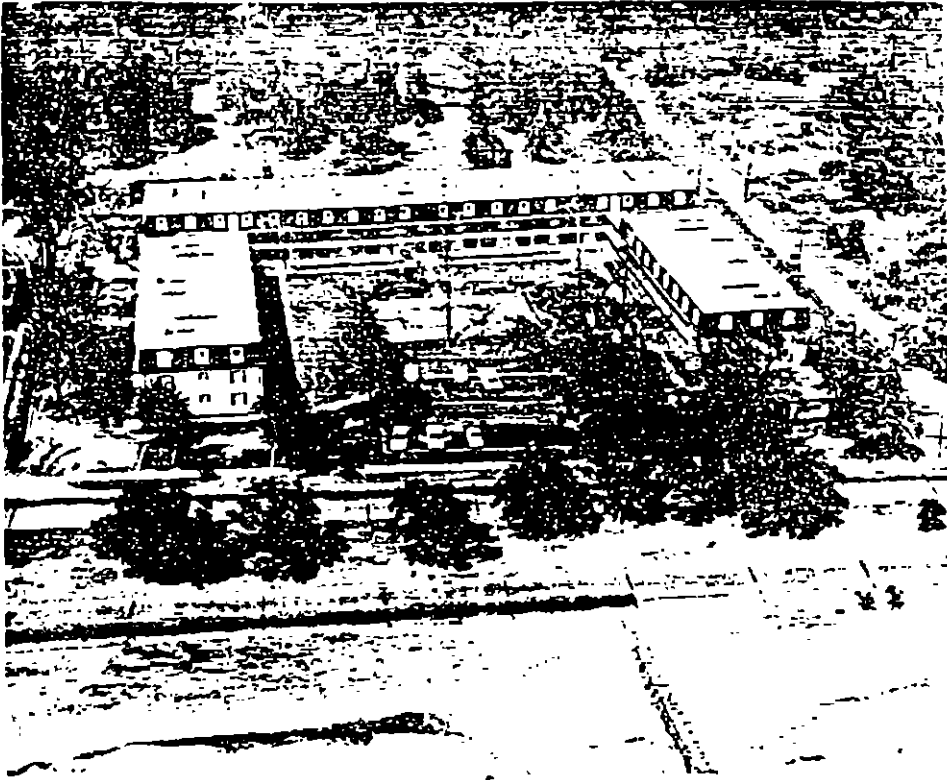


Plate I: Richelieu Apartments before and after Hurricane Camille, Gulf of Mexico, 1969. A twenty-five-foot storm surge swept across the Mississippi Coastal Strip at Pass Christian

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

NOTAS

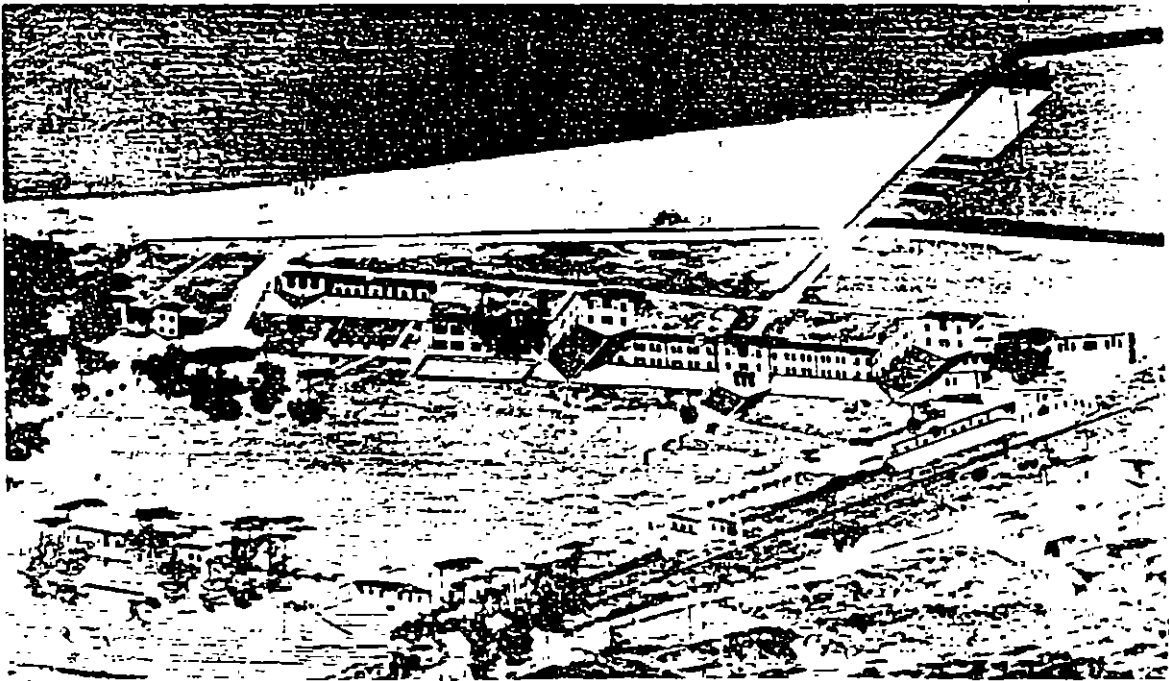


Plate II: Trinity Episcopal Church before and after Hurricane Comille. This building was located one block east and one block farther inland than Richelleu Apartments

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

Plate III: Henderson Point: Gulfshore Baptist Assembly before and after Camille



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

ECUACIONES GOBERNANTES DE LA MAREA DE TORMENTA

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = P$$

continuidad

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial M_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} = fV - gD \frac{\partial S}{\partial x} + gD \frac{\partial \xi}{\partial x} + gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + W_x P$$

aceleración local

advección de cantidad de movimiento

Coriolls

Sobrepresión

Deficit de presión

Astronomico

Esfuerzo cortante viento

Esfuerzo cortante fondo

Acumulación lluvia

cantidad de movimiento en dirección x

$$\frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial M_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} = -fU - gD \frac{\partial S}{\partial y} + gD \frac{\partial \xi}{\partial y} + gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + W_y P$$

cantidad de movimiento en dirección y

donde:

U, V = velocidades promedio en el tirante en dirección x, y

$$U = \int_{-d}^s u dz \quad V = \int_{-d}^s v dz$$

M_{ij} = momentum promedio en el tirante en dirección i transportado por velocidad en dirección j (por unidad de masa)

$$M_{xx} = \int_{-d}^s u^2 dz \quad M_{yy} = \int_{-d}^s v^2 dz \quad M_{xy} = \int_{-d}^s u v dz$$

f = parámetro de Coriolls (ver sección de oleaje para definición)

g = aceleración de la gravedad

ξ = déficit de presión atmosférica en columna de agua

ζ = potencial de marea astronómica en columna de agua

τ_s = esfuerzo cortante en superficie

τ_b = esfuerzo cortante en el fondo

ρ = densidad del agua de mar

W_x, W_y = componentes de la velocidad del viento

u, v = componentes de la velocidad horizontal en el agua

P = precipitación pluvial

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

FUNDAMENTOS DE LA SOLUCION NUMERICA

- Las ecuaciones se expresan en diferencias finitas, a través de **substituir** las derivadas parciales en términos de los valores en instantes o **posiciones** discretas, por ejemplo:

$$\frac{\partial U}{\partial t} \longrightarrow \frac{U_{k+1} - U_k}{t_{k+1} - t_k} \quad \frac{\partial S}{\partial x} \longrightarrow \frac{S_{i+1} - S_i}{X_{i+1} - X_i}$$

considerando a las variables con subíndice como los valores **del** campo de dicha variable en puntos discretos de una malla, algunos de ellos ya conocidos en cierta parte del proceso de solución y otros aún **incógnitas**.

- Se despejan las ecuaciones de tal manera que las incógnitas **queden** al lado izquierdo y todos los elementos conocidos del derecho. Las **ecuaciones** discretas correspondientes a cada nodo de la malla, en conjunto, forman un sistema de ecuaciones algebraicas que al resolverse **simultáneamente** producen los valores de las incógnitas.
- El proceso se repite para cada incremento de tiempo **obteniendo** el estado desconocido en términos del estado conocido un instante atrás **en** cada paso.
- Cuando las ecuaciones son no lineales, como en éste caso, algunas **linealizaciones** son necesarias al establecer las expresiones en diferencias finitas.
- En términos generales, la solución por diferencias finitas **requiere** que los incrementos entre nodos tanto en x, y y t sean pequeños y por **ello** se requiere realizar una gran cantidad de operaciones, posibles sólo a través de **computadoras**.
- Es importante recordar que se trata de una solución **aproximada** a las ecuaciones gobernantes originales.
- Aunque bajo la óptica **simplista** de arriba suena sencillo, la **simulación** de fenómenos como el de marea de tormenta en forma **numérica** requiere de conocimientos y experiencia. De no tenerse, el **esquema** empleado puede llevar a resultados **disparatados**.

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA EL CALCULO DE MAREA DE TORMENTA

- **Nomogramas**

Calculados con corridas previas de modelos numéricos para condiciones estandarizadas, ejemplo Shore Protection Manual (1977) y NOAA Technical Memorandum NWS TDL-46 (1972). No provee información sobre la evolución del fenómeno, sólo un estimado del máximo nivel que se puede alcanzar.

- **Modelos numéricos unidimensionales**

Solución numérica de una versión simplificada de las ecuaciones gobernantes sobre una malla unidimensional y sobre el tiempo. Por ejemplo, el modelo del Shore Protection Manual (1977) que calcula sobre una línea (curva) quasi-perpendicular a la costa y batimetría local, sin efectos de inercia.

- **Modelos numéricos bidimensionales sencillos**

Solución numérica de una versión simplificada de las ecuaciones gobernantes sobre una malla bidimensional y sobre el tiempo. Usualmente consideran mallas rectangulares y una costa que funciona como un muro (sin considerar inundación), aunque sí consideran efectos de inercia. Ejemplos son modelo SPLASH, modelo Meteo France y modelo Sielecki-Universidad Hebrea de Jerusalem.

- **Modelos numéricos bidimensionales realistas**

Solución numérica de las ecuaciones gobernantes completas, sobre una malla bidimensional y en el tiempo, pero considerando al dominio del problema incluyendo la zona inundable, con modelos específicos para considerar canales, carreteras, etc. Ejemplo: modelo SLOSH.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODO A TRAVES DE NOMOGRAMA

(cálculo de nivel máximo como función de intensidad del ciclón y radio de máximos vientos)

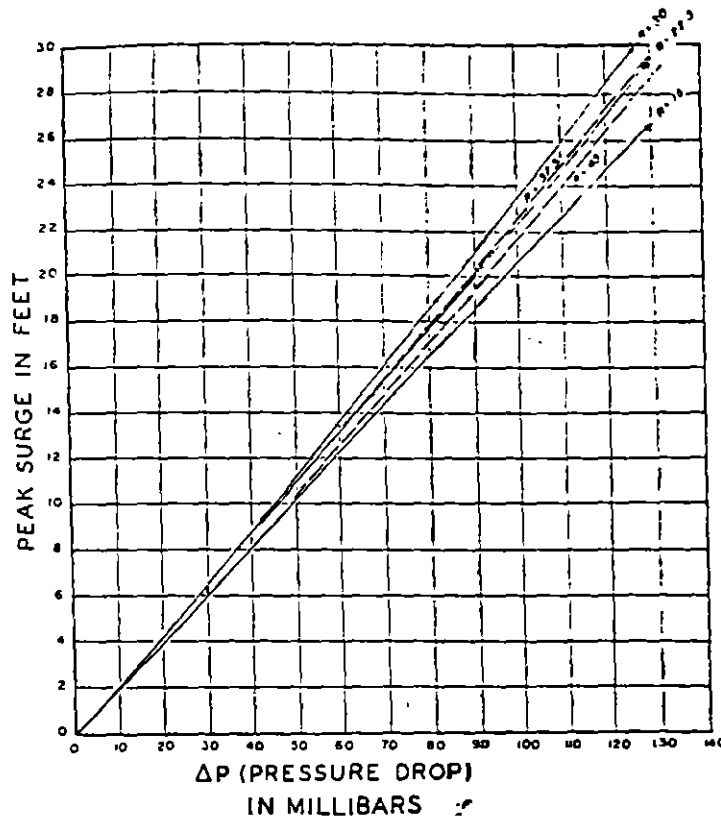


Figure 1.--Nomogram of peak surge on the open coast as a function of pressure drop and radius of maximum winds (R in st.mi.). The curves are computed for a standard storm motion across a standard basin.

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODO A TRAVES DE NOMOGRAMA

(corrección por batimetría local, primera parte)

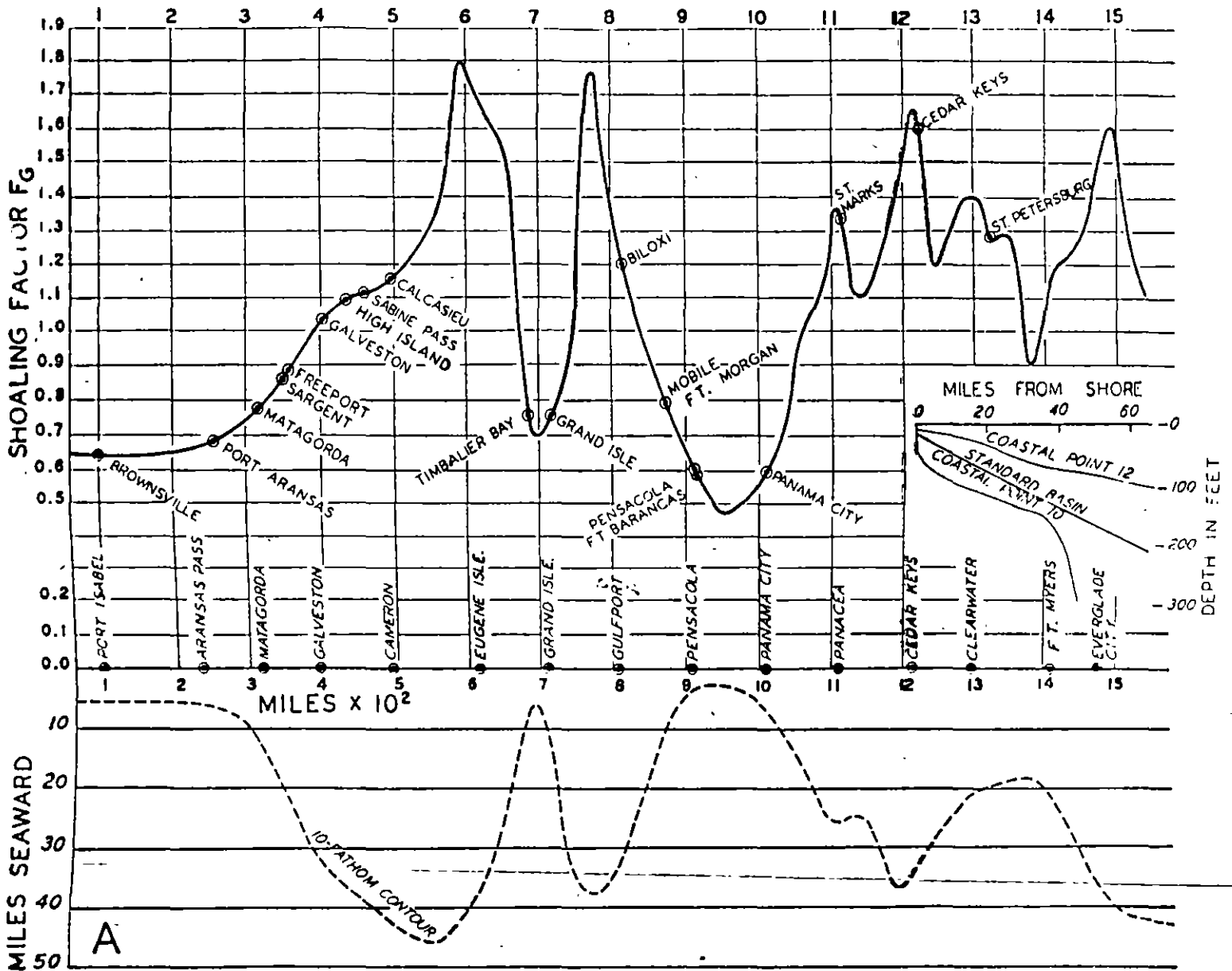


Figure 2.--Nomogram for shoaling factors along (A) the gulf coast and (B) the east coast

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODO A TRAVES DE NOMOGRAMA

(corrección por batimetría local, segunda parte)

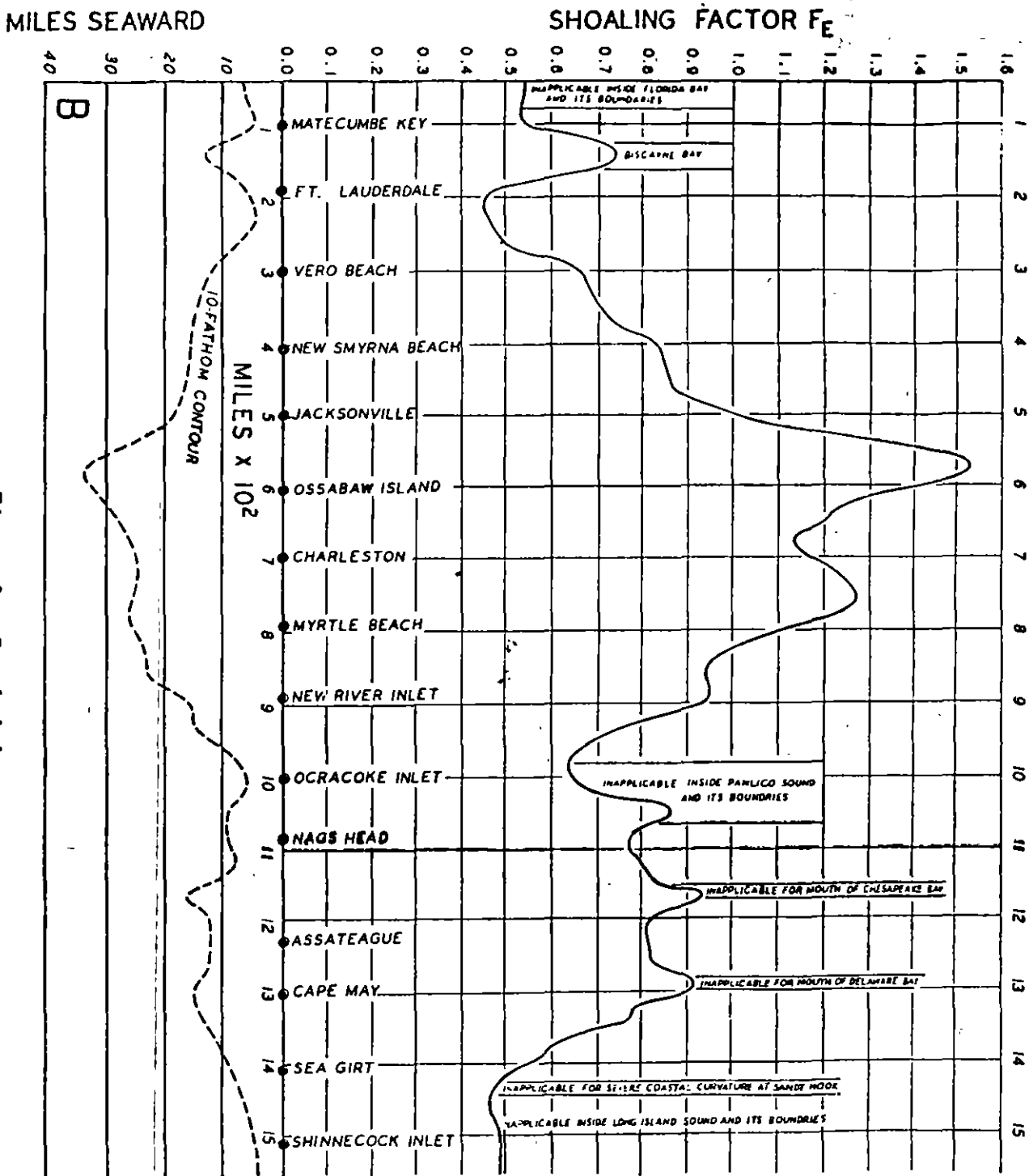


Figure 2.---Concluded

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODO A TRAVES DE NOMOGRAMA

(corrección por dirección y velocidad de entrada del ciclón a tierra)

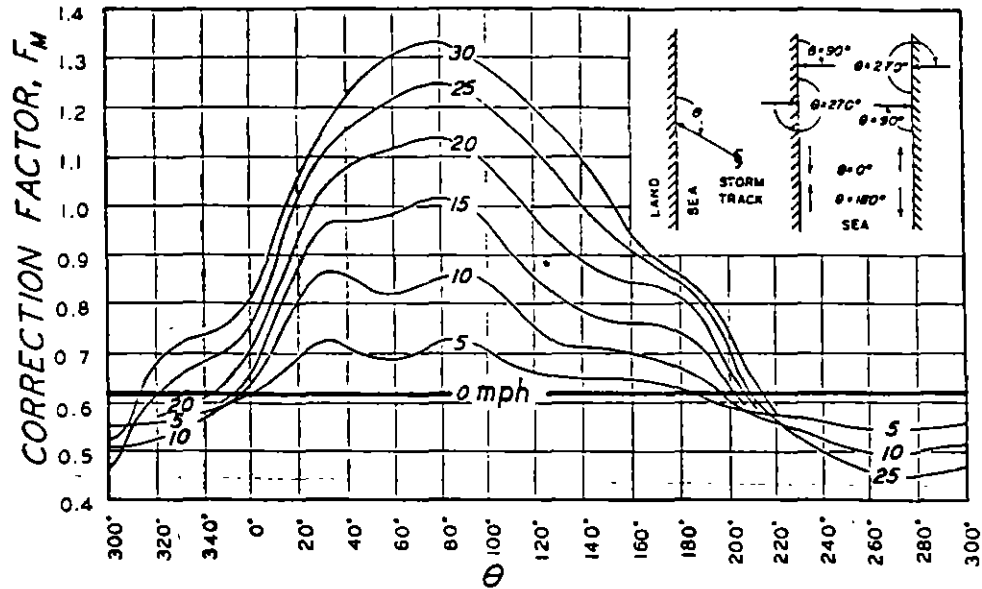


Figure 3.--Nomogram of correction factors against the vector storm motion. The factor corrects for motion other than standard; standard motion is a vector track, 090°/15 mph, relative to the coastline. The inset gives orientation of the argument θ and also gives some extreme tracks relative to the coast.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODO A TRAVES DE NOMOGRAMA

(ubicación geográfica de la zona de cálculo considerada)

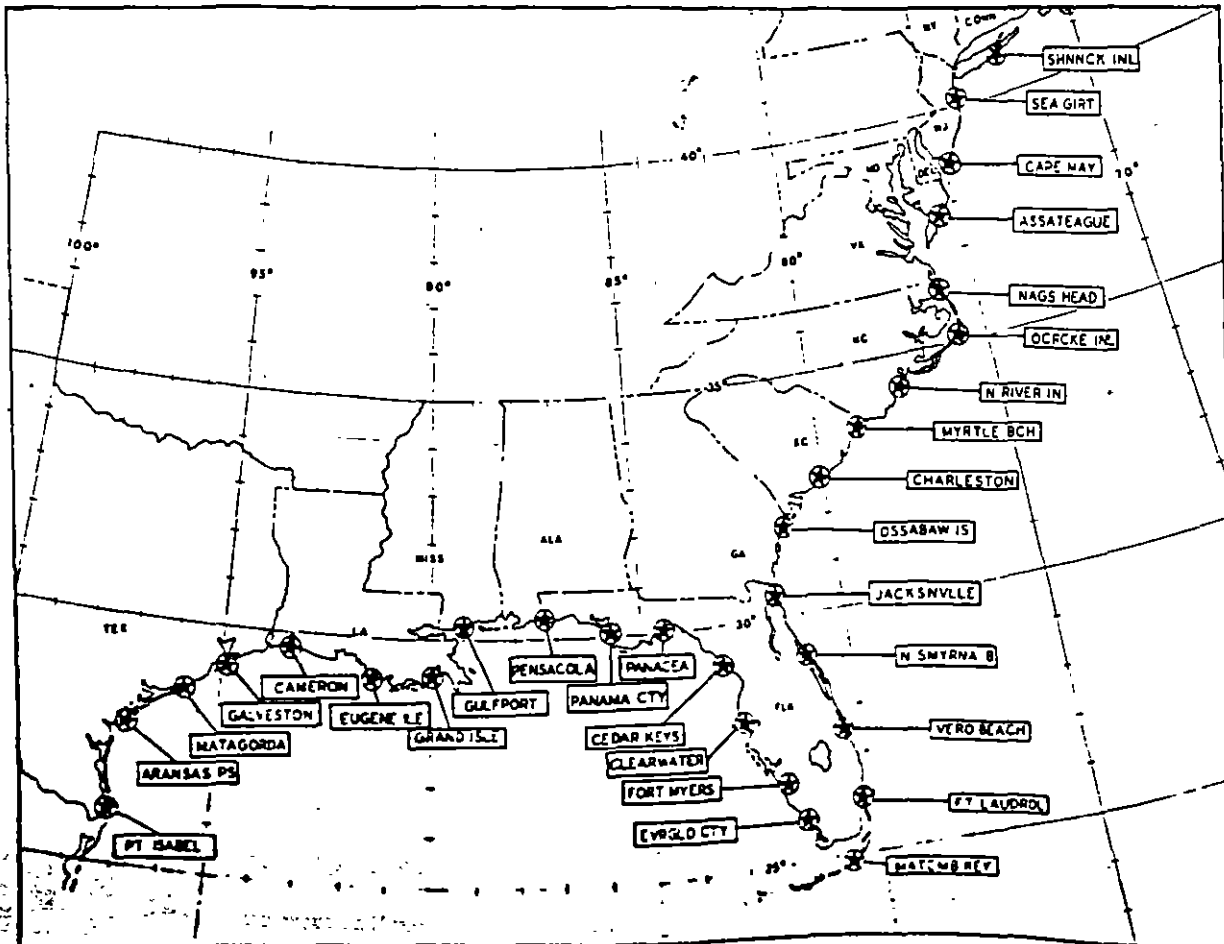


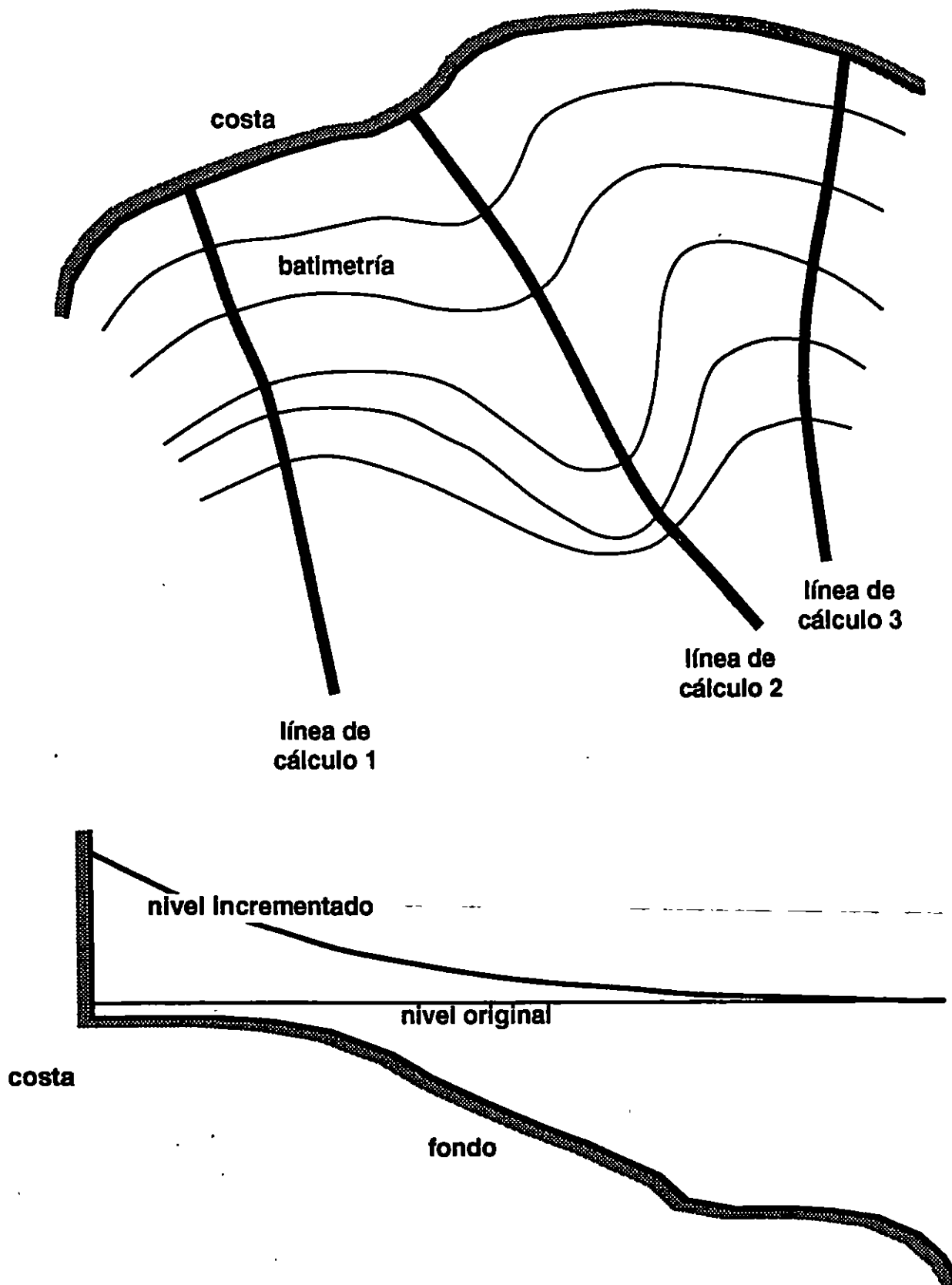
Figure 5.--Selected stations on the gulf and east coasts

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

MODELO UNIDIMENSIONAL DEL SHORE PROTECTION MANUAL (1977)

Nota: el modelo no considera efectos de inercia, es decir, el nivel del agua reacciona instantaneamente a cambios en el viento



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

MODELO DE METEO-FRANCE

(desarrollado y aplicado en las Antillas Francesas: Guadalupe y Martinique)

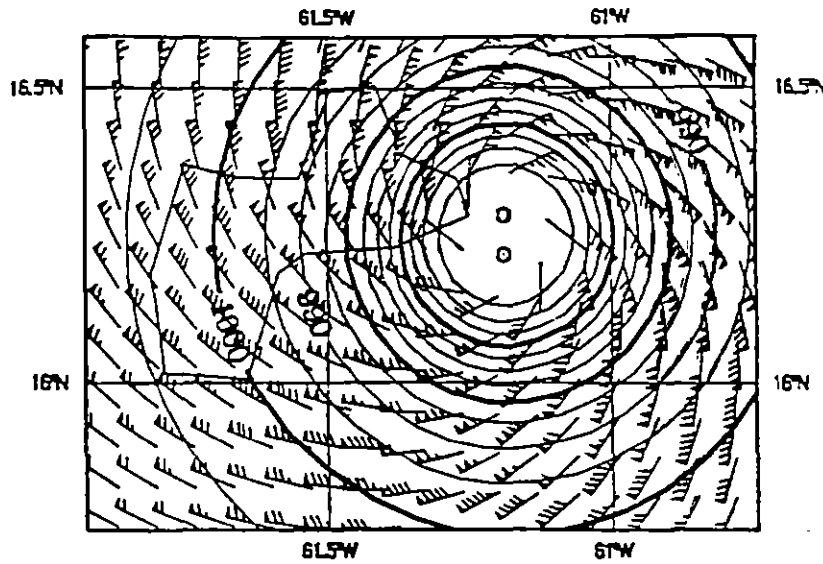


Fig. 4 : Surface pressure (5 hPa contours) and surface winds for hurricane Hugo (0400 UTC 17 september 1989)

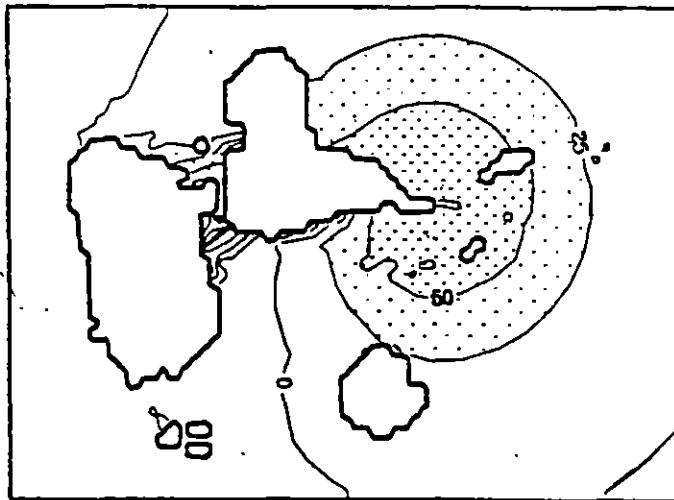


Fig. 5 : Sea surface elevations (25 cm contours) for hurricane Hugo (0400 UTC 17 september 1989)

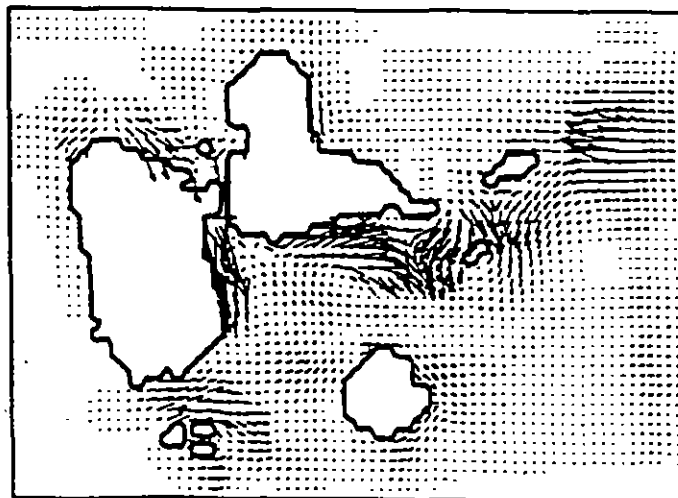


Fig. 6 : Depth-integrated currents for hurricane Hugo (0400 UTC 17 september 1989)

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

MODELO SLOSH

(desarrollado y aplicado por la National Oceanic and Atmospheric Administration en EUA)

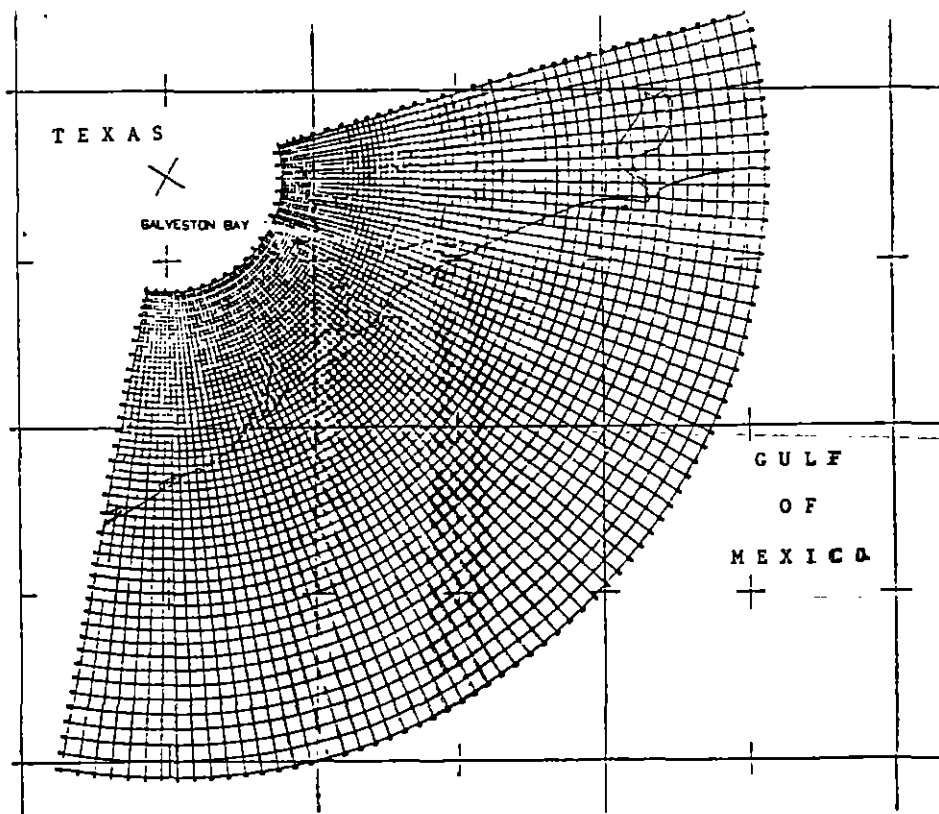
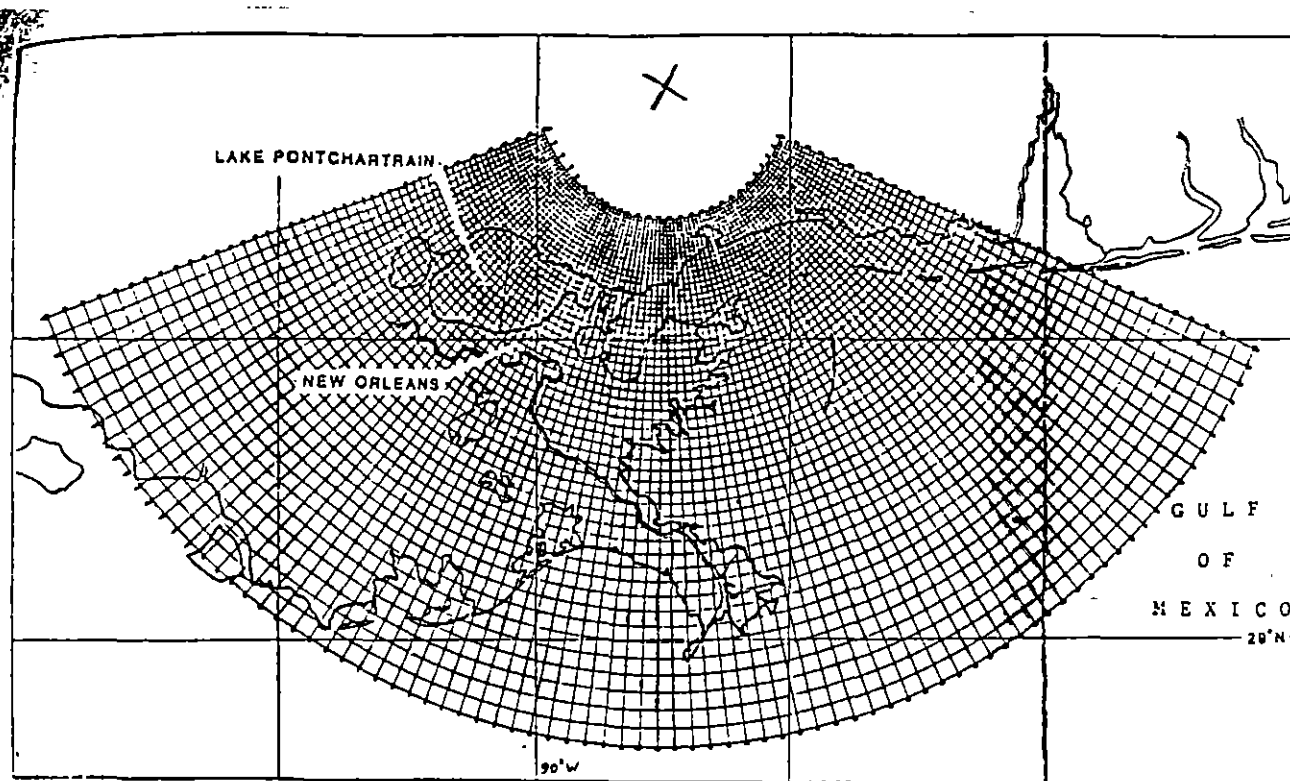


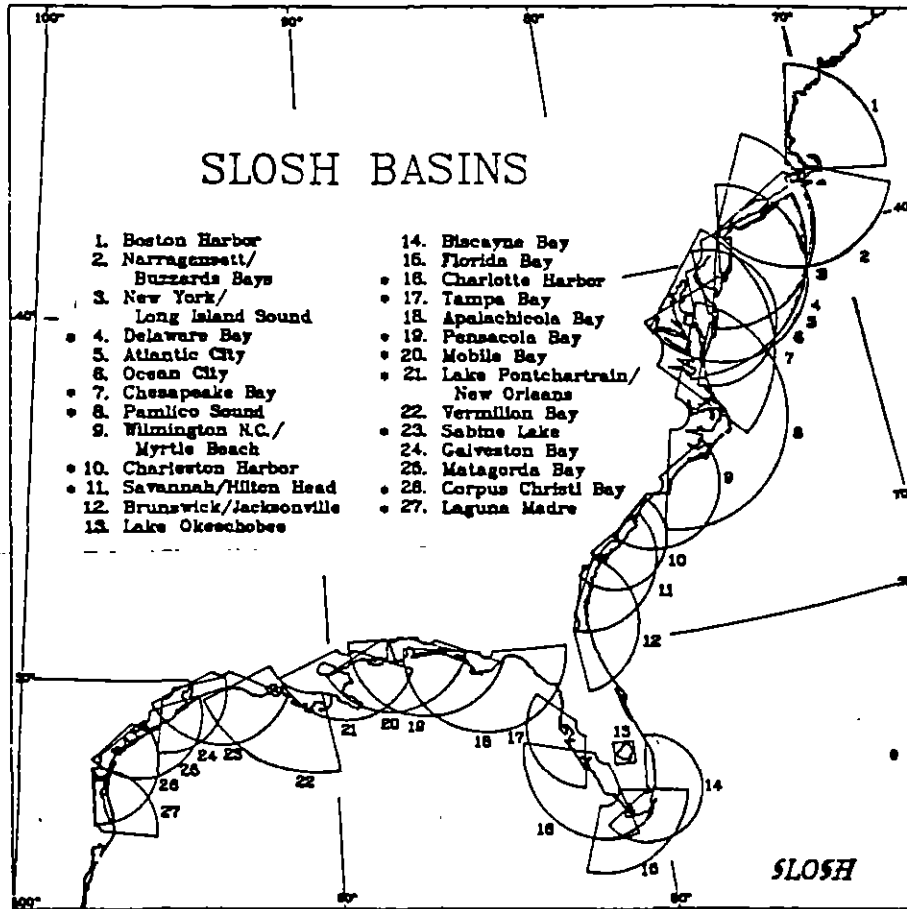
Figure 31. A plane, polar coordinate system for Galveston Bay, Texas depicted on a Mercator chart. The grid is tangent to the earth at the entrance of Galveston, Bay, Texas.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

MODELO SLOSH

(desarrollado y aplicado por la National Oceanic and Atmospheric Administration en EUA)



EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

IV.7.- Software para el cálculo de la marea de tormenta producida por un ciclón

1.- Objetivos.

El objetivo y función de este código es el de calcular y mostrar en forma gráfica la marea de tormenta producida por un ciclón tropical, en su evolución en el tiempo y el espacio (trayectoria), en un lugar de la costa determinado previamente por el usuario.

2.- Descripción.

Se presenta el código de computadora MAREA1, el cálculo de la marea de tormenta se realiza utilizando el modelo quasi-estático del Shore Protection Manual, La marea de tormenta es una sobre-elevación (o reducción) del nivel medio del mar por sobre las oscilaciones naturales que ocurren por efecto de la gravitación de otros astros (llamada marea astronómica). Esta marea puede ocurrir en cualquier tipo de tormenta, sin embargo es especialmente peligrosa en huracanes por la gran intensidad del viento, la baja de presión y porque ocurre en combinación con otros efectos desfavorables (oleaje, vientos intensos y precipitaciones torrenciales).

3.- Entradas.

Los cálculos se basan en datos sobre la trayectoria e intensidad del ciclón o sea el tiempo, posición y presión central para varios puntos a lo largo de la trayectoria (histórica o pronosticada), en la batimetría (o profundidad del mar) y las variaciones en el tiempo de la marea astronómica en la zona de interés.

4.- Producto de salida.

El código MAREA1 calcula la marea de tormenta, escribiendo los resultados en un archivo intermedio y ejecutando al terminar el despliegue gráfico de diferentes formas a petición del usuario.

5.- Requisitos y restricciones operativas.

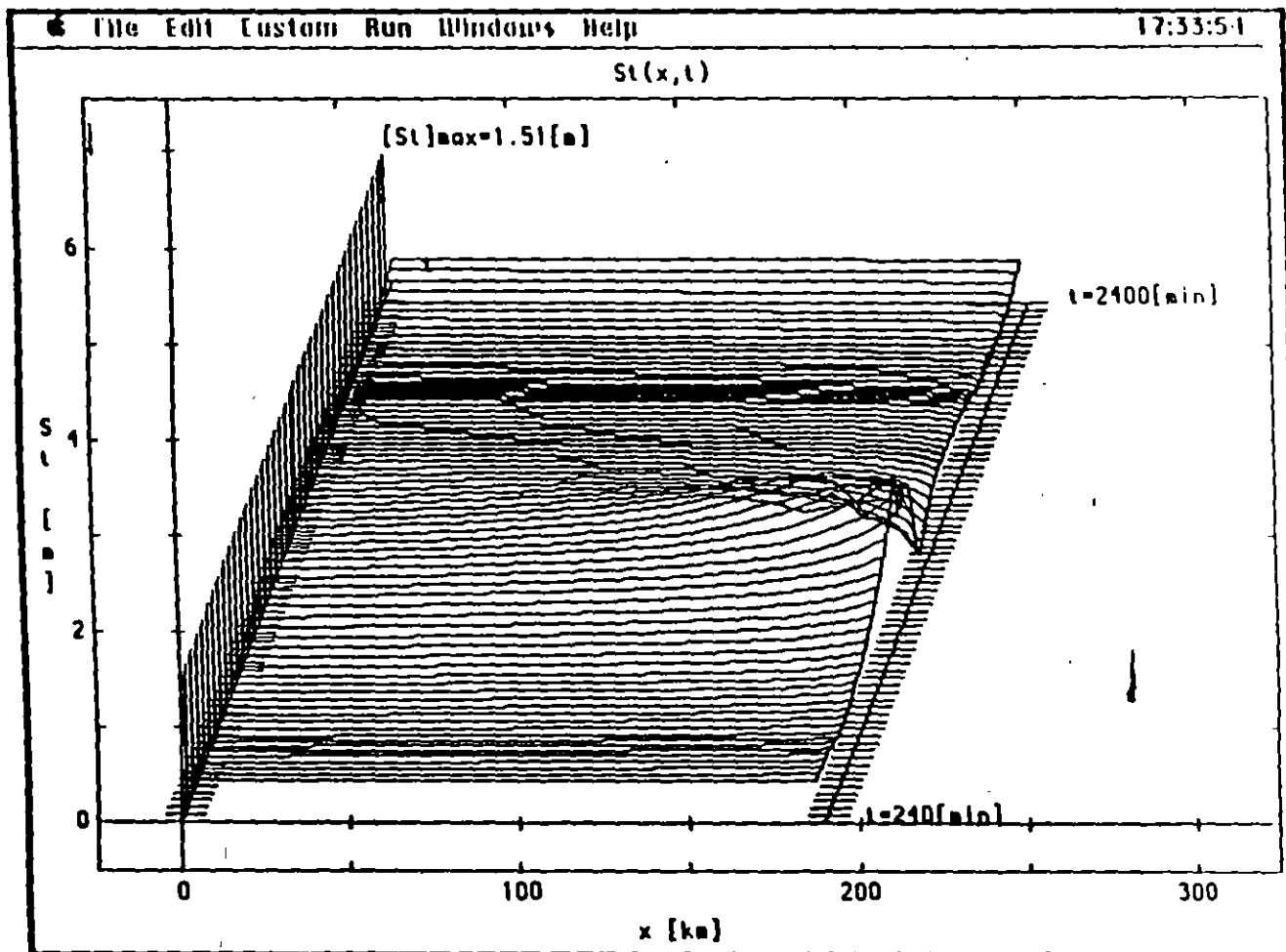
El código implementado en el lenguaje de programación True-BASIC., para las computadoras IBM-PC compatibles con 640K de memoria RAM, así como computadoras Apple Macintosh, dicho código se encuentra en sus primeras versiones y esta sujeto a mejoras y cambios, tanto en estructura como en el método o algoritmo de cálculo utilizado, y estas se van realizando conforme se estudian analizan y desarrollan nuevos métodos, así como a sugerencia de los usuarios.

6.- Condiciones de uso.

El código puede ser utilizado en forma de simulación histórica o en forma predictiva, dependiendo de si los datos proporcionados sobre la trayectoria e intensidad son históricos o de pronóstico, el código no sustituye el criterio del usuario, por lo que el uso de los resultados será responsabilidad del usuario.

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

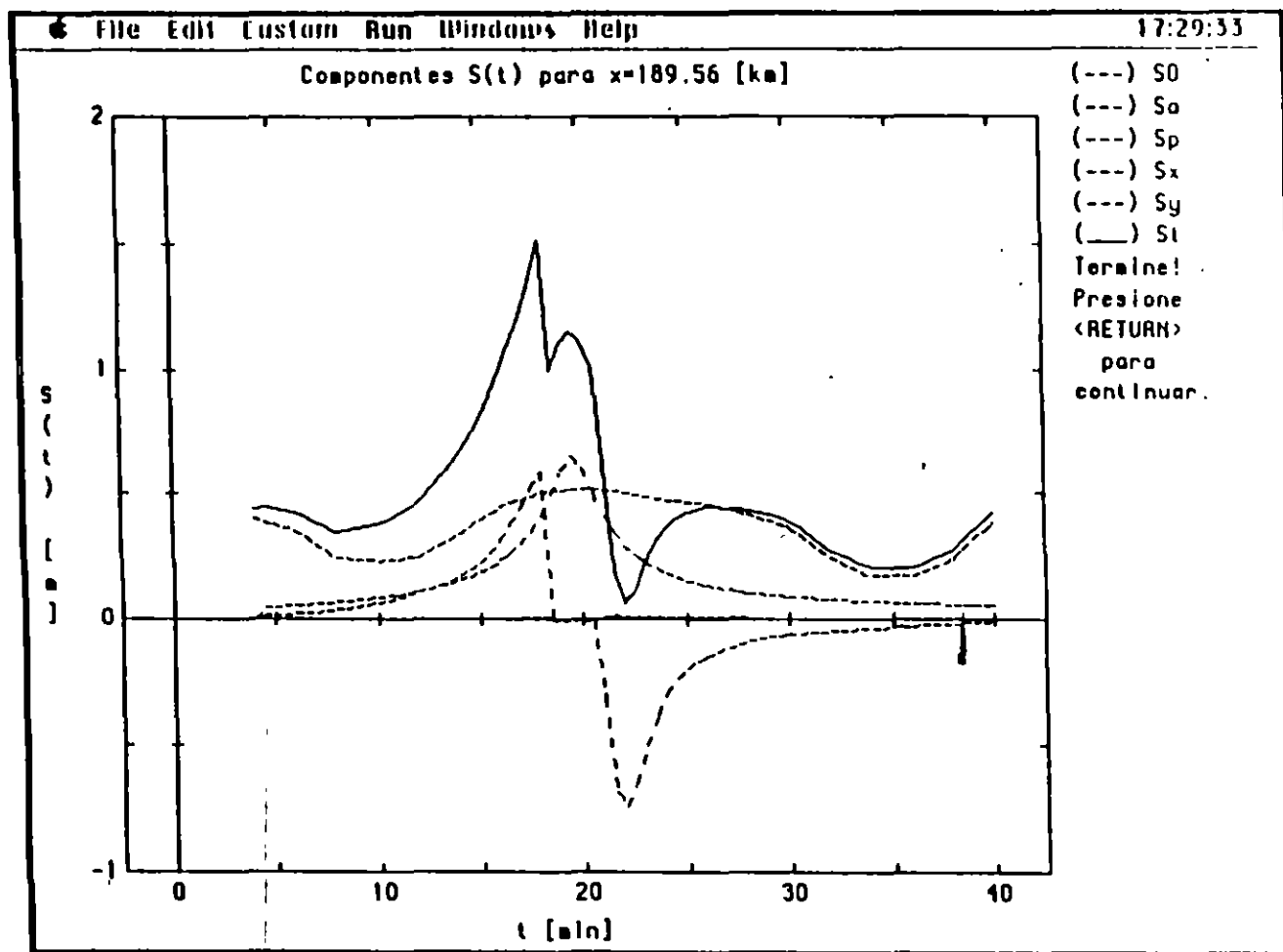
N O T A S



Marea de tormenta sobre una línea perpendicular a la costa, la abscisa corresponde a la distancia normal a la costa, la ordenada a la sobreelevación y el tercer eje al tiempo.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

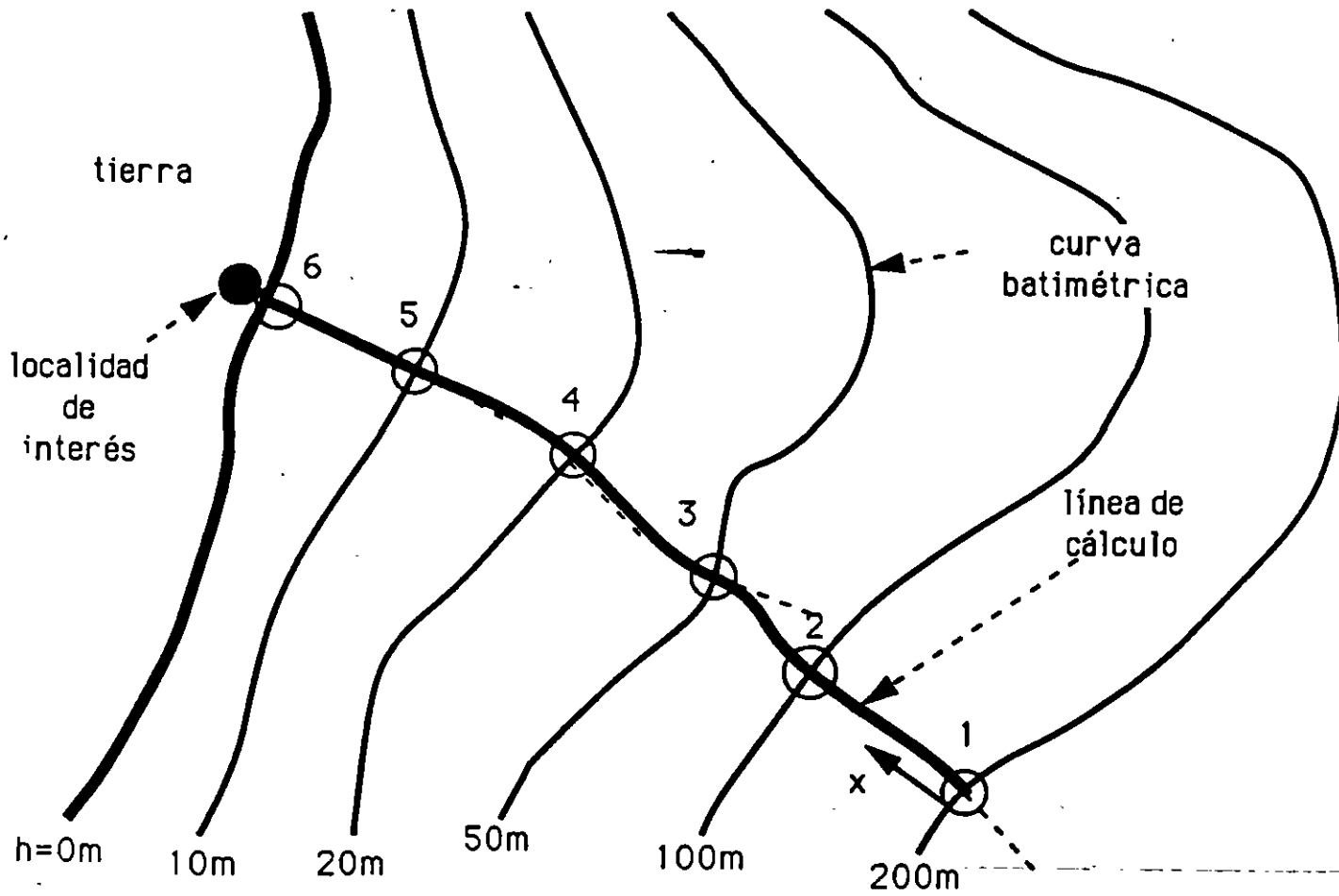
NOTAS



Marea de tormenta (S_t) generada sobre el litoral en la ciudad de Progreso, como resultado de la sobreelevación producida por la marea astronómica (S_a), el viento normal (S_x) y paralelo (S_y) a la costa y la presión (S_p).

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MÁREA DE TORMENTA

N O T A S

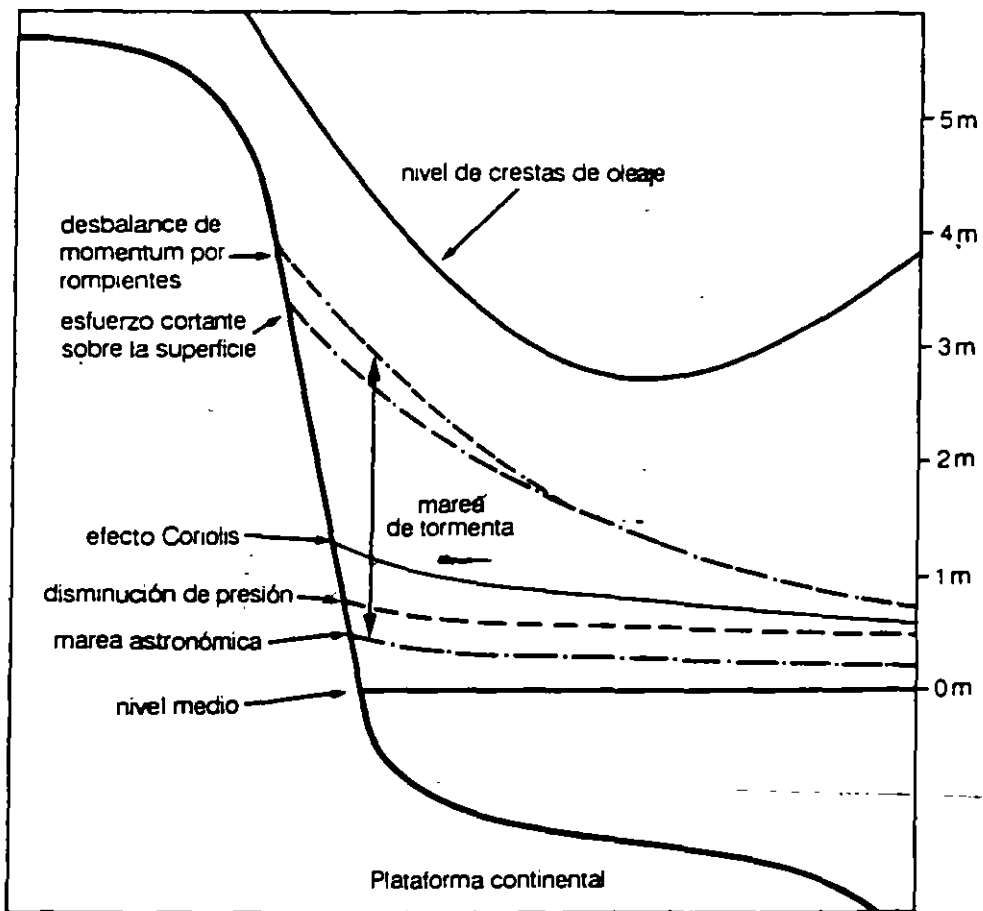


Esquema ilustrativo de una línea de cálculo

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

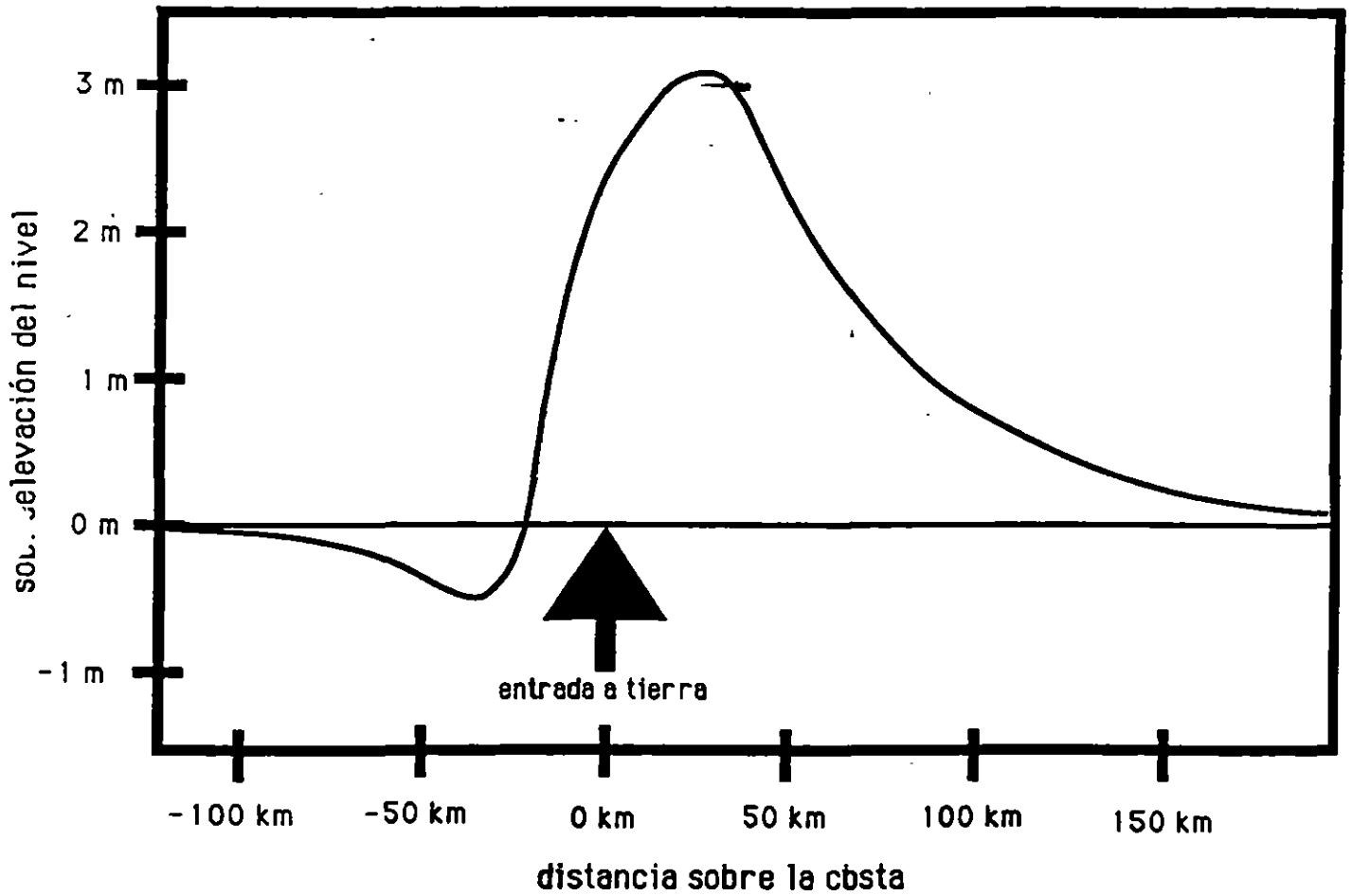
N O T A S

Esquema de efectos que contribuyen a la sobre-elevación del nivel del mar, en condiciones críticas



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S



Distribución típica de la marea de tormenta sobre la costa, para un huracán incidiendo en forma perpendicular al litoral (hemisferio norte)

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

DATOS REQUERIDOS POR DIFERENTES HERRAMIENTAS PARA EL CALCULO DE MAREA DE TORMENTA

- **Nomogramas:**

Sólo datos elementales del ciclón en cuestión ($\Delta p, R, V_T, \theta$) y datos conceptuales sobre batimetría de la zona. Muy fácil de aplicar pero provee solo valores envolventes. Recomendable el verificar localmente su desempeño en ciclones ya ocurridos (suponiendo que existen mediciones o estimaciones de máximos niveles alcanzados).

- **Modelos numéricos unidimensionales**

Datos detallados de trayectoria e intensidad del ciclón en cuestión, datos detallados de la batimetría sobre la línea de cálculo (quasi-perpendicular a la costa), criterio sobre cuando es o no aplicable. Aún apto para ser aplicado en forma emergente al presentarse el peligro. Recomendable calibrar algunos parámetros con base en datos medidos en mareógrafos locales, previamente a utilización operativa.

- **Modelos numéricos bidimensionales sencillos**

Datos detallados de trayectoria e intensidad del ciclón en cuestión, datos detallados de la zona (en dos dimensiones) del punto de interés. Definitivamente no aplicable en forma emergente durante el evento. Para ser utilizado debe prepararse un código operativo en computadora que ya contenga los datos batimétricos sobre la malla regular de cálculo. Como cualquier otro modelo numérico de este tipo debe ser calibrado para condiciones locales. Sin embargo, no requiere de datos detallados de la topografía y estructuras costeras. Requiere criterio para interpretar cuando la suposición de costa tipo "muro vertical" puede indicar franjas de inundación sobreestimadas.

- **Modelos numéricos bidimensionales realistas**

Todo lo anterior más datos muy detallados de la topografía costera (digamos con desniveles de ¡10 a 20 cm!) además de presencia de estructuras costeras (canales, carreteras, etc.). Su aplicación local requiere de un gran esfuerzo (miles de horas hombre) y los datos deben ser actualizados regularmente (digamos una vez cada 5 años). Todo aquél que pueda darse el lujo, debe utilizar este tipo de herramientas.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

METODOS PARA EVITAR EL CALCULO DE LA MAREA DE TORMENTA EN TIEMPO REAL

El cálculo de la marea de tormenta que se presentará durante un evento de emergencia es una labor intensiva y desgastante, no ideal para ser aplicada en el momento mismo de la emergencia. Dicho cálculo en tiempo real se puede evitar a través de pre-calcular (con las herramientas disponibles) la marea de tormenta esperada. Esto se puede hacer para obtener valores envolventes con propósitos de diseño de obras o preparación de planes de emergencia, o para contar con un catálogo de eventos pre-calculadas con el cual tomar decisiones de emergencia.

Al respecto se pueden concebir dos enfoques:

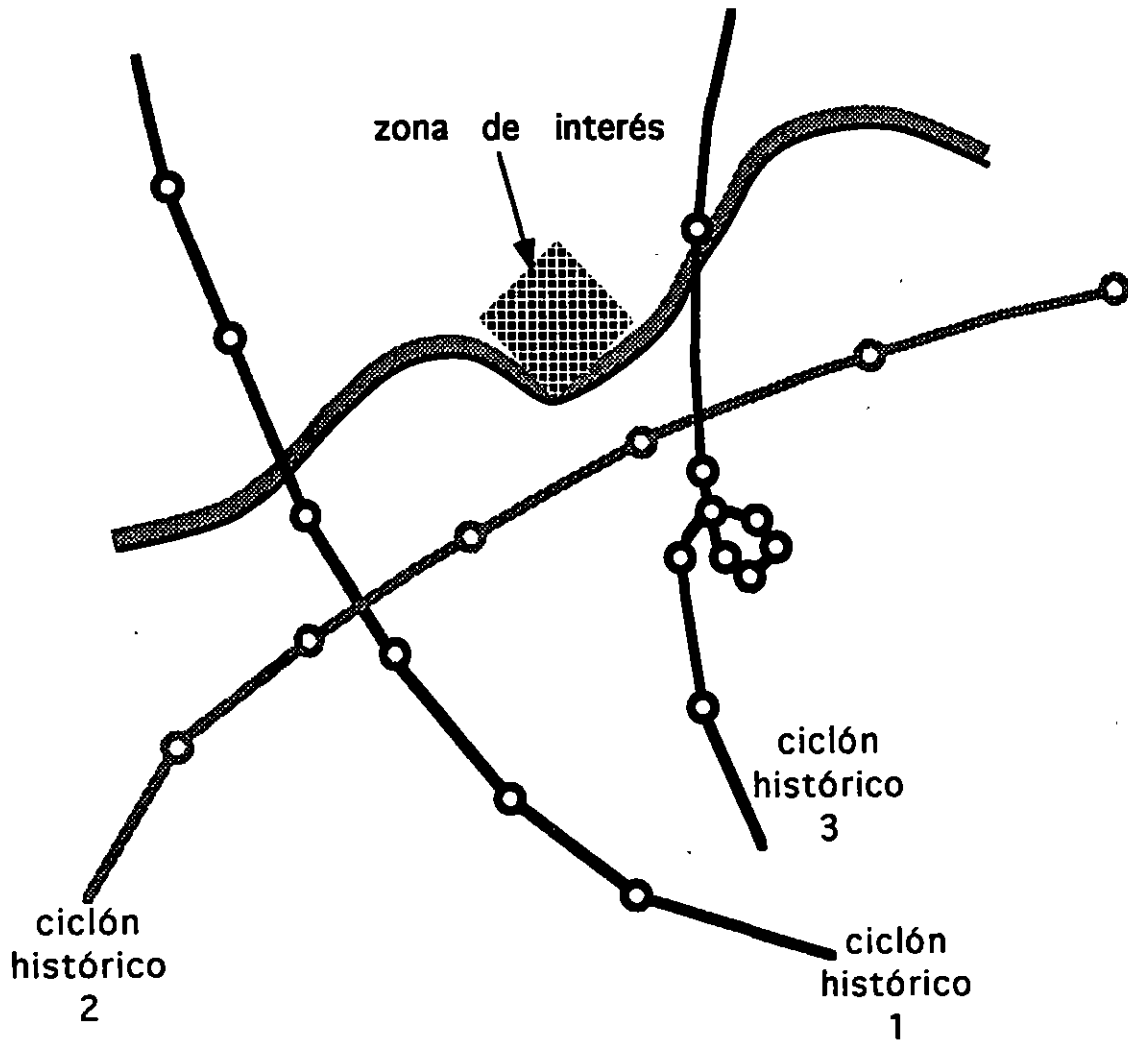
- Cálculo de marea de tormenta producida por ciclones históricos en la zona
- Definición de ciclones hipotéticos simplificados y cálculo de la marea de tormenta que producirían "familias" de ellos

Recuerde que en ambos casos se pueden calcular envolventes (valores más desfavorables) o mareas máximas de eventos individuales (o mejor aún ambas). El atacar el problema operativo bajo esta óptica no exenta a los tomadores de decisiones de contar con suficiente intuición y conocimiento sobre el verdadero comportamiento del fenómeno real.

EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

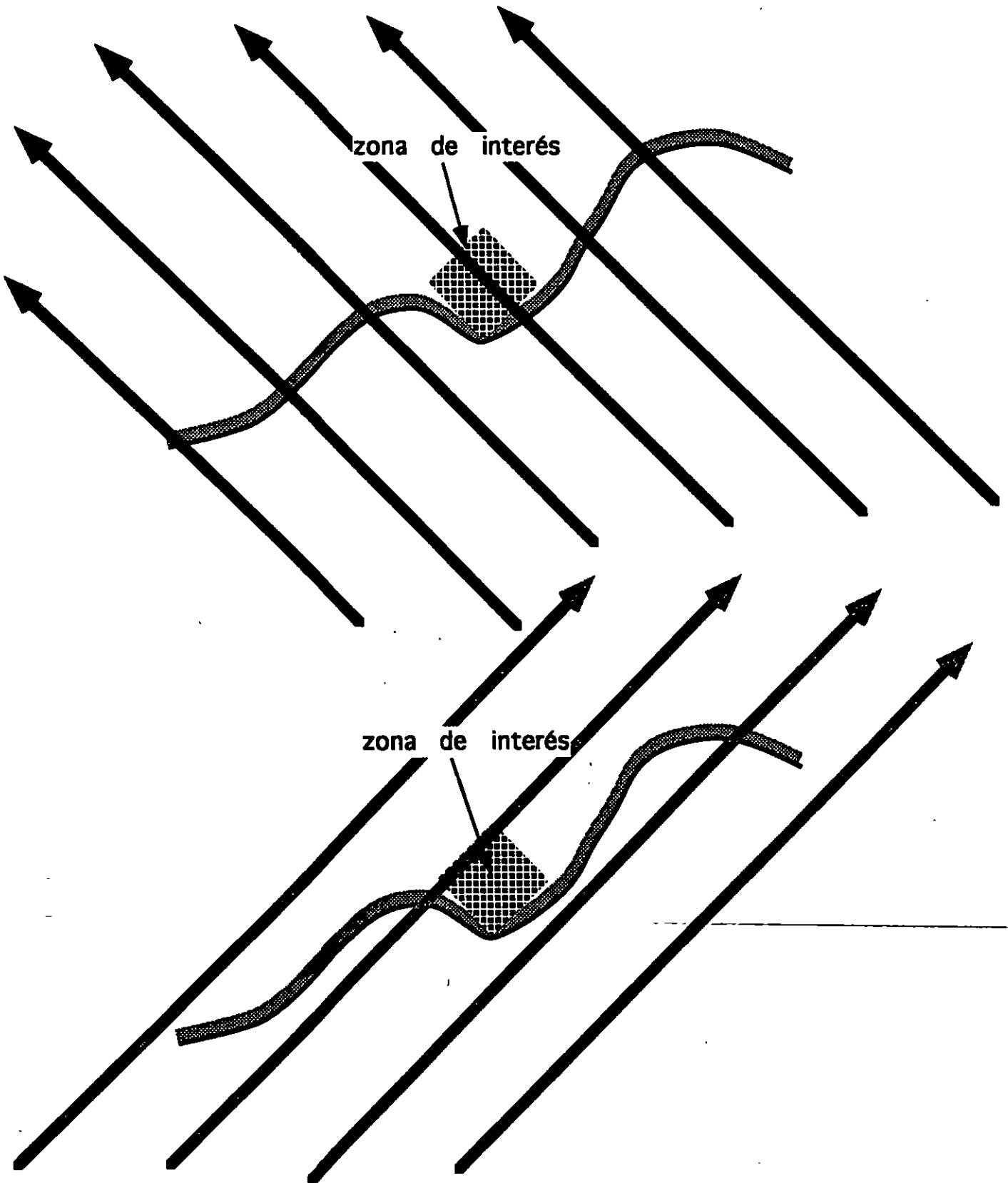
ENFOQUE DE SIMULACION DE CICLONES HISTORICOS



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

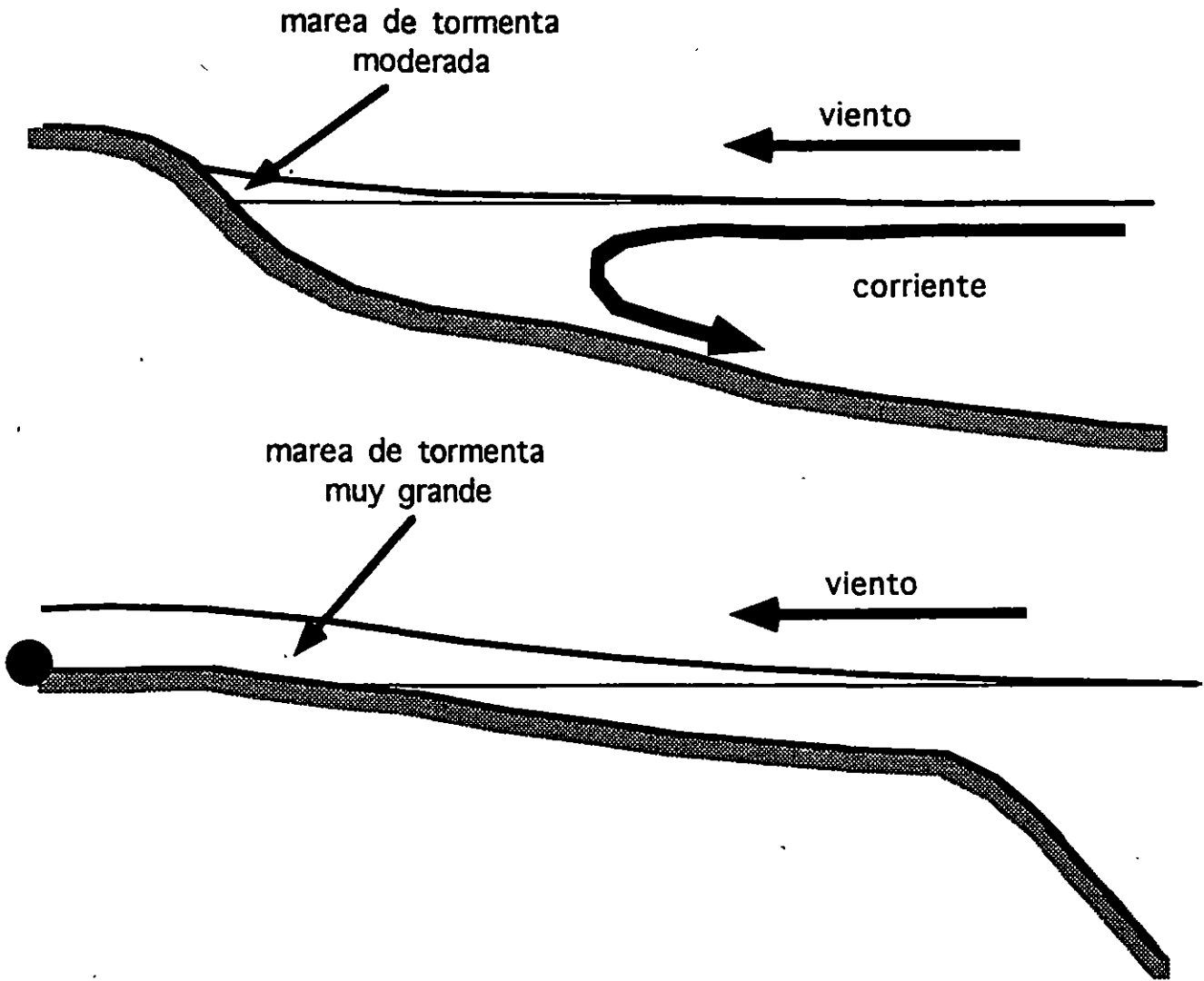
ENFOQUE DE SIMULACION DE CICLONES HIPOTETICOS



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

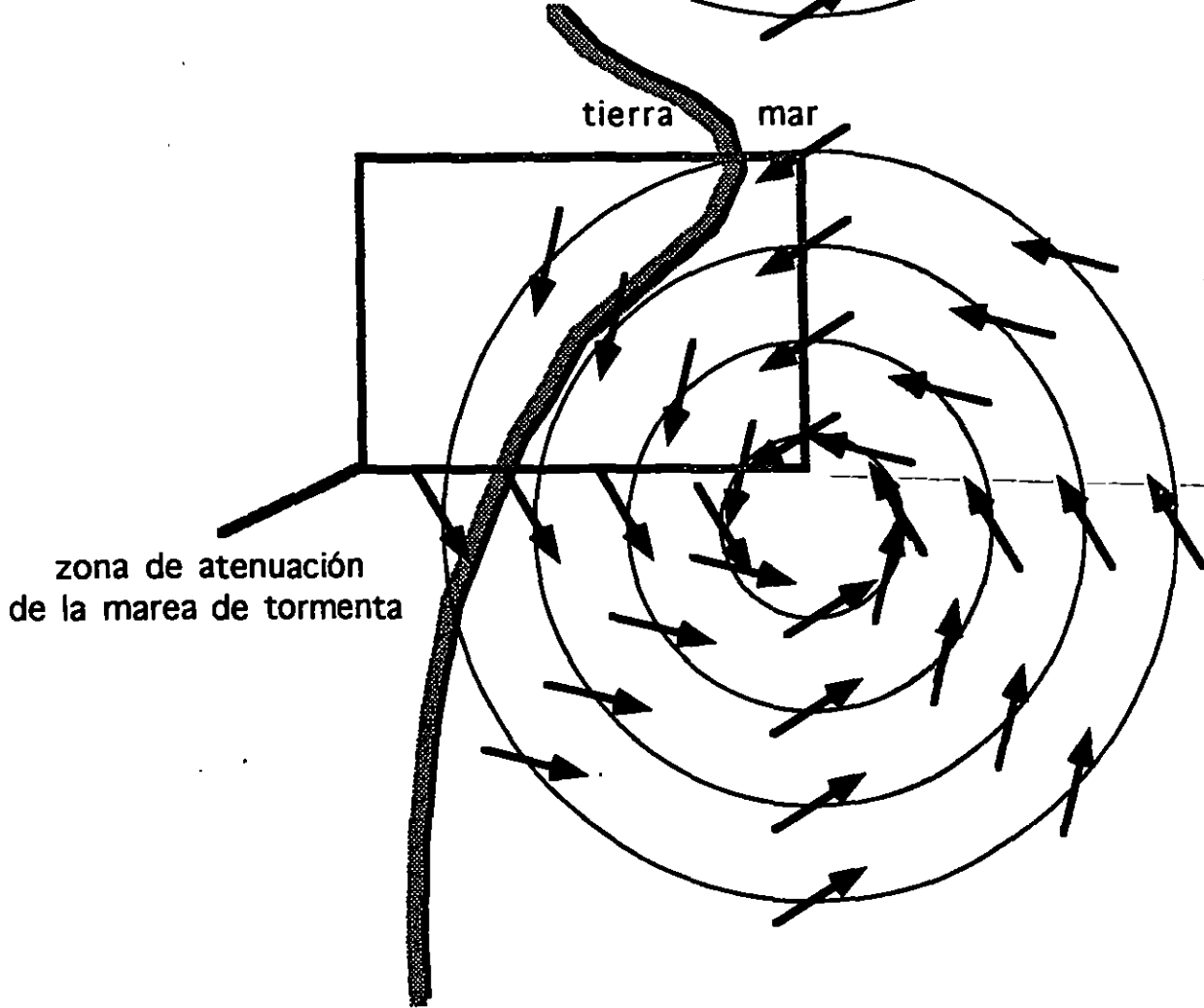
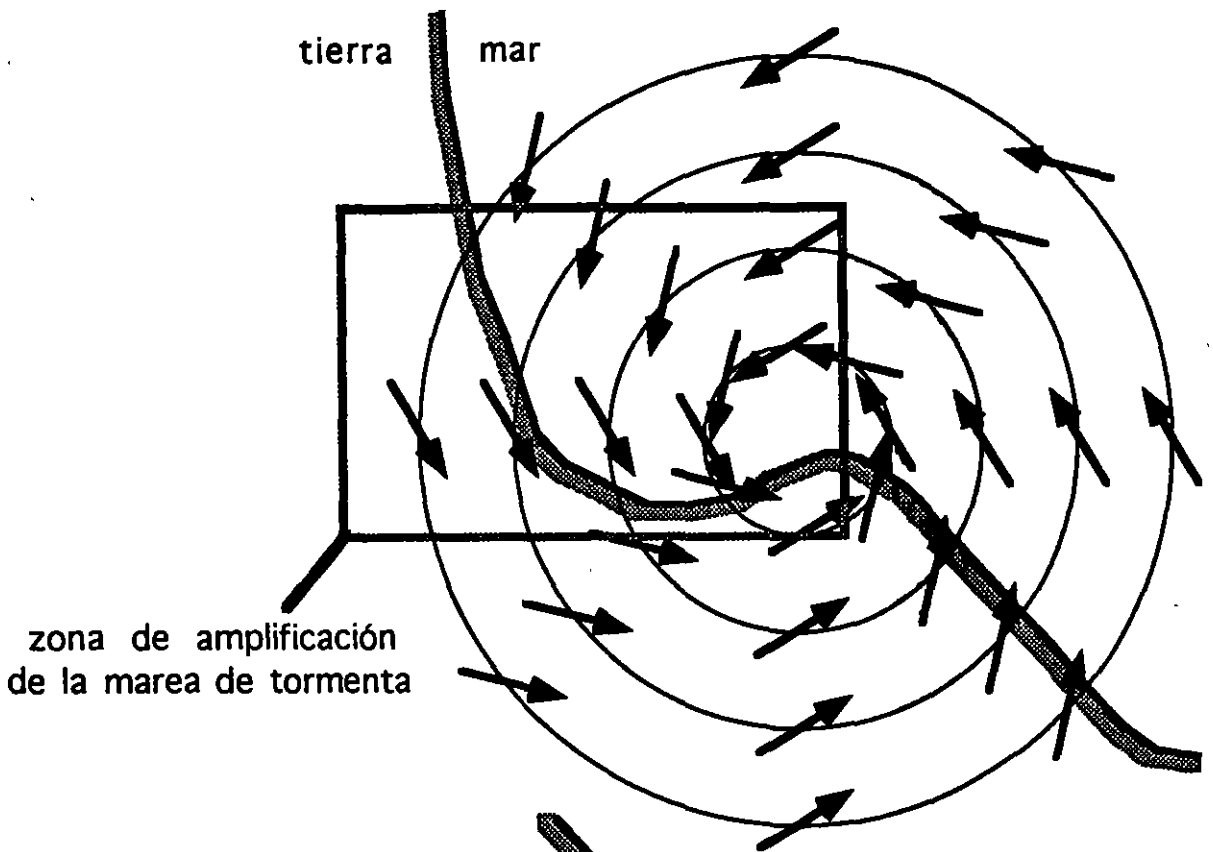
EFFECTO DE AMPLIFICACION DE LA MAREA DE TORMENTA EN AGUAS POCO PROFUNDAS



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

AMPLIFICACION Y ATENUACION EN BAHIAS Y PROMONTORIOS



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

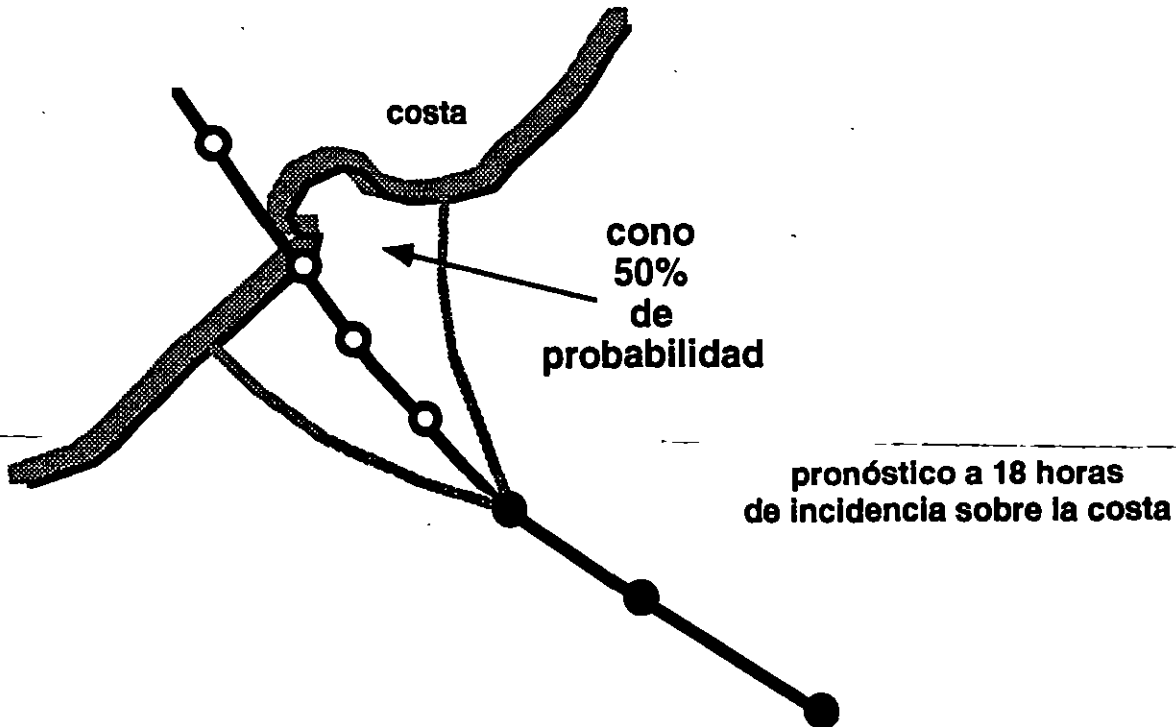
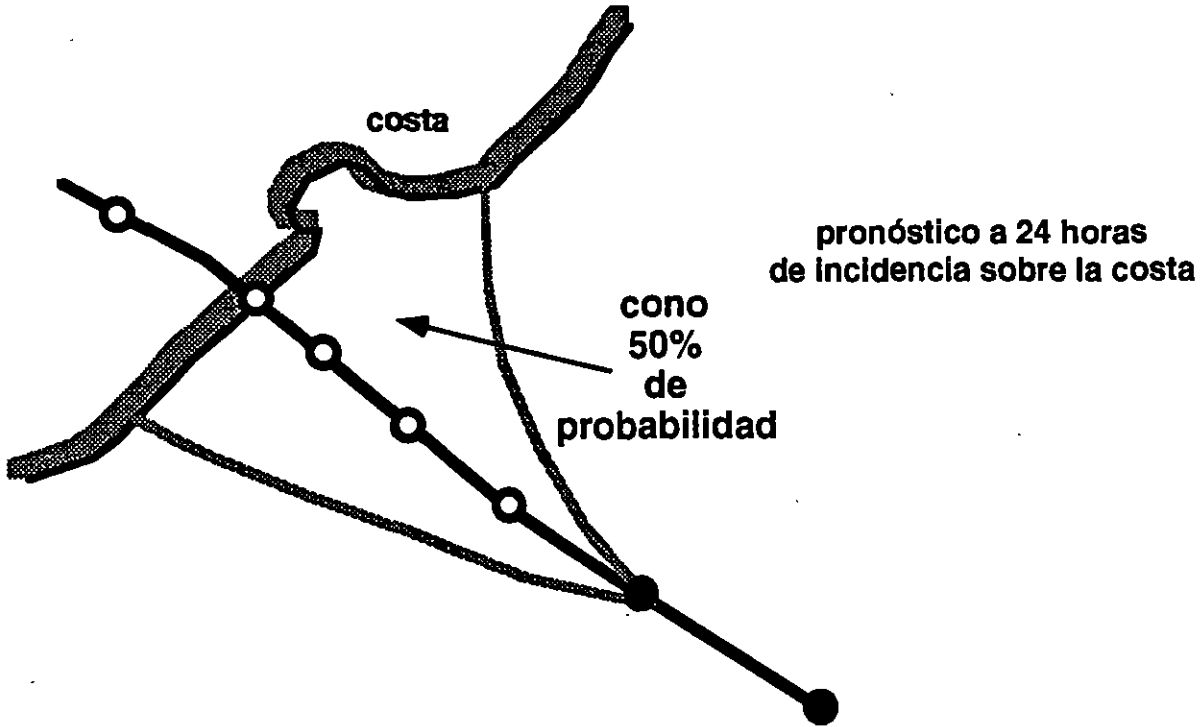
MAREA DE TORMENTA: ASPECTOS DE PROTECCION CIVIL

- **El aspecto más importante en cuanto a protección civil es la definición clara y objetiva de la franja costera que debe ser evacuada durante un evento peligroso. Esto no sólo depende de las características de ciclón tropical en sí, sino de la batimetría y topografía costera local, los factores de posible amplificación de la marea y la posibilidad de coincidencia con máximos de marea astronómica y/o inundaciones fluviales en la desembocadura de ríos. Para ello se requiere una buena intuición sobre lo que es y puede provocar la marea de tormenta, pero además un estudio serio sobre el riesgo en la zona a través de mediciones y/o modelos.**
- **Un aspecto sumamente importante es el considerar la incertidumbre asociada con los pronósticos de trayectoria e intensidad de ciclones tropicales a diferentes horizontes a futuro. Las decisiones nunca deben ser tomadas en base exclusivamente a la trayectoria/intensidad pronosticada, sino a un rango de posibilidades alrededor de ellas. Siempre se trata de un balance entre certidumbre y tiempo necesario para realizar las evacuaciones: para 100% de certidumbre el tiempo disponible es nulo; al tener que tomar decisiones con un tiempo de anticipación acorde con el requerido para la operación, la zona de peligro considerada necesariamente será mayor a la que finalmente resultará peligrosa. Además las maniobras son necesariamente dinámicas en el tiempo, deben irse adecuando a los nuevos pronósticos que vayan estando disponibles. Obsérvese que los boletines meteorológicos raramente hablan de incertidumbre en términos explícitos.**
- **Es muy importante considerar en los planes y en las decisiones de emergencia la disponibilidad de rutas de evacuación en el momento de la emergencia; específicamente para carreteras y caminos costeros éstos pueden encontrarse bajo el agua aún antes de que las zonas a evacuar se encuentren en peligro. Es mucho más peligroso el quedar atrapado durante la evacuación (en vehículos) que en las zonas de habitación.**
- **Es importante el considerar no sólo el máximo nivel esperado (para definir la franja a evacuar) sino la evolución esperada para definir el tiempo disponible para realizar las maniobras. No considerarlo puede llevar a evacuar una zona demasiado grande (en el extremo conservador) o peor aún no poder evacuar o quedar atrapado (en el extremo más arriesgado). Es importante conocer en forma gruesa los tiempos de recesión de la marea de tormenta, para planear las maniobras de rescate y reubicación de la población.**

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

MAREA DE TORMENTA: TOMA DE DECISIONES DE EMERGENCIA BAJO INCERTIDUMBRE



EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S .

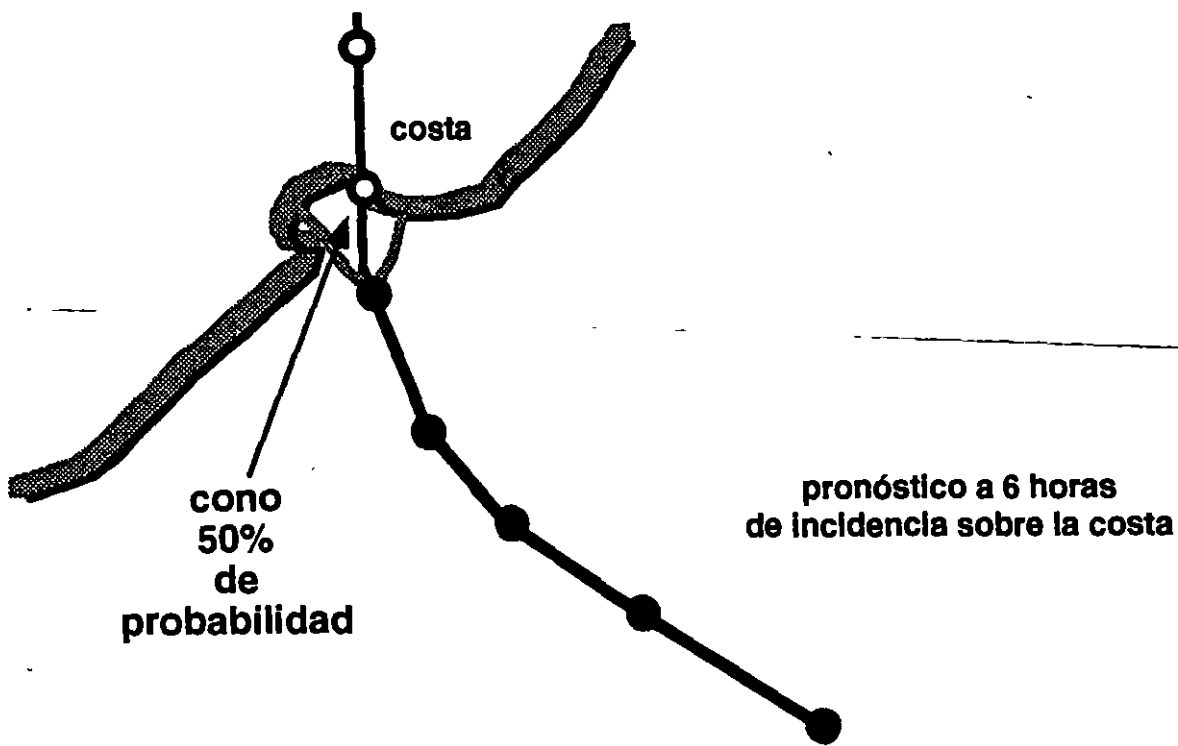
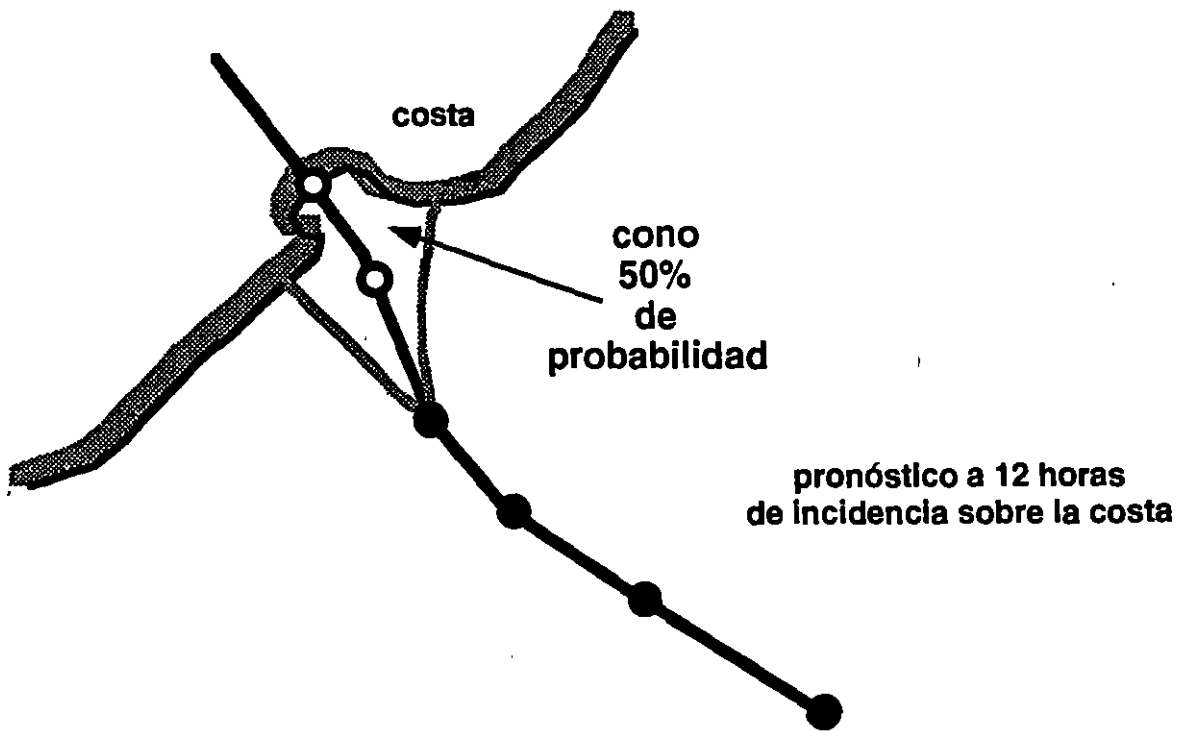
MAREA DE TORMENTA: RECOMENDACIONES A LA POBLACION

- **Es importante concientizar a la población de que la marea de tormenta no se trata de una inundación paulatina, pacífica y pasiva; puede ser muy abrupta, generar corrientes de agua extremas y en conjunto con el oleaje puede ser muy destructivo.**
- **Si población resultó atrapada en la zona inundada, debe recomendarse el pasar el huracán en el nivel más alto posible (2^o pisos al menos) y en estructuras sólidas.**
- **Es muy importante concientizar a la población del efecto del paso del ojo en cuanto a marea de tormenta; muchas personas intentan evacuar al percibir que la tormenta vuelve a tomar fuerza (después de la calma del ojo) cuando el nivel de inundación es máximo y la recesión es ya inminente.**
- **Es importante que la población evite caminar en zonas inundadas con calzado y ropas ligeras, grandes cantidades de peligros (objetos punzocortantes, depresiones, hoyos, etc.) se encuentran ocultos bajo el agua. De ninguna manera deben considerar que la situación bajo el agua es a la que habitualmente están acostumbrados (por arrastre de objetos, vehículos, cables de electricidad, etc.)**
- **De ser posible, sin aumentar el riesgo a la vida de los pobladores, deben colocar sus pertenencias en lugares altos (2^o pisos) o colgarlos de los techos. Sólo debe evacuarse con lo indispensable (equipo de emergencia y documentos de identificación y propiedad).**
- **No debe inmovilizarse a un animal en un sitio sujeto a inundación por marea de tormenta, su instinto tiene más probabilidad de salvarlo si se puede mover libremente durante el evento. Ser dueño de ganado o animales de granja ahogados no es un gran consuelo.**
- **Cuando es posible deben protegerse las fuentes de agua potable de contaminación por las aguas de inundación.**
- **Antes de abandonar el hogar deben desconectarse o cerrarse servicios como electricidad, gas y agua.**

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

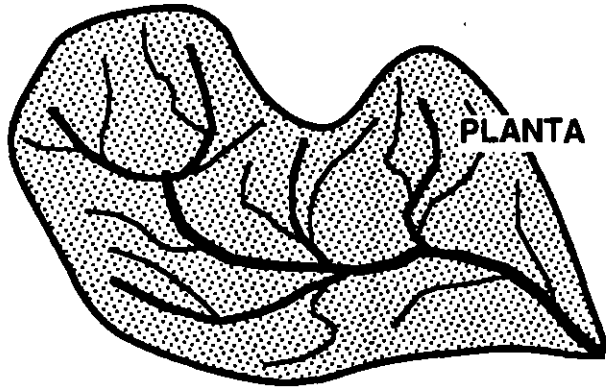
MAREA DE TORMENTA: TOMA DE DECISIONES DE EMERGENCIA BAJO INCERTIDUMBRE



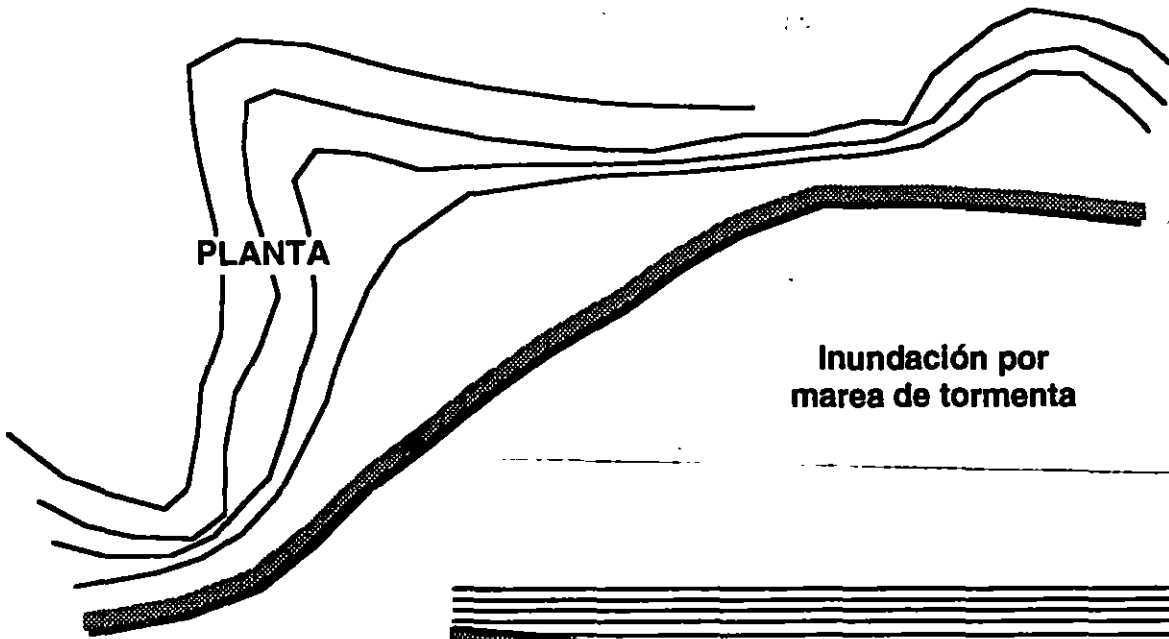
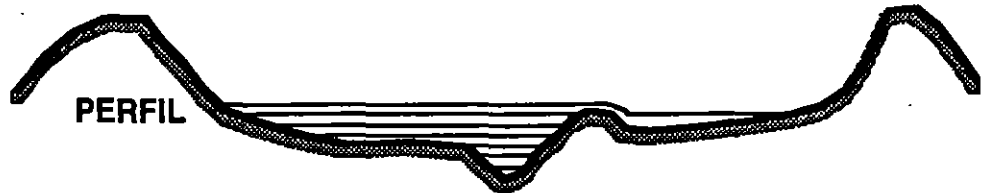
EFFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S

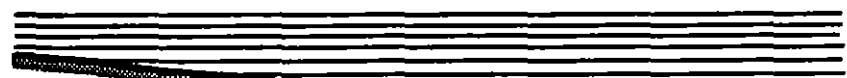
DIFERENCIAS ENTRE INUNDACION FLUVIAL Y INUNDACION POR MAREA DE TORMENTA



Inundación fluvial



Inundación por marea de tormenta



Océano

PERFIL

EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

N O T A S



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
CAPITULO II

TEMARIO (CAPITULO III)

III. Efecto destructivo: oleaje (MRM, GRA, PLT) (5:30)

III.1. Conceptos elementales sobre oleaje (MRM)

III.2. Generación de oleaje por viento en aguas profundas (MRM)

III.3. El campo de oleaje ciclónico (MRM)

III.4. Interpretación de información en los boletines meteorológicos (MRM)

III.5. Modificación de oleaje sobre aguas poco profundas (PLT)

III.6. Software de simulación del campo de oleaje (GRA)

III.7. Documentación de daños típicos por oleaje (MRM)

III.8. Aspectos de protección civil (MRM)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

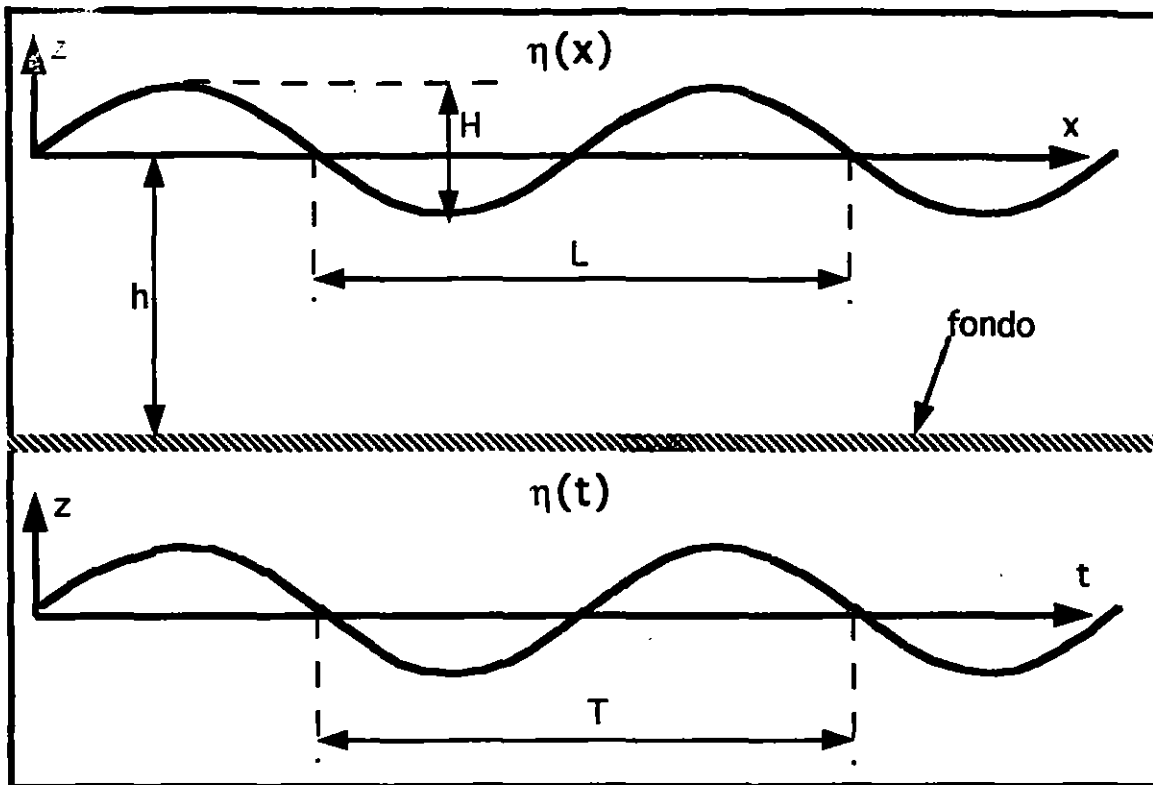
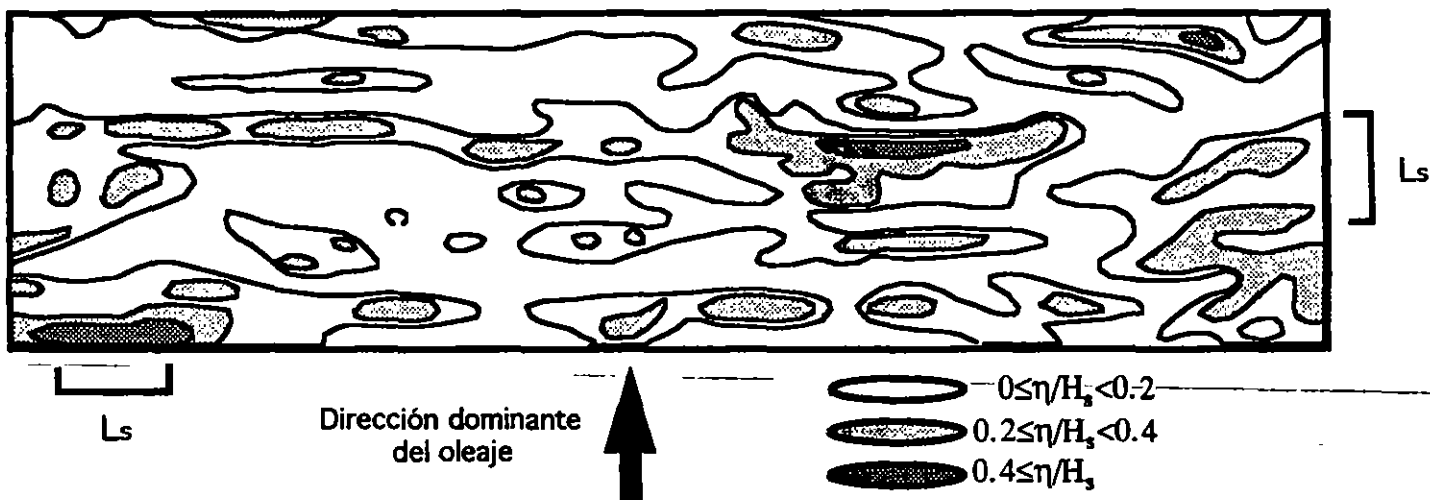


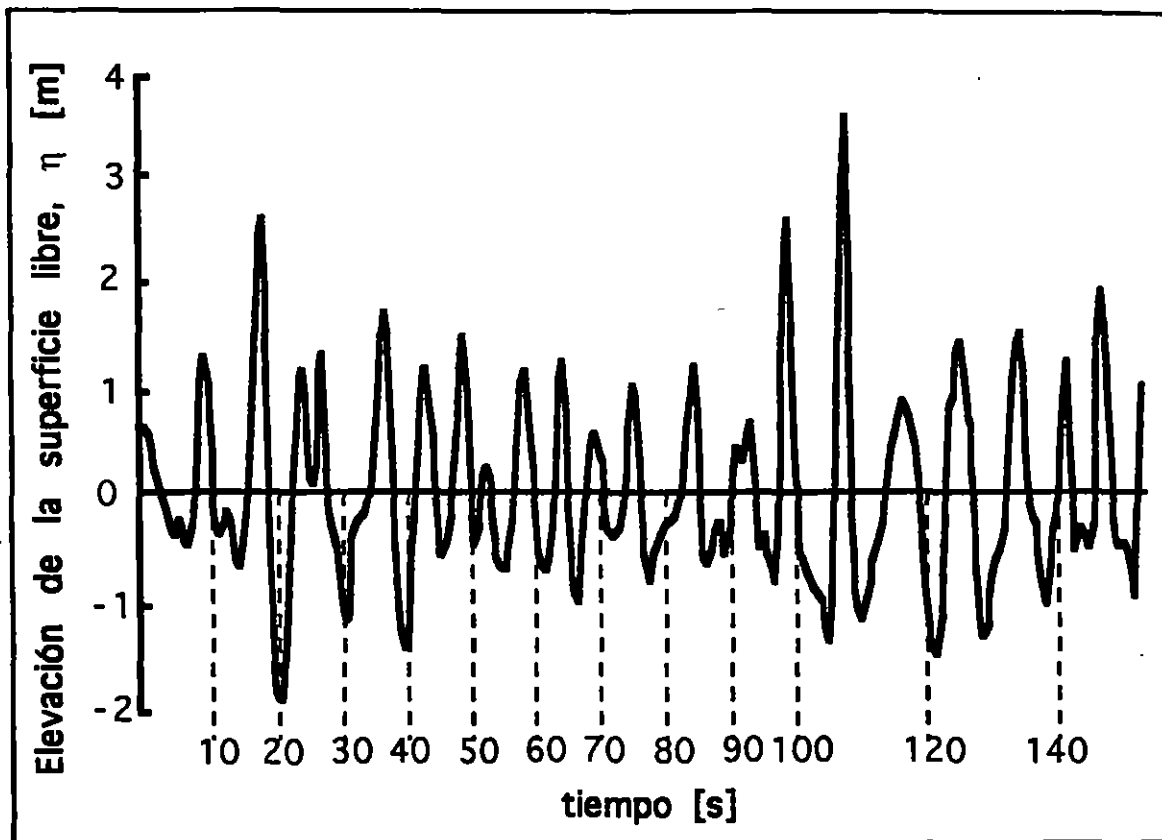
Diagrama de definición de magnitudes características del oleaje.



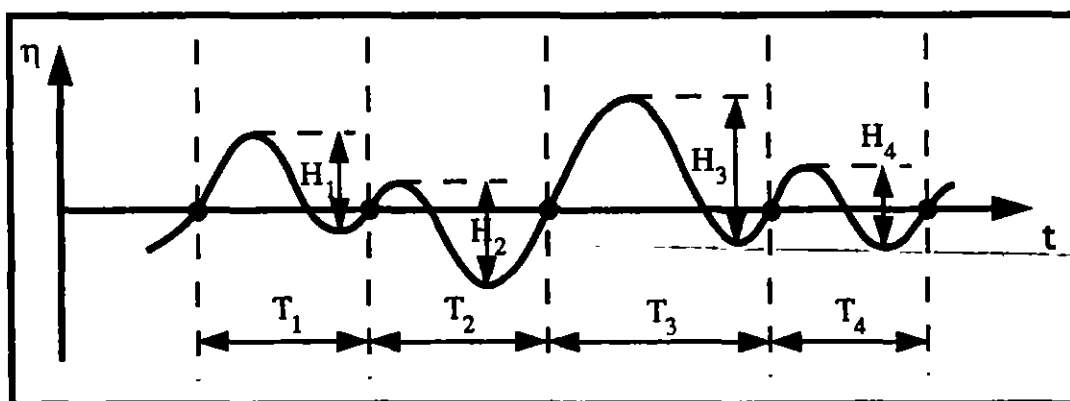
Mapa de desplazamiento de la superficie libre en condiciones realistas. La falta de crestas continuas se debe a la composición por trenes de olas avanzando en diferentes direcciones alrededor de la dominante. Las regiones dentro de los contornos representan zonas con desplazamiento η positivo en el instante en cuestión. H_s y L_s son la altura y longitud de onda de la "ola significativa". Fuente: Goda (1985).

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S



Ejemplo de un registro de oleaje (fuente: Goda, 1985).



Identificación de olas individuales en un registro.

EL EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

ESTADÍSTICAS DE OLAJE

Para un registro experimental de N olas:

$$H_{\text{media}} = \bar{H} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i \qquad H_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2}$$

Si ordenamos las olas de mayor a menor altura y les asignamos un número de orden:

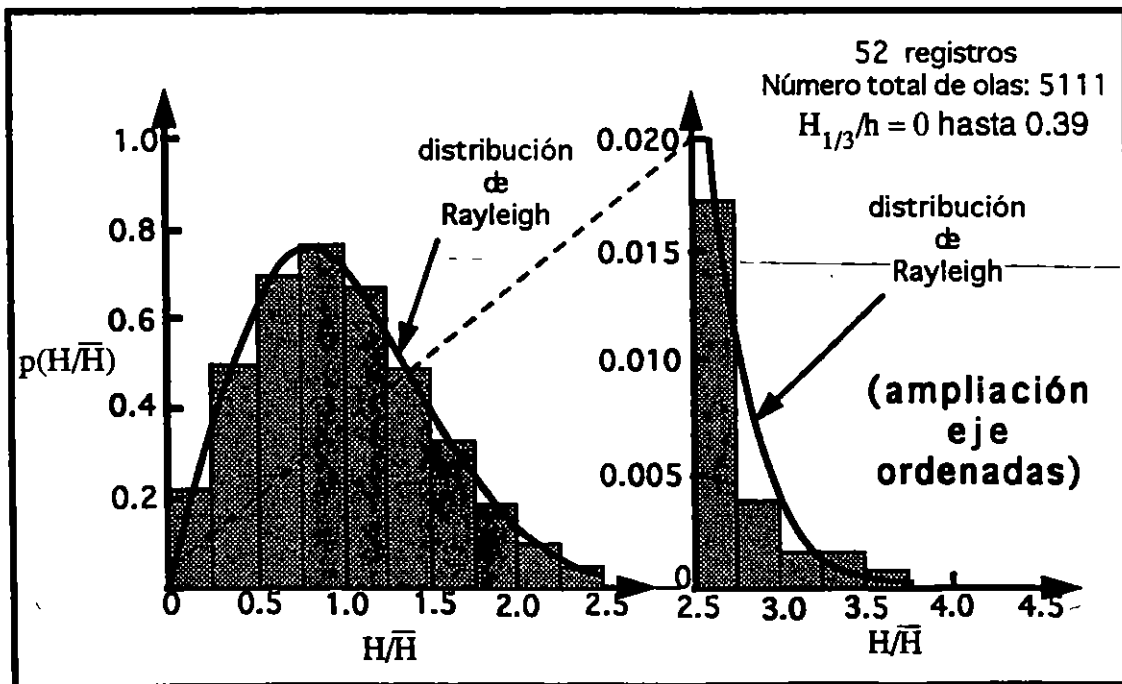
$$H_{\text{significante}} = H_s = H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{i=1}^{N/3} H_i$$

$$H_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_{i=1}^{N/10} H_i$$

$$P(H \geq \hat{H}) = \frac{n}{N} \quad \text{donde } n = \text{número de orden de } \hat{H}$$

$$P(H \geq H_{\text{max}}) = \frac{1}{N}$$

Para un ensamble muy grande de registros de oleaje se llega a la conclusión de que la altura de oleaje H tiene una distribución de probabilidad del tipo Rayleigh:



Histograma de alturas de oleaje (normalizadas) para la composición de muchos registros, comparado con la distribución de probabilidad de Rayleigh (fuente: Goda, 1985).

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

ESTADÍSTICAS DE OLAJE (continúa)

Distribución de probabilidad de Rayleigh:

$$P(H \geq \hat{H}) = e^{-(\hat{H}/H_{rms})^2}$$

donde H_{rms} es el único parámetro de la distribución y se estima de valores medidos en registros representativos.

Se puede demostrar que:

$$\bar{H} = 0.866 H_{rms}$$

$$H_s = 1.416 H_{rms}$$

$$H_{1/10} = 1.8 H_{rms}$$

y que la altura de ola máxima más probable en N olas es:

$$H_{max} = \left[\sqrt{\ln N} + \frac{0.5772}{2\sqrt{\ln N}} \right] H_{rms}$$

mientras que la altura de ola que tiene probabilidad "P" de ser rebasada es:

$$\hat{H} = H_{rms} \sqrt{\ln \frac{1}{p}}$$

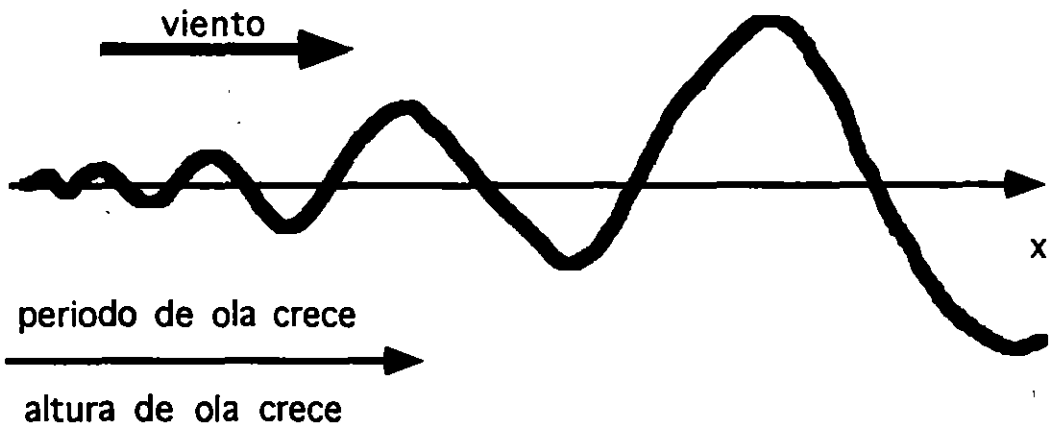
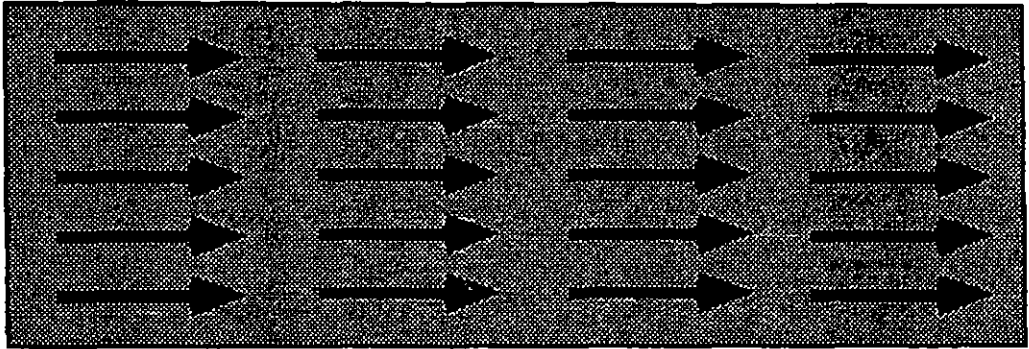
EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

GENERACION DE OLAJE POR VIENTO

DEFINICION DEL "FETCH" O ZONA DE GENERACION

ZONA DE GENERACION CON VIENTO CONSTANTE EN MAGNITUD Y DIRECCION



Para un viento constante, si el fetch es suficientemente largo, se alcanza un estado de oleaje constante (H y T ya no varían en x).

Para un viento constante, si la duración es suficiente, se alcanza un estado permanente (H y T ya no varían en el tiempo).

A este tipo de oleaje, que ya no tiene limitaciones ni de duración del viento, ni de longitud del fetch, se le llama oleaje completamente desarrollado y su H y T depende únicamente de la magnitud de la velocidad del viento que lo genera. Cuando esto ocurre, las olas ya viajan a la misma velocidad que el viento.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

MÉTODOS PARA EL CALCULO DE OLEAJE GENERADO POR VIENTO

(aguas profundas=en alta mar)

Método de Hasselman simplificado (Shrore Protection Manual 1984)

Fórmulas adecuadas para calcular evolución a lo largo del fetch suponiendo suficiente duración (olas limitadas por fetch)

$$\frac{g H_s}{U_a^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{g F}{U_a^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \frac{g T_p}{U_a} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{g F}{U_a^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

donde

F=longitud del fetch hasta el punto de interés

U_a =velocidad de viento ajustada= $0.71(U_{10})^{1.23}$ con U en unidades m/s

g=aceleración de la gravedad

H_s = altura de ola significativa

T_p = periodo de oleaje (del pico del espectro)= $1.052 T_s$

T_s = periodo de la ola significativa

U_{10} = velocidad promedio de viento a 10 m sobre la superficie en el fetch

Método de Sverdrup-Munk-Bretschneider (SMB)

Cuando oleaje limitado por fetch:

$$\frac{g H_s}{U_{10}^2} = 0.2525 \tanh \left[0.01 \left(\frac{g F}{U_{10}^2} \right)^{0.49} \right] \quad \frac{g T_s}{U_{10}} = 0.358 \left(\frac{g F}{U_{10}^2} \right)^{0.28}$$

Cuando oleaje limitado por duración (t):

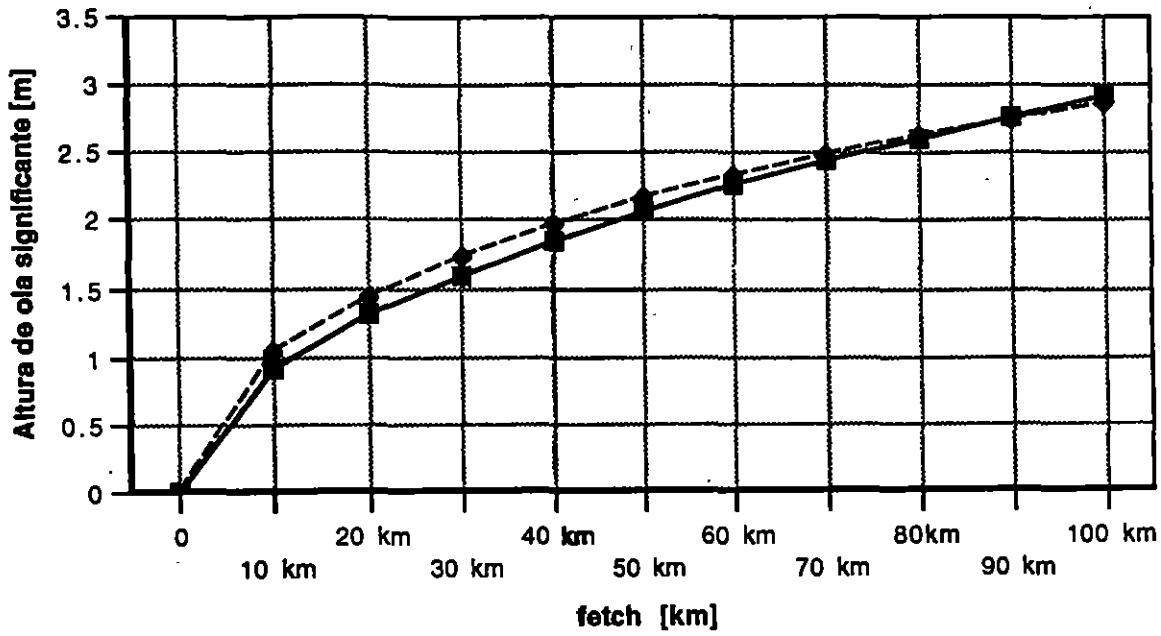
$$\frac{g H_s}{U_{10}^2} = 12.3174 \tanh \left[0.0004345 \left(\frac{g t}{U_{10}} \right)^{0.33} \right]$$
$$\frac{g T_s}{U_{10}} = 50.721 \tanh \left[0.015 \left(\frac{g t}{U_{10}} \right)^{0.20} \right]$$

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

Ejemplo 1: oleaje limitado por fetch

para viento de 50 km/h

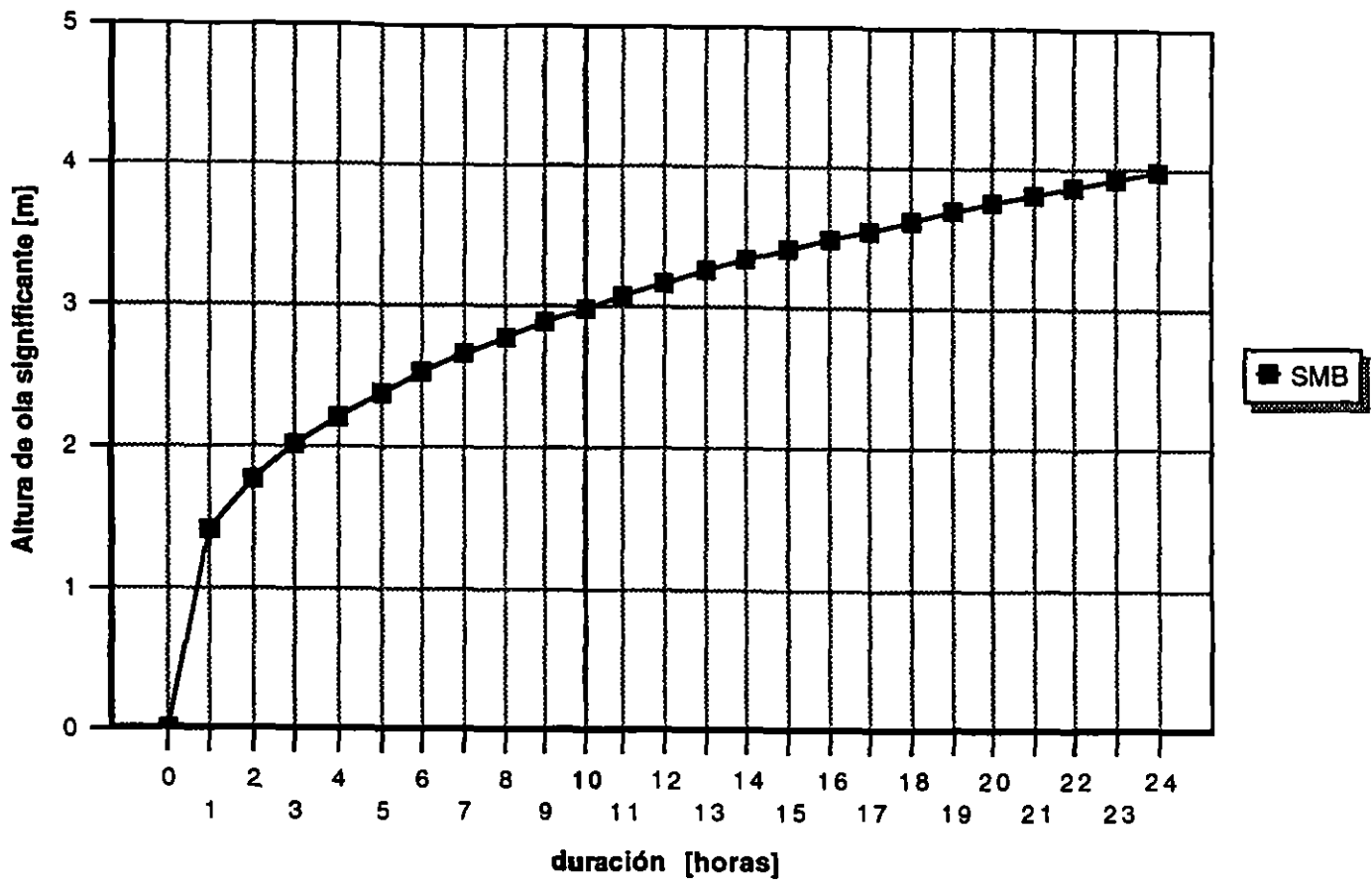


Hs=8.06m para F=795 km (Hasselman)
Hs=4.95m para F=2000km (SMB)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

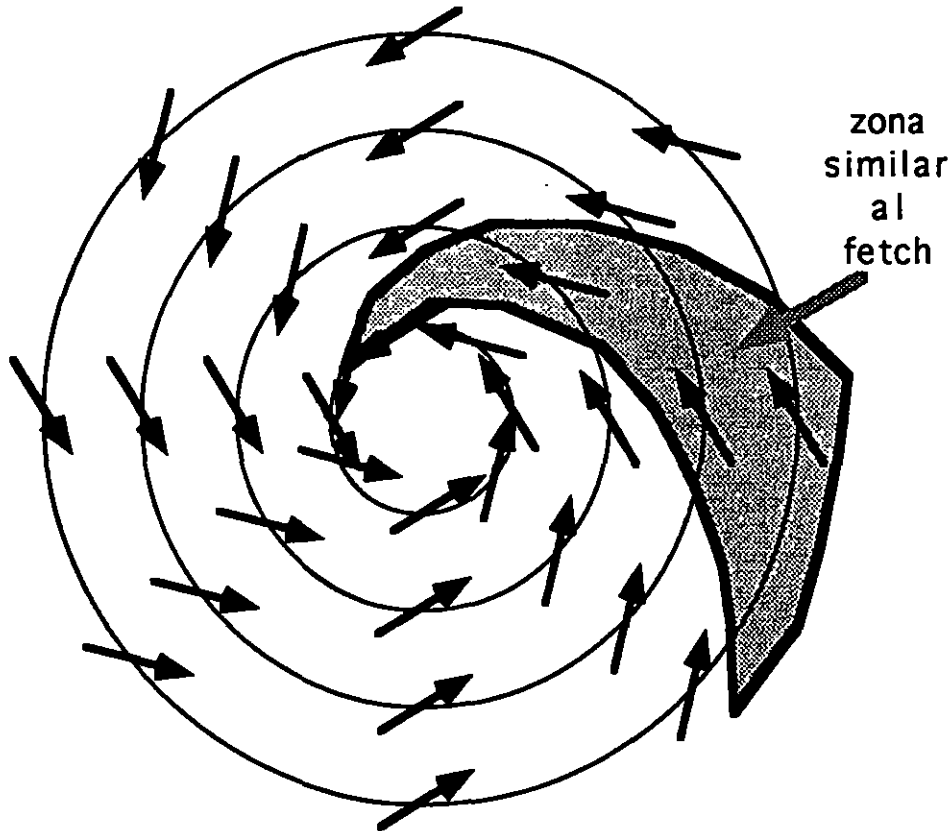
Ejemplo 2: oleaje limitado por duración para vientos de 50 km/h



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

CAMPO DE VIENTOS CICLONICO SIMPLIFICADO
(velocidad no varía en la dirección radial)
(campo de vientos sin translación)

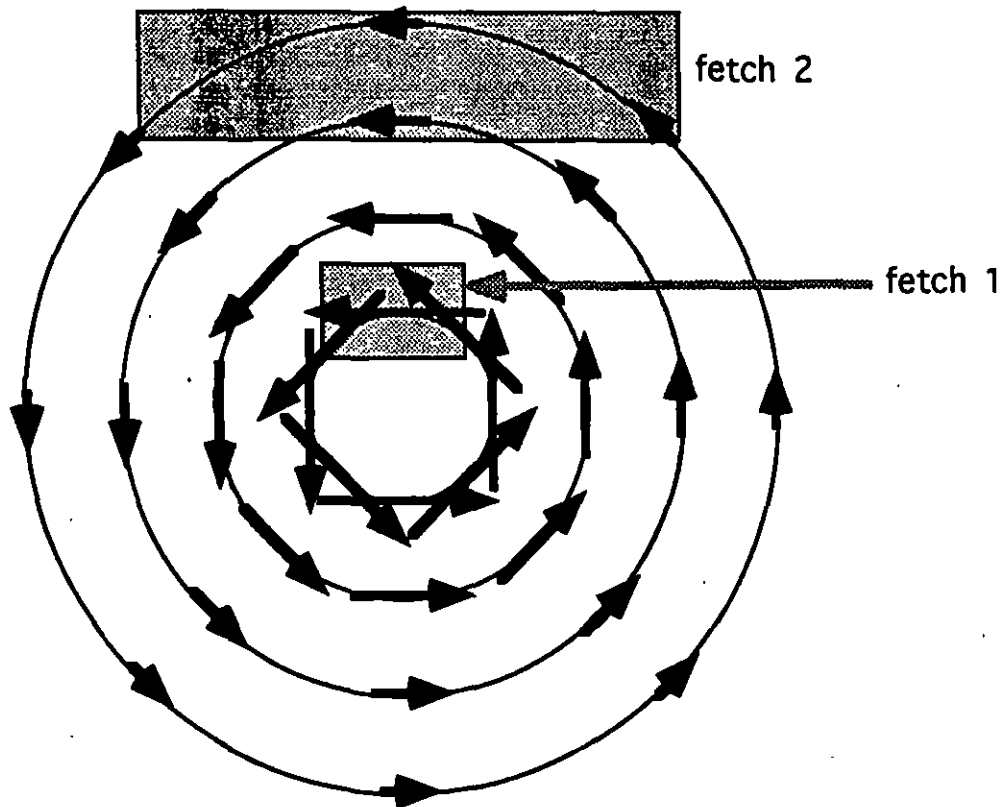


Pero en realidad el viento cambia en magnitud, no solamente en dirección, a lo largo de la zona de generación y el campo de vientos se translada como un todo junto con el centro de giro. Es por ello que las mejores herramientas actuales son numéricas.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

CAMPO DE VIENTOS CICLONICO SIMPLIFICADO
(dirección de viento tangencial)
(campo de vientos sin translación)



El fetch 1 tiene vientos muy intensos, pero una longitud muy corta

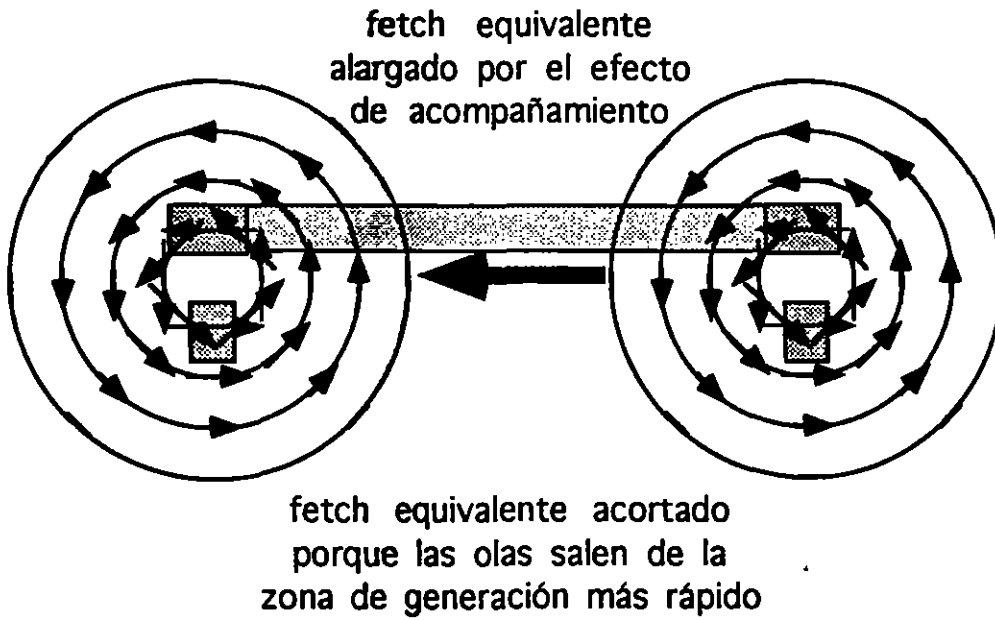
El fetch 2 tiene vientos más débiles, pero una longitud grande

¿en cuál de los dos fetch's se generan olas más grandes?

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

CAMPO DE VIENTOS CICLONICO SIMPLIFICADO
(dirección de viento tangencial)
pero ahora sí tiene translación



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

MODELO DE OLEAJE CICLONICO DEL SHORE PROTECTION MANUAL

La ola significativa máxima, en la zona de máximos vientos a la derecha de la trayectoria, se calcula con:

$$H_{s,max} = 5.03 \exp \left\{ \frac{R \Delta p}{4700} \left[1 + \frac{0.29 \alpha V_T}{\sqrt{U_R}} \right] \right\}$$

y su periodo con:

$$T_{s,max} = 8.6 \exp \left\{ \frac{R \Delta p}{9400} \left[1 + \frac{0.145 \alpha V_T}{\sqrt{U_R}} \right] \right\}$$

donde:

$H_{s,max}$ = altura de ola significativa máxima del ciclón [m]

$T_{s,max}$ = periodo de la ola significativa máxima en el ciclón [s]

R = radio de máximos vientos (o del ojo del ciclón) [km]

Δp = depresión máxima al centro del ciclón = $p_{normal} - p_o$ [mm Hg]

p_o = presión mínima al centro del ciclón [mm Hg]

V_T = velocidad de translación del ciclón [m/s]

U_R = velocidad de viento máxima en la periferia del ojo a 10 m de altura [m/s]

$$U_R = 0.865 U_{max} + 0.5 V_T$$

U_{max} = velocidad del viento gradiente máximo a 10 m de altura [m/s]

$$U_{max} = 0.477 [14.5 \Delta p^{1/2} - 0.31 R f]$$

f = parámetro de Coriolis = $2\omega \sin \phi$ [rad/hora]

ω = velocidad angular de la Tierra = $2\pi/24$ [rad/hora]

ϕ = latitud del ojo del ciclón

α = coeficiente que considera el alargamiento del fetch para ciclones en movimiento
se recomienda para ciclones lentos $\alpha=1$

Nota: las unidades más comunes en presión atmosférica son los millbares (mb),

$$1 \text{ mm Hg} = 1.333 \text{ mb}$$

$$1 \text{ mb} = 0.75 \text{ mm Hg}$$

La distribución de altura significativa de ola alrededor de todo el ciclón se puede obtener del diagrama de isolíneas $H_s/H_{s,max}$, mientras que la distribución de periodo de ola significativa alrededor del ciclón se puede estimar con:

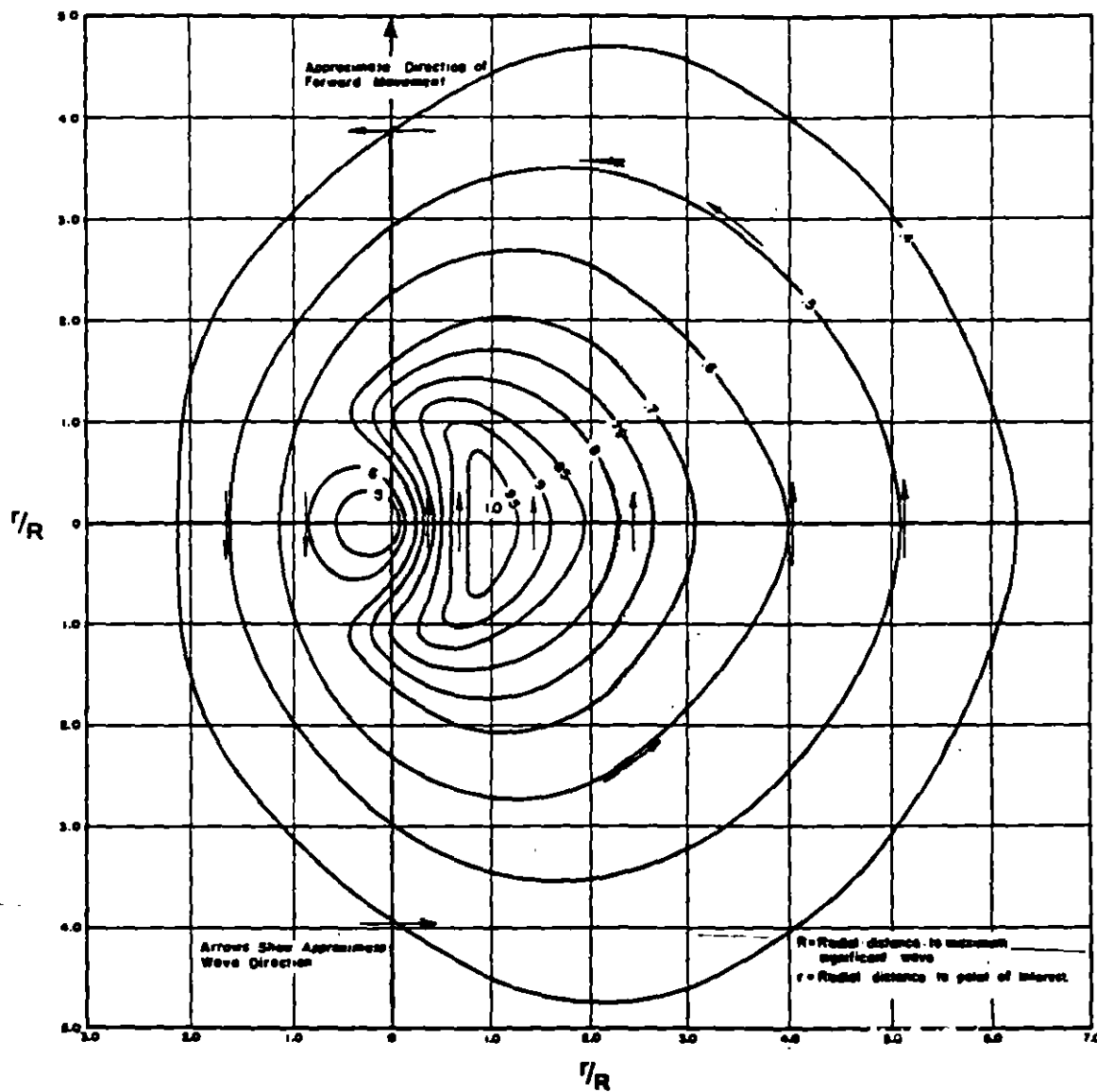
$$T_s = 12.1 \sqrt{\frac{H_s}{g}} \quad (\text{en [s], [m] y [m/s}^2])$$

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

DISTRIBUCION DE ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE $H_s/H_{s,max}$

Modelo del Shore Protection Manual (Bretschneider, 1957)



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

MODELO DE OLEAJE CICLONICO PARAMETRICO DE YOUNG

Fundamentado en experimentos numéricos con el modelo de Hasselman. Supone trayectoria rectilínea, así como campo de vientos y velocidad de translación sin cambios en el tiempo. También supone aguas profundas.

La altura de ola significativa máxima y su periodo se calculan con las expresiones del modelo de Hasselman simplificado (visto en la sección de oleaje generado por un campo de vientos genérico, no ciclónico) pero con un fetch equivalente calculado de:

$$\begin{aligned} \frac{F}{R'} = & -2.175 \times 10^{-3} V_{\max}^2 + 1.506 \times 10^{-2} V_{\max} V_T \\ & - 1.223 \times 10^{-1} V_T^2 + 2.190 \times 10^{-1} V_{\max} \\ & + 6.737 \times 10^{-1} V_T + 7.980 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

donde:

V_{\max} = velocidad máxima de viento a 10 m [m/s]

V_T = velocidad de translación del ciclón [m/s]

R' = radio efectivo de máximos vientos que se calcula con:

$$R' = 22.5 \times 10^3 \log_{10} R - 70.8 \times 10^3$$

donde R es el radio de máximos vientos real (R y R' en m).

La distribución de la altura de ola significativa se puede obtener de interpolar linealmente entre los diagramas calculados por Young para diferentes valores de V_T y V_{\max} . Un ejemplo de ellos se anexa.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

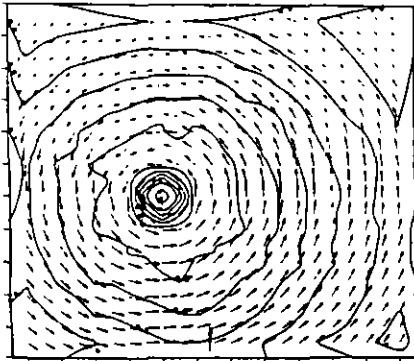
N O T A S

DISTRIBUCION DE ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE

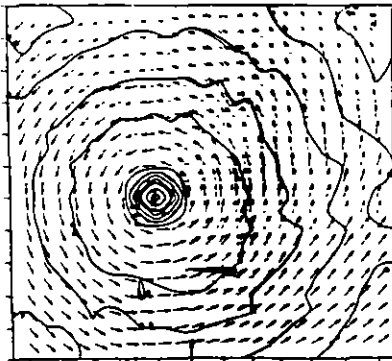
$$H_s/H_{s,max}$$

Modelo paramétrico de Young

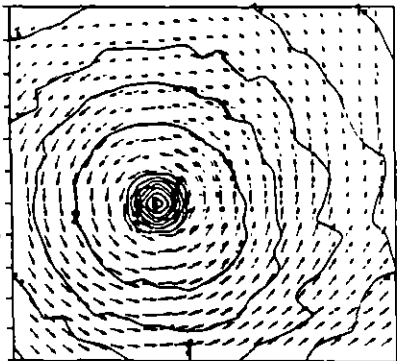
$V_{max}=20$ m/s. $V_T=0$ m/s



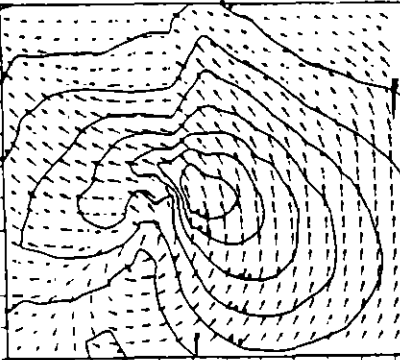
$V_{max}=40$ m/s. $V_T=0$ m/s



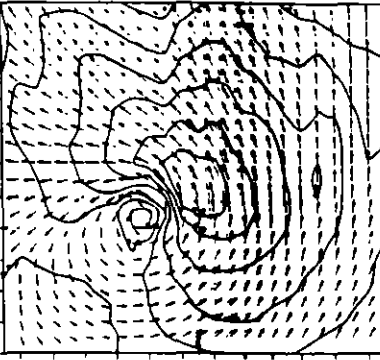
$V_{max}=60$ m/s. $V_T=0$ m/s



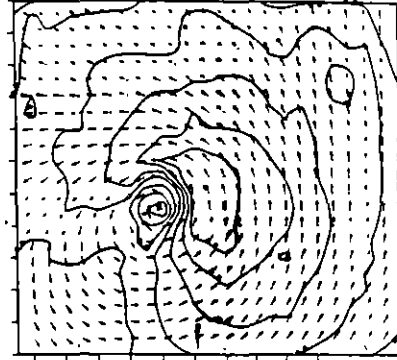
$V_{max}=20$ m/s. $V_T=5$ m/s



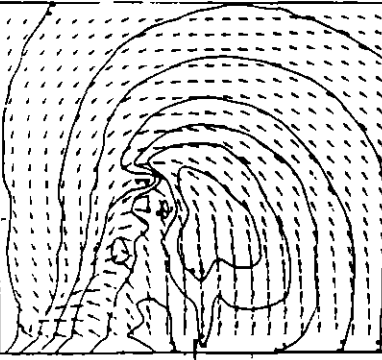
$V_{max}=40$ m/s. $V_T=5$ m/s



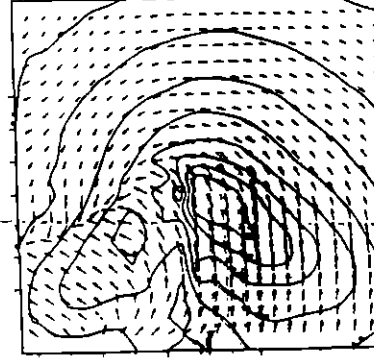
$V_{max}=60$ m/s. $V_T=5$ m/s



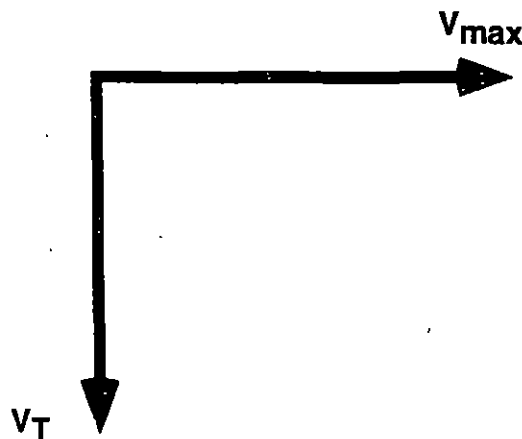
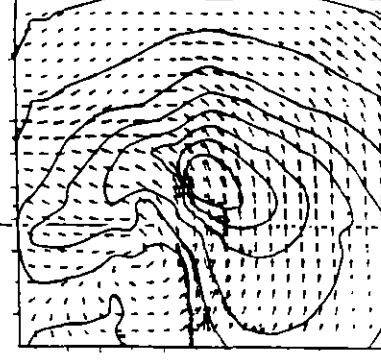
$V_{max}=20$ m/s. $V_T=10$ m/s



$V_{max}=40$ m/s. $V_T=10$ m/s



$V_{max}=60$ m/s. $V_T=10$ m/s



EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLEAJE CON BOYA INSTRUMENTADA DURANTE EL HURACAN KATE (NOV-85)

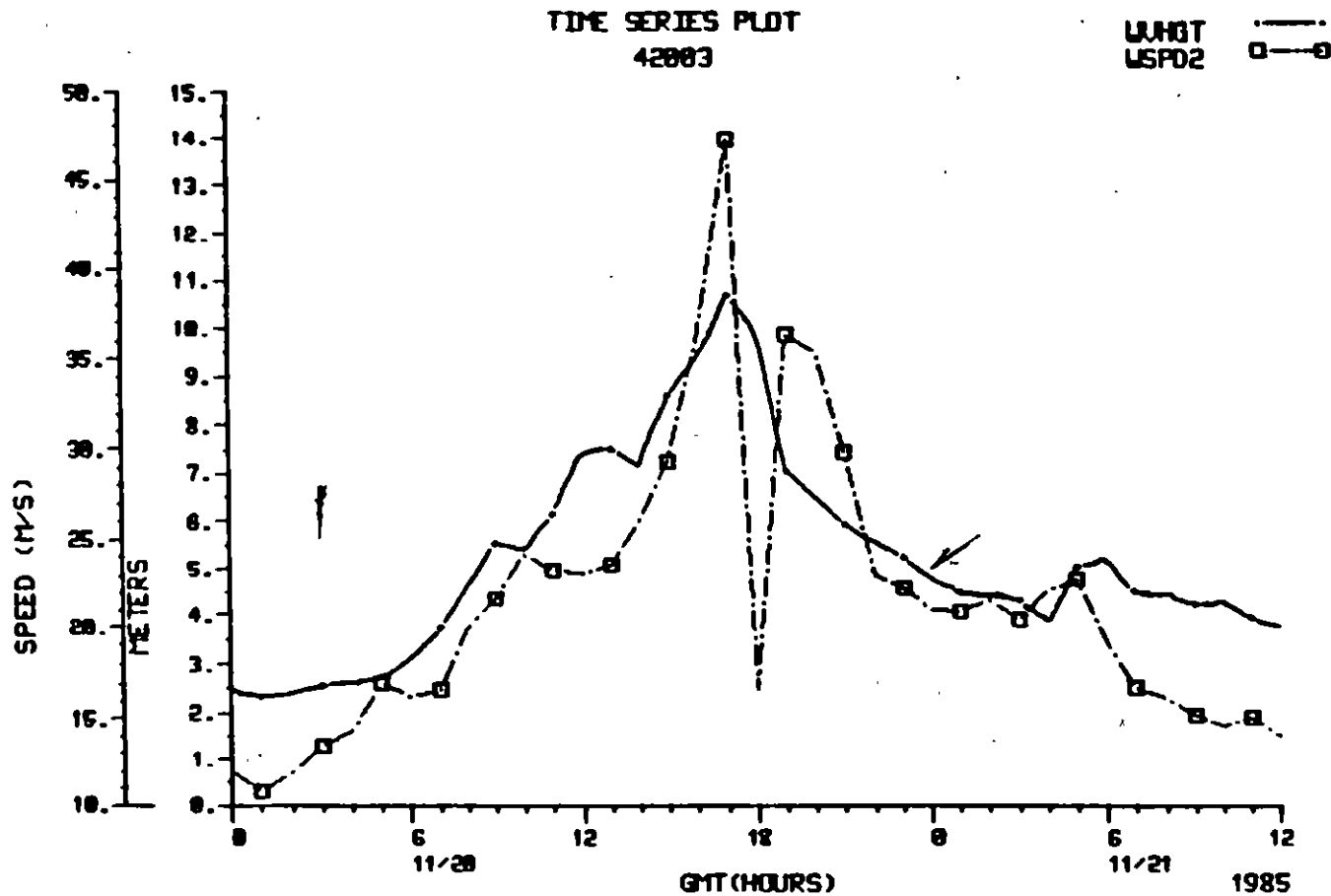


Figure 34. Time Series Plot of Significant Wave Height and Wind Speed at Station 42003 During Hurricane Kate's Passage

Nota: el ojo del huracán pasó por arriba de la boya

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLAJE CON BOYA INSTRUMENTADA DURANTE EL HURACAN GLORIA (SEP-85)

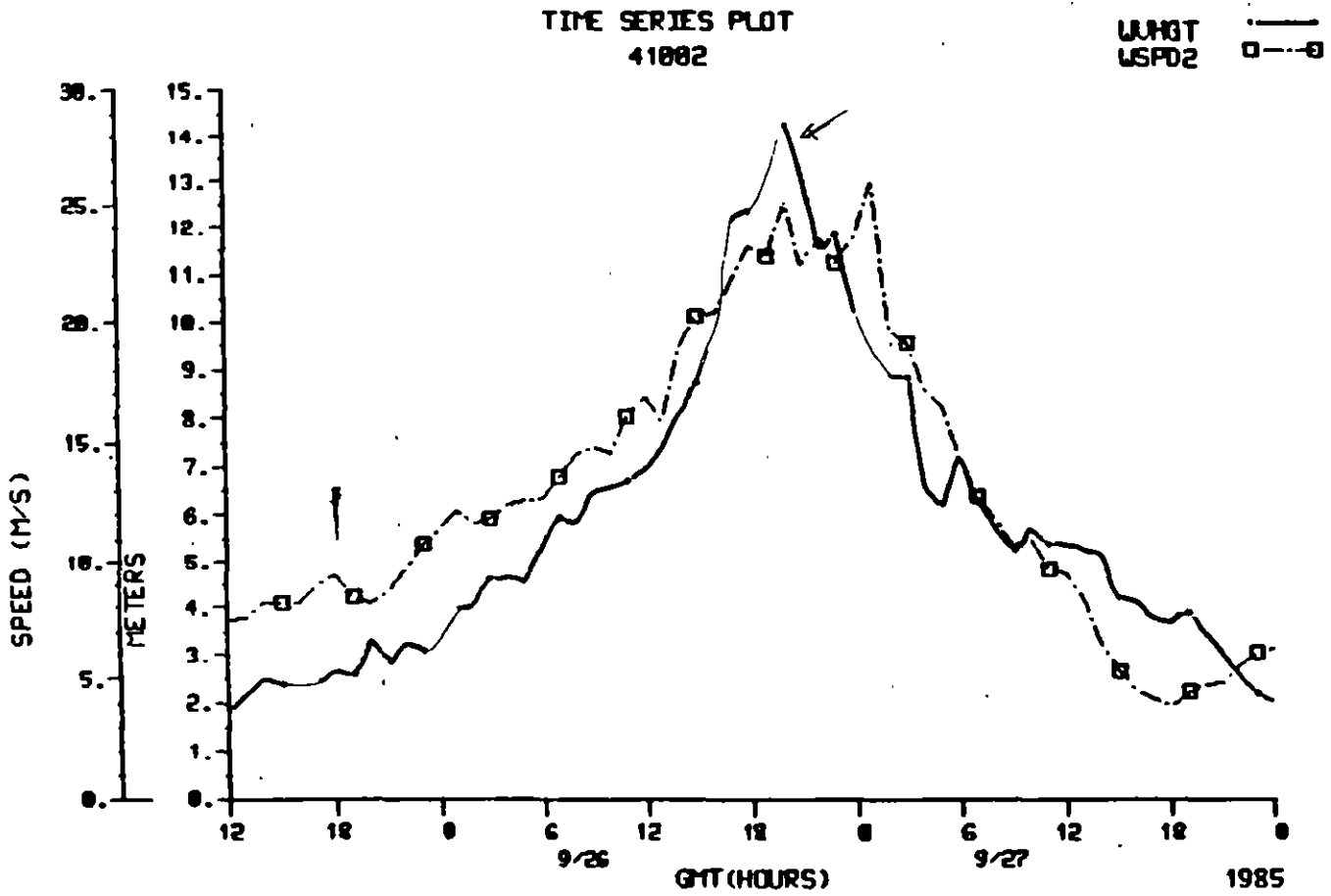


Figure 19. Time Series Plot of Wind Speed and Significant Wave Height at Station 41002 During Hurricane Gloria's Passage

Nota: el ojo del huracán pasó muy cerca de la boya

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLEAJE CON SENSOR DE PRESION DE FONDO DURANTE EL HURACAN GILBERT (SEP-88)

VARIACION DE LA ALTURA DE OLA Y PERIODO SIGNIFICANTE
EQUIPO No. 55

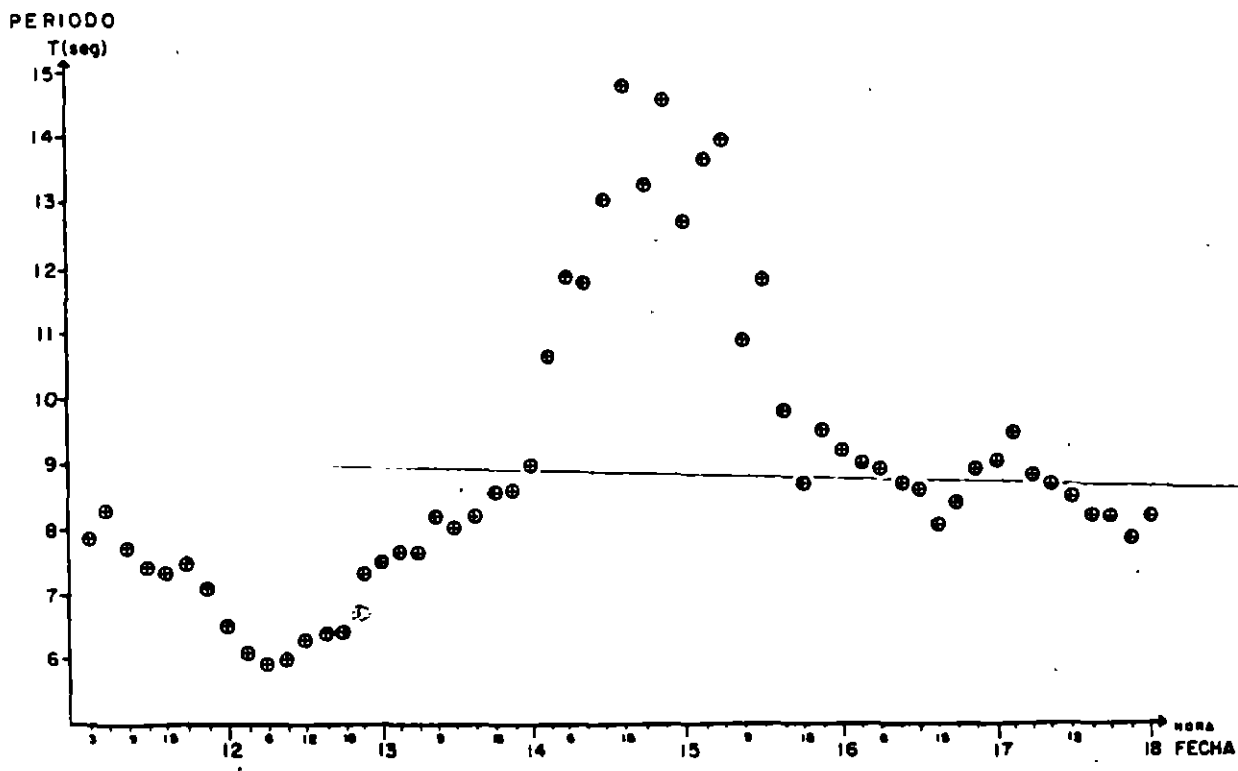
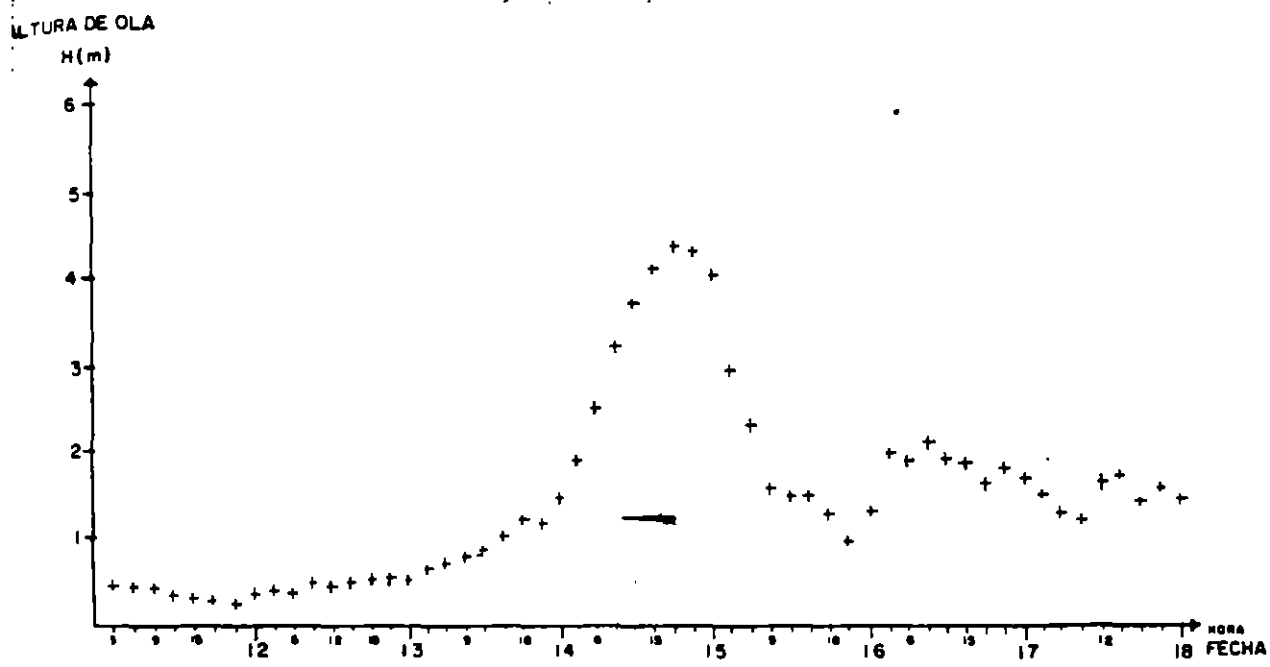


FIGURA No. 4

Nota: Instrumentos de CFE en la desembocadura del Río Cazonés, Veracruz en aguas relativamente poco profundas. El ojo del ciclón pasó cientos de kilómetros al norte del instrumento.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLEAJE CON SENSOR DE PRESION DE FONDO DURANTE EL HURACAN GILBERT (SEP-88)

VARIACION DE LA ALTURA DE OLA Y PERIODO MAXIMO

EQUIPO No. 55

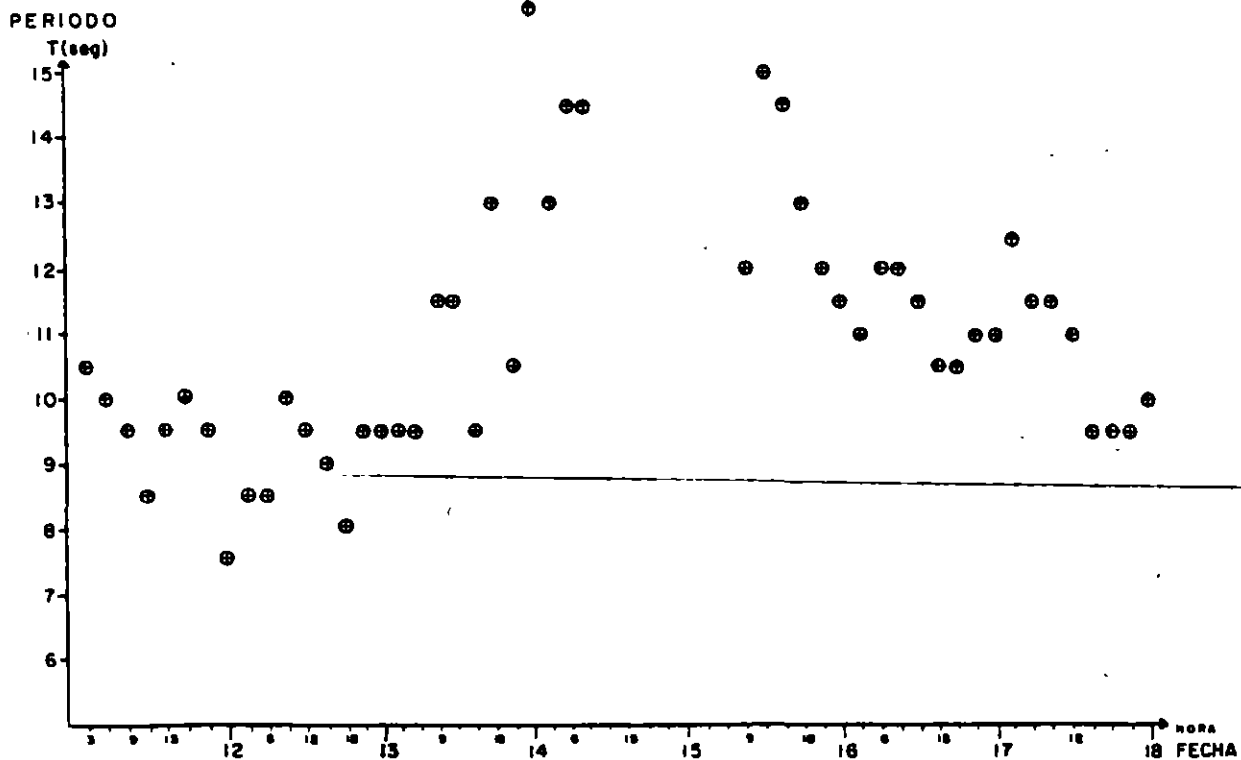
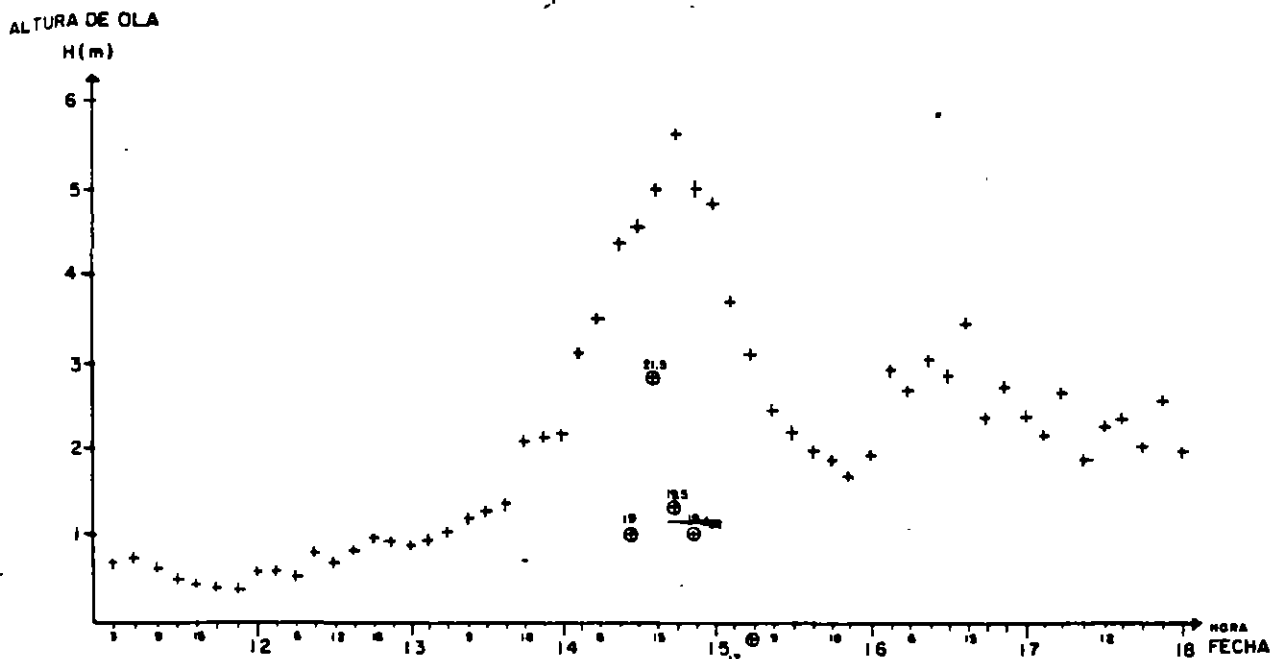


FIGURA No. 3

Nota: Instrumentos de CFE en la desembocadura del Río Cazones, Veracruz en aguas relativamente poco profundas. El ojo del ciclón pasó cientos de kilómetros al norte del instrumento.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLEAJE CON SENSOR DE PRESION DE FONDO DURANTE EL HURACAN GILBERT (SEP-88)

VARIACION DE LA ALTURA DE OLA Y PERIODO SIGNIFICANTE
EQUIPO No. 44

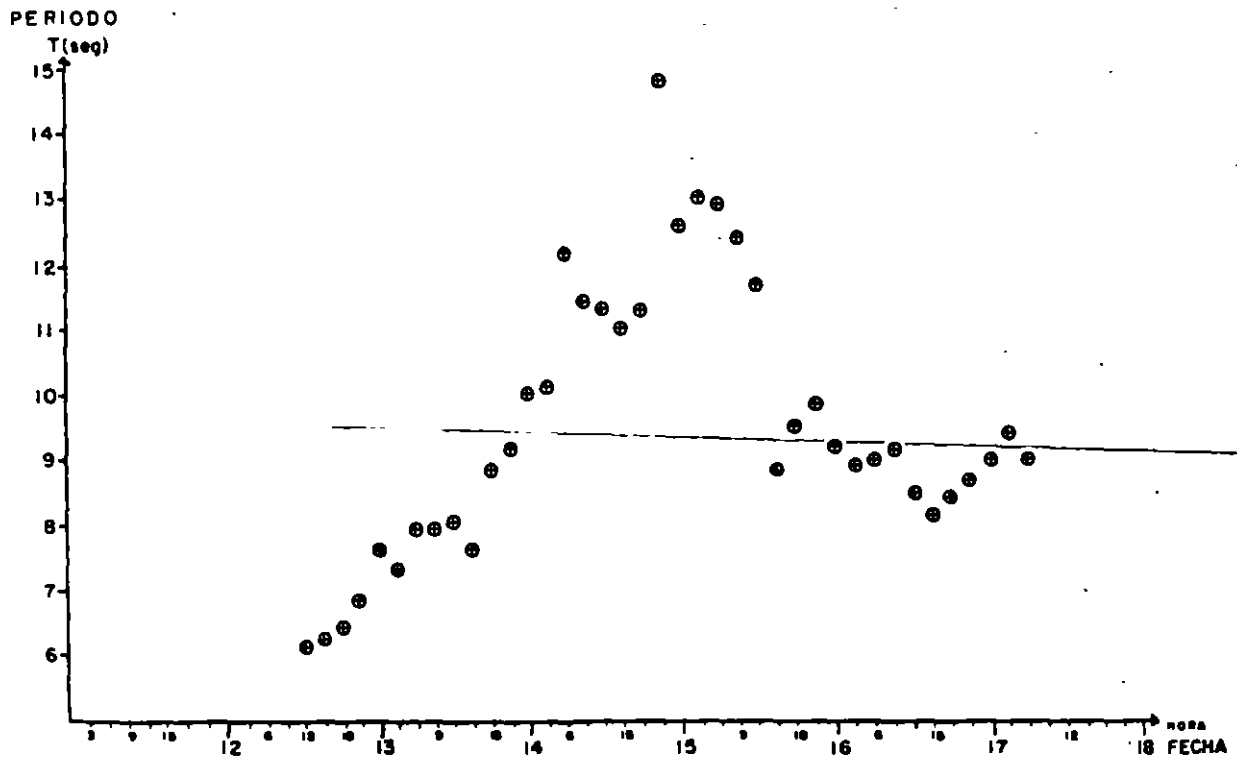
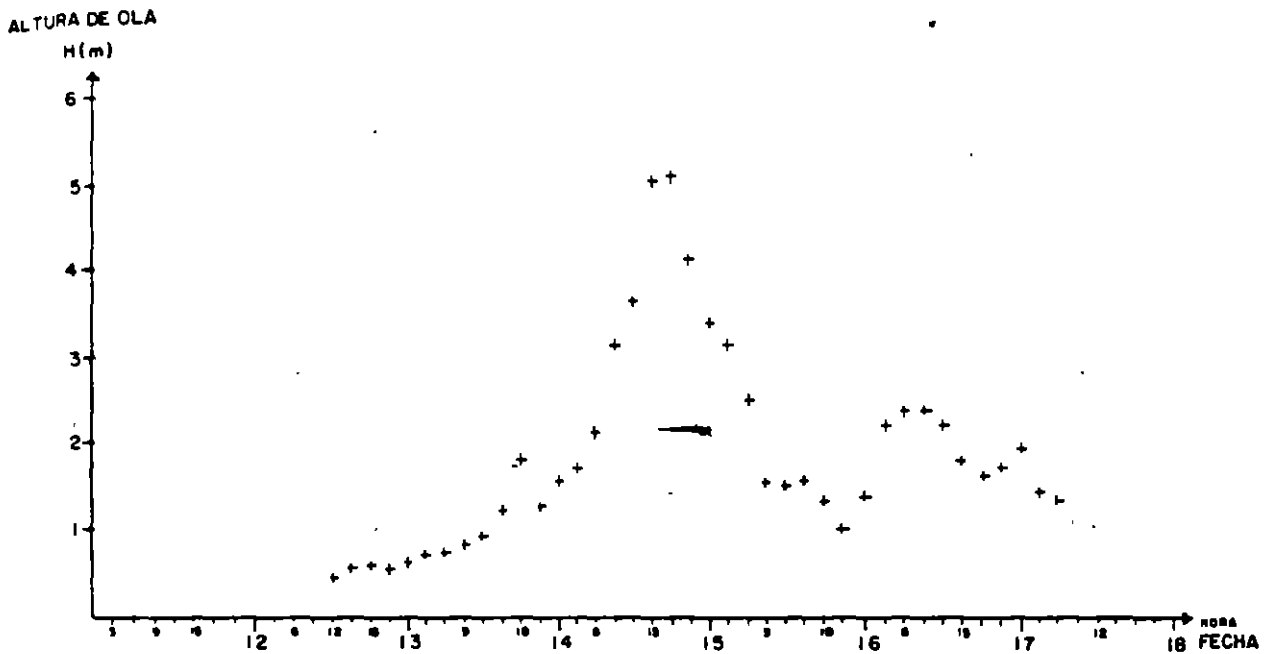


FIGURA No. 6

Nota: Instrumentos de CFE en la desembocadura del Río Cazones, Veracruz en aguas relativamente poco profundas. El ojo del ciclón pasó cientos de kilómetros al norte del instrumento.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EJEMPLO DE MEDICIONES DE OLEAJE CON SENSOR DE PRESION DE FONDO DURANTE EL HURACAN GILBERT (SEP-88).

VARIACION DE LA ALTURA DE OLA Y PERIODO MAXIMO

EQUIPO No. 44

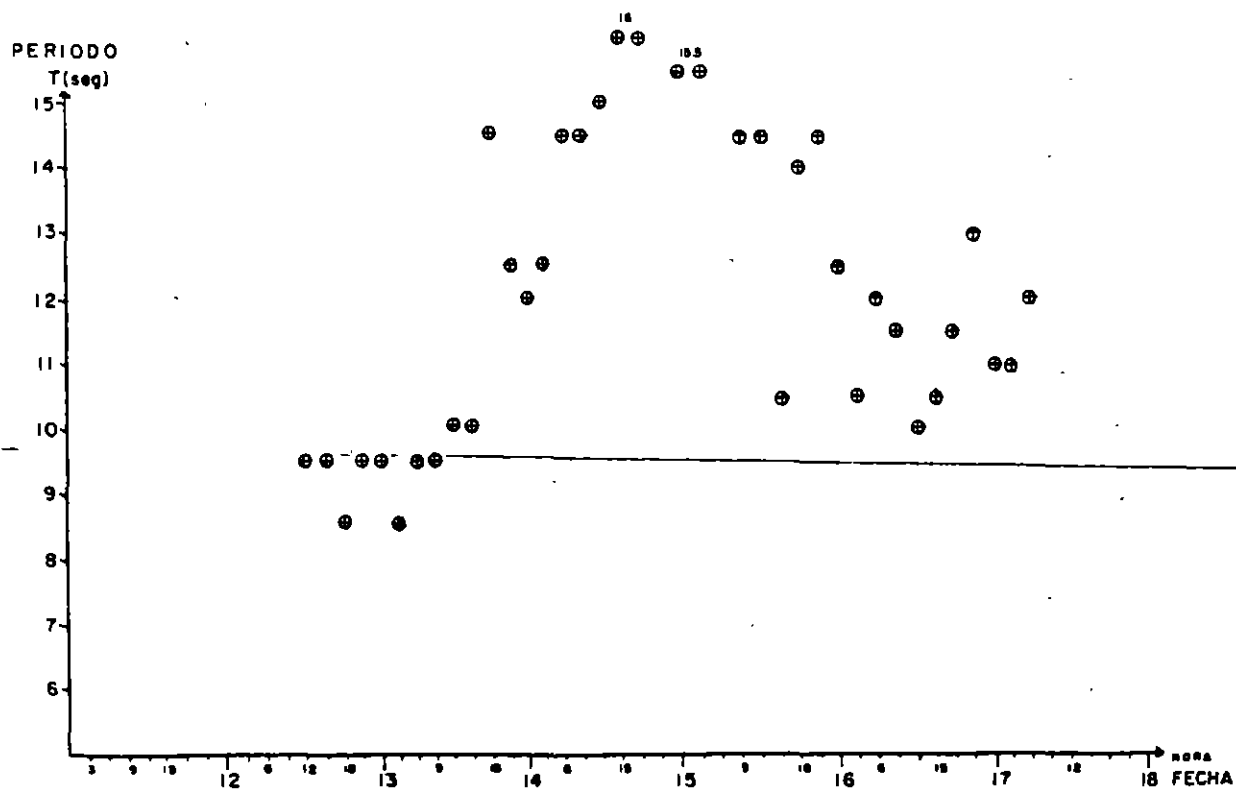
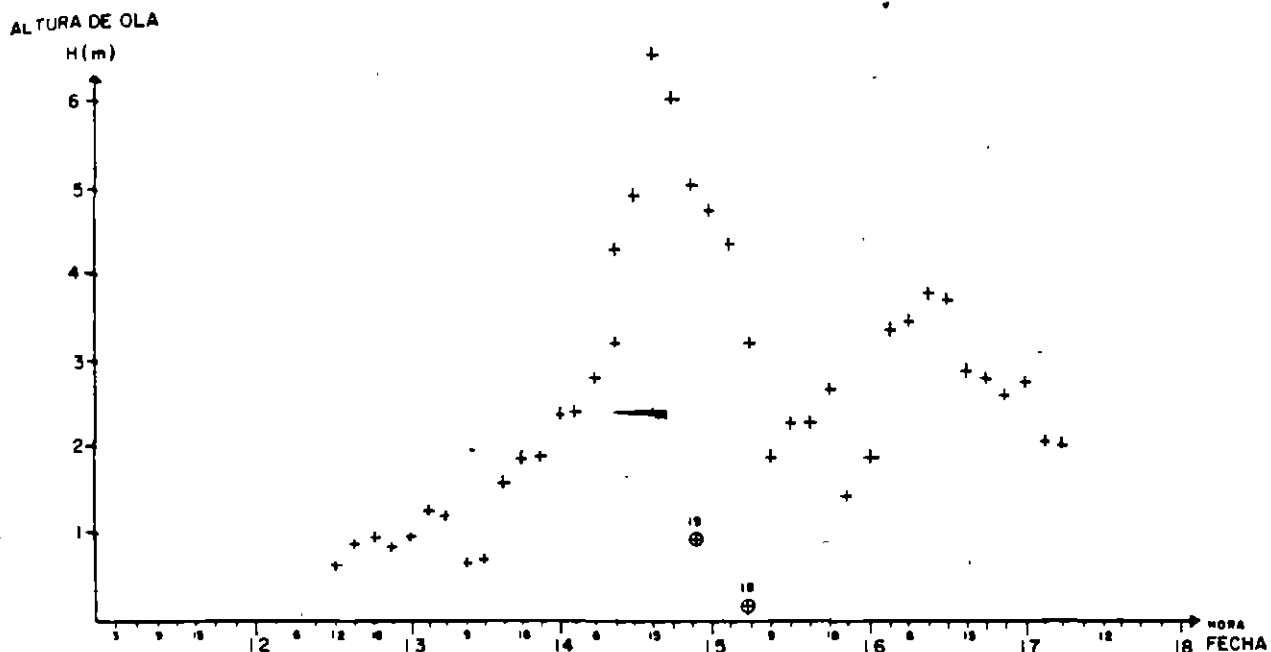


FIGURA No. 5

Nota: Instrumentos de CFE en la desembocadura del Río Cazonés, Veracruz en aguas relativamente poco profundas. El ojo del ciclón pasó cientos de kilómetros al norte del instrumento.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

Ejemplo de aviso marítimo típico

<p>1 SMN 144 WTPZ24 KMTA 300831 TROPICAL DEPRESSION VANCE MARINE ADVISORY NUMBER 32 NATIONAL WEATHER SERVICE, MIAMI FL 0900Z TUE OCT 30 1990</p>	<p>hora y fecha de emisión</p>
<p>DEPRESSION CENTER LOCATED NEAR 17.4N 112.3W AT 30/0900Z.</p>	<p>posición a hora de emisión</p>
<p>PRESENT MOVEMENT TOWARDS THE WEST OR 270 DEGREES AT 08 KT.</p>	<p>dirección y velocidad actual</p>
<p>MAX SUSTAINED WINDS 30 KT WITH GUSTS TO 40 KT.</p>	<p>intensidad actual</p>
<p>REPEAT CENTER LOCATED AT 17.4N 112.3W AT 30/0900Z.</p>	<p>posición actual</p>
<p>CENTER LOCATED AT 17.4N 111.8W AT 30/0600Z.</p>	<p>posición hace 3 horas</p>
<p>FORECAST VALID 30/1800Z 17.5N 113.5W. MAX SUSTAINED WINDS 30 KT WITH GUSTS TO 40 KT.</p>	<p>pronóstico a 9h</p>
<p>FORECAST VALID 31/0600Z 18.5N 115.0W. MAX SUSTAINED WINDS 30 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 21h</p>
<p>FORECAST VALID 31/1800Z 19.5N 116.0W. MAX SUSTAINED WINDS 30 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 33h</p>
<p>REQUEST FOR 3 HOURLY SHIP REPORTS WITHIN 300 MILES OF 17.4N 112.3W.</p>	<p>solicitud de reportes</p>
<p>EXTENDED OUTLOOK THE FOLLOWING FORECASTS SHOULD BE USED ONLY FOR GUIDANCE PURPOSES BECAUSE ERRORS MAY EXCEED A FEW HUNDRED MILES</p>	<p>advertencia</p>
<p>OUTLOOK VALID 01/0600Z 21.0N 116.0W. MAX SUSTAINED WINDS 25 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 45h</p>
<p>OUTLOOK VALID 02/0600Z 24.0N 114.0W. MAX SUSTAINED WINDS 25 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 69h</p>
<p>NEXT ADVISORY AT 30/1500Z.</p>	<p>próximo boletín</p>

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

- Afectación por Refracción
- Afectación por Fricción Interna y en el Fondo
- Afectación por Difracción
- Afectación por Reflexión y Resonancia
- Sobre-elevación del Nivel por Oleaje Rompiente

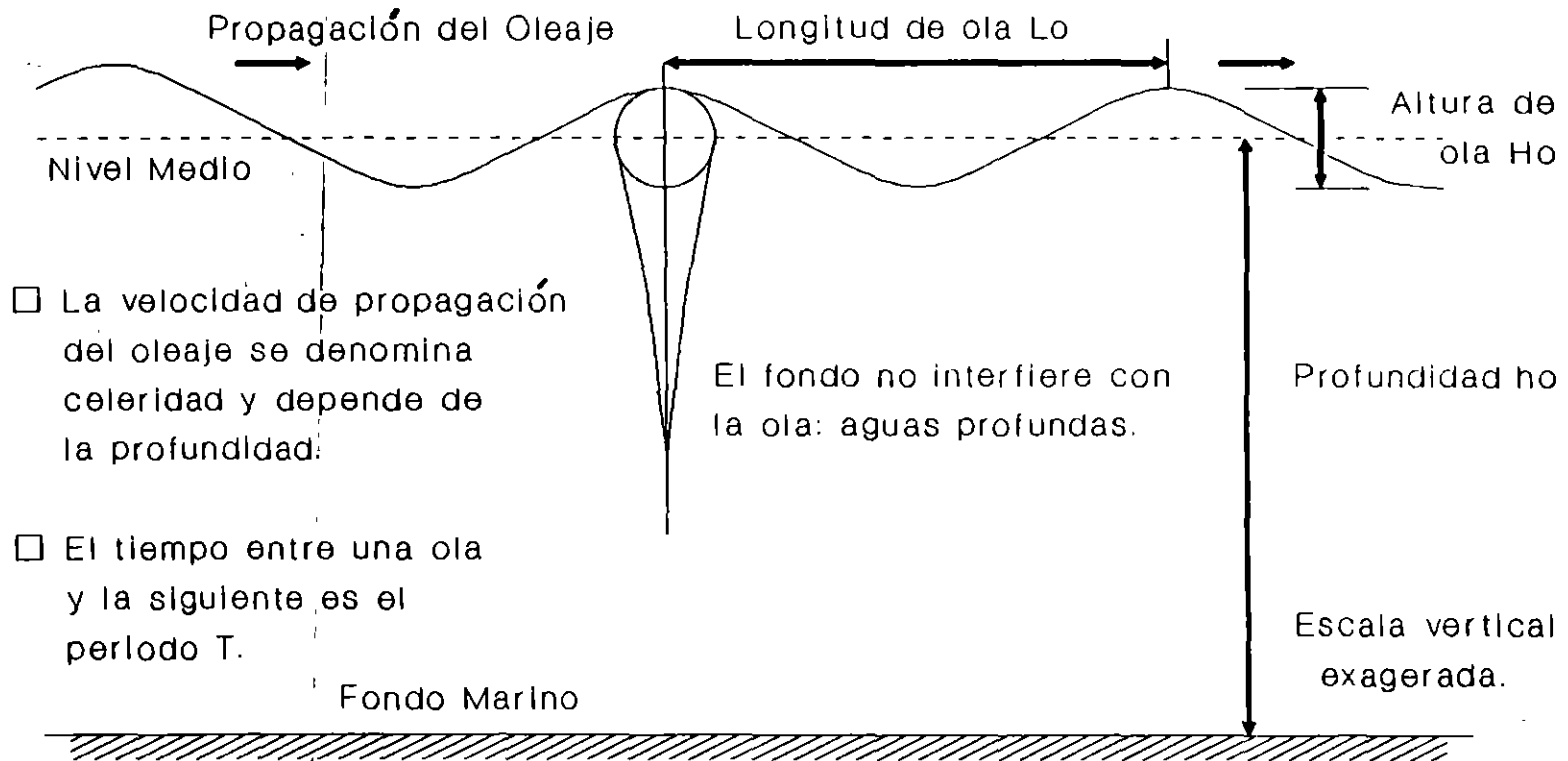
EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Oleaje en Aguas Profundas:



- La velocidad de propagación del oleaje se denomina celeridad y depende de la profundidad.
- El tiempo entre una ola y la siguiente es el periodo T .

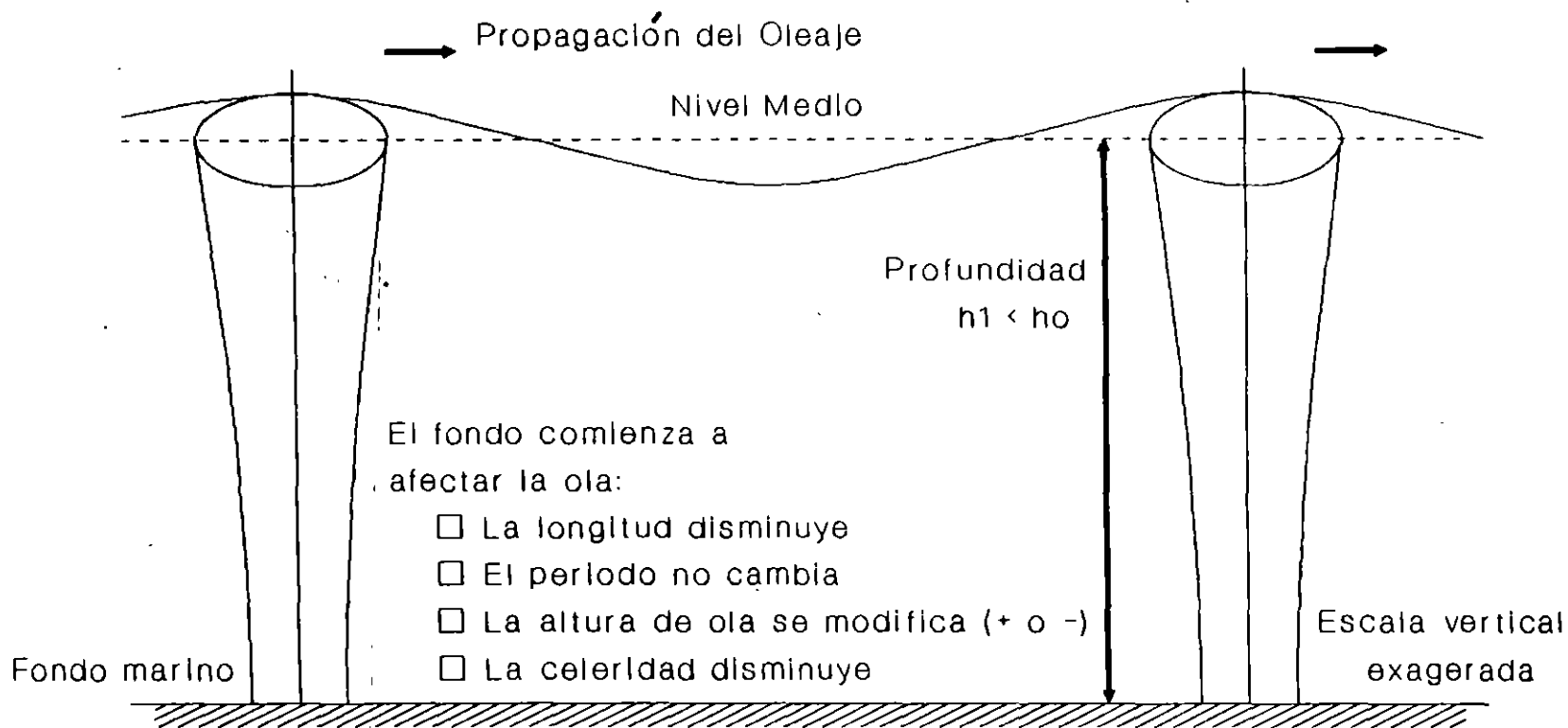
EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Oleaje en Aguas Intermedias:



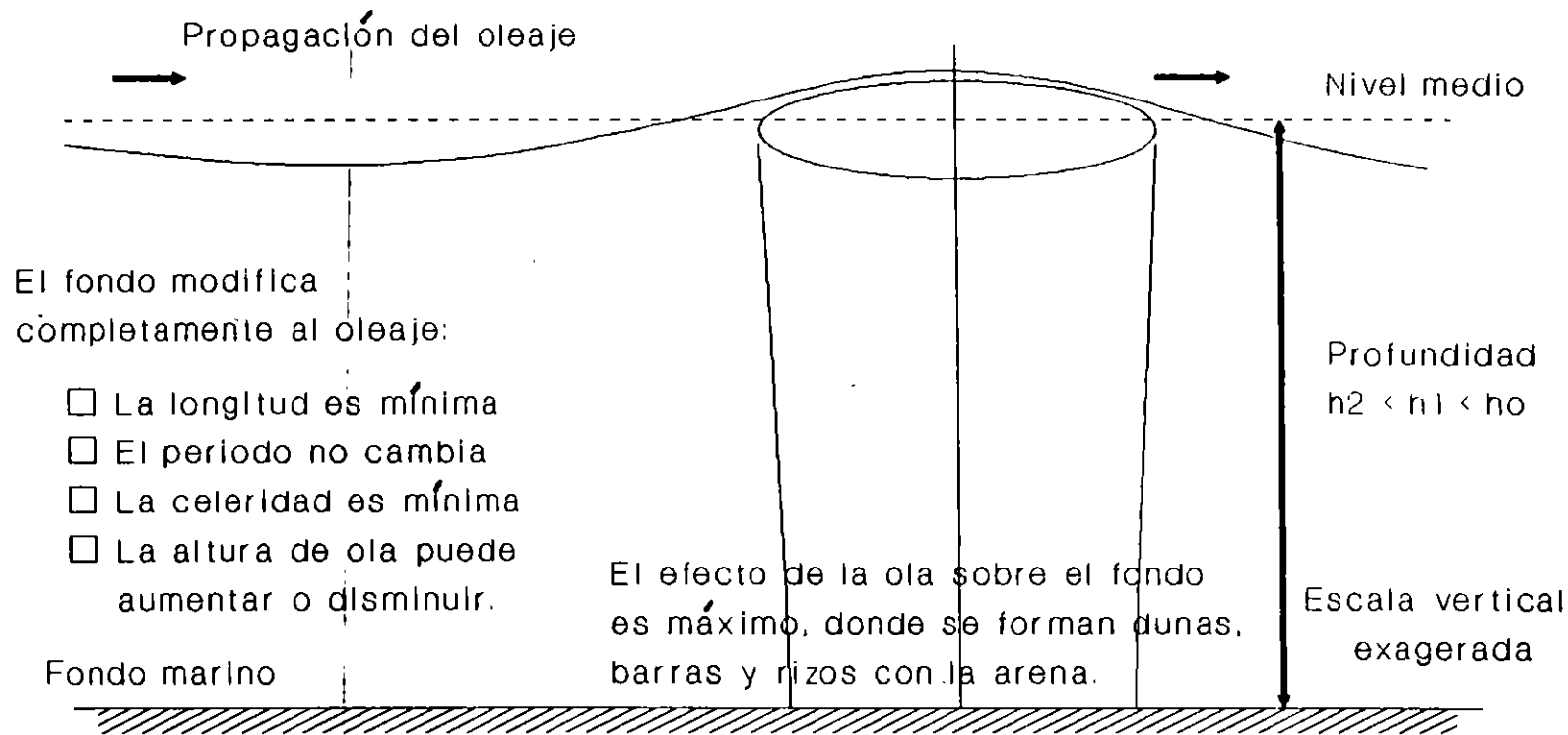
EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Oleaje en Aguas Someras:



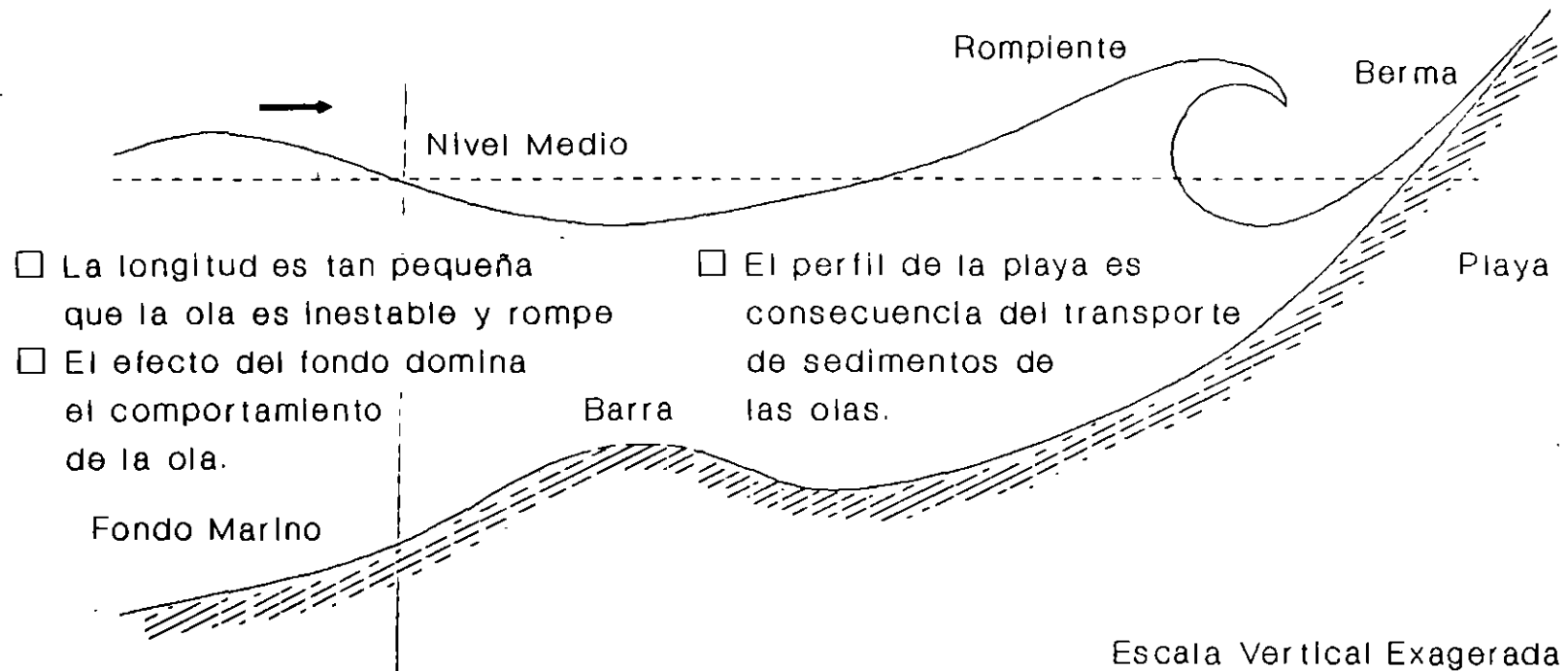
EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Oleaje Rompiente:



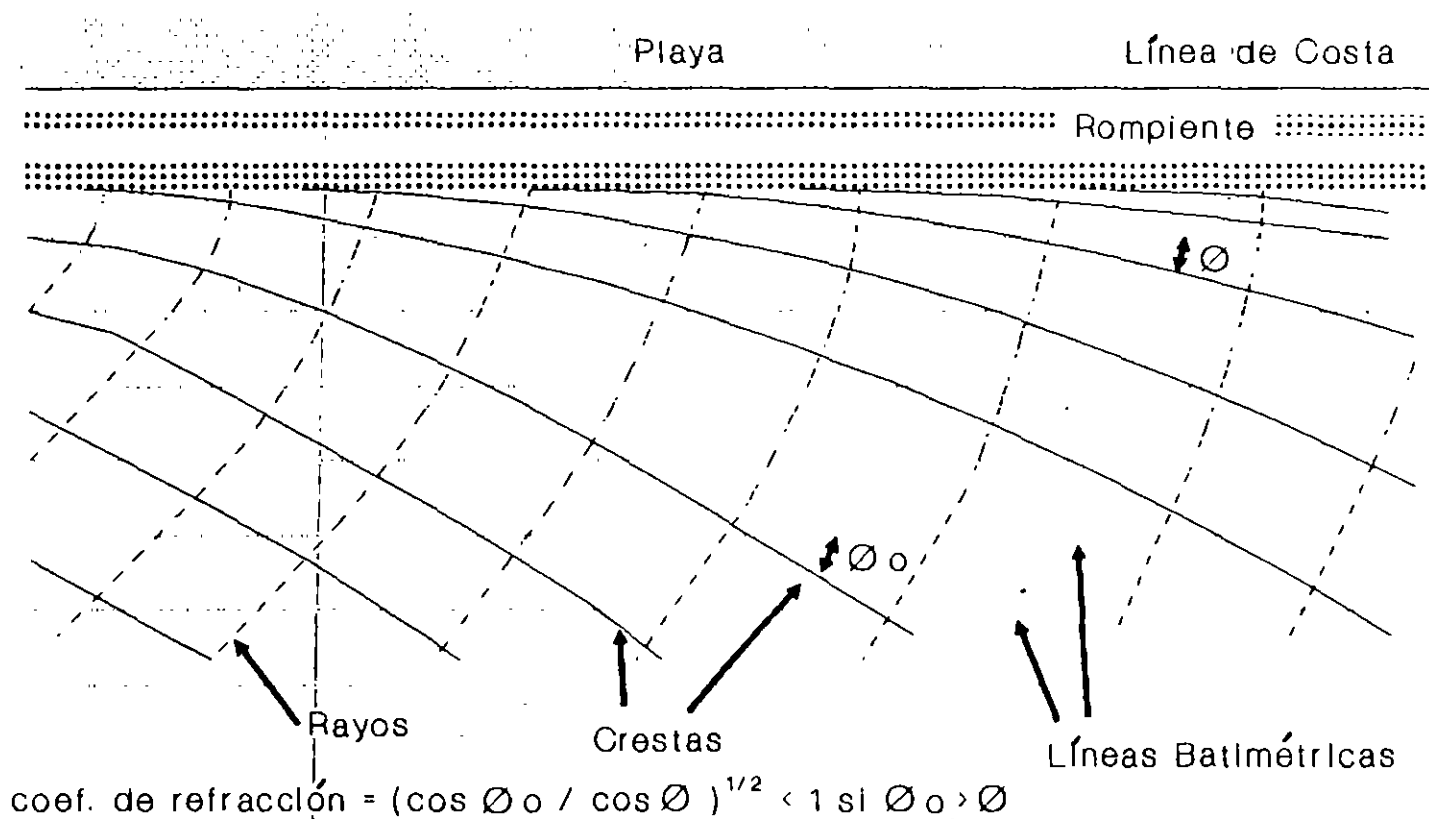
EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Refracción



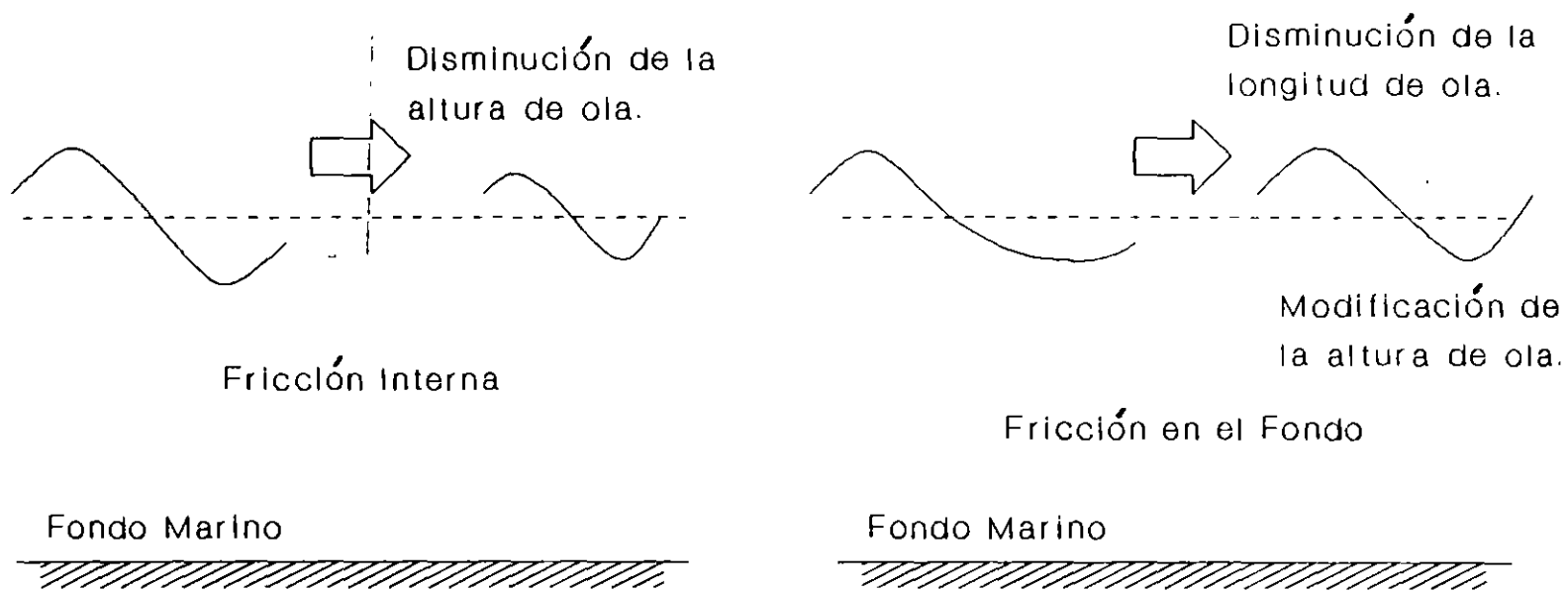
EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

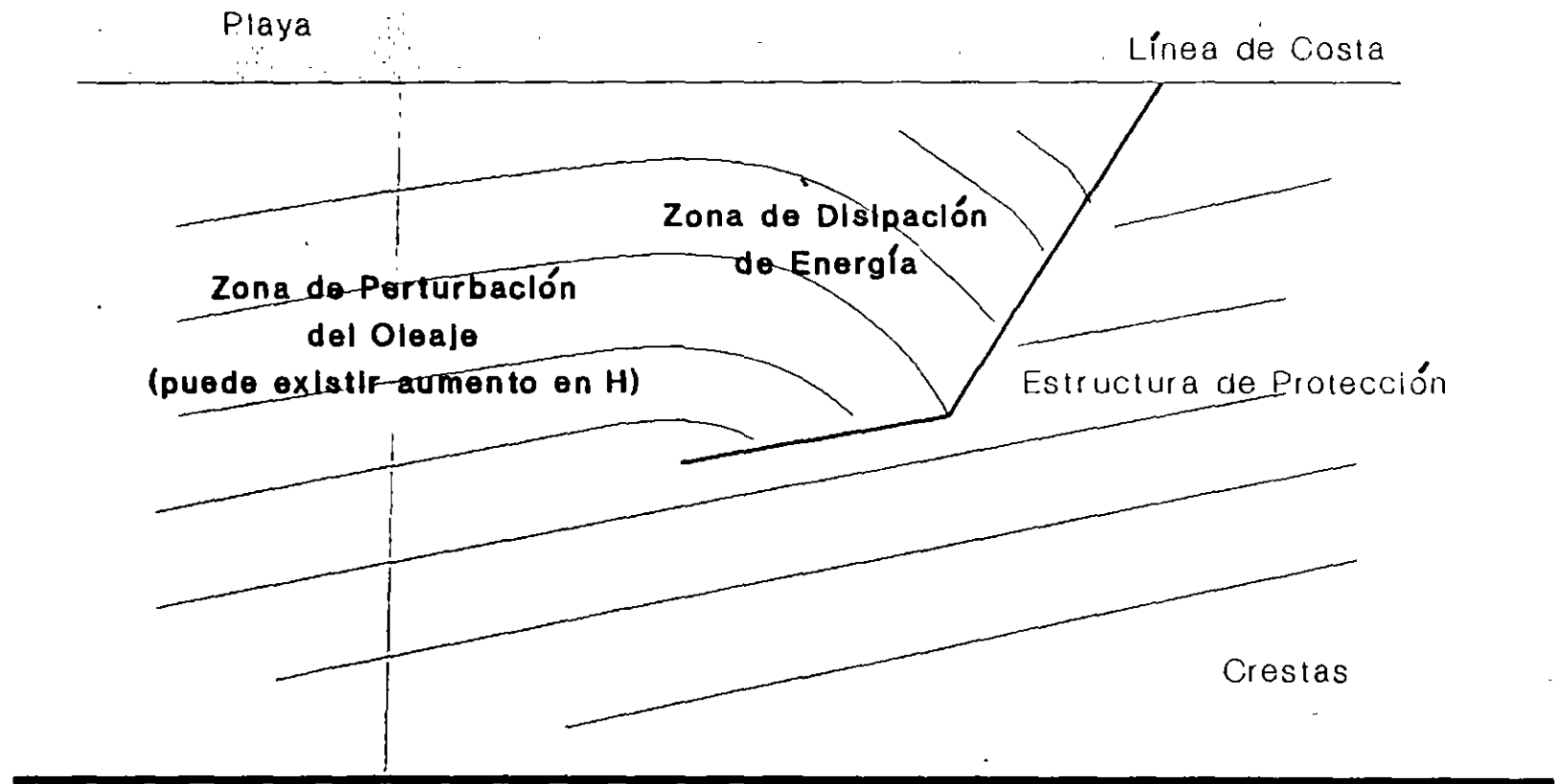
■ Fricción Interna y en el Fondo



EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Difracción



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

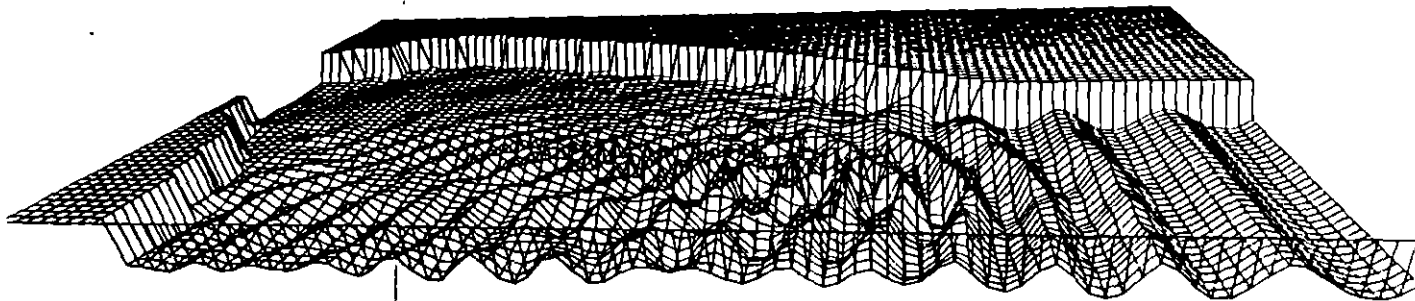
N O T A S

EFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Difracción

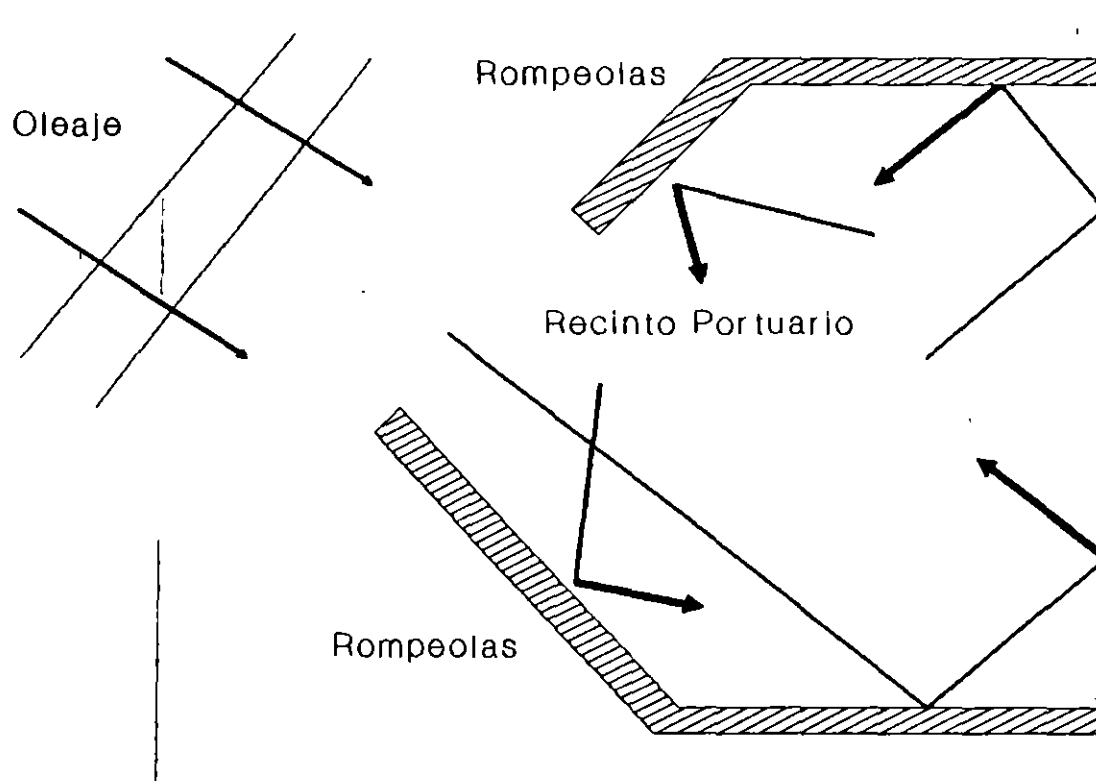
Masonboro - Inlet



EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Reflexión y Resonancia



NOTAS

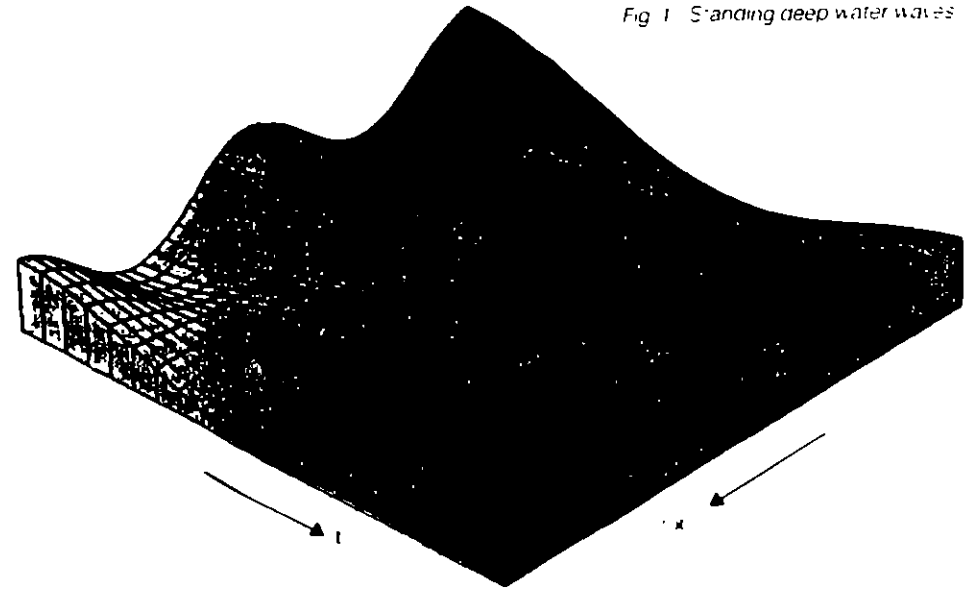
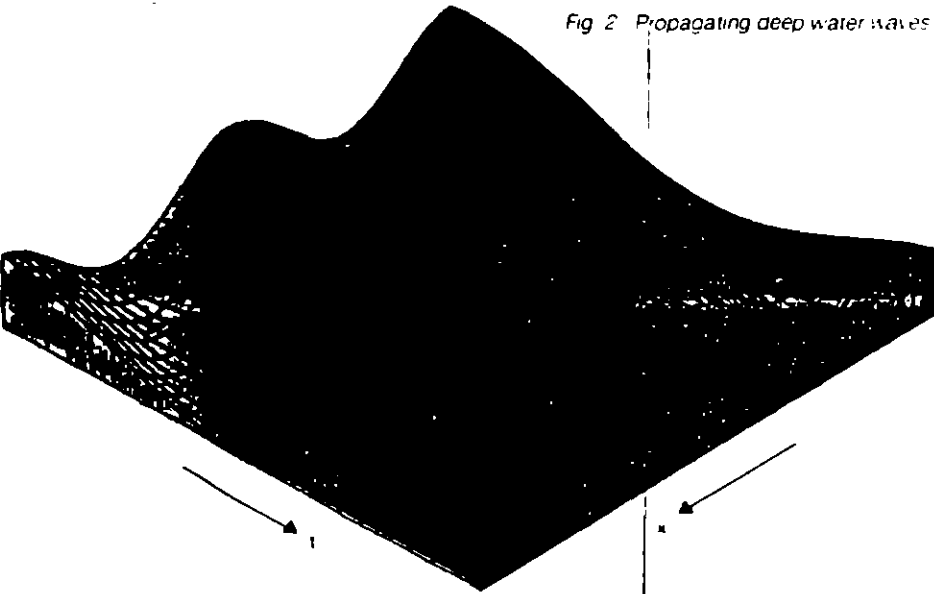
EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Reflexión y Resonancia

Fig 2 Propagating deep water waves

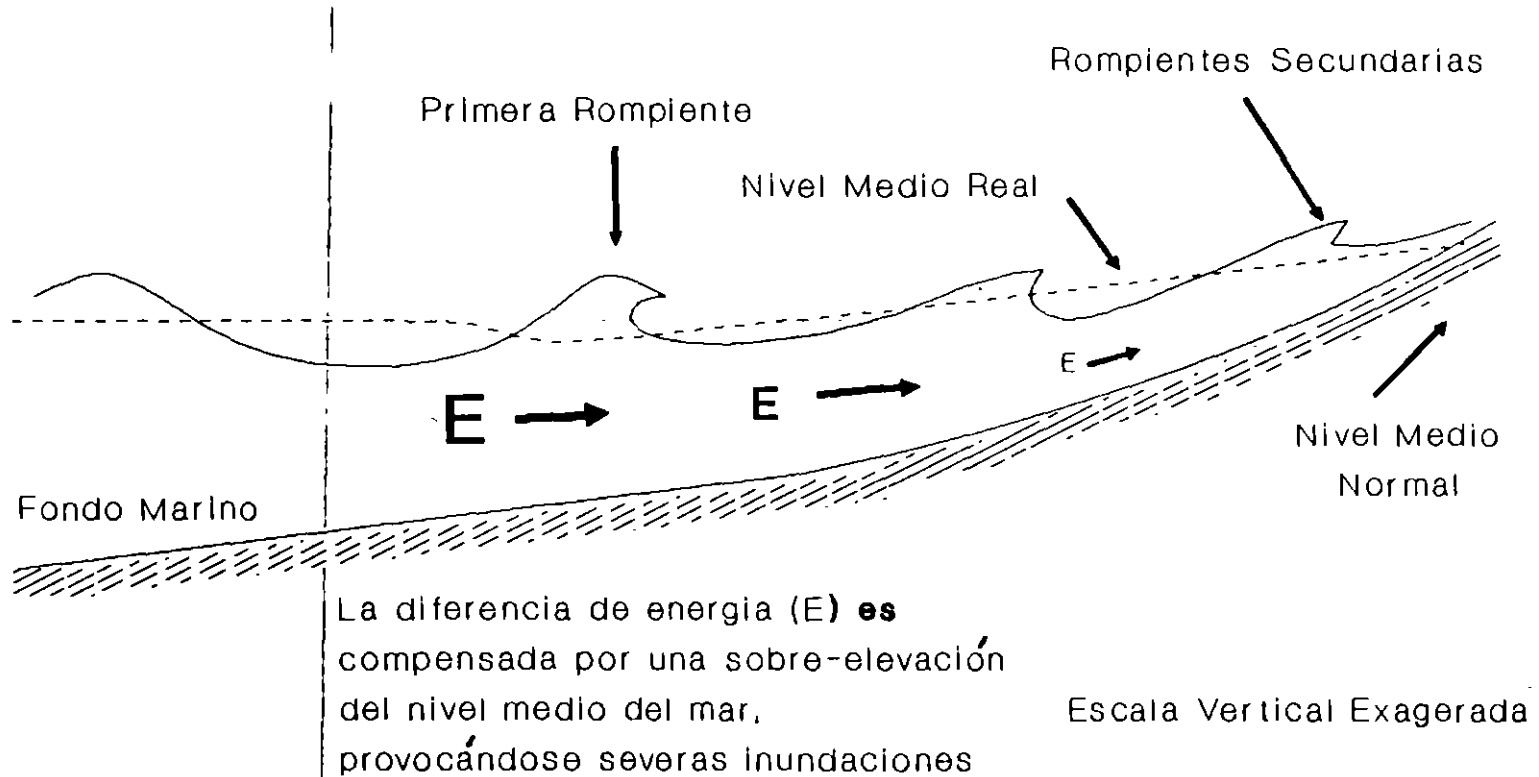
Fig 1 Standing deep water waves



EFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Modificación del Oleaje en Aguas Someras

■ Sobre-elevación por Oleaje Rompiente



N O T A S

III.6.- Software de simulación del campo de oleaje producido por un ciclón.

1.- Objetivos.

El objetivo y función de estos códigos es el de simular en forma dinámica varios aspectos del campo de oleaje producido por un ciclón tropical, en su evolución en el tiempo y el espacio (trayectoria).

2.- Descripción.

Se presentan dos códigos de computadoras OLAS1 y OLOMENT1, la similitud entre ellos consiste en que los códigos utilizan el mismo modelo de oleaje para realizar los cálculos, y su diferencia esencial es en cuanto a los puntos en donde se realizan los cálculos y la forma de presentación de resultados en pantalla.

Se presenta el código de computadora OLAS2, el cual presenta el campo de oleaje ciclónico y dirección de oleaje, mediante la interpolación realizada de una base de datos sintéticos (30 gráficas en total) generadas mediante el modelo paramétrico de Young, este código no realiza simulación dinámica.

3.- Entradas.

Los cálculos se basan en datos sobre la trayectoria e intensidad del ciclón, o sea el tiempo, posición y presión central para varios puntos a lo largo de la trayectoria (histórica o pronosticada), para el caso de OLAS2 solo es necesario conocer la velocidad de vientos máximos y la velocidad de desplazamiento del ciclón.

4.- Producto de salida.

El código OLAS1 presenta una simulación del campo de altura de ola significativa y/o período de la ola significativa a través de un mapa de isolíneas de igual altura o período de ola significativa conforme al ciclón generador avanza y evoluciona en las cercanías de México.

El código OLOMET1 simula un olómetro (medidor de ola) en un punto determinado por el usuario, reportando, conforme al ciclón avanza y evoluciona, la altura y período de ola significativa en dicho punto así como la altura máxima, en un diagrama de barras dinámico. Al finalizar presenta gráficas de la evolución temporal de la altura y período de ola significativa.

El código OLAS2 presenta el campo de oleaje y su dirección en una sola gráfica.

NOTAS

5.- Requisitos y restricciones operativas.

Los códigos están implementados en lenguaje programación TrueBASIC, para computadoras IBM-PC compatibles con 640K de memoria RAM, así como computadoras Apple Macintosh, dichos códigos se encuentran en sus primeras versiones y están sujetos a mejoras y cambios, tanto en estructura como en el método o algoritmo de cálculo utilizado, y estas se van realizando conforme se estudian, analizan y desarrollan nuevos métodos, así como a sugerencia de los usuarios.

6.- Condiciones de uso.

Los códigos pueden ser utilizados en forma de simulación histórica o en forma predictiva, dependiendo de si los datos proporcionados sobre la trayectoria o intensidad son históricos o de pronóstico, los códigos no sustituyen el criterio de usuario, por lo que el uso de los resultados será responsabilidad del usuario.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

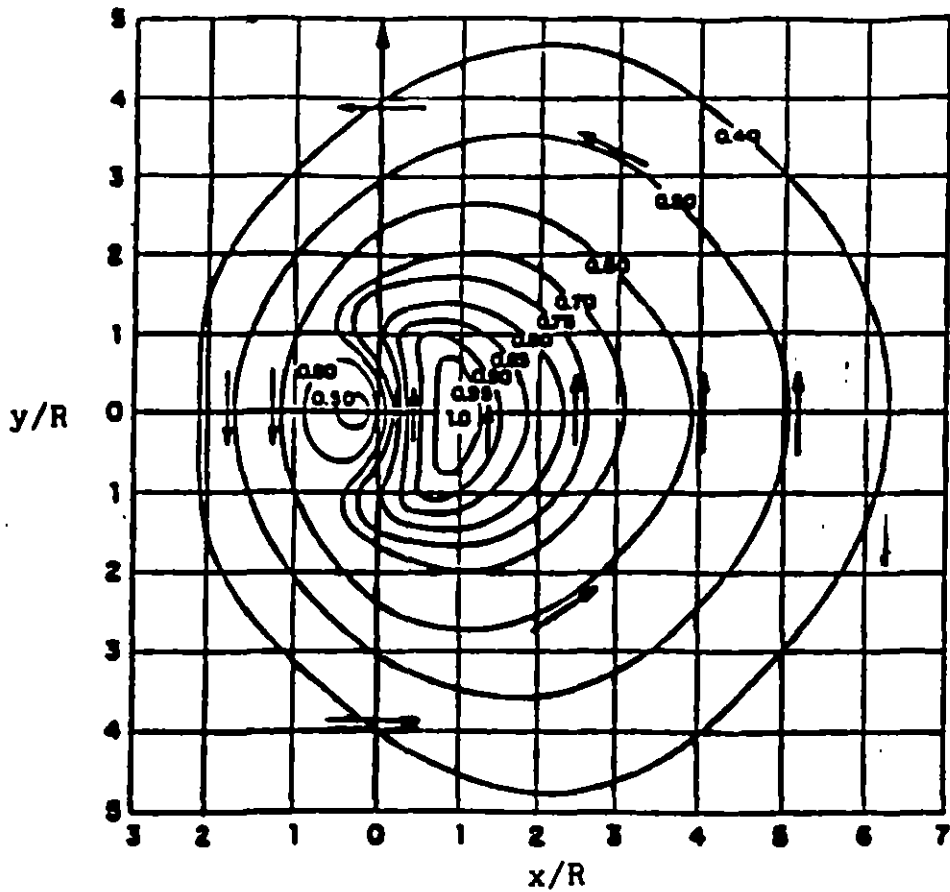
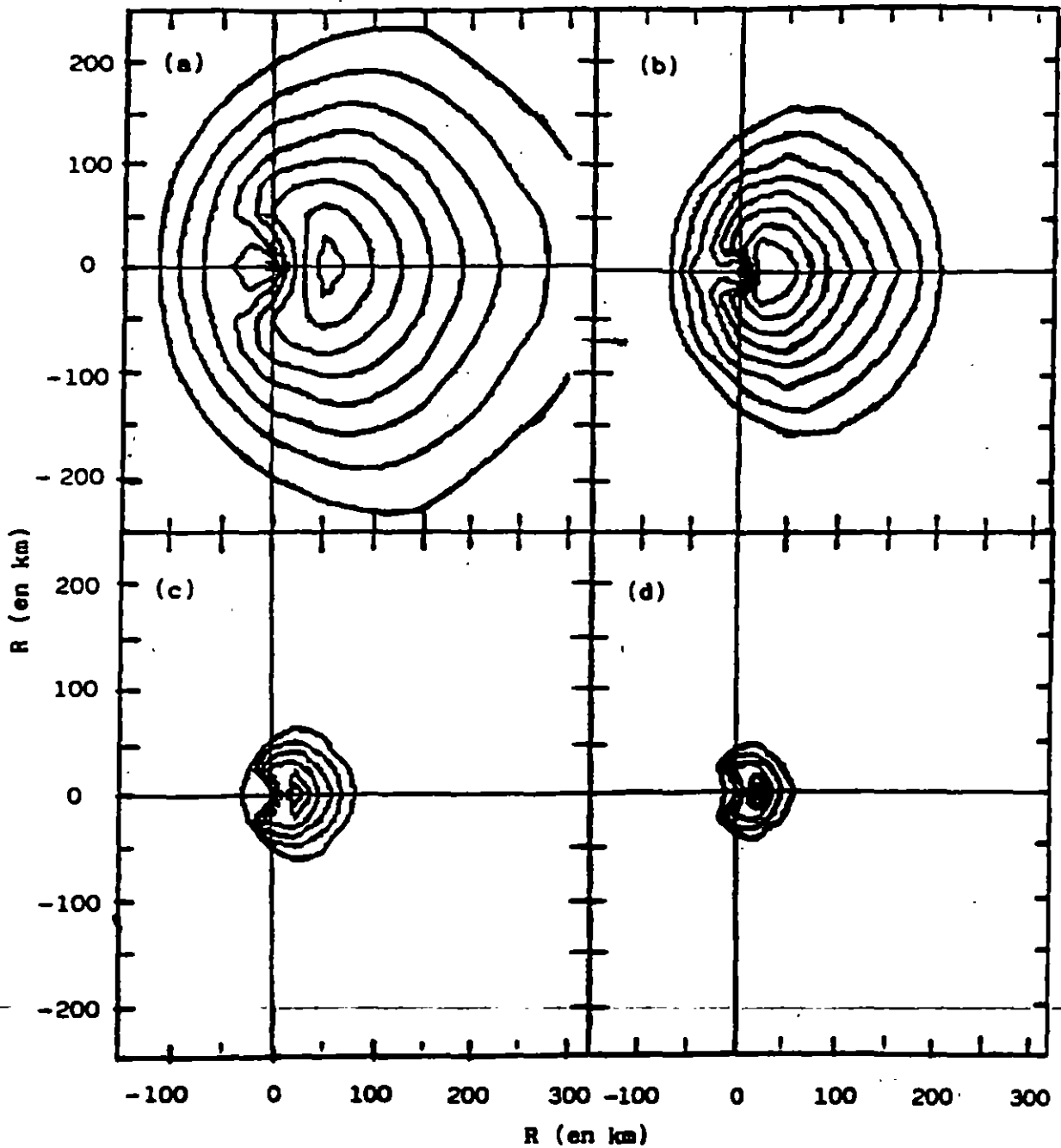


Diagrama de distribución espacial de altura de oleaje significativo del método del Shore Protection Manual

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

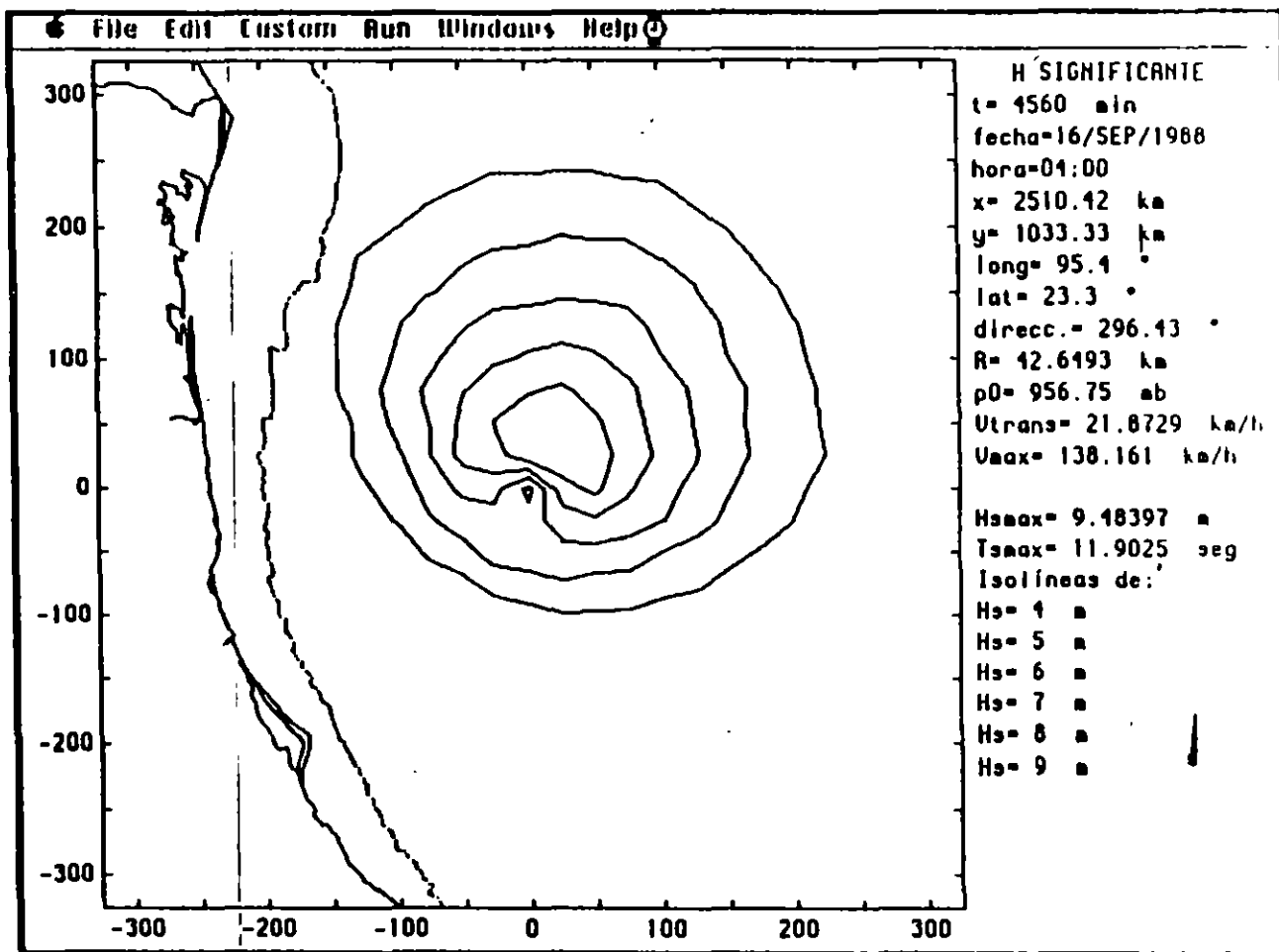


Comparación de campos de oleaje significativo para los cuatro ciclones tipo según el método del SPM; (a) UR = 100 km/h , (b) UR = 150 km/h , (c) UR = 200 km/h y (d) UR = 223 km/h.

Nota: las isolíneas de altura de oleaje varían de $H_s = 3$ m en el exterior en forma ascendente hacia el centro con incrementos de 0.5 m entre ellas.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

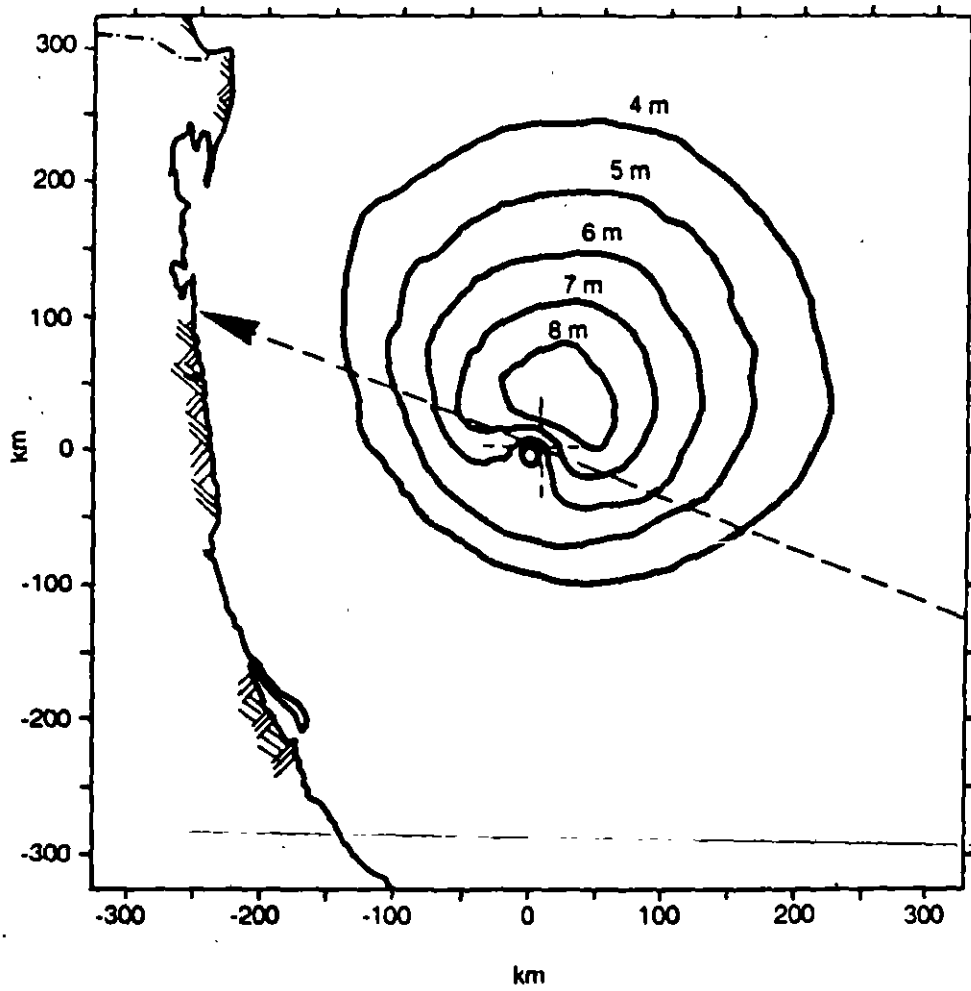
N O T A S



Campo de oleaje máximo significativo, notese la zona de aguas profundas (batimetrica 200 m) y el litoral.

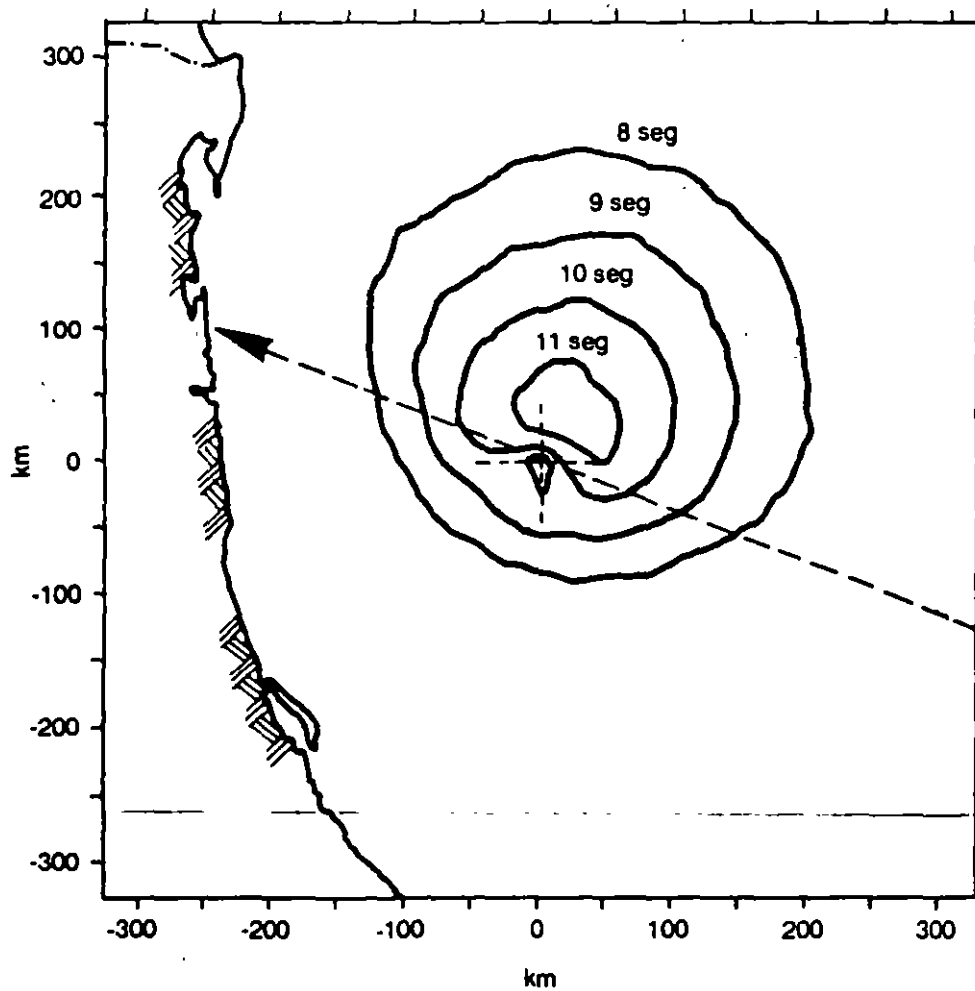
NOTAS

Campo de altura de ola significativa para una posición del Gilbert según el modelo del Shore Protection Manual



NOTAS

Campo de período de olas significante para una posición del Gilbert según el modelo del Shore Protection Manual



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

Run No.	V_{f_m} ($m s^{-1}$)	V_{max} ($m s^{-1}$)	R (km)	$H_o(max)$ (m)	F	$f_m(max)$ (Hz)
1	0.0	20	30	3.7	4.4R	0.129
2	0.0	25	30	5.1	5.3R	0.113
3	0.0	30	30	6.1	5.3R	0.101
4	0.0	40	30	8.6	5.9R	0.091
5	0.0	50	30	11.8	7.1R	0.077
6	0.0	60	30	14.3	7.3R	0.074
7	2.5	20	30	4.2	5.6R	0.116
8	2.5	25	30	5.5	6.2R	0.108
9	2.5	30	30	6.9	6.8R	0.097
10	2.5	40	30	9.7	7.5R	0.081
11	2.5	50	30	13.0	8.6R	0.075
12	2.5	60	30	15.4	8.4R	0.074
13	5.0	15	30	3.0	5.1R	0.129
14	5.0	20	30	4.5	6.5R	0.113
15	5.0	25	30	6.2	7.9R	0.097
16	5.0	30	30	7.5	8.0R	0.087
17	5.0	40	30	10.9	9.5R	0.077
18	5.0	50	30	13.8	9.7R	0.074
19	5.0	60	30	16.8	10.0R	0.064
20	7.5	20	30	3.7	4.4R	0.113
21	7.5	25	30	5.7	6.6R	0.097
22	7.5	30	30	7.7	8.4R	0.081
23	7.5	40	30	11.4	10.4R	0.076
24	7.5	50	30	14.1	10.2R	0.072
25	7.5	60	30	17.7	11.1R	0.058
26	10.0	20	30	2.4	1.8R	0.160
27	10.0	25	30	3.4	2.4R	0.129
28	10.0	30	30	5.0	3.6R	0.100
29	10.0	40	30	9.1	6.6R	0.081
30	10.0	50	30	12.7	8.2R	0.074
31	10.0	60	30	17.4	10.8R	0.058
32	12.5	40	30	5.6	2.5R	0.097
33	12.5	50	30	10.2	5.3R	0.081
34	12.5	60	30	13.3	6.3R	0.074

Values of $H_o(max)$, F and $f_m(max)$
for the synthetic data base

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

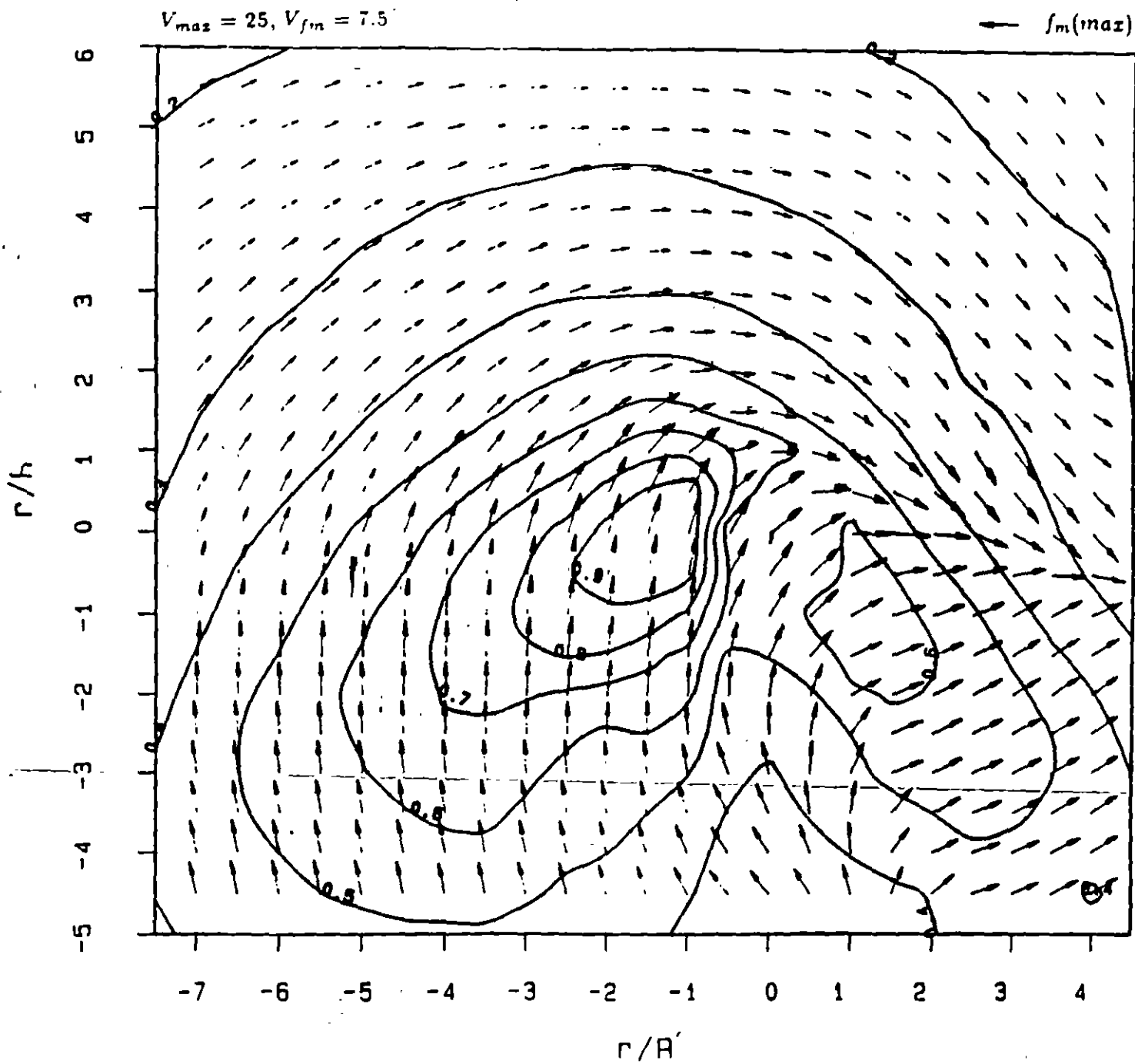
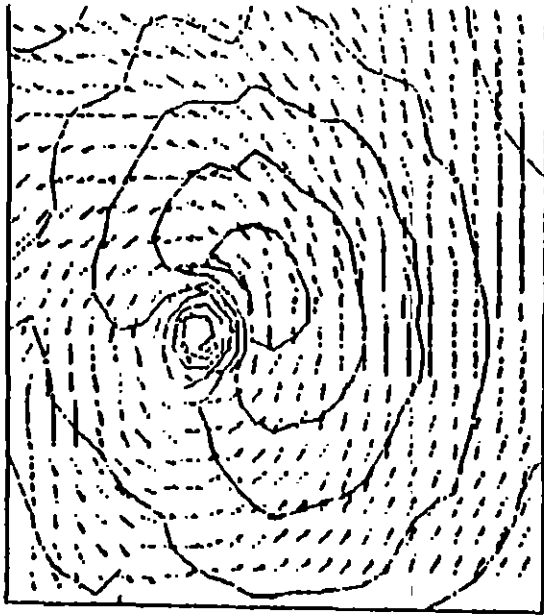
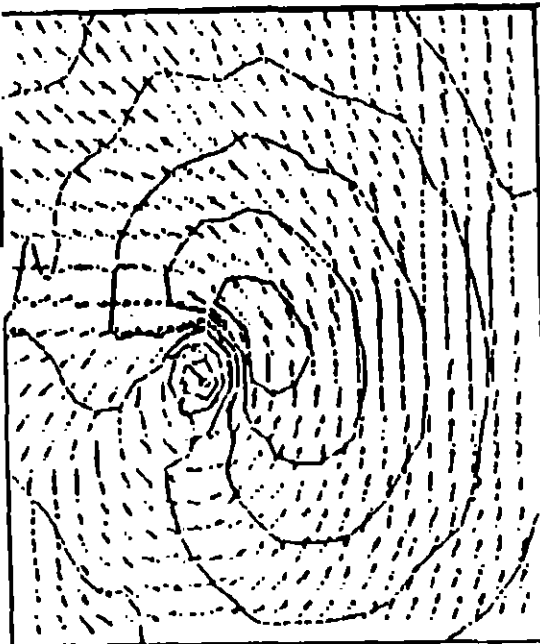
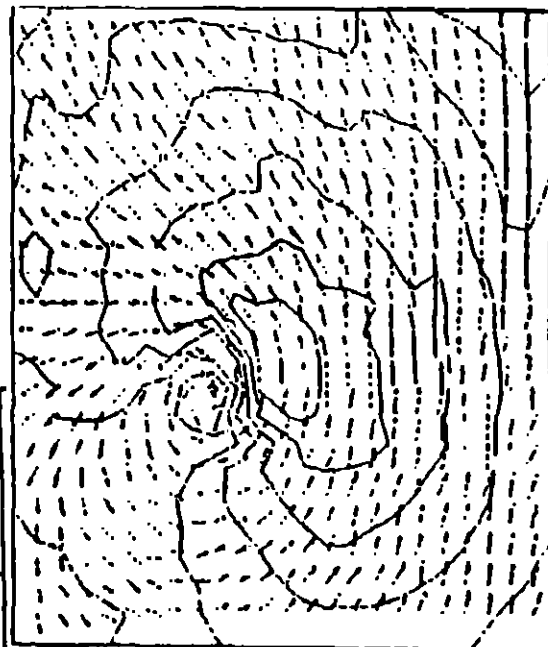


Fig. 8(xxii). As for Fig. 8(i) but with $V_{fm} = 7.5ms^{-1}$ and $V_{max} = 25ms^{-1}$.



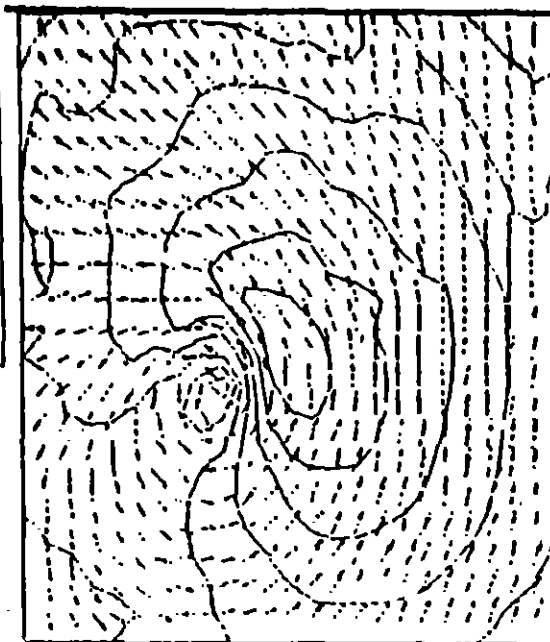
$V_{max}=144\text{km/h}$
 $V_{fir}=9\text{km/h}$
 $H_s=9.7\text{m}$

$V_{max}=144\text{km/h}$
 $V_{fir}=18\text{km/h}$
 $H_s=10.9\text{m}$



$V_{max}=180\text{km/h}$
 $V_{fir}=9\text{km/h}$
 $H_s=13\text{m}$

$V_{max}=180\text{km/h}$
 $V_{fir}=18\text{km/h}$
 $H_s=13.8\text{m}$



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

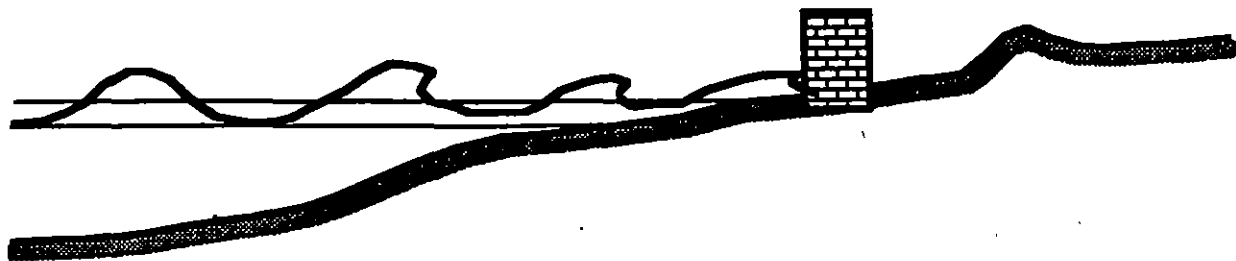
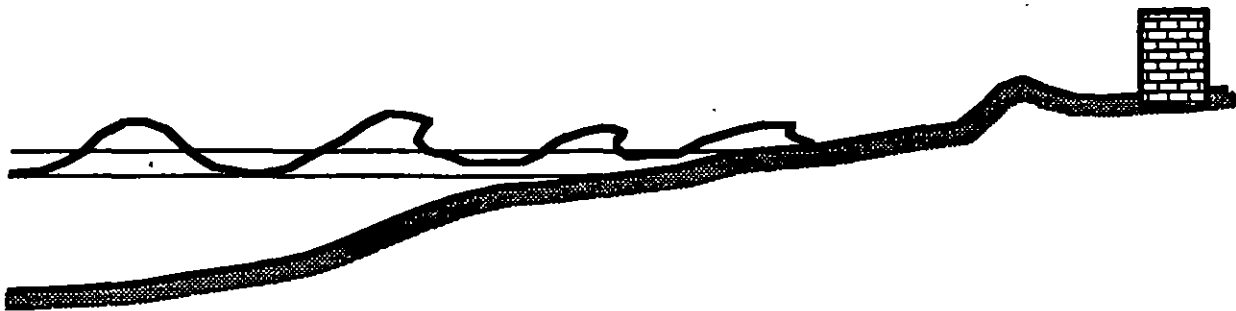
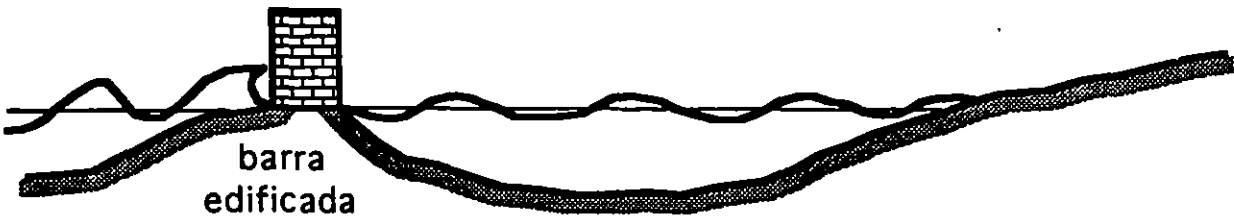
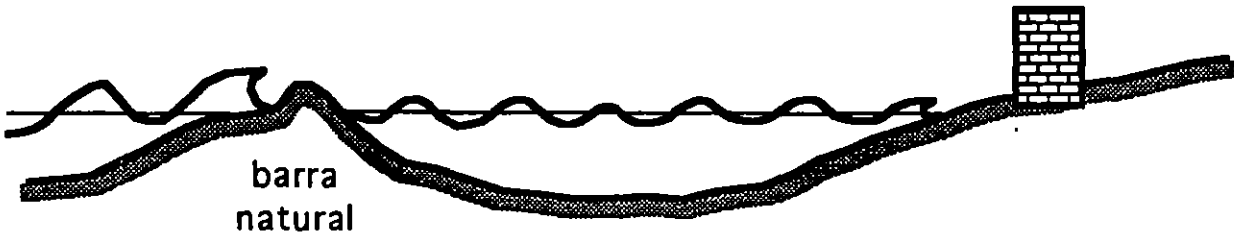
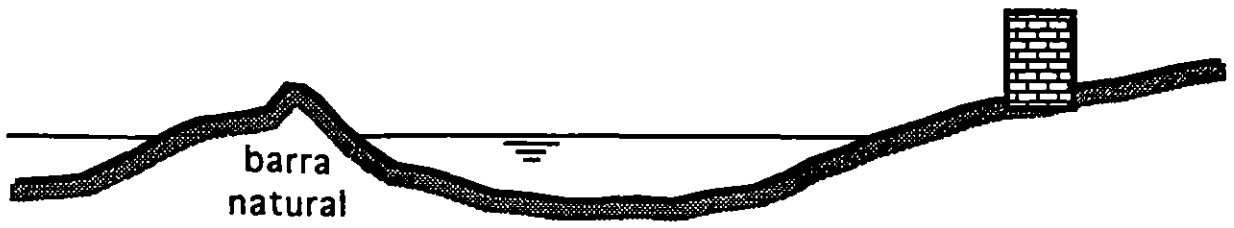
PREVENCIÓN DE DESASTRES CONTRA OLEAJE

- **La mejor protección contra oleaje son precisamente las barras de arena y las playas naturales que existen a lo largo de las costas. Desgraciadamente, la actividad humana (principalmente turística) tiende a concentrarse precisamente sobre estas zonas (ejemplo: la zona hotelera en Cancún).**
- **Cuando se opta por permitir desarrollos directamente sobre la costa o inclusive sobre las barras de arena frente a ella, los reglamentos de construcción deben considerar al oleaje ciclónico como una de las principales solicitaciones estructurales a la que las edificaciones se verán sujetas.**
- **Los rompeolas artificiales (regulares o sumergidos) ofrecen un mecanismo de protección pero producen problemas estéticos en zonas turísticas y problemas de afectación de la circulación normal de corrientes y sedimentos en la zona, lo que eventualmente afectará el estado natural de la zona que fue lo que inicialmente motivó el desarrollo de dicha zona de la costa.**
- **Cuando la situación lo permite, es importante establecer una franja de playa natural suficientemente ancha para impedir el impacto directo de oleaje sobre las estructuras, aún bajo las condiciones anormales de nivel del mar que se pueden presentar durante ciclones tropicales y otras tormentas marinas. Esto debe ser considerado desde la planeación del fraccionamiento de los terrenos a desarrollar. La presencia de una playa ancha debe manejarse como una ventaja de las instalaciones allí localizadas, no como una limitante turística.**
- **Las estructuras rompeolas (muros verticales, muros con pendiente, etc.) normalmente estabilizan el terreno que de otra manera sería fuertemente erosionados detrás de ellos, pero al mismo tiempo producen reflexión del oleaje que aumenta la altura efectiva de ola frente a ellos así como la intensidad del flujo cerca del fondo, aumentando el peligro de resuspensión y erosión del material frente a ellos durante una tormenta. Esto mismo ocurre con edificaciones que aunque no diseñadas para ello, efectivamente funcionan igual. Con el problema ya presente, la solución es el aumentar el tamaño y peso del material frente a la estructura, pero esto puede ir en contra de intereses turísticos. Las erosiones frente al muro de protección pueden ser de tal magnitud que eventualmente hacen fallar al muro en sí al socavar su cimentación.**
- **La profundidad de cimentación de estructuras sobre la costa debe ser mayor a la profundidad de material suelto removible por la acción del oleaje, es decir deben estar empotradas en material firme.**

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

EFFECTO DE PROTECCION DE BARRAS DE ARENA (Y PLAYAS NATURALES)

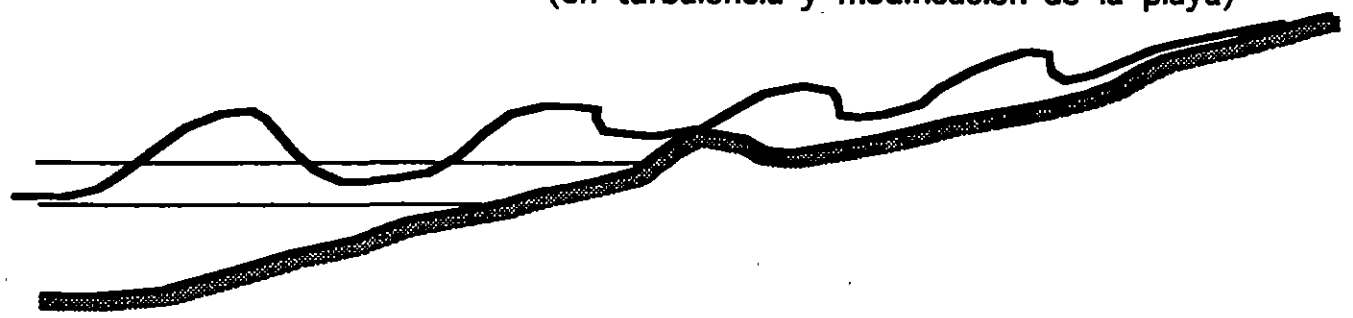


EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

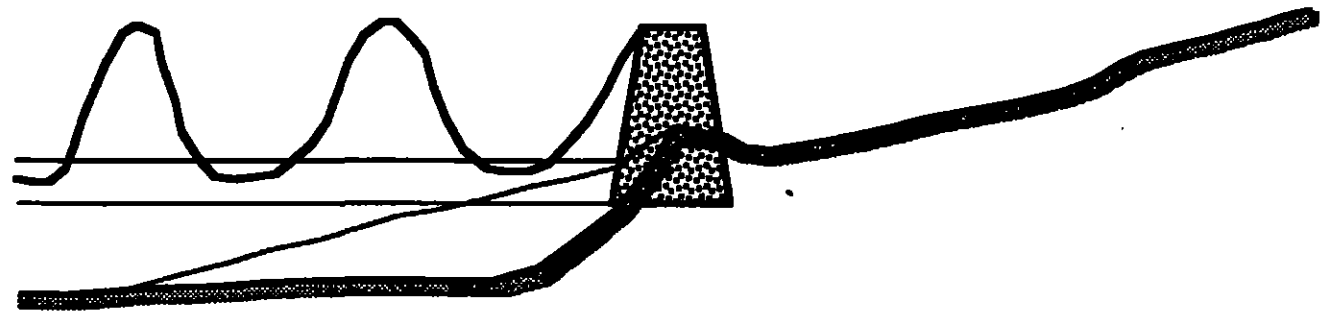
N O T A S

**EFFECTO DE LA ESTABILIZACION ABSOLUTA DE LA PLAYA
PARA CONDICIONES DE TORMENTA**

zona de disipación de energía
(en turbulencia y modificación de la playa)



zona de reflexión
con muy poca disipación de
energía



EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

RECOMENDACIONES A MARINOS

- Oleaje regular de cierta altura y periodo largo viajando perpendicular al viento debe levantar la sospecha de que proviene del centro de un ciclón tropical (de hacho de la zona de máximos vientos). Esta sospecha se afirma e indica que el ciclón se acerca al barco si al pasar el tiempo (suponiendo una posición estática) el oleaje aumenta su frecuencia y altura, el viento aumenta de magnitud (pero muy poco de dirección) y la presión atmosférica baja continuamente. Ciclones tropicales con velocidades de avance muy altas no presentan esta característica pues el ciclón puede avanzar más rápido que las olas de baja frecuencia generadas.
- Tener equipo de telecomunicaciones y recepción de información meteorológica adecuado (congruente con tamaño de la embarcación, tamaño de tripulación, distancias típicas a la costa a la que se interna, etc.).
- Evitar a toda costa las zonas con vientos superiores a 100 km/h aún en embarcaciones de gran tamaño. Escapar de la trayectoria del ciclón a tiempo considerando la zona de vientos mayores o iguales a dicha velocidad. Embarcaciones pequeñas deben hacer esto considerando vientos mucho menores, acordes con el oleaje que puedan soportar según:

V = 40 km/h.....	Hs = 2 m
V = 50 km/h.....	Hs = 3 m
V = 60 km/h.....	Hs = 4.5 m
V = 70 km/h.....	Hs = 6 m
V = 80 km/h.....	Hs = 7.5 m
V = 90 km/h.....	Hs = 9 m.

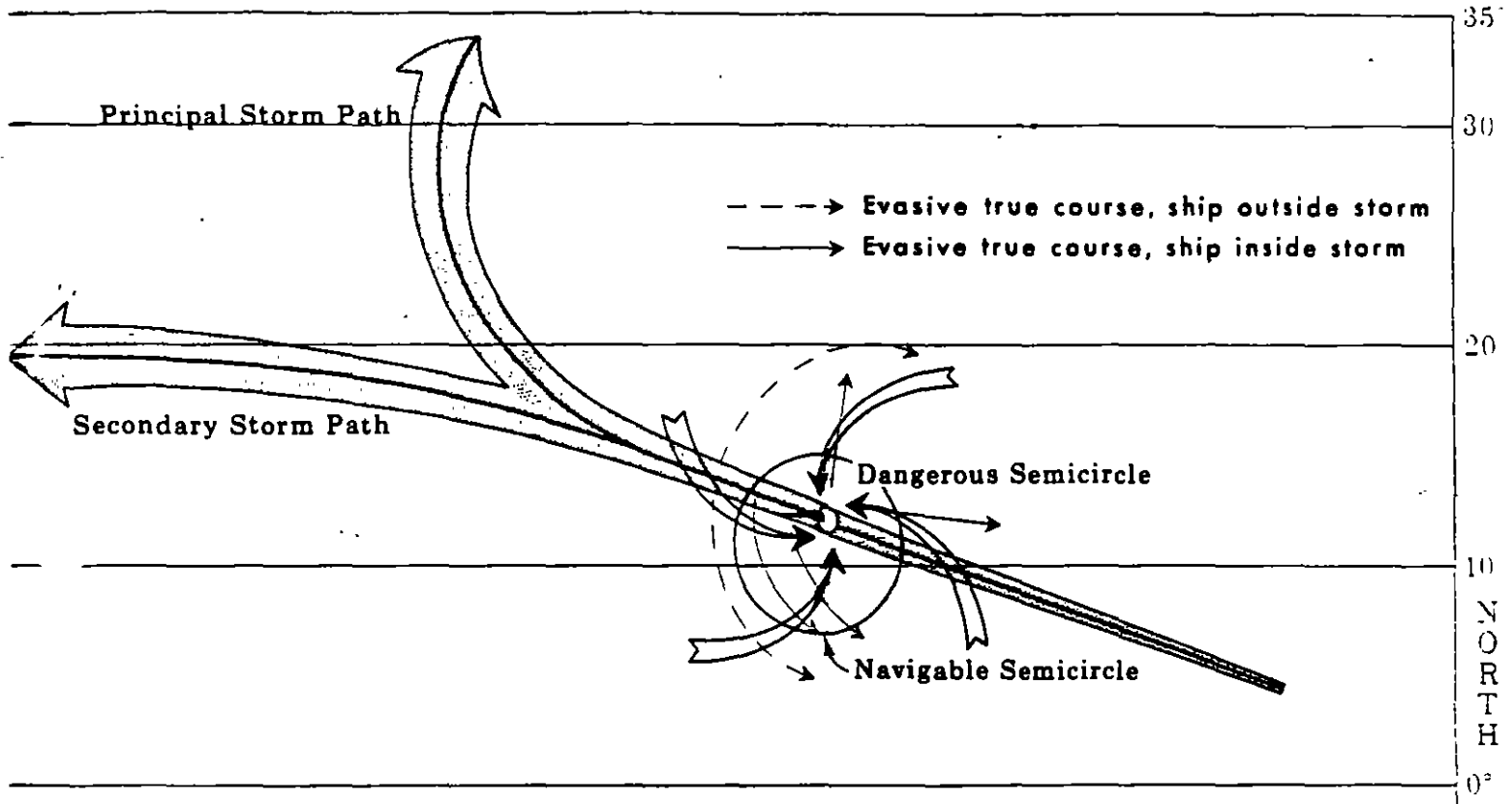
- Huír minimizando la posibilidad de ser atrapado por el semicírculo derecho (en el hemisferio Norte de la Tierra) del ciclón tropical. Si es imposible evitar ser atrapado, huír a través del semicírculo izquierdo.
- Si atrapado, evitar dirigir el barco hacia el oleaje a toda máquina o alejarse del oleaje a toda máquina. La mejor opción es dirigirlo hacia el oleaje o desde el oleaje manteniendo sólo la velocidad mínima necesaria para que el timón responda. Especialmente peligrosas en este sentido son las olas con longitud de onda similar a la longitud el barco.
- No mantener tripulación en las cubiertas
- Evitar oleaje (de cualquier dirección) que incida sobre el casco con frecuencia similar a la del giro natural del barco (en sentido transversal al eje del casco).
- Evitar mantener depósitos de líquidos parcialmente llenos (llenarlos o vaciarlos).
- Evitar tener carga pesada que pueda desplazarse dentro del casco para cabeceos o giros laterales importantes.

Referencia: Mariners Worldwide Climatic Guide to Tropical Storms at Sea, Crutcher y Quayle, Naval Weather Service Command, EUA, Marzo 1974.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

DIAGRAMA DE MANIOBRAS EVASIVAS APROPIADAS PARA EMBARCACIONES EN LA LINEA DE ACCION DE UN CICLON TROPICAL

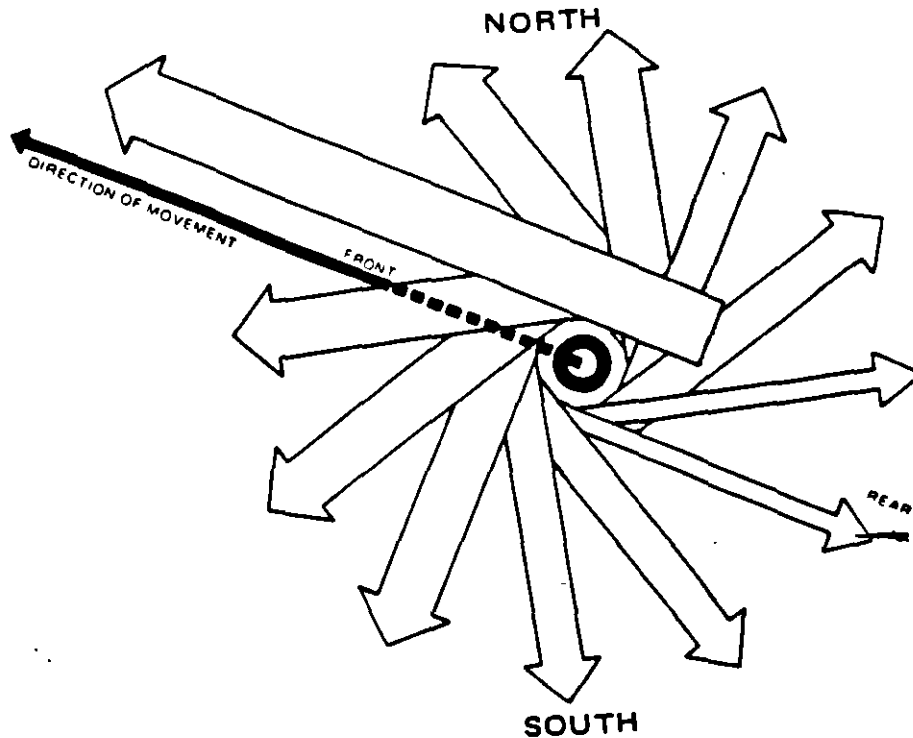


NOTA ESPECIAL: El oleaje de mayor altura no necesariamente es generado por los huracanes más intensos, debido al efecto del campo de vientos curvo. Huracanes "moderados" pueden, bajo ciertas circunstancias producir oleaje muy peligroso, especialmente si tienen radios del ojo grandes y se mueven en trayectoria rectilínea a la velocidad adecuada. Los marinos deben tener sumo cuidado con cualquier categoría de tormenta tropical o huracán.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

DIAGRAMA DE DIRECCION Y SEVERIDAD DEL OLEAJE RADIADO POR UN CICLON TROPICAL

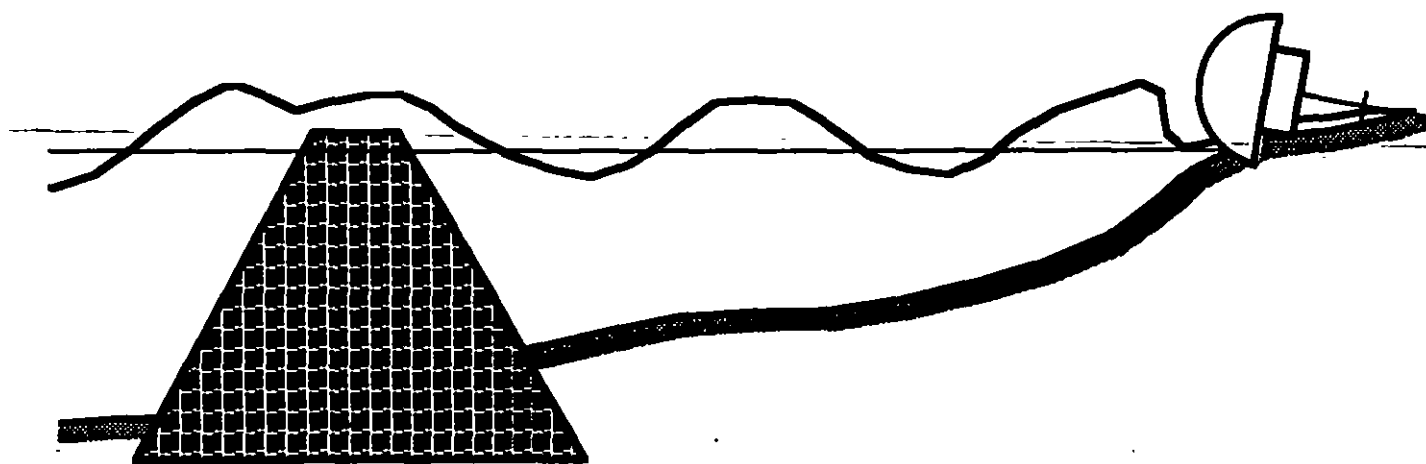
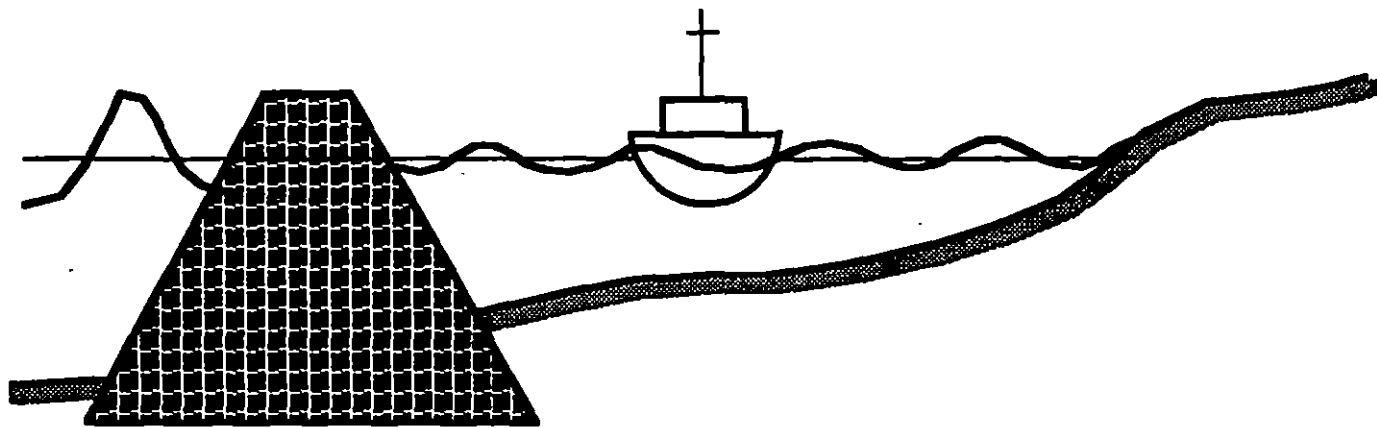


(El ancho de las flechas indica la severidad del oleaje en cuanto a altura de ola significativa. Para ciclones tropicales con velocidad de avance muy alta, puede no existir oleaje radiado en la dirección de avance del sistema porque el ciclón rebasa a dichas olas).

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS

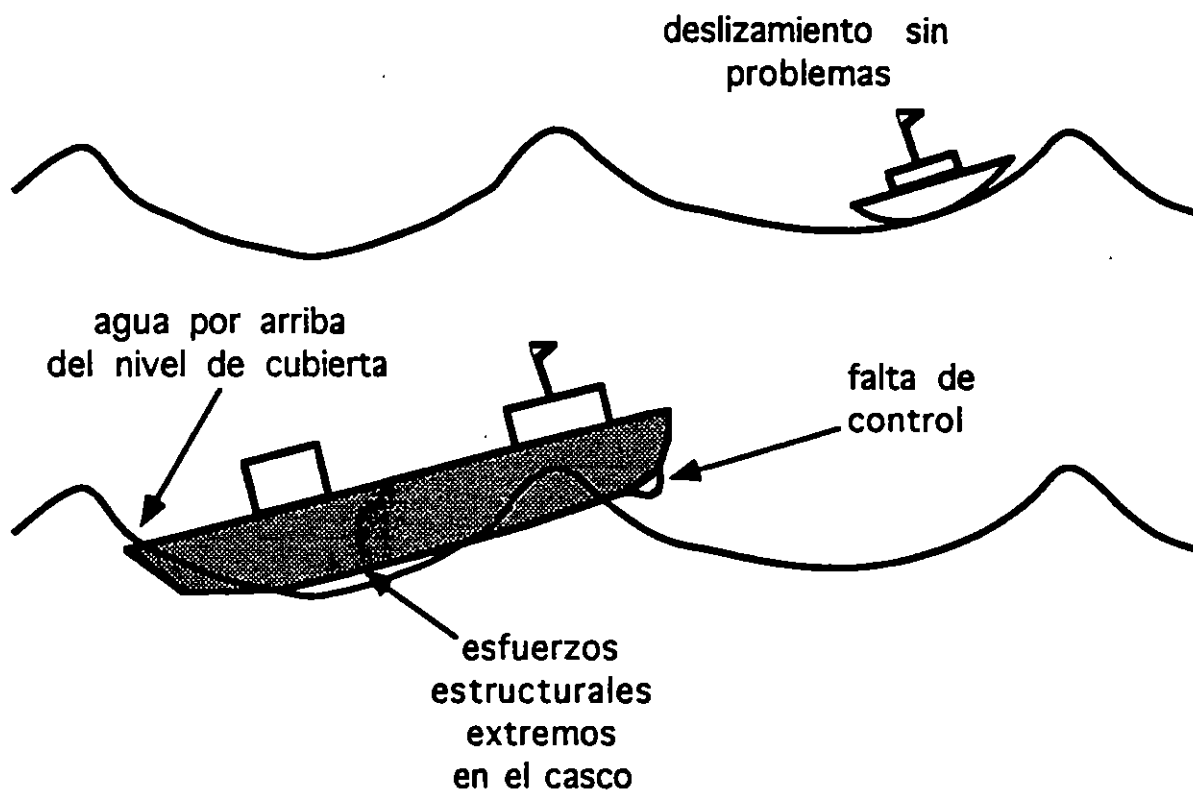
EFFECTOS DE OLEAJE DENTRO DE BAHIAS DE ABRIGO PARA NIVELES EXTRAORDINARIOS DEL NIVEL DEL MAR DURANTE TORMENTAS



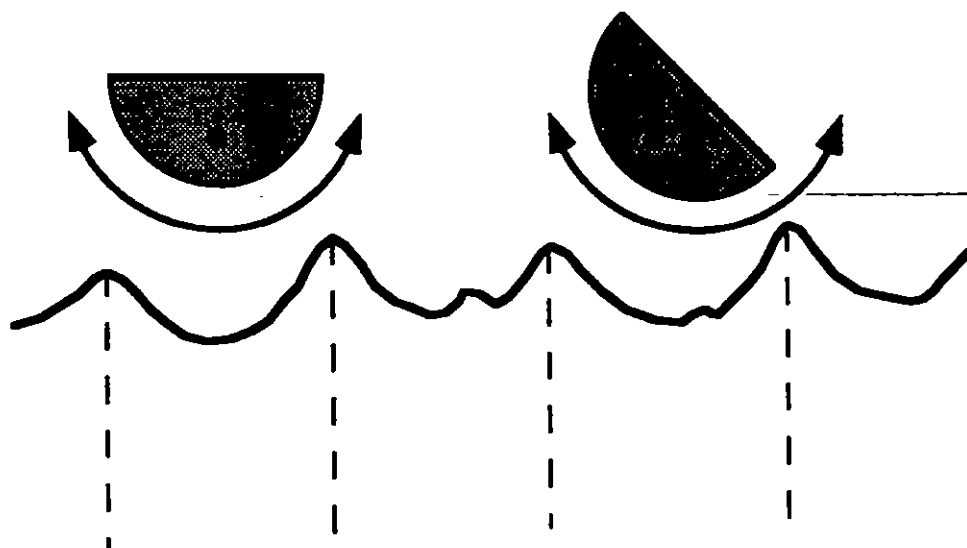
EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

IMPORTANCIA DE LA LONGITUD RELATIVA DEL CASCO A LA LONGITUD DE OLA



IMPORTANCIA DEL PERIODO DE INCIDENCIA DE OLAS CON RESPECTO AL PERIODO NATURAL DE GIRO DEL CASCO



EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

N O T A S

 * User name: RLOPEZ (11) Queue: DESPROF/PRODUCCION *
 * File name: Æ Server DESPROF *
 * Directory: **RECOMENDACIONES A HABITANTES COSTEROS** *
 * Description: LPT1 Catch *
 * November 9, 95 10:23am *

Evacuar una franja costera congruente con la topografía y batimetría de la zona sin importar el tipo de edificación. Franjas de 100 m deben considerarse como mínimas pero pueden ser necesarios 500 y hasta 1000 m

- NUNCA ir a observar el espectáculo del oleaje ciclónico incidiendo sobre la costa o estructuras. Olas individuales mucho más grandes que las típicas han arrastrado y matado a numerosos espectadores.

- Nunca colocarse en terrenos sujetos a deslaves al incidir en ellos oleaje, incluyendo márgenes de ríos, estuarios, lagunas, etc. aún cuando estos tengan alturas mayores al oleaje que recibirán. El oleaje tiene mucha mayor penetración tierra adentro en las zonas bajas inundables.

- No circular en carreteras costeras y puentes horas antes del pico de condiciones de oleaje. Olas individuales pueden ser significativamente mayores que las típicas y barrer vehículos con facilidad.

- Ser muy cuidadoso en zonas urbanizadas que (aunque no en forma obvia a simple vista) fueron construidas en barras de arena que separan lagunas costeras del mar abierto. El 100% de la población puede quedar bajo el agua y sujeta al efecto de oleaje.

- No arriesgar la vida tratando de instalar en último momento protecciones hechizas contra oleaje. El impacto directo de oleaje es sumamente destructivo y dichas medidas no sobrevivirán mucho tiempo.

- El oleaje incidente en la costa puede ser peligroso muchas horas antes de que el viento local lo sea. Monitorear las condiciones del mar continuamente, tanto en cuanto a seguridad de la edificación como de las rutas posibles de evacuación. Al decidir evacuar, la ruta de huida podría ya no ser factible.

- En caso de emergencia movilizarse a las zonas más altas y/o a edificaciones de concreto armado en 2° piso o de mampostería de gran espesor (edificaciones antiguas, iglesias, edificios de gobierno, etc.).

- Evitar deportes acuáticos (surfing y windsurfing) en las zonas de incidencia. Estos son solo relativamente seguros lejos del ojo (a cientos de kilómetros) y solo para verdaderos expertos.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

NOTAS



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAPITULO II

TEMARIO (CAPITULO II)

II. El efecto destructivo viento (JSS, GRA, MRM) (7:00)

II.1. Estructura del campo de vientos de un ciclón tropical (JSS)

II.2. Cálculo del campo de vientos alrededor de un ciclón tropical (JSS)

II.3. Climatología de vientos en México (JSS)

II.4. Mediciones de viento, interpretación y ajustes necesarios (JSS)

II.5. Características de un registro experimental de vientos (JSS)

II.6. Fuerzas del viento sobre estructuras (JSS)

II.7. Estructuras sensibles al viento (JSS)

II.8. Mecanismos de falla de estructuras por viento (JSS)

II.9. Medidas para minimizar daños (JSS)

II.10. Estructuras adecuadas para fungir como refugios temporales (JSS)

II.11. Documentación de daños típicos por viento (JSS)

II.12. Importancia de correlacionar vientos con daños (JSS)

II.13. Importancia de contar con instalaciones experimentales (túneles de viento) (JSS)

II.14. Software de simulación del campo de vientos (GRA)

II.15. Consideraciones de protección civil (MRM)

II.16. Reglamentos de construcción (JSS)

II.17. Consecuencias ecológicas y agrícolas (MRM)

DAÑOS POR HURACANES

II Viento

II.1 Estructura

II.2 Campo de vientos

II.3 Climatología

II.4 Mediciones

II.5 Registro

II.6 Fuerzas

II.7 Estructuras sensibles

II.8 Mecanismos de falla

II.9 Medidas para minimizar daños

II.10 Refugios temporales

II.11 Documentación de daños

II.12 Velocidad y daños

II.13 Túnel de viento

II.16 Reglamentos de construcción

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II VIENTO

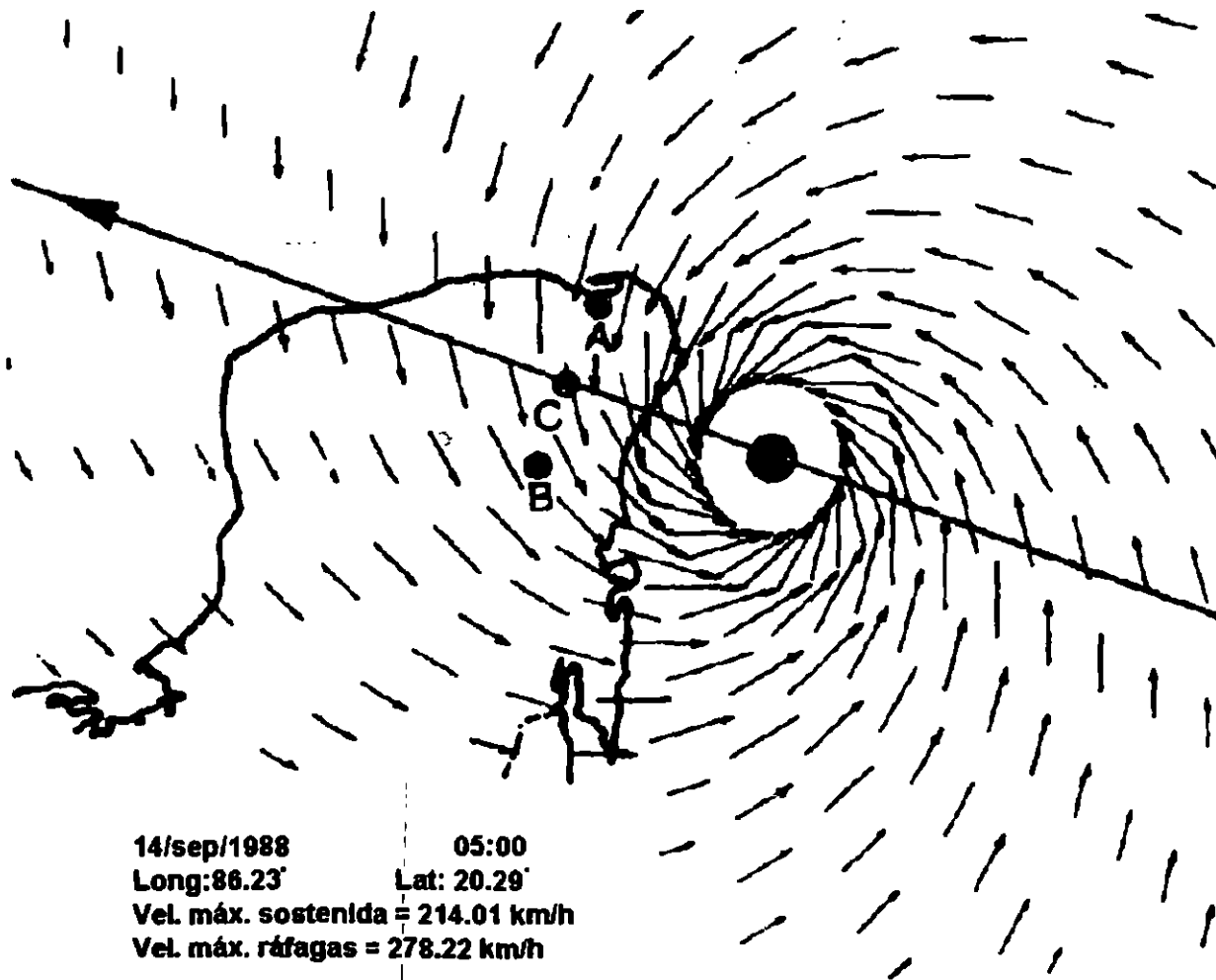
Los vientos son la variable más conocida de los huracanes. Sin considerar a los tornados, los huracanes presentan las mayores intensidades de los vientos en superficie, las cuales en ocasiones sobrepasan los 300 km/h. A los vientos huracanados se les conoce por su gran intensidad.

La velocidad de los vientos del huracán es importante diferenciarla de la velocidad de traslación del huracán como un todo. Como ya se mencionó las velocidades del viento son elevadas, en cambio, la velocidad de traslación del sistema normalmente es de 20 a 30 km/h y rara vez sobrepasa los 40 km/h.

Meteorológicamente hablando, la velocidad del viento superior a 120 [km/h], caracteriza la etapa cuando un ciclón tropical pasa de ser de una tormenta tropical a un huracán.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



TRAYECTORIA Y CAMPO DE VIENTO SUPERFICIAL DEL GILBERT EN SU MAXIMA INTENSIDAD

II-4
 111

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

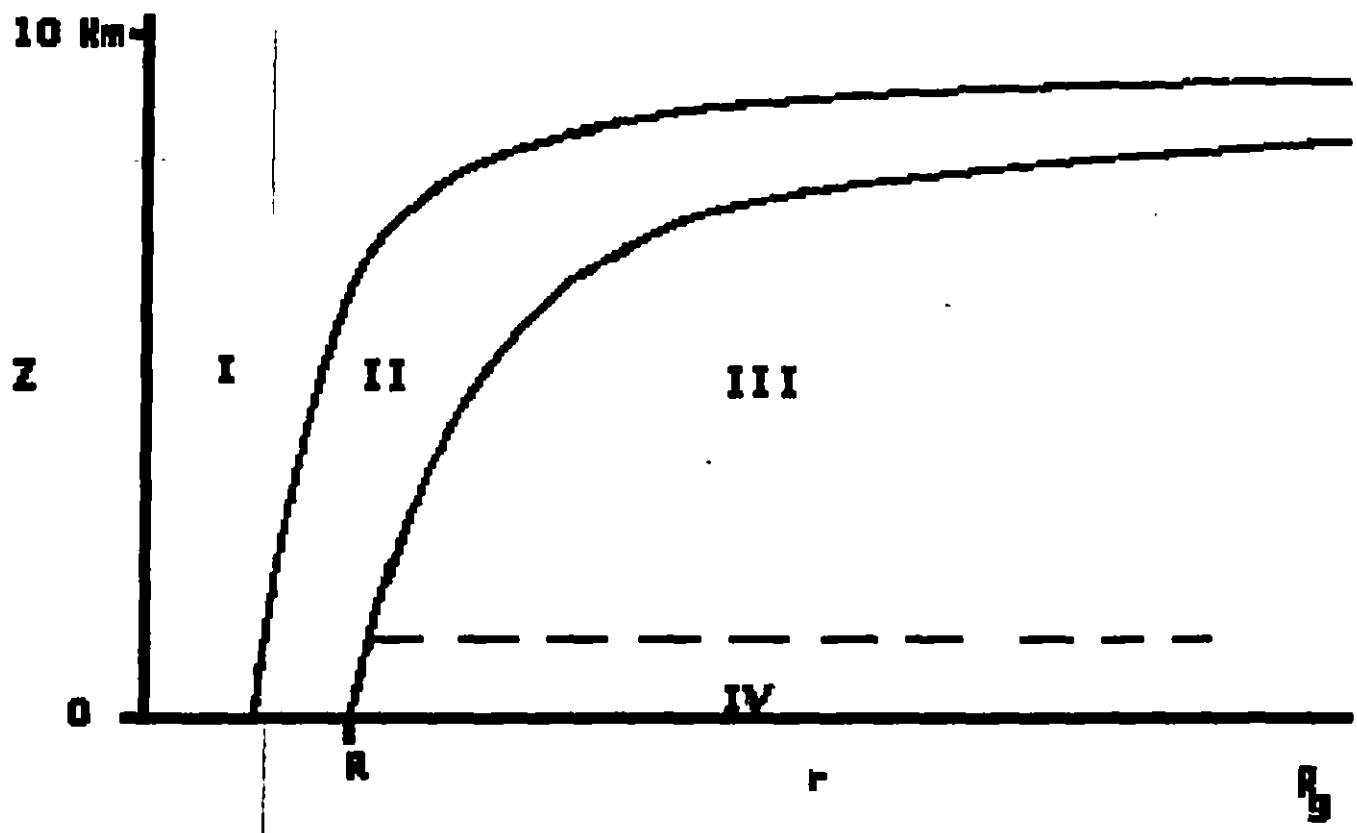
N O T A S

II.1 Estructura

Los vientos de un ciclón tropical se caracterizan por ser aproximadamente giratorios alrededor de un centro que se traslada. En el centro existe una zona de flujo de baja intensidad con recirculación vertical (zona I, ver fig. II.1.1) denominado "ojo". En las capas bajas, con alturas menores a 1 km, los vientos tienen una componente radial hacia el centro, es decir convergen (zona IV). En capas intermedias el flujo es casi giratorio (zona III). En las capas altas el flujo gira pero tiene una componente radial hacia afuera, es decir divergen (zona II). Debido al desplazamiento del huracán, las velocidades en capas intermedias (zona I) presentan diferencias a la distribución axisimétrica. Es decir las trayectorias que para un huracán estacionario son circulares, para un huracán en movimiento son cicloidales. Esto implica diferentes velocidades en la dirección perpendicular a la trayectoria, a la derecha mayores y a la izquierda menores.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S



ESTRUCTURA DE UN CICLON TROPICAL

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.2 Campo de vientos

Exceptuando dentro del ojo del huracán, donde las velocidades aumentan con la distancia radial, las velocidades del viento decrecen con la distancia radial.

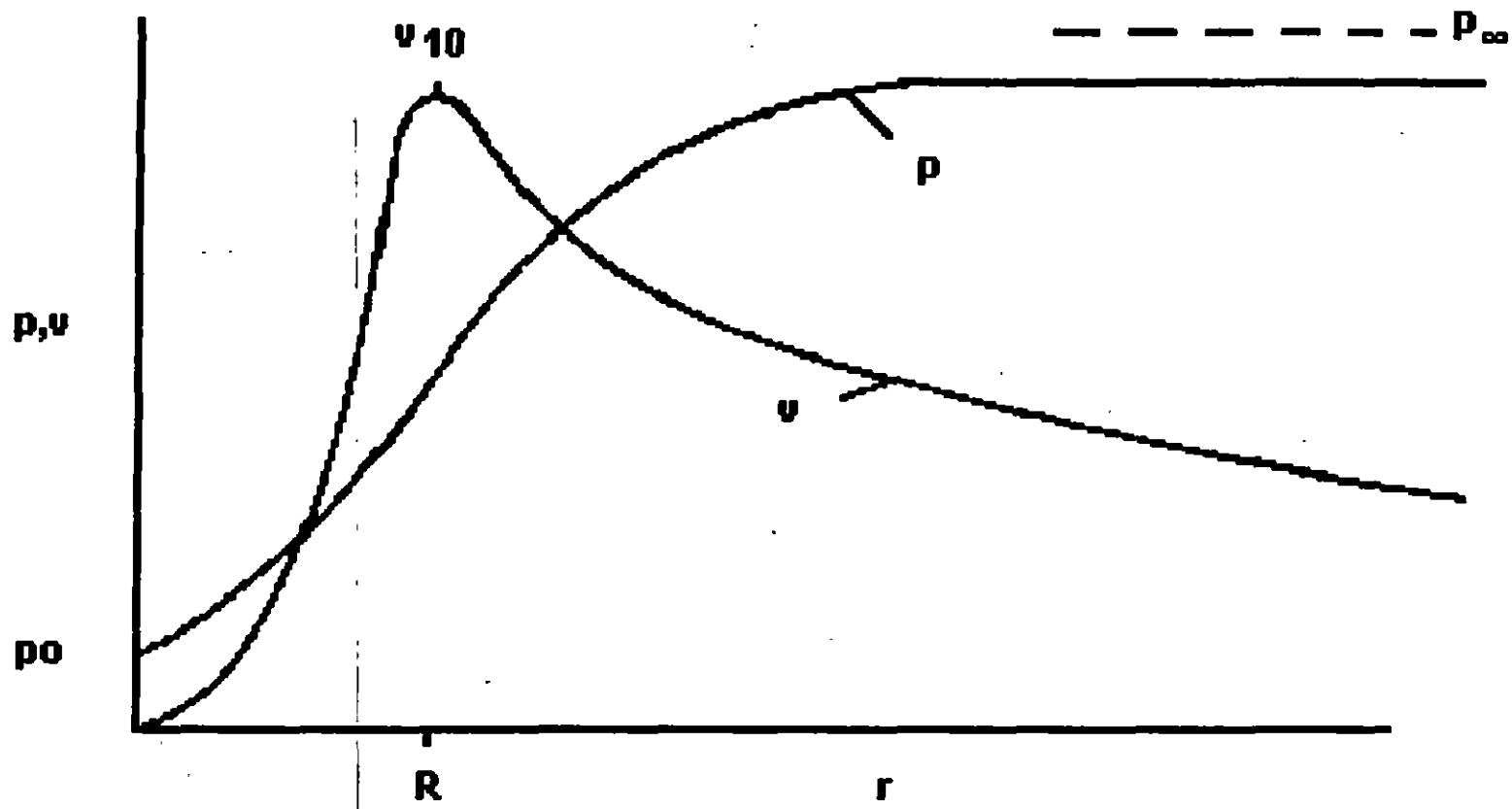
La distribución de velocidades tiene su explicación fundamental en la distribución de presiones que presentan los huracanes. Ver figura II.2.1. Esta distribución aproximadamente axisimétrica presenta su mínimo en el centro y una pendiente, o variación, radial máxima en el radio donde se presentan los máximos vientos, R .

El campo de velocidades del viento no es axisimétrico debido principalmente a la influencia de la velocidad de traslación. Este hecho se muestra en la figura II.2.3 donde aparecen las líneas de flujo y las isotacas (líneas [discontinuas] de igual velocidad).

Las velocidades del viento aumentan con la altura como se puede ver en la figura II.2.3. Las velocidades cerca del terreno tienden a disminuir y también tienden a ser mas dirigidos al centro del huracán.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

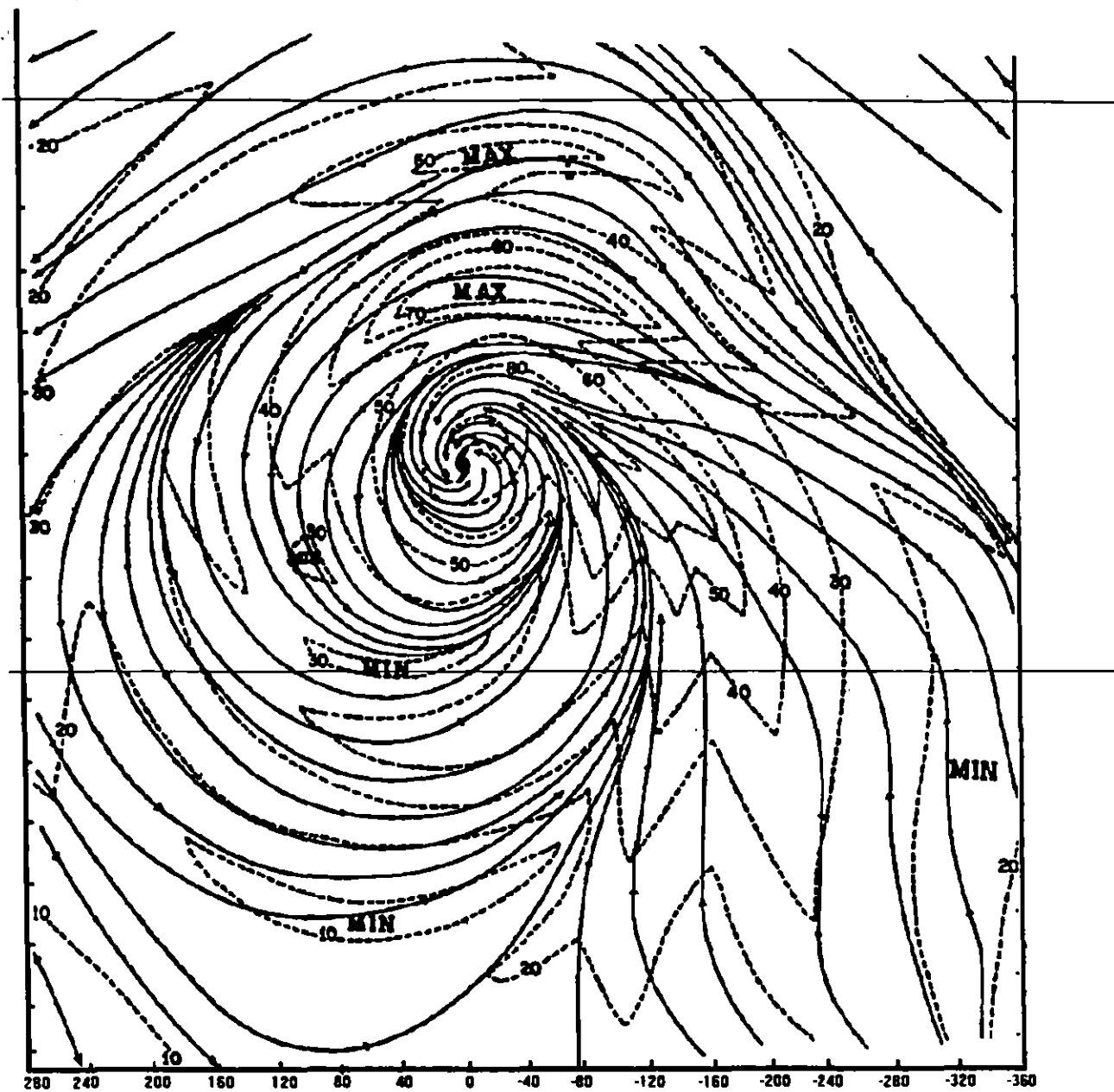
NOTAS



**PERFILES DE PRESION ATMOSFERICA Y VELOCIDAD
TIPICA DE VIENTO DENTRO DE UN CICLON TROPICAL
CERCA DE LA SUPERFICIE DEL MAR**

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

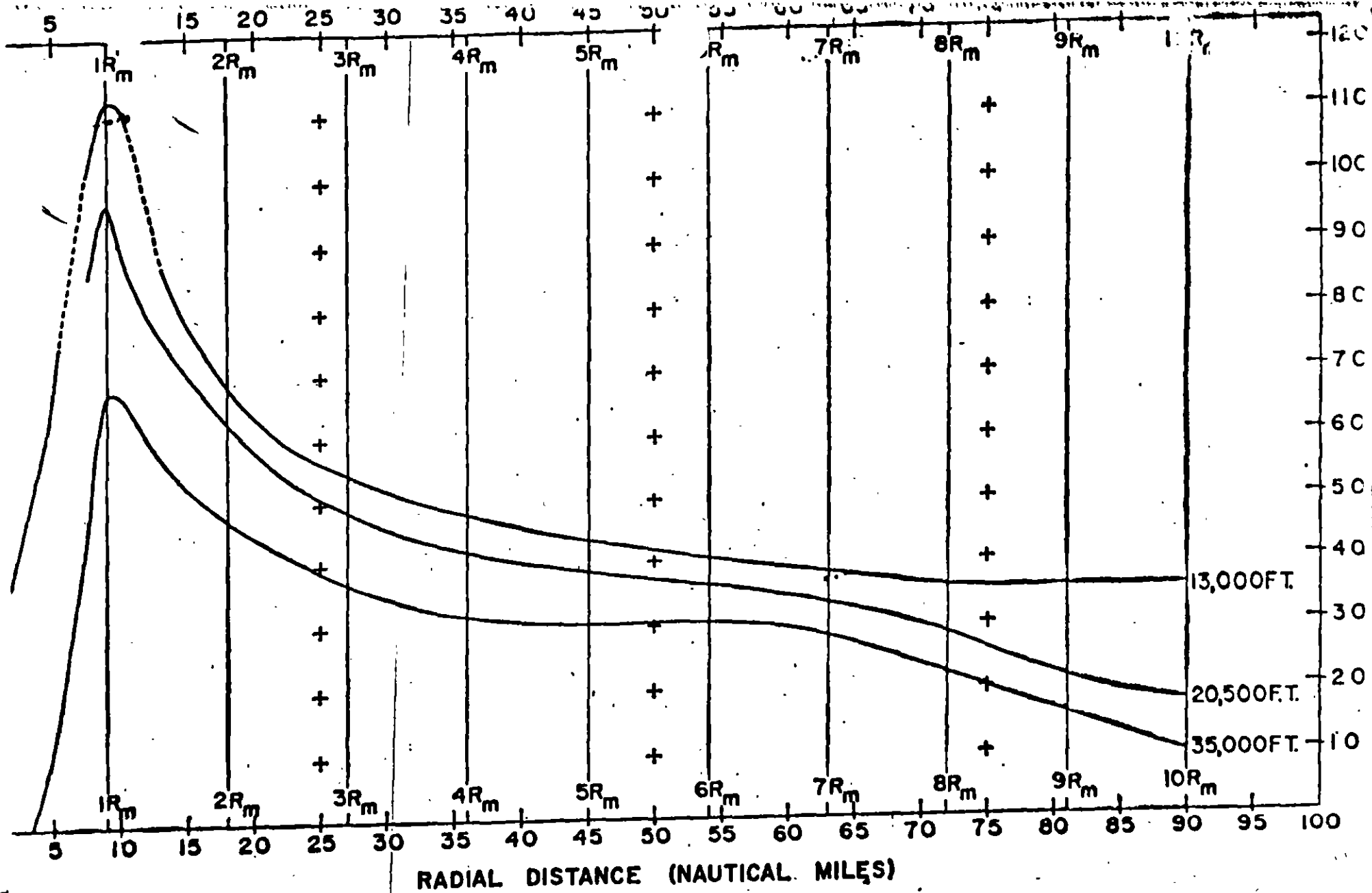
NOTAS



MILLAS NAUTICAS

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S



Wind profiles of hurricane Daisy, 27 August 1958, based on measurements by aircraft (4).

II-10

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.3 Climatología

Los registros directos de las velocidades del viento de huracanes son escasos. Por ello se procede de dos maneras alternativas para estimar sus valores máximos.

Una alternativa, es simular de manera probabilista la ocurrencia de los huracanes. Para ello se calculan distribuciones de probabilidad de diferentes variables que caracterizan el campo de vientos de un huracán, como son: la existencia, la velocidad y dirección de desplazamiento, la velocidades máximas o presión mínima.

La otra, es reconstruir la historia de las velocidades que se presentaron en un sitio dado ante la ocurrencia de un CT. La reconstrucción se realiza utilizando la información mínima de posición y velocidad máxima del viento que caracterizan el campo de vientos y que permiten su cálculo. Las fórmulas necesarias para aplicar esta reconstrucción se dan en la figura II.3.1, y consideran básicamente el balance radial de fuerzas. En la figura II.3.2 aparece un esquema de la reconstrucción del campo de vientos para una posición e intensidad conocidas. Resultados de esa simulación para la trayectoris del huracán Gilbert aparecen en la figura II.3.3.

Una vez reconstruidos o simulados los vientos se procesan de manera probabilista para estimar sus valores máximos asociados a diferentes probabilidades de excedencia.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

$$\frac{V_g^2}{r} + \left(f - \frac{V_l \sin \beta}{r} \right) V_g - \frac{1}{\rho} \frac{\delta p}{\delta r} = 0 \quad (1)$$

$$V_g = -k r / 2 + \left[(k r / 2)^2 + V_c^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

donde:

$$k = f - (V_l \sin \beta) / r \quad (3)$$

$$V_c^2 = \rho^{-1} (p_n - p_o) r_n \exp[-r_n^{-1}] \quad (4)$$

$$R = 15 + 4(p_o / 33.9 - 25)^2 + c_1 [(L - 35) / c_2]^{c_3}$$

donde:

$$c_1 = 27, \quad c_2 = 8, \quad c_3 = 2.01 \quad (L > 35) \quad (5a)$$

$$c_1 = -5.4, \quad c_2 = -12, \quad c_3 = 1.31 \quad (L < 35) \quad (5c)$$

$$H = 0.64 + \exp[-r_n - 0.56 / r_n] \quad (r_n > 1) \quad (6a)$$

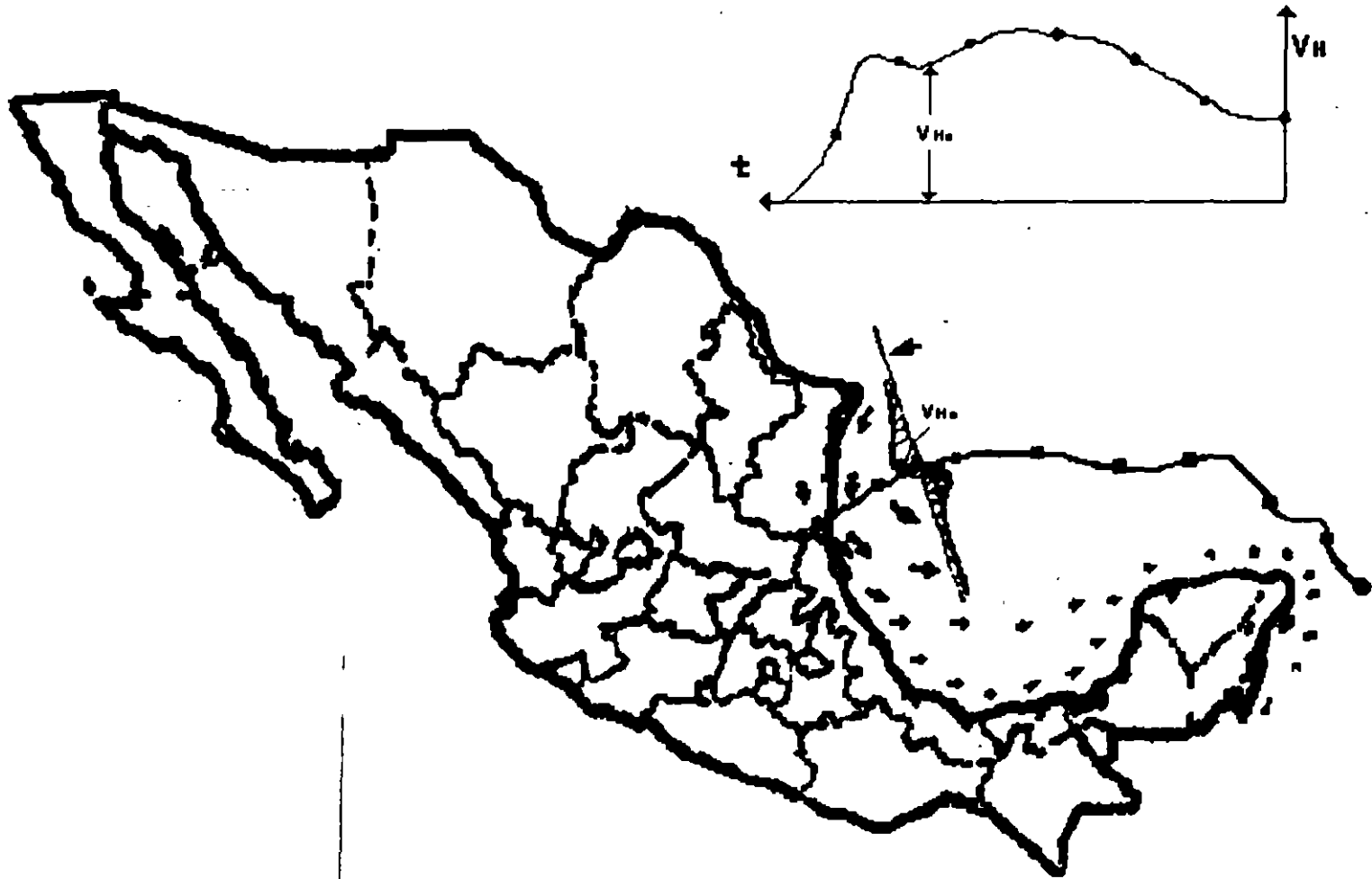
$$H = 0.85 r_n^{2.8} \quad (r_n < 1) \quad (6b)$$

$$\theta = \pi / 5 \quad ; \quad (r_n > 1) \quad (7a)$$

$$\theta = r_n (\pi / 5) \quad ; \quad (r_n < 1) \quad (7b)$$

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

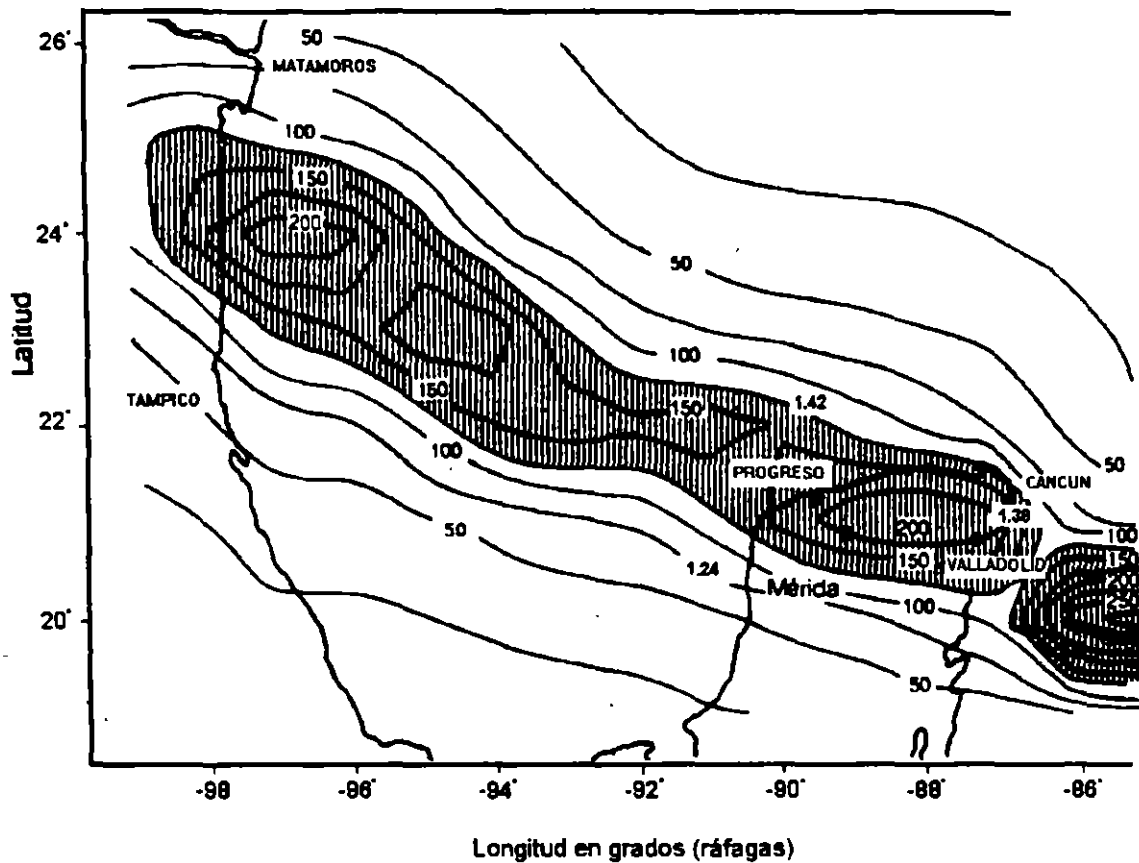
N O T A S



**PROCESO DE OBTENCION DE VIENTO MAXIMO DE HURACAN
UTILIZANDO TRAYECTORIAS E INTENSIDADES.**

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S



VELOCIDADES MAXIMAS DURANTE EL HURACAN GILBERT (EN km/h)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

II.4 Registro de vientos

El viento como toda magnitud vectorial consta de una magnitud y un dirección.

La magnitud del viento o velocidad nos indica el tamaño del movimiento y se expresa en unidades de distancia por unidad de tiempo. Las unidades mas comunes son: km/h, m/s y nudos (milla náutica/hora). Las equivalencias son las siguientes:

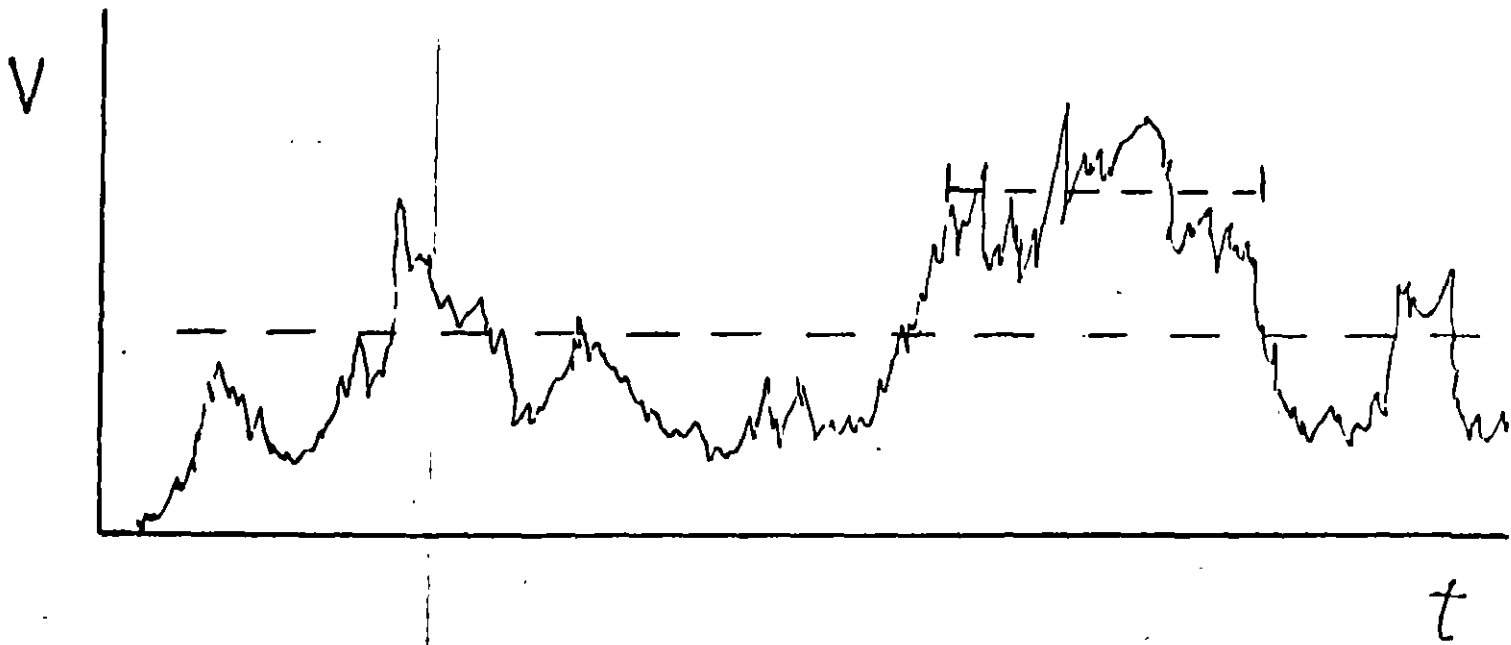
$$1 \text{ [m/s]} = 3.6 \text{ [km/h]} = 1.98 \text{ [nudos]}$$

Los valores registrados de la velocidad del viento dependen del tiempo de promediación. A menores tiempos de promediación corresponderán valores mayores de la velocidad máxima correspondiente. Así, una velocidad máxima de 1 minuto será siempre menor a una velocidad de 2 segundos. Y lo contrario, una velocidad máxima de 1 minuto será siempre mayor que la velocidad máxima de 10 minutos. Ver figura II.4.1

La dirección del viento es una variable que como la velocidad presenta una gran variación en el tiempo. Sus valores medios en los diferentes intervalos de promediación son los que se toman en cuenta para los estudios.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.5 Condiciones topográficas y de rugosidad

El viento se ve influenciado por el efecto de la "rugosidad" o de las construcciones y obstáculos sobre el flujo. Este efecto se traduce en cambios en la velocidad con la altura y con el tiempo.

La velocidad V cambia con la altura (ver figura II.5.1) de la siguiente forma:

$$V = V_{10} * (z/10)^a$$

los coeficientes a cambian con el tipo de terreno y el tiempo de promediación, y vale la fórmula hasta una altura h . La tabla siguiente contiene valores de los coeficientes a y h para diferentes terrenos y tiempos de promediación de 2 segundos.

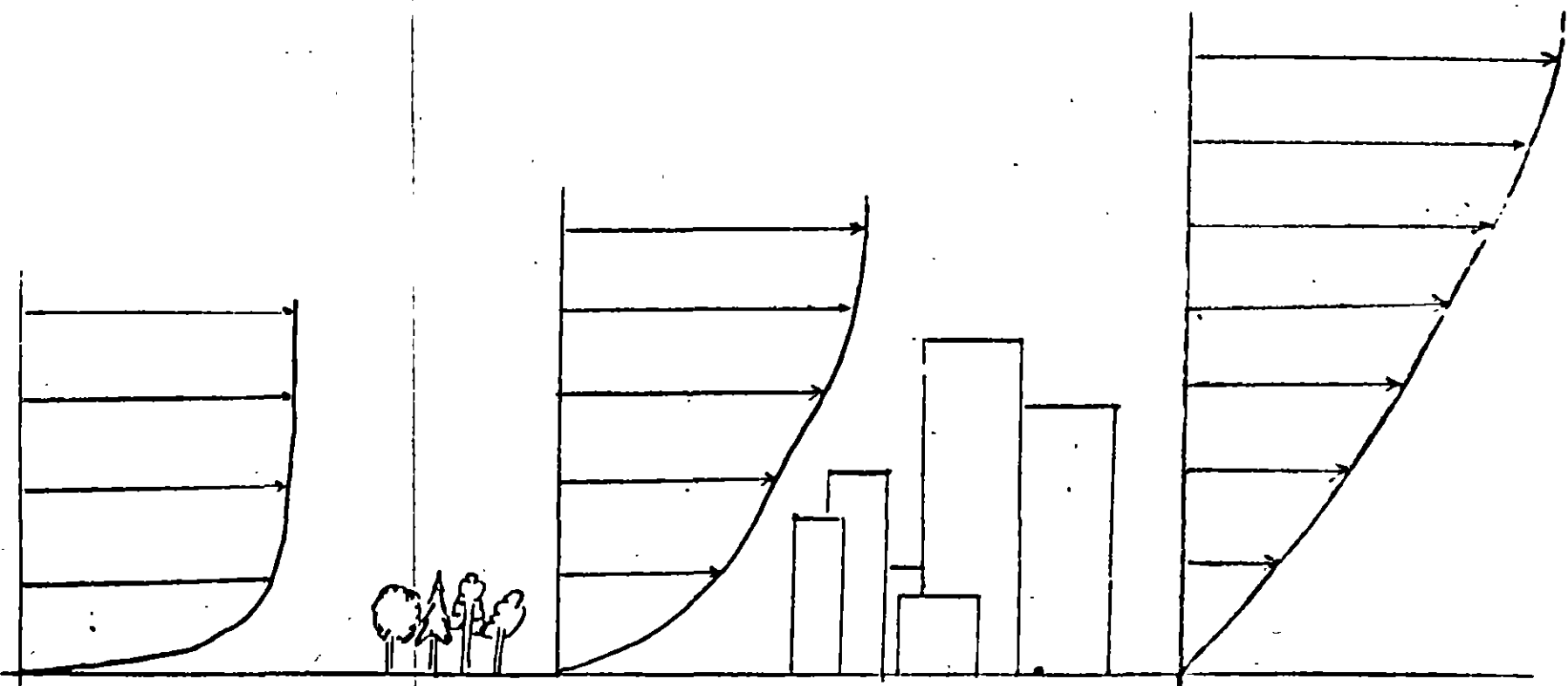
terreno	características	a	h
1	plano	0.08	250
2	campo abierto	0.12	350
2	ciudad	0.16	450

Para cambiar de tiempo de promediación se utiliza el factor de ráfaga y razón entre las velocidades de dos periodos de promediación. Sus valores para los tres tipos de terreno, a una altura de 10 metros sobre el terreno, se dan en la figura II.5.2

Los cambios en la forma del terreno o de la topografía generan cambios en los valores del viento. En las gráficas II.5.3 y II.5.4 aparecen relaciones entre la velocidad con el efecto topográfico y sin ese efecto.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

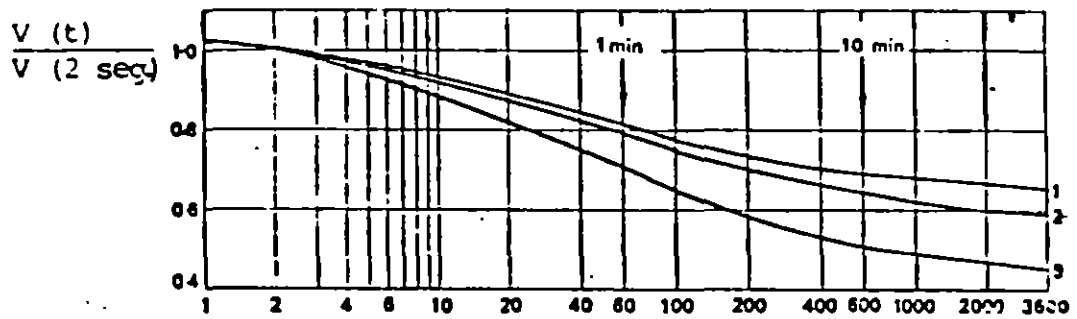
N O T A S



7/5/11

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S



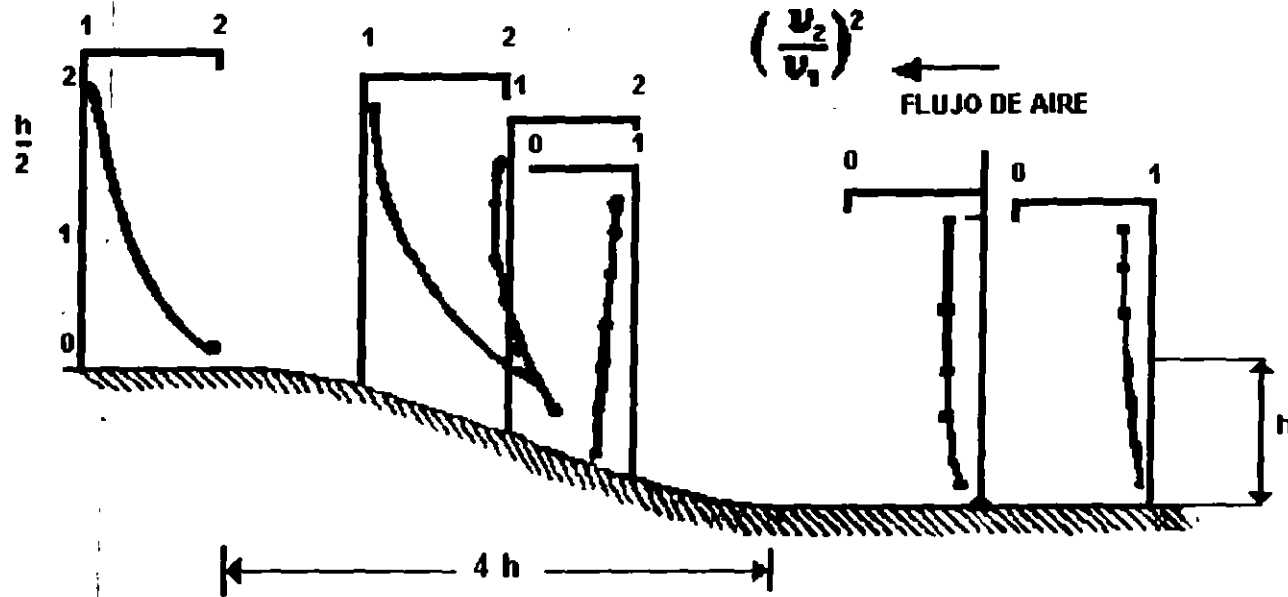
Tiempo, t , en segundos.

Maximas velocidades de viento, promediadas en un tiempo, t , correspondientes a tres diferentes categorias de terreno (ver tabla

Figura

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

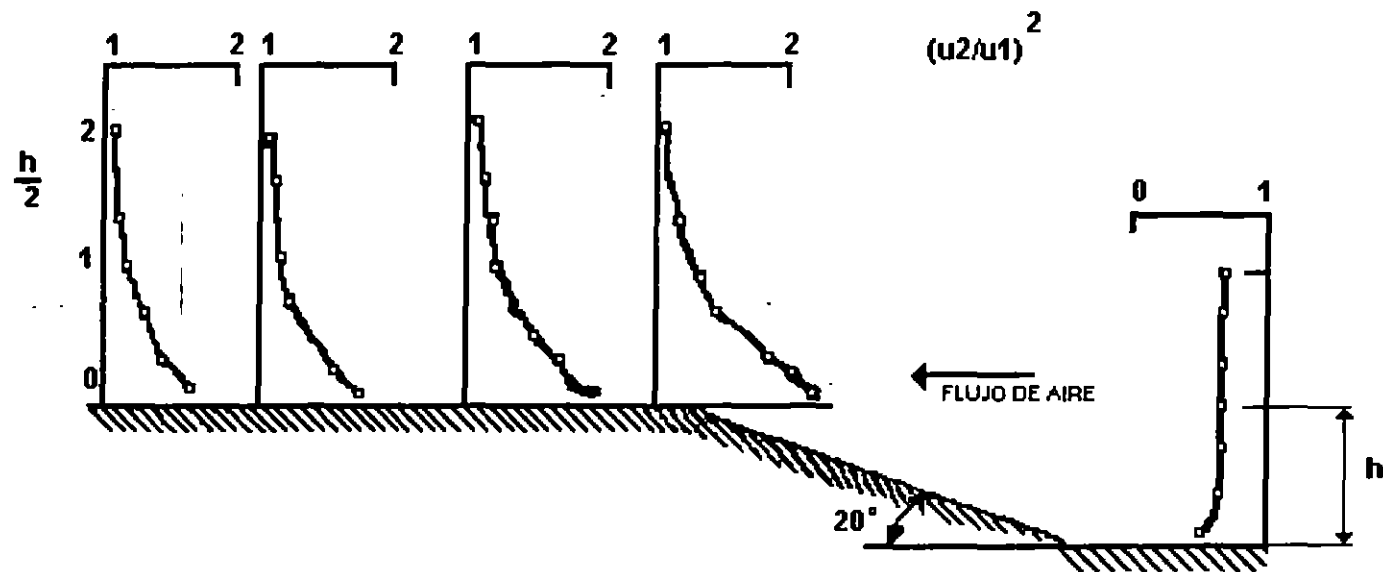
N O T A S



PERFILES DE VIENTO SOBRE UN TERRENO IRREGULAR

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



PERFILES DE VIENTO SOBRE TERRENO IRREGULAR

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

II.6 Fuerzas

Se sabe que las fuerzas son causadas por las variaciones de la presión sobre diferentes áreas de la estructura. La fuerza se puede calcular con la siguiente ecuación básica.

$$F = p.A = (0.0047 V^2) * C * A$$

donde p es la presión [kg/m^2], y V es la velocidad [km/h], y C es el coeficiente de presión geométrico, adimensional. Algunos valores de C aparecen en la figura II.6.1

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

PROFILES	Coefficients			PROFILES	Coefficients			PROFILES	Coefficients		
	C_t	C_n	C'_n		C_t	C_n	C'_n		C_t	C_n	C'_n
1 $a=b$	1.88	0	0	2 $a=b$	1.50	1.50	1.50	3 $a=b$	0	1.88	1.88
2 $a=b$	1.57	0	0	3 $a=b$	1.50	1.50	1.50	4 $a=b$	0	1.87	1.87
3 $a=2b$	2.07	0	0	4 $a=2b$	1.40	0.70	1.40	5 $a=2b$	0	0.73	1.58
4 $a=10b$	2.00	-	-	5 $a=2b$	1.8	0.10	-	6 $a=1.6b$	0	0.10	-
5 $a=2b$	2.00	0	0	6 $a=1.6b$	1.80	0.65	1.36	7 $a=3b$	0	0.80	1.68
6 $a=1.6b$	1.25	0	0	7 $a=3b$	1.15	1.60	1.75	8 $a=3b$	0	1.30	1.51
7 $a=3b$	2.05	0	0	8 $a=3b$	1.85	0.60	1.40		0	0.60	1.39
8 $a=3b$	1.79	0	0		1.60	0.40	0.93				

Fig. 4(a)

PROFILES	Coefficients			PROFILES	Coefficients			PROFILES	Coefficients		
	C_t	C_n	C'_n		C_t	C_n	C'_n		C_t	C_n	C'_n
9 $a=b$	1.70	2.15	2.15	10 $a=b$	1.70	1.70	1.70				
10 $a=b$	1.90	0.3	0.3	11 $a=2b$	1.35	1.35	1.35	12 $a=2b$	1.60	0.10	1.20
11 $a=2b$				12 $a=2b$	0.70	1.70	1.70	13 $a=2b$	1.55	0.70	1.40
12 $a=2b$	1.98	1.00	2.00	13 $a=2b$	1.30	0.20	0.40	14 $a=2b$	0.25	0.80	1.60
13 $a=2b$	2.00	0.09	0.18	14 $a=2.2b$	2.80	0.80	1.60	15 $a=2.2b$	2.00	1.75	3.50
14 $a=2.2b$	1.30	0	0	15 $a=2.2b$	0.50	1.05	2.28	16 $a=2.2b$	0.93	0.70	1.52
15 $a=2.2b$	1.50	0	0	16 $a=2.2b$	1.50	0.15	0.30				
16 $a=2.2b$	1.65	0	0		0.90	0.90	0.90				

NOTAS

II.7 Estructuras sensibles

Las estructuras mas sensibles a la acción del viento son las que presentan grandes areas y/o flexibilidad. Así, los puentes colgantes, las naves industriales, las chimeneas y los anuncios comerciales, son ejemplos de este tipo de estructuras.

Las grandes áreas permiten que el viento genere grandes fuerzas. Las flexibilidades de la estructura permiten que ciertas frecuencias del viento coincidan con las del movimiento de la estructura y se presente la resonancia.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

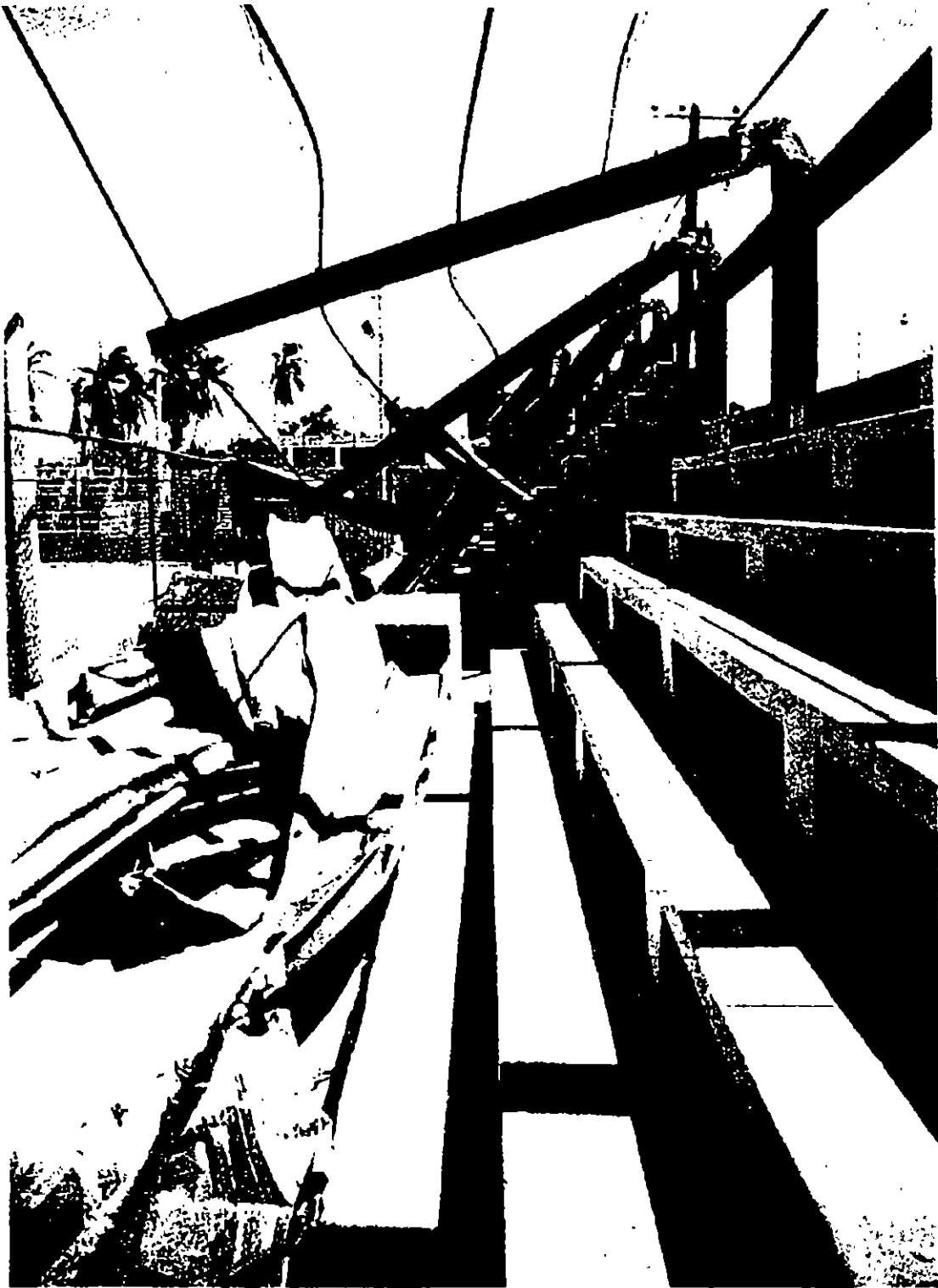
N O T A S



Anuncio publicitario demibado (Mérida)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



Daños al techo de las gradas de un campo de beisbol (Puerto Progreso)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



Torre de alumbrado del estadio derrumbada en Mérida

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.8 Mecanismos de falla

Existen varios tipos de falla. Una es de tipo local, otra es de tipo parcial y otra es de tipo total.

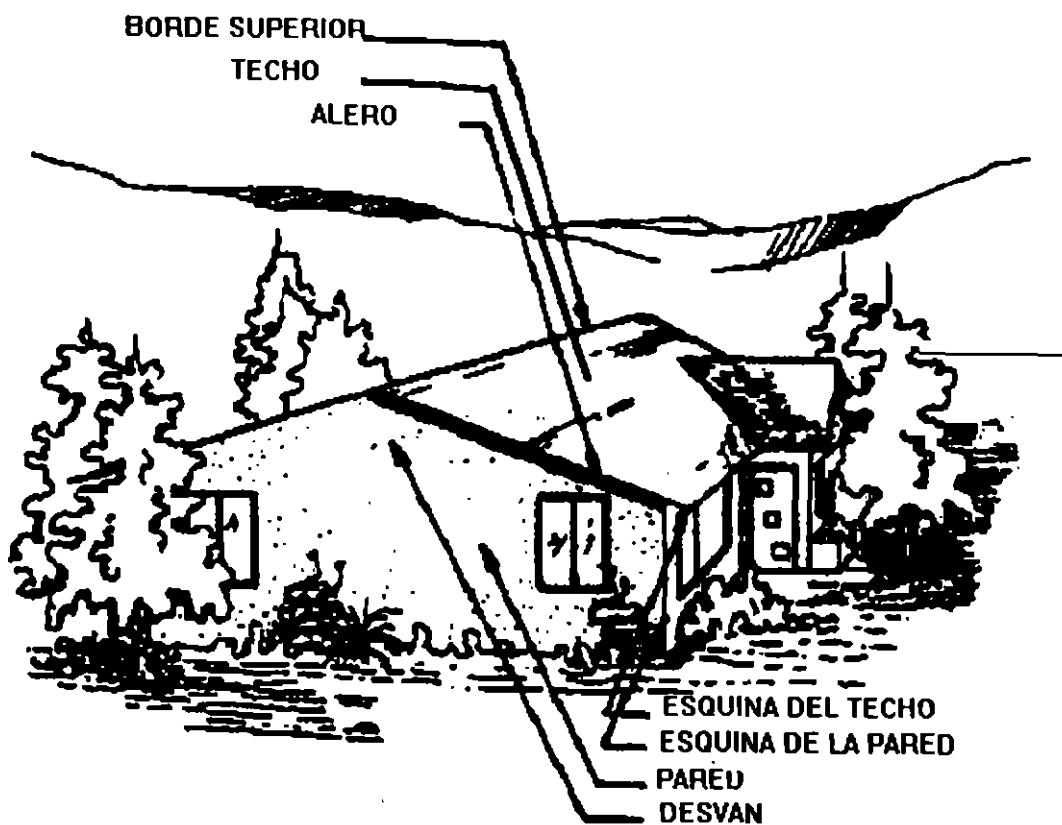
Las fallas de tipo local se deben principalmente a defectos en las cubiertas y paredes de la construcción. Se presentan mayormente en las esquinas y bordes donde se concentran las presiones inducidas por el flujo.

Las fallas de tipo parcial son debidas a varios factores. Uno puede ser por fallas locales que se propagan. Otro causa puede ser una falla parcial que causa un cambio en la distribución de presiones.

Las fallas totales o colapsos de la estructura pueden ocurrir por varias causas, por ejemplo por la falla de un elemento de la estructura principal, o también por la propagación de fallas locales.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

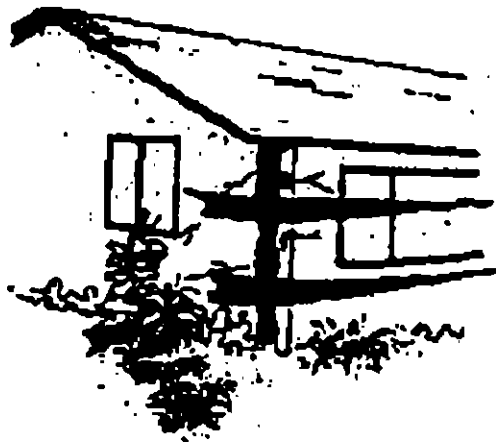
N O T A S



COMPONENTES DE UNA CONSTRUCCION AFECTADA POR EL VIENTO.

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



ESQUINA DE PARED



ALERO



BORDE SUPERIOR

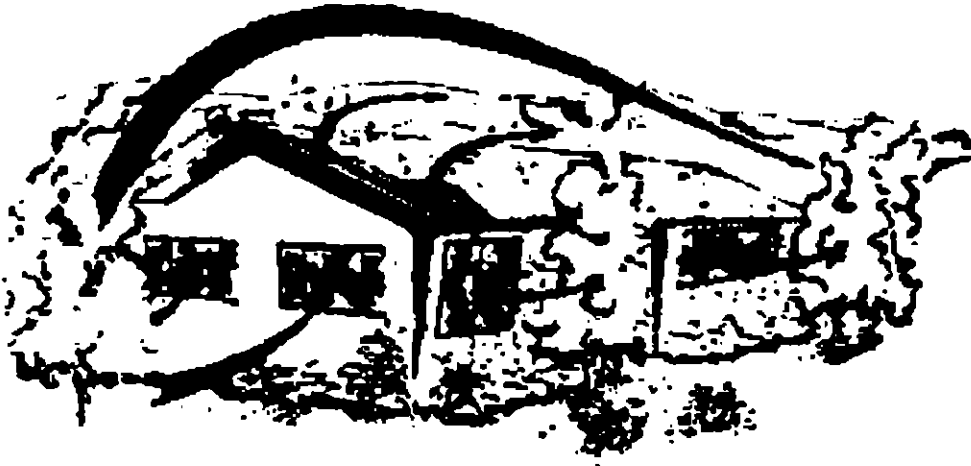


ESQUINA DE ALERO

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

A)



B)

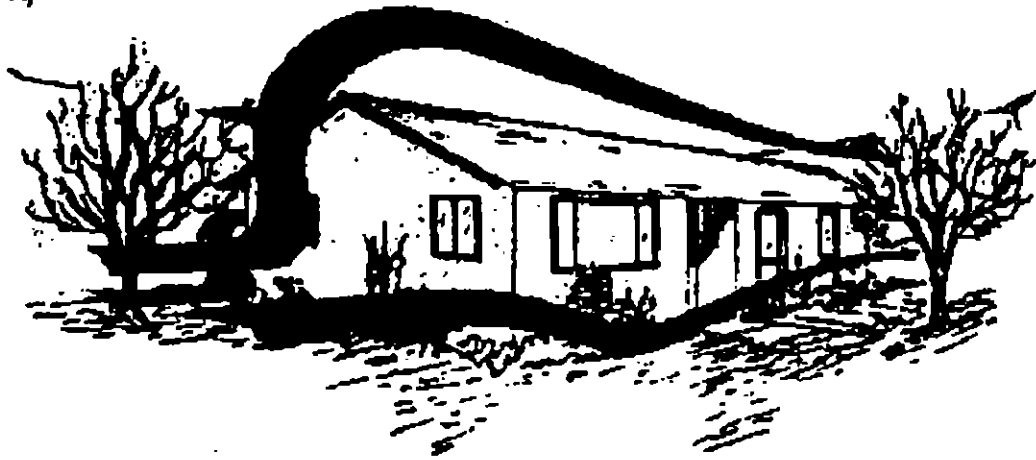


- A) DAÑOS POR AUMENTO DE LA PRESION INTERNA
(ABERTURAS EN BARLOVENTO)
B) DAÑOS POR AUMENTO DE LA PRESION EN BARLOVENTO
(ABERTURAS EN SOTAVENTO)

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

A)



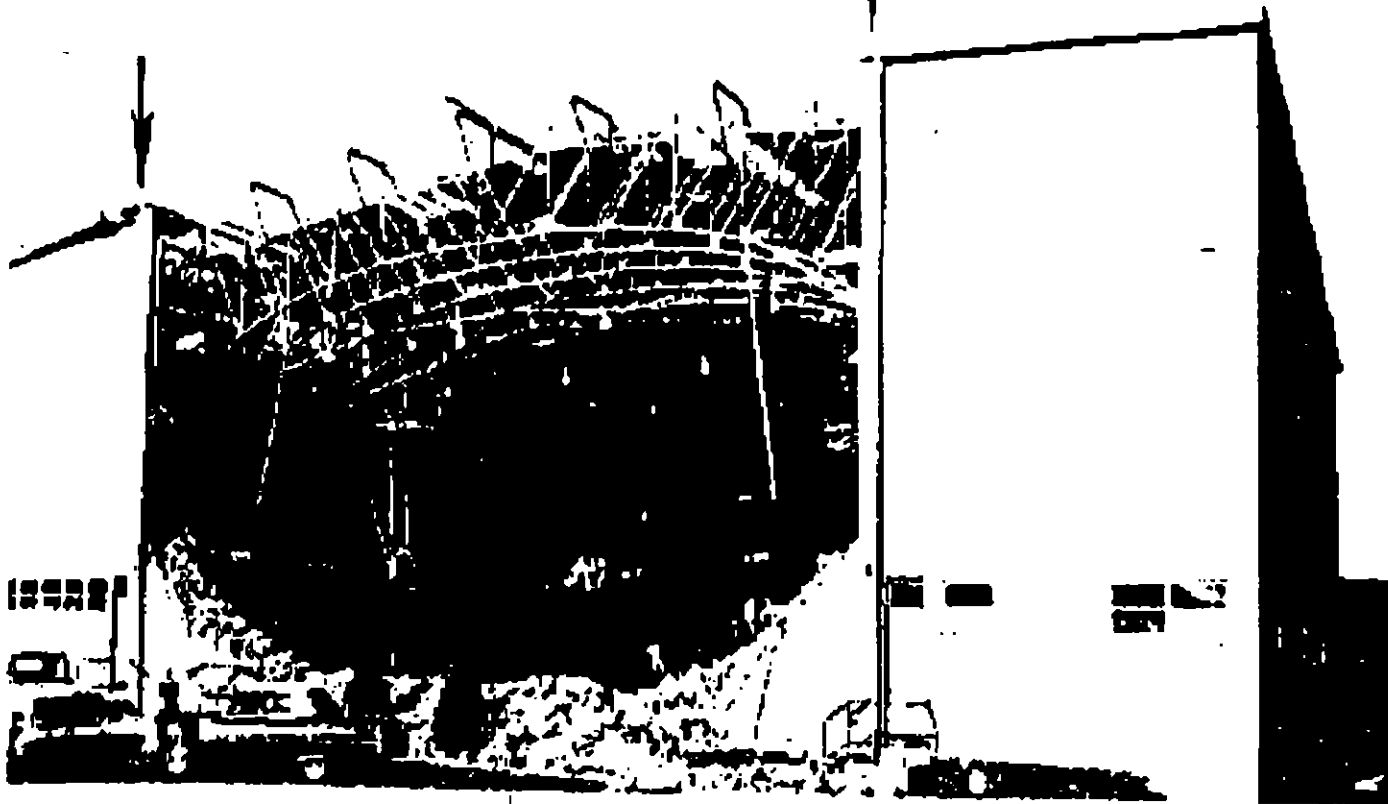
B)



A) PATRONES DE FLUJO
B) FALLAS INDUCIDAS EN PAREDES Y TECHOS

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



FALLA DEL MURO DE BARLOVENTO. LA PRESION EXTERNA HIZO CAER EL MURO

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

II.9 Medidas para minimizar daños

Generales:

- a) Evitar montículos y cañadas donde se acelere el viento
- b) Reducir en la medida de lo posible la altura máxima.

Casas habitación:

- a) Proteger ventanas contra la presión del viento y contra proyectiles. (rejillas de madera, despegadas de los vidrios y que se sujeten por fuera de la construcción, bastan)

Construcciones temporales flexibles (madera, carton y lámina)

- a) Reforzar la sujeción de los elementos de la cubierta para evitar desprendimiento.
- b) Aumentar al doble la sujeción en las esquinas y bordes

Estructuras de grandes claros

- a) Reforzar la estructura ante fuerzas laterales causadas por la combinación de presión externa e interna.
- b) Considerar en el cálculo de fuerzas, las posibles alternativas de dirección.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.10 Refugios temporales

Para guarecerse de los vientos se recomienda lo siguiente:

- a) Reforzar las ventanas de la habitación o construcción.
- b) Ubicarse en una habitación que esté localizada al centro de la construcción o en el lado detrás del viento.
- c) Guarecerse debajo de mesas rígidas (de ser necesario reforzarlas) colocando camas o muebles pesados a los costados.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.11 Documentación de daños

Se requiere que la sociedad conozca y sea consciente de las pérdidas humanas y materiales que los huracanes causan. Para aprender las lecciones de la naturaleza es necesario documentar la acción destructiva de los CT. Para ello es necesario contar con recursos, humanos y materiales, que permitan cuantificar, ubicar y discutir los daños causados por huracanes.

Específicamente de los vientos es importante documentar:

- a) El tipo de proyectiles y los daños causados
- b) El tipo y ubicación de construcciones afectadas
- c) La velocidad máxima registrada en el sitio de interés, y si no se cuenta ello la velocidad registrada mas cercana, indicando la distancia.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

II.12 Velocidad y daños

Como la fuerza es proporcional al cuadrado de la velocidad, se puede considerar como una primera aproximación que los daños aumentan al menos con al cuadrado de la velocidad. También se podría considerar que los daños son proporcionales a la energía del viento es decir al cubo de la velocidad.

Sin embargo, la respuesta no lineal del daño en la estructura fija ciertos umbrales de la velocidad del viento donde el daño puede cambiar bruscamente de ser casi insignificante a ser total y castrófico.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

II.13 Túnel de viento

El túnel de viento es una herramienta indispensable para calcular las fuerzas de viento en una estructura. La complejidad de los flujos alrededor de obstáculos de forma irregular, como son las estructuras convencionales, justifica el uso intensivo del túnel de viento.

Realizar estudios en túnel de viento para las formas tradicionales de vivienda, y de otras estructuras importantes, permitiría detectar las zonas y puntos vulnerables a la acción del viento.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

II.14.- Software de simulación del campos de vientos producidos por un ciclón.

1.- Objetivos.

EL objetivo y función de los códigos es el simular en forma dinámica varios aspectos del campo de vientos producido por un ciclón tropical,, en su evolución en el tiempo y el espacio (trayectoria).

2.- Descripción.

Se presenta seis códigos de computadora VIENTOS1, ANEMOM1, OPV1, ENVOLV1, ISOTACV1 y ZONASV1, la similitud entre ellos consiste en que todos los códigos utilizan un mismo modelo de vientos para realizar los cálculos, y la diferencia esencial son en cuanto a los puntos donde se realizan los cálculos y la forma de presentación de resultados en pantalla.

3.- Entradas.

Los cálculos se basan en datos sobre la trayectoria e intensidad del ciclón, o sea el tiempo, posición y presión central para varios puntos a lo largo de la trayectoria, histórica o pronosticada.

4.- Producto de salida.

El código VIENTOS1 presenta en pantalla y en forma gráfica el campo de vientos del ciclón de interés, a través de vectores representantes de la magnitud y dirección de la velocidad de viento superficial, conforme evoluciona en su trayectoria e intensidad de las cercanías de México. Su utilidad práctica es más bien conceptual al presentar en forma compacta y comprensible la dirección y magnitud relativa de los vientos, aunque también se reporta en forma numérica los valores del tiempo máximo sostenido o ráfagas.

El código ANEMOM1 presenta en pantalla la simulación de un anemómetro localizado en un punto escogido por el usuario al mismo tiempo que se ubica en pantalla la localización y recorrido del ciclón. Dicho anemómetro presenta la magnitud y dirección del viento en el punto de interés, y para efectos de comparación, la magnitud de la velocidad de vientos máxima (en la periferia del ojo a la derecha de la trayectoria). Al final se presentan gráficas de los registros que en un anemógrafo hubiese registrado en dicho punto. Nuevamente su utilidad práctica mayor es conceptual al indicar explícitamente los detalles del campo de vientos en el punto de interés, en forma compacta y comprensible.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

El código OPV1 tiene un objetivo y función más prácticos, (su nombre proviene de Operativo Vientos 1). En la práctica, el usuario estará interesado en varias localidades de interés y en la obtención rápida de resultados. OPV1 realiza los cálculos de magnitud y dirección de vientos hasta 10 localidades distintas de interés para el usuario sin presentar la simulación gráfica en pantalla de estas, si no solamente los registros que de anemógrafos en estos puntos se obtendrían.

El código ENVOLV1 tiene por objetivo calcular la envolvente de vientos máximos que deja a su paso el huracán que se está simulando. Esto lo hace calculando los vientos instantáneos sobre una red de nodos rectangular, almacenando exclusivamente los valores máximos que se presentan en cada nodo y calculando un mapa de isotacas (líneas de igual velocidad de viento) máximas o un mapa de vectores que indican la magnitud y dirección de dichas velocidades máximas.

El código ISOTACV1 presenta en pantalla y en forma gráfica el campo de vientos superficial del ciclón de interés, en forma de curvas isotacas (isolíneas de igual magnitud de la velocidad de viento), alrededor del centro de ciclón conforme este se desplaza y evoluciona. Es de utilidad práctica al poderse evaluar rápidamente la extensión y alcance de la zonas de vientos intensos.

El código ZONASV1 tiene por objetivo el auxiliar en el reporte, análisis o predicción de los radios desde el centro del ciclón a las isotacas de 3 velocidades distintas, en direcciones NE, SE, SW o NW, en la forma tradicional en meteorología de ciclones tropicales.

5.- Requisitos y restricciones operativas.

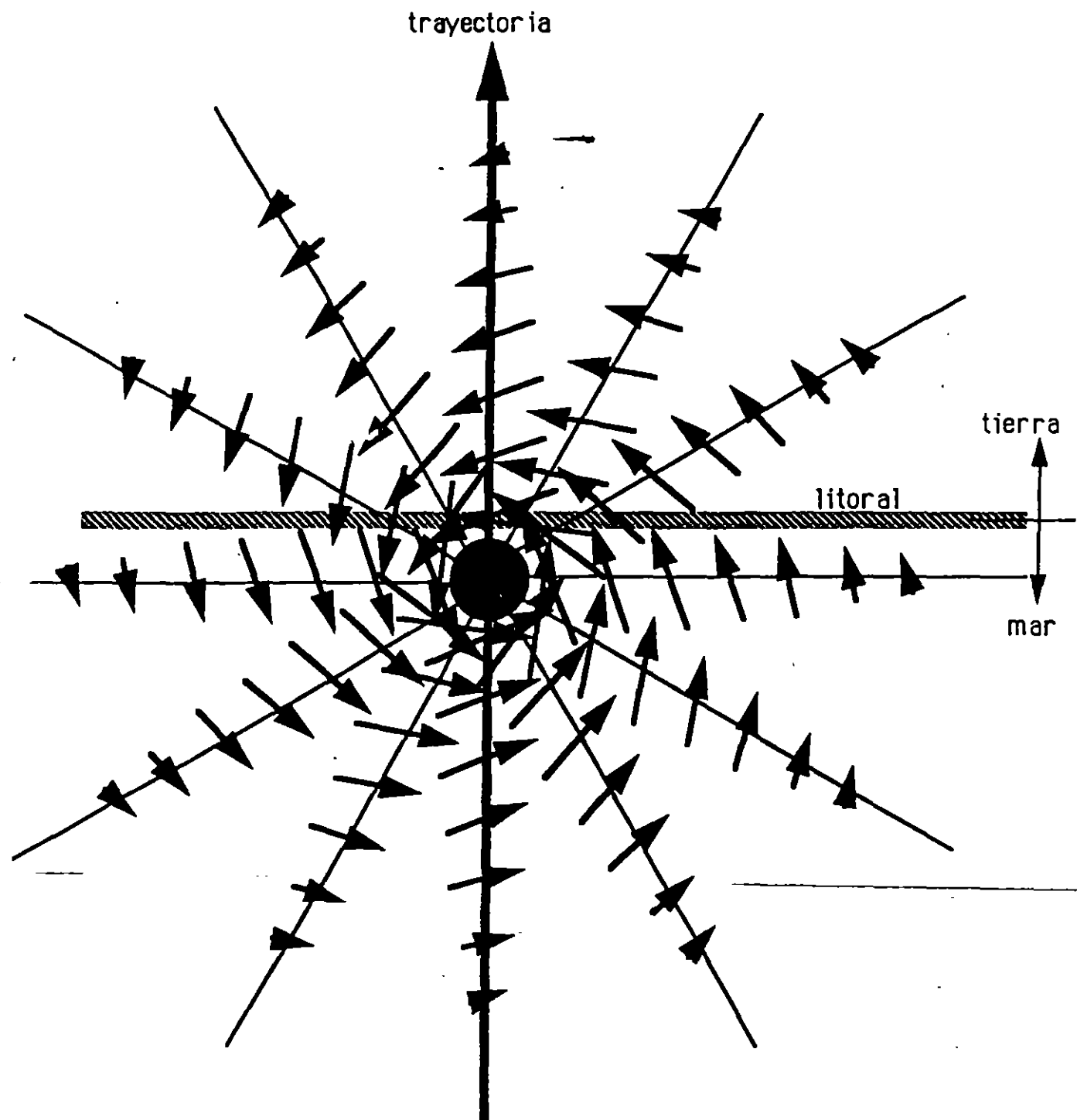
Los códigos están implementados el lenguaje de programación TrueBASIC, para computadoras IBM-PC compatibles con 640K de memoria RAM, así como computadoras Apple Macintosh, dichos códigos se encuentran en sus primeras versiones y están sujetos a mejoras o cambios, tanto en estructura como en el método o algoritmo de cálculo utilizado; y estas se van realizando conforme se estudian, analizan y desarrollan nuevos métodos, así como a sugerencia de los usuarios.

6.- Condiciones de uso.

Los códigos pueden ser utilizados en forma de simulación histórica o en forma predictiva, dependiendo de si los datos proporcionados sobre la trayectoria o intensidad son históricos o de pronóstico, los códigos no sustituyen el criterio del usuario, por lo que el uso de los resultados será responsabilidad del usuario.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

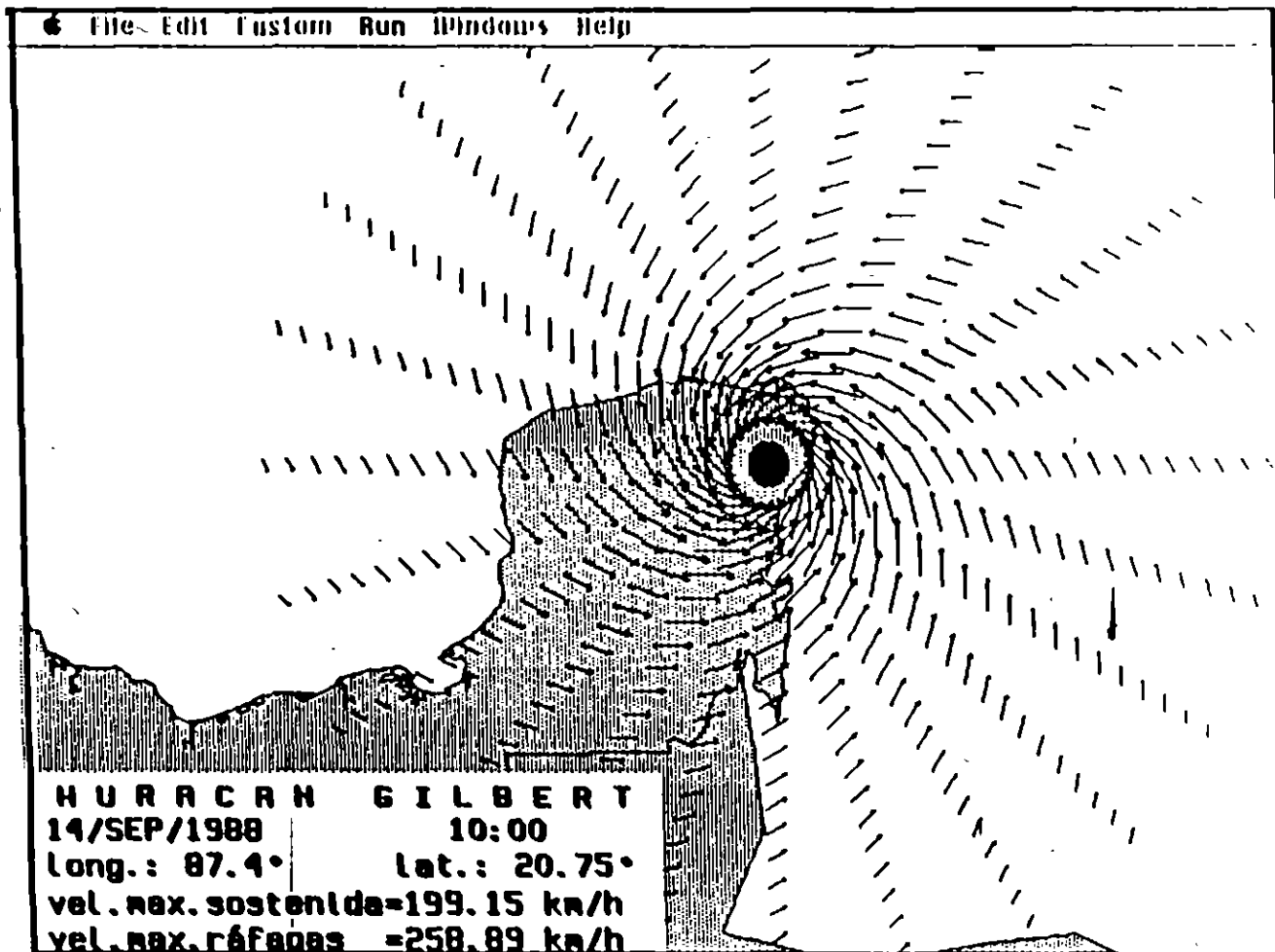
N O T A S



Esquema del campo de viento superficial para un huracán incidiendo en forma perpendicular a la costa (hemisferio norte)

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

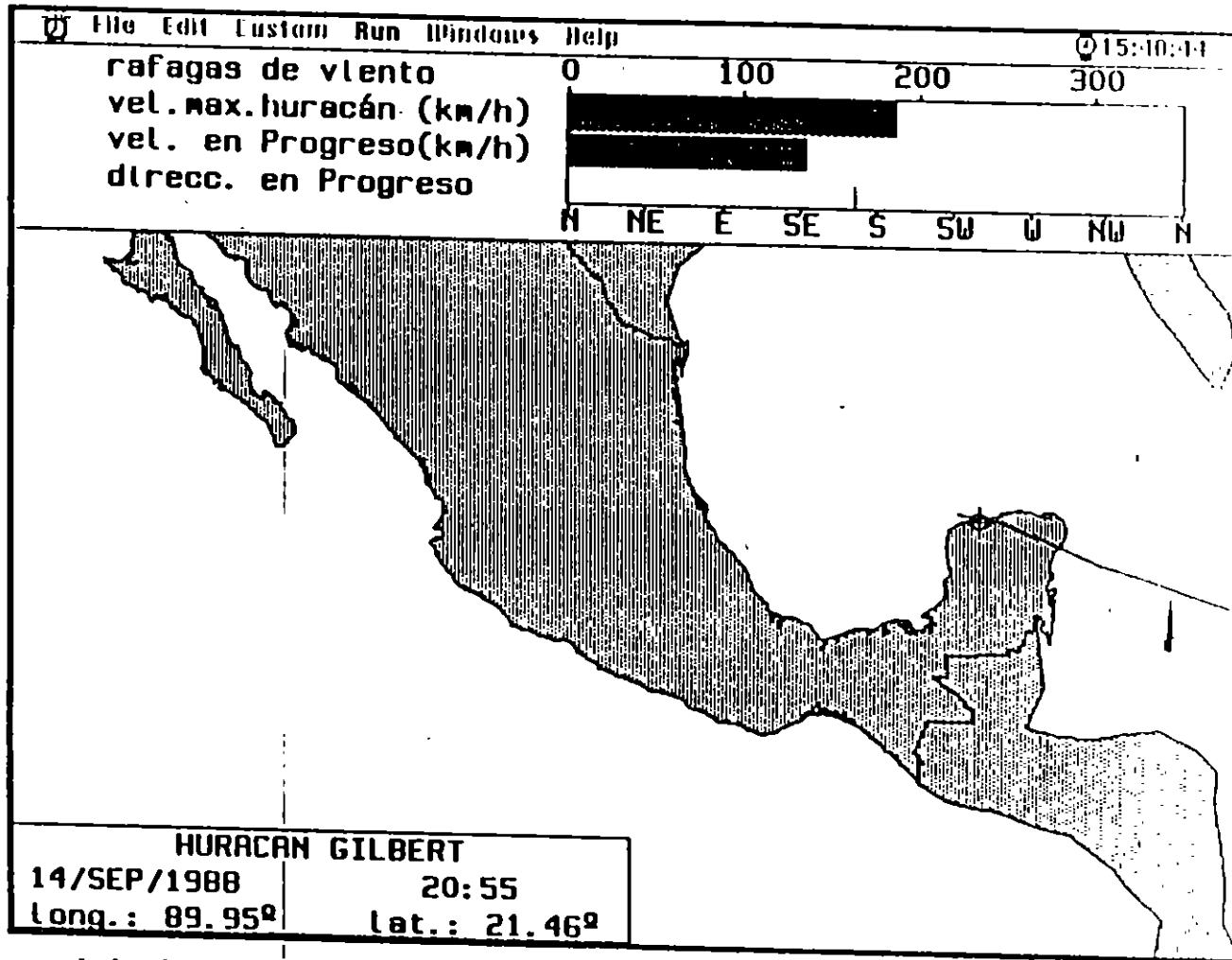
N O T A S



Campo de vientos al paso del huracán por Yucatan, el tamaño de las flechas y el diámetro del ojo varia según la intensidad, en este caso se realizo un zoom de la republica mexicana.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

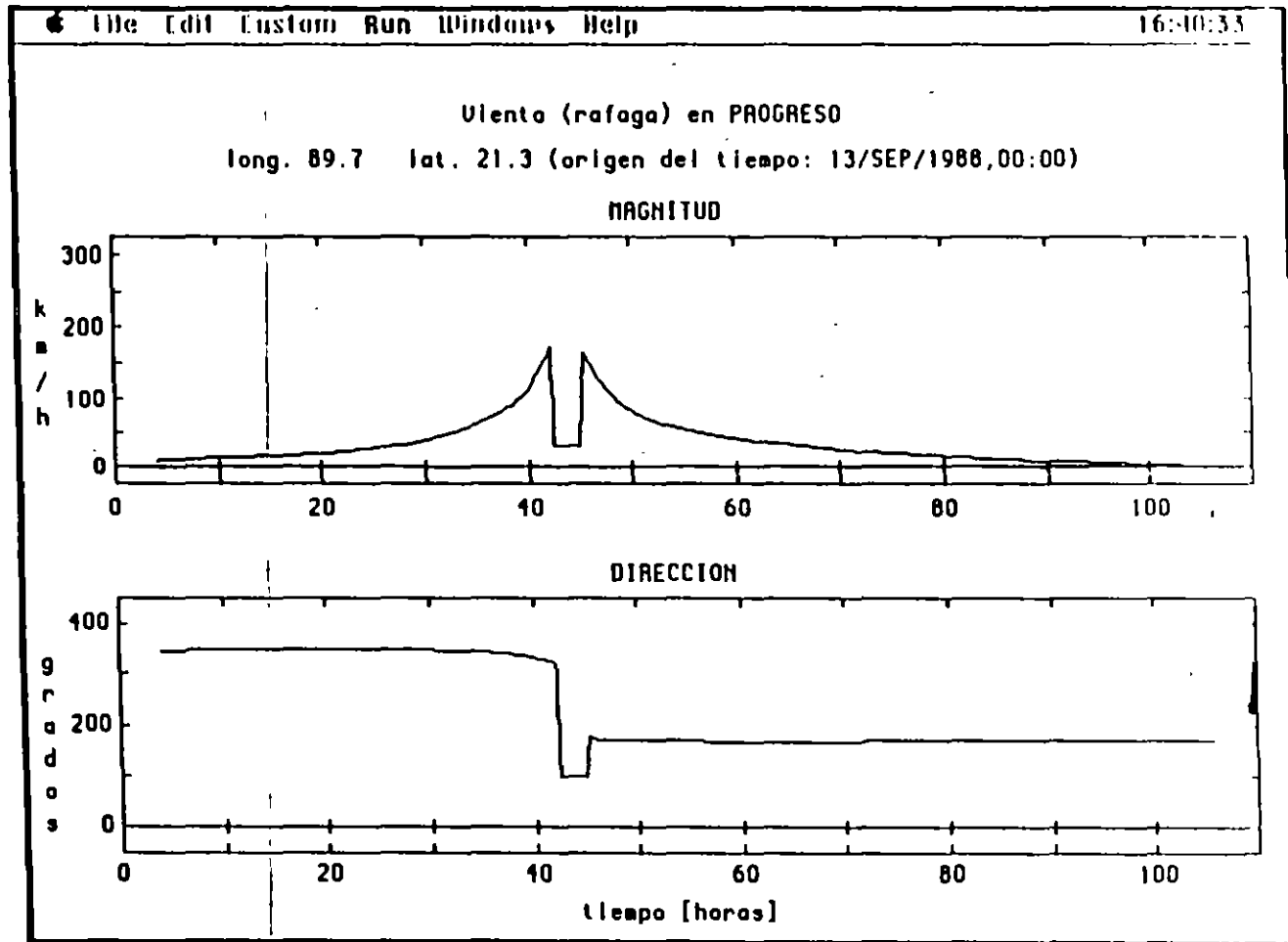
NOTAS



Trayectoria del huracán, el punto marcado con un círculo representa la ciudad de Progreso (escogido por el usuario), en la parte superior se encuentra el anemómetro que va registrando la intensidad y dirección del viento en dicha ciudad, para posteriormente presentar la distribución en forma gráfica.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

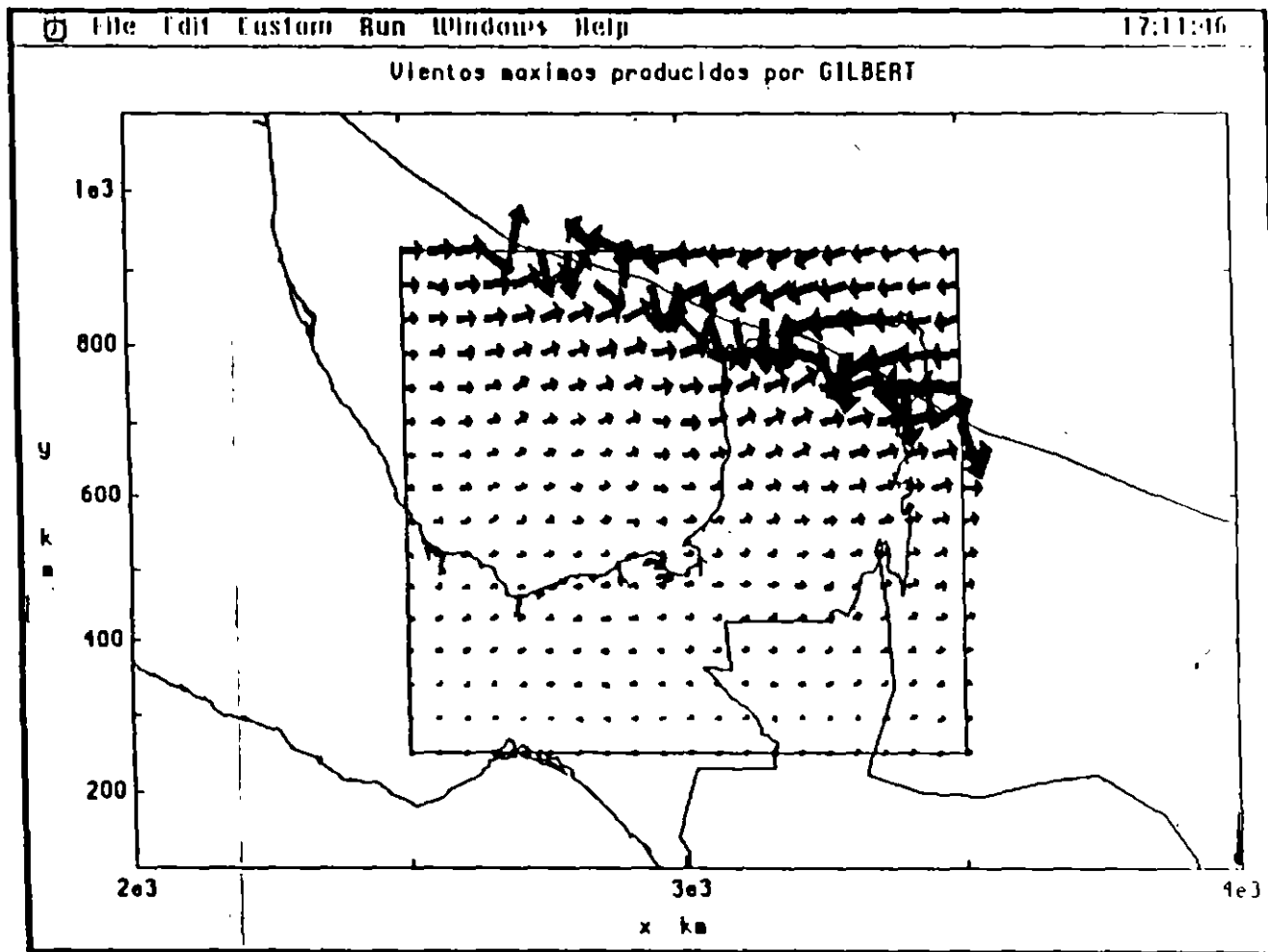


II-44

Gráficas de la magnitud del viento y su dirección en el tiempo, obtenidas por el anemómetro para la ciudad de progreso, nótese el paso del ojo del huracán en la distribución del viento, en esté programa se pueden obtener gráficas hasta para 10 diferentes lugares.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

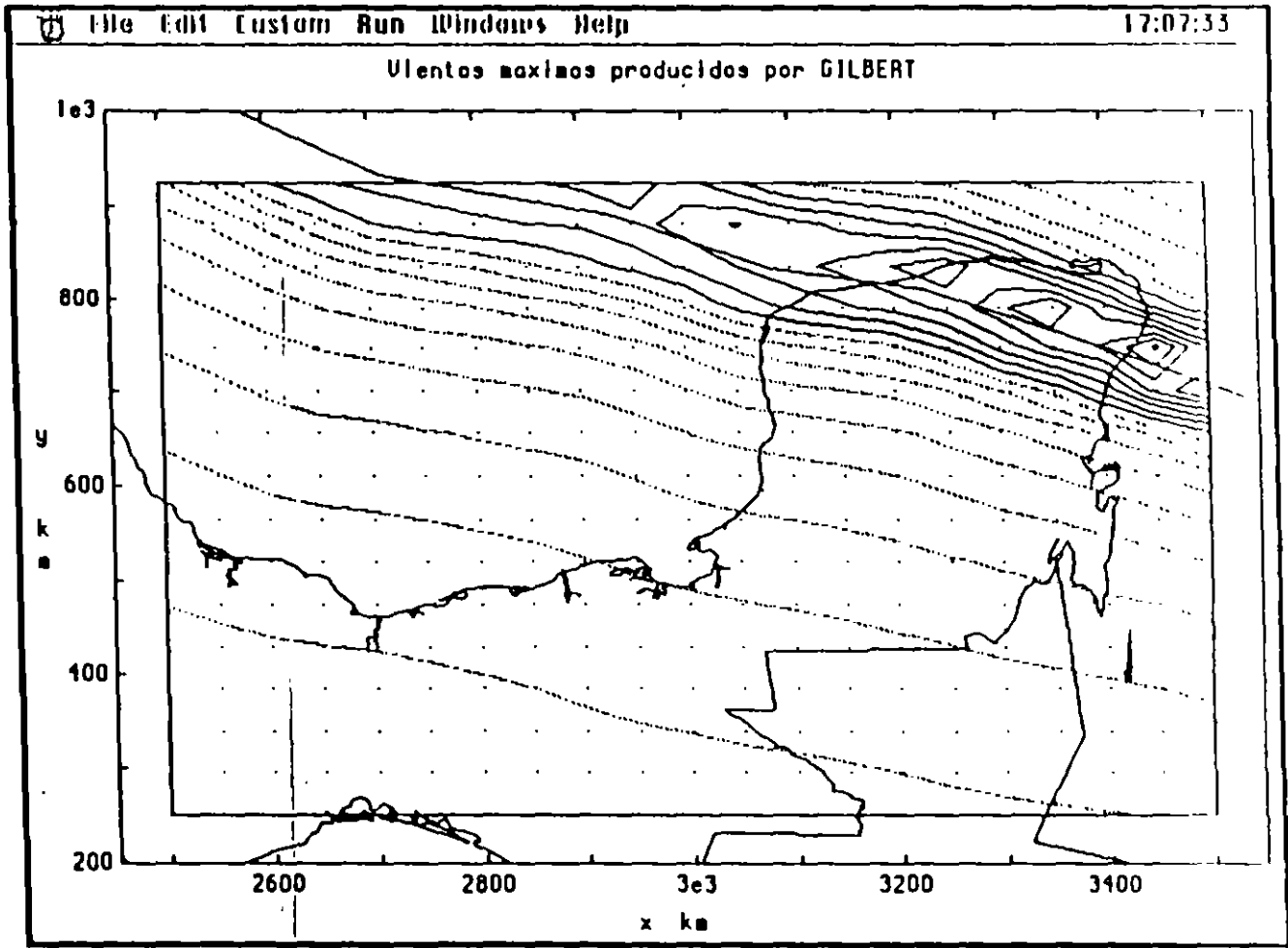
NOTAS



Representación vectorial del campo de vientos máximo, los vectores representan la magnitud y dirección del viento, con línea continua se puede observa la trayectoria del huracán.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS

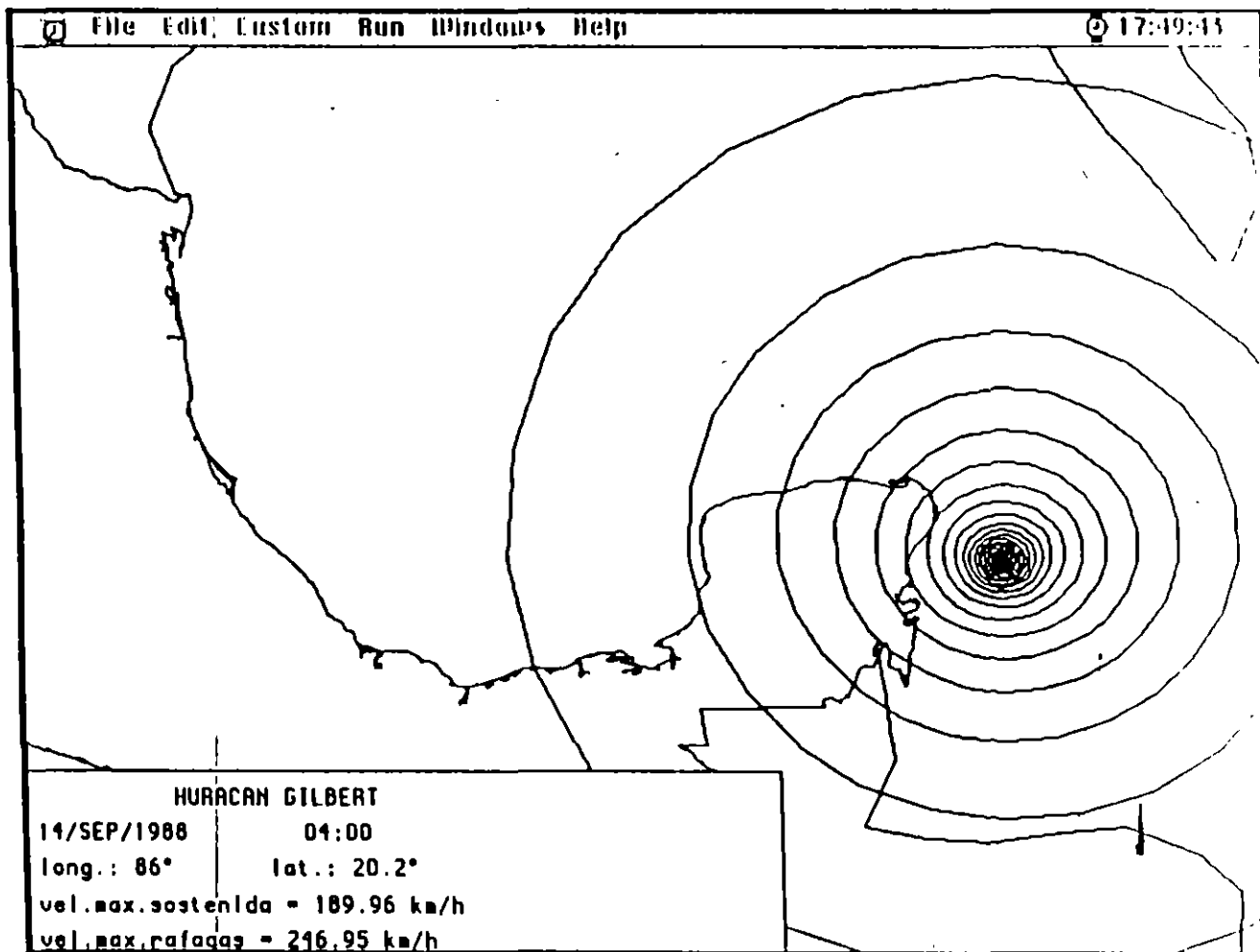


II-46

Isolíneas de igual magnitud de vientos máximos, para diferentes intensidades, en pantalla cromática cada intensidad esta asociada a un color escogidas por el usuario, los puntos representan la malla utilizada.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

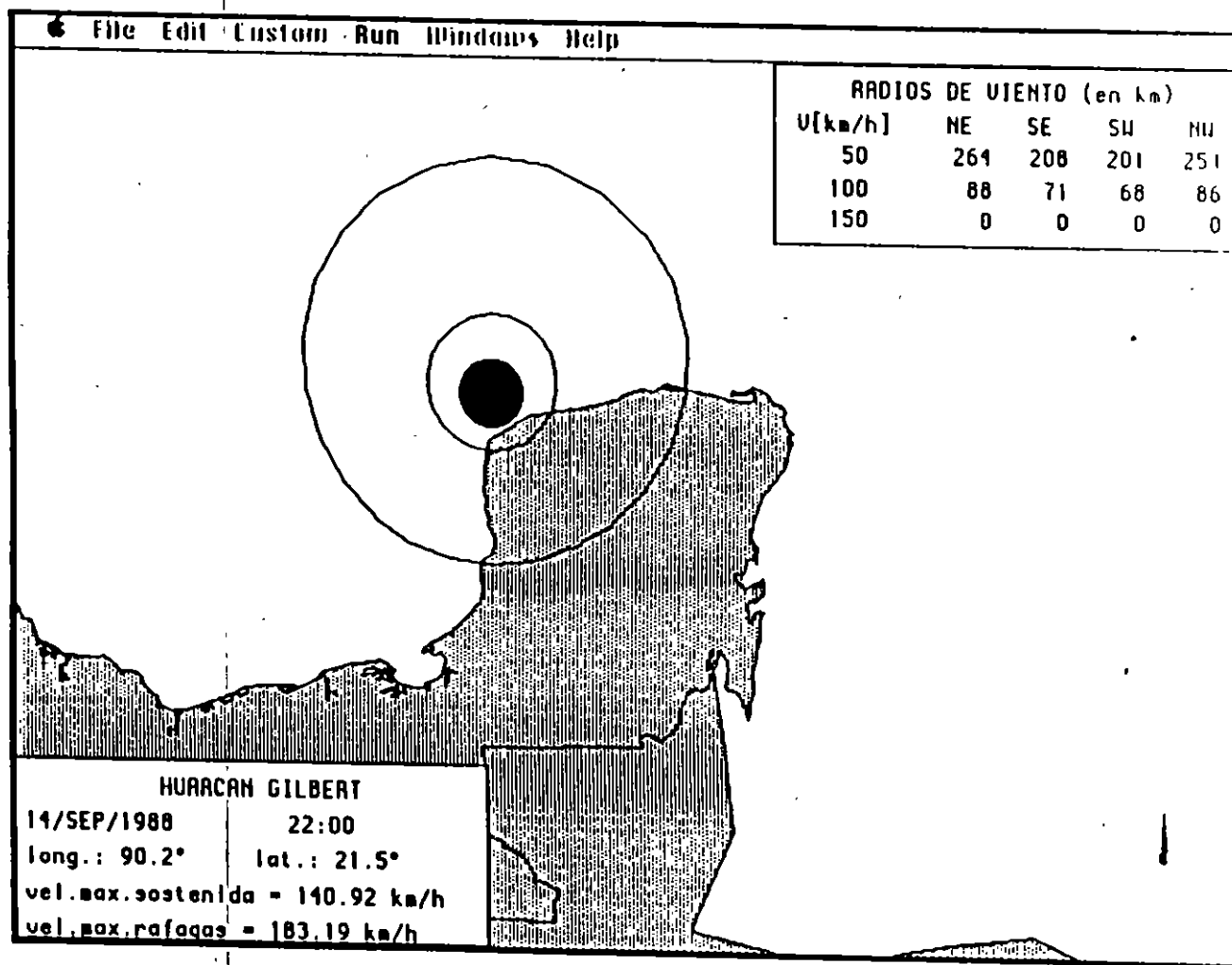
NOTAS



Representación del campo de vientos por medio de isotacas, la variación es de 10 a 200 km/h, con incrementos de 10 km/h.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



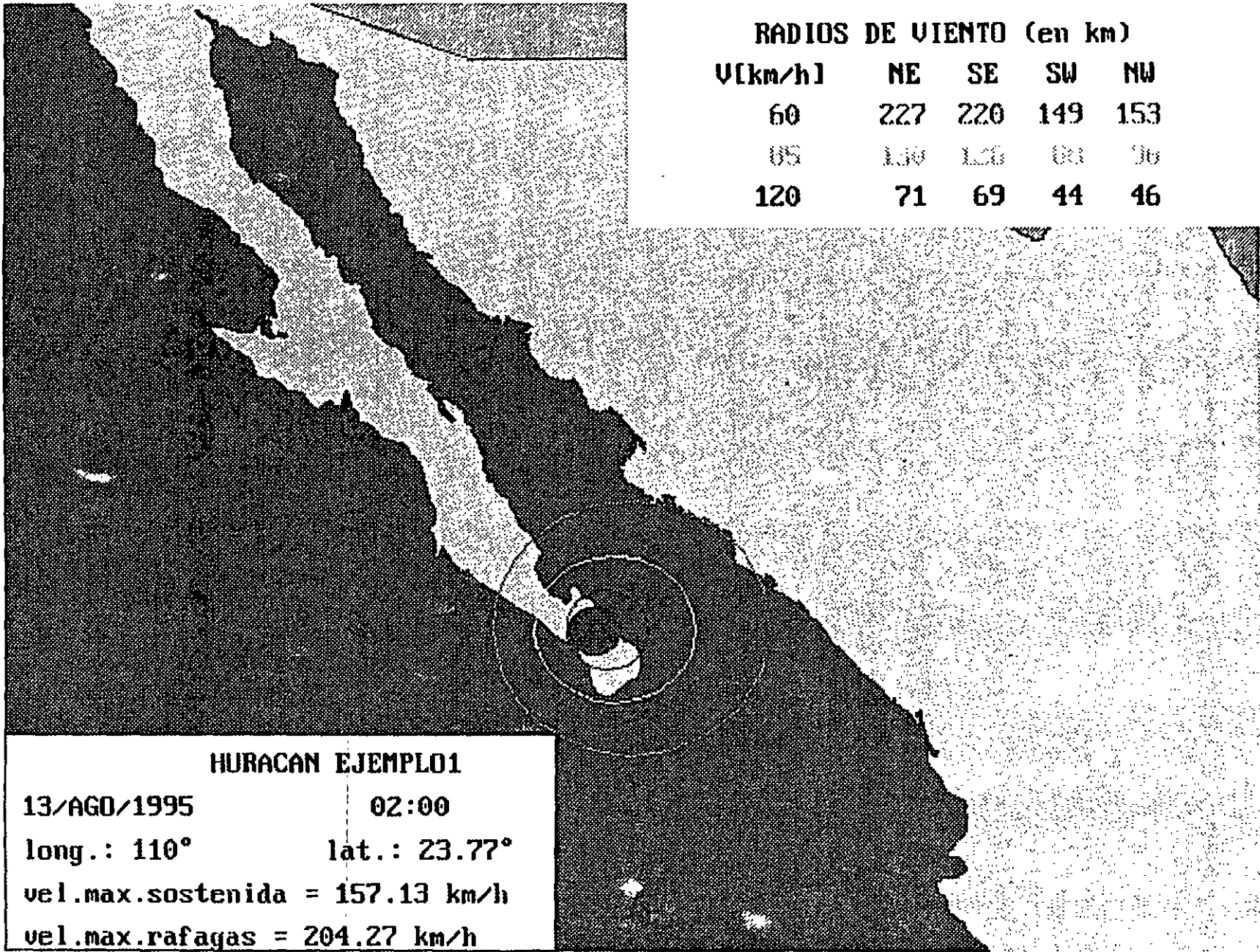
Radios de vientos para los niveles de 50, 100 y 150 km/h, nótese la zona de influencia para cada caso.

EFFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

PUNTOS DE IMPORTANCIA SOBRE VIENTOS CICLONICOS EN EL CONTEXTO DE PROTECCION CIVIL Y TOMA DE DECISIONES DE EMERGENCIA

- Los vientos peligrosos se extienden mucho más allá de la periferia del ojo del ciclón
- Las condiciones pueden ser críticas antes de que el centro del ciclón se encuentre sobre la zona (horas antes)
- En localidades sobre la trayectoria de paso del ciclón, los vientos aumentarán exponencialmente al acercarse el centro de giro.
- La aplicación de medidas de emergencia (evacuaciones, limpieza de materiales sueltos arrastrables, poda de ramas de árboles, corte de energía eléctrica, llenado de tanques de agua, transporte de combustibles, etc.) debe terminarse antes de que las condiciones sean críticas
- Vehículos de evacuación masiva no deben circular con vientos superiores a 50 km/h. Prácticamente todo vehículo se encuentra en peligro (de volteo) con vientos de más de 100 km/h.
- La visibilidad cerca de la costa será extremadamente mala en condiciones de viento intenso (por aerosol suspendido de la superficie del mar).
- Maquinaria pesada debe estar disponible para remover escombros de caminos en las rutas de evacuación desde el momento en que los vientos rebasen los 50 km/h.
- La población debe ser informada (y educada) sobre la peculiaridad de la tranquilidad relativa dentro del ojo y sobre la peligrosidad de los vientos después de su paso.
- Debe tratarse de mantener la transmisión por radio (comercial) durante todo el fenómeno para clarificar a la población qué es lo que sucede y en que etapa se encuentra. Esto no es obvio para la población en general.
- Es esencial que toda persona se encuentre resguardada de vientos una vez que estos rebasen 100 km/h, inclusive personal de emergencia. La población en general lo debe hacer desde mucho antes (digamos 50 km/h).
- El personal de emergencia debe utilizar la rapidez de incremento de vientos para juzgar cuanto tiempo tomará su decremento hasta niveles seguros una vez que pase el pico.



II-50

AREA ALREDEDOR DE UN CICLON TROPICAL AFECTADA POR VIENTOS PELIGROSOS

EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

RADIOS DE VIENTO (en km)				
V[km/h]	NE	SE	SW	NW
60	206	160	160	206
85	114	91	91	114
120	61	49	49	61

HURACAN EJEMPLO2

15/SEP/1995

12:00

long.: 85°

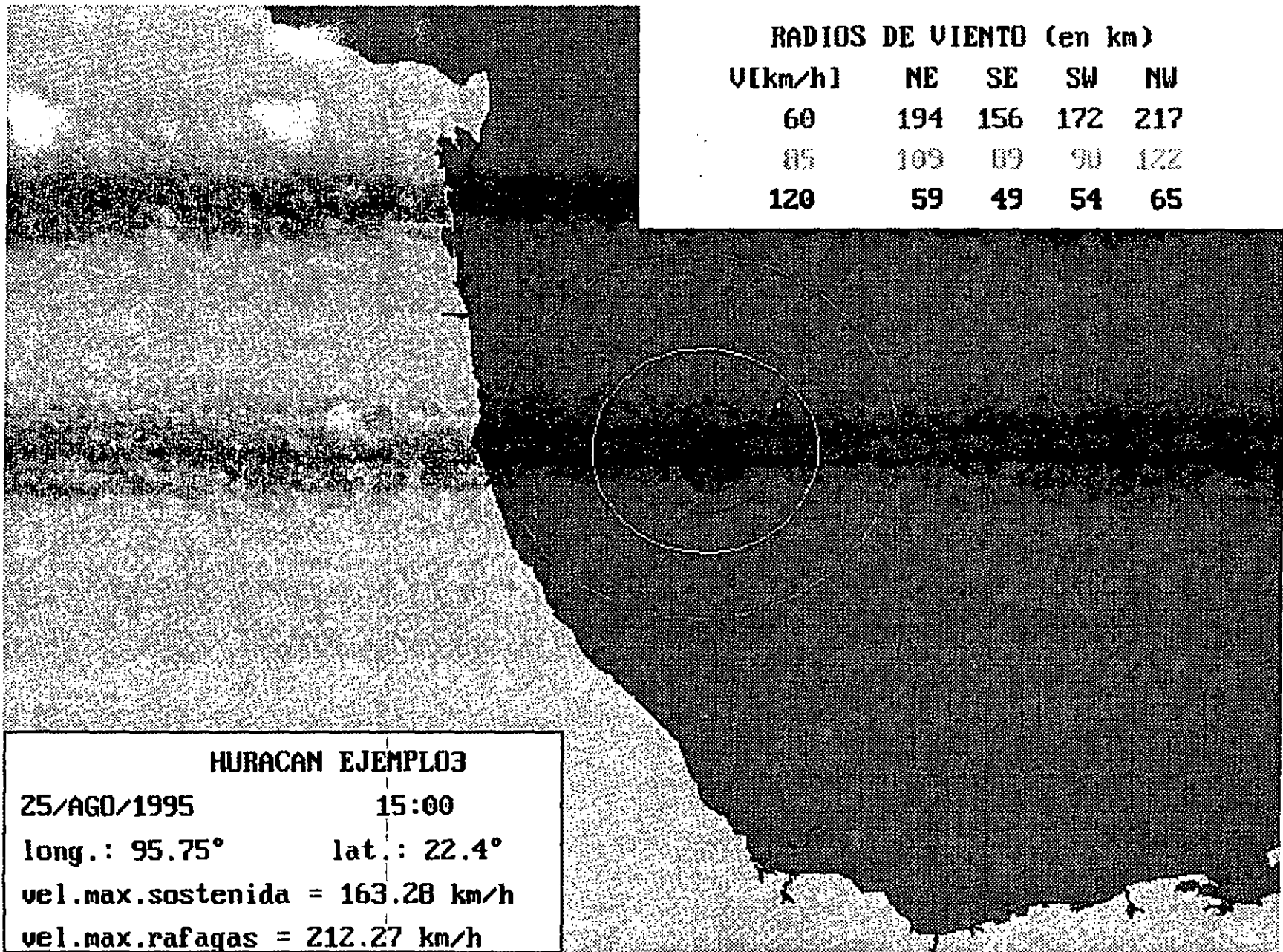
lat.: 20.7°

vel.max.sostenida = 163.39 km/h

vel.max.rafaqas = 212.41 km/h

EL EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

NOTAS



RADIOS DE VIENTO (en km)

V[km/h]	NE	SE	SW	NW
60	194	156	172	217
85	109	89	90	122
120	59	49	54	65

HURACAN EJEMPLO3
 25/AGO/1995 15:00
 long.: 95.75° lat.: 22.4°
 vel.max.sostenida = 163.28 km/h
 vel.max.rafaqas = 212.27 km/h

II-52

EL EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO

N O T A S

RECOMENDACIONES (SOBRE VIENTO) A LA POBLACION EN GENERAL

- **Resguardarse solo en edificaciones de características adecuadas (idealmente de mampostería con estructura de concreto armado todo alrededor de los muros, sin grandes ventanas y con techo de losa de concreto armado)**
- **Proteger ventanas con cubiertas o en su defecto colocarle cinta adhesiva (ancha y resistente) de extremo a extremo en forma de asterisco. Esto no evitará las roturas, pero minimizará la posibilidad de vidrios volando en el interior del inmueble.**
- **Recoger absolutamente todo objeto en el exterior que pueda salir volando arrastrado por el viento (incluyendo muebles de jardín, bicicletas, mangueras, etc.) y colocarlo en el interior.**
- **Podar las ramas viejas de toda la vegetación alrededor del inmueble para disminuir su resistencia al viento.**
- **Pensar en resguardar a mascotas y animales de granja. Caballos y ganado vacuno sobrevivirán mejor a la intemperie (no amarrar ni impedir su movilidad).**
- **Revisar el paquete de emergencias previamente preparado (linternas, pilas de repuesto, radio de transistores, botiquín básico, agua purificada para beber (72 horas), extinguidor, cobertores en bolsas herméticas, comida que no requiera refrigeración y pueda ser ingerida en frío.**
- **Si es posible, cortar energía y gas antes de que las condiciones sean críticas (cables y conductos rotos pueden producir incendios durante o al terminar el meteoro). Revisar instalaciones antes de reconectar.**
- **Evitar compras de pánico. Los preparativos esenciales deben hacerse al inicio de la temporada de huracanes, no inmediatamente antes de la incidencia.**
- **Si las condiciones lo permiten, llenar los tanques de gasolina de vehículos mucho antes del arribo de condiciones críticas.**
- **Resguardarse en el cuarto más pequeño y sin ventanas que se tenga en el inmueble durante las condiciones críticas (baños o armarios grandes son buenos candidatos).**
- **Proteger ventanas desde el interior con colchones o cortinas pesadas.**
- **Evitar utilizar el teléfono excepto para llamadas de verdadera emergencia (incluyendo el tipo celular).**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES NOTAS PARA EL ALUMNO

Duración: 40 horas

Coordinador: Dr. Michel Rosengaus M.

Instructores:

Dr. Michel Rosengaus Moshinsky (MRM)
M.I. Jorge Sánchez Sesma (JSS)
M.I. Guillermo Reza Arzáte (GRA)
M.C. Arturo Valdés Manzanilla (AVM)
M.I. Pedro Lomónaco Tonda (PLT)
M.I. Aldo Iván Ramírez (AIR)

Dirigido a: personal técnico (nivel profesional) cuyas labores o responsabilidades incluyan la toma de decisiones o acciones en el contexto de ciclones tropicales (manejo de obras hidráulicas, diseño/construcción de obras costeras, protección civil, prevención de desastres, manejo de emergencias, sector eléctrico, sector transportes, sector agua potable y drenaje, sector militar, gobiernos federales, estatales y municipales, etc.)

Objetivo: Al finalizar el curso los participantes adquirirán los conocimientos mínimos necesarios, sobre ciclones tropicales y sus efectos destructivos, mediante videos, acetatos, transparencias y simulación en computadora, con el fin de que desempeñen mejor sus actividades en cuanto a tomas de decisiones y planteen programas de prevención y remediación en los organismos a los que pertenecen.

Enfoque: Estas notas están orientadas a la comprensión amplia del fenómeno, así como la formación de recursos humanos que tienen contacto frecuente con ciclones.

Temario:

- I. Fundamentos sobre ciclones tropicales (AVM,MRM,GRA)
- II. El efecto destructivo viento (JSS, GRA, MRM)
- III. Efecto destructivo: oleaje (MRM,GRA,PLT)
- IV. Efecto destructivo: marea de tormenta (MRM,GRA)
- V. Efecto destructivo: lluvia (AIR, MRM, JSS, GRA, AVM)
- VI. Medidas de protección estructurales (PLT,AIR)
- VII. Análisis forense en ciclones tropicales) (MRM)

TEMARIO (CAPITULO I)

- I. Fundamentos sobre ciclones tropicales (AVM,MRM,GRA)(7:00)**
- I.1. ¿Qué es un ciclón tropical? (AVM)**
- I.2. Clasificación (depresión tropical, tormenta tropical, huracán I a V) (AVM)**
- I.3. Estructura fluidodinámica de un ciclón tropical (AVM)**
- I.4. Mecanismo energéticos de un ciclón tropical (AVM)**
- I.5. Condiciones de ciclogénesis (AVM)**
- I.6. Temporadas y regiones de ciclogénesis (AVM)**
- I.7. Climatología de trayectorias de ciclones tropicales que afectan a México (AVM,GRA)**
- I.8. El problema del pronóstico de la trayectoria y la intensidad (AVM,GRA)**
- I.9. Interpretación de boletines meteorológicos (AVM)**
- I.10 Fuentes de información sobre ciclones tropicales históricos (AVM)**
- I.11. Redes modernas de observación, monitoreo y seguimiento de ciclones tropicales (MRM)**

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Que es un ciclón ?

Un área casi circular de baja presión en torno de la cual circula aire. En el hemisferio norte, el movimiento ciclónico tiene el sentido opuesto a las agujas del reloj; en el hemisferio sur ocurre lo contrario.

Hay dos tipos de ciclones : los tropicales y extratropicales.

Los ciclones tropicales se forman en las zonas de la tierra que están dentro de los trópicos y su principal fuente de energía es la evaporación de agua de los océanos.

Los ciclones extratropicales se forman y desarrollan en las latitudes medias y altas y su energía la obtienen de la diferencia de temperatura entre diferentes masas de aire que se presentan en esas latitudes.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

¿Que es un huracán?

1. Un ciclón tropical de gran intensidad (vientos mayores a 120 km/h)
 2. Vientos giratorios en espiral alrededor de un centro de baja presión atmosférica (ojo del huracán)
 3. El sistema giratorio se traslada como un todo (a una velocidad típica de entre 10 y 40 km/h)
 4. La intensidad del viento es máxima en el borde del ojo del huracán y disminuye con la distancia radial hacia afuera
 5. Arrastra gran cantidad de humedad en su translación en forma de un núcleo y bandas nubosas.
 6. Area de influencia de cientos de km alrededor del centro
-

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Huracanes que han causado gran cantidad de muertes (hasta 1974)

<u>Fecha</u>	<u># Muertos</u>	<u>Lugar</u>
8-Sept-1900	6,000	T e x a s USA
12-17 Sept-1928	4,000	Antillas
3-Sept-1930	2,000	Dominicana
15-16 Oct-1942	11,000	India
25-27 Sept-1953	1,300	Vietnam y Japón
27-Sept-1954	1,218	Japón
17-19 Sept-1959	2,000	L e j a n o Oriente
26-27 Sept-1959	4,446	Japón
4-8 Oct-1963	6,000	C u b a , Haití
13-Nov-1970	300,000	Bangladesh
19-20 Sept-1974	2,000	Honduras

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

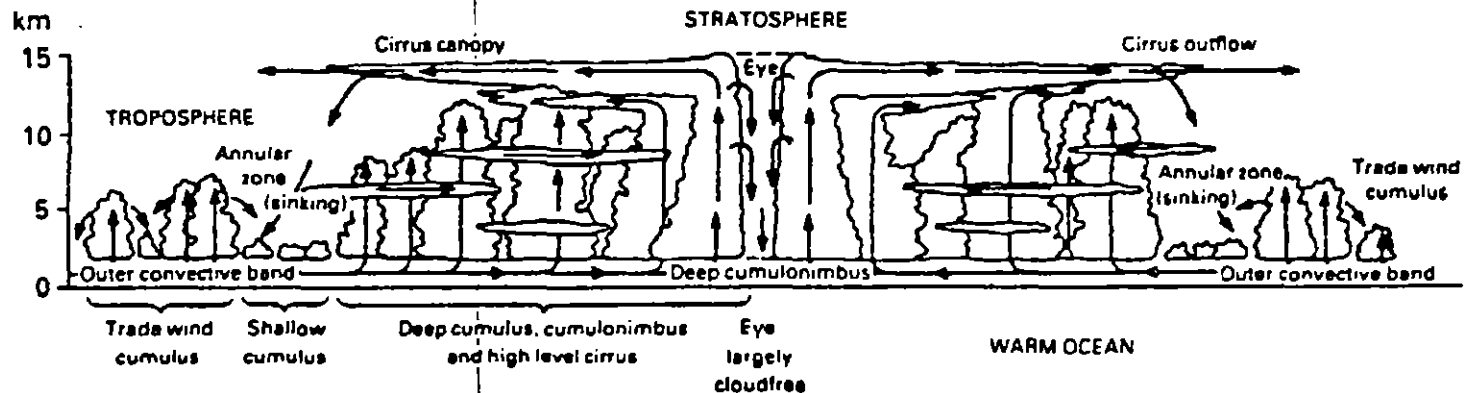
Clasificación de ciclones tropicales

Depresión tropical:	$V_{\max} < 61$ km/h
Tormenta tropical:	$61 < V_{\max} < 119$ km/h
Huracán I:	$119 < V_{\max} < 153$ km/h
Huracán II:	$153 < V_{\max} < 177$ km/h
Huracán III:	$177 < V_{\max} < 209$ km/h
Huracán IV:	$209 < V_{\max} < 250$ km/h
Huracán V:	$250 < V_{\max}$

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

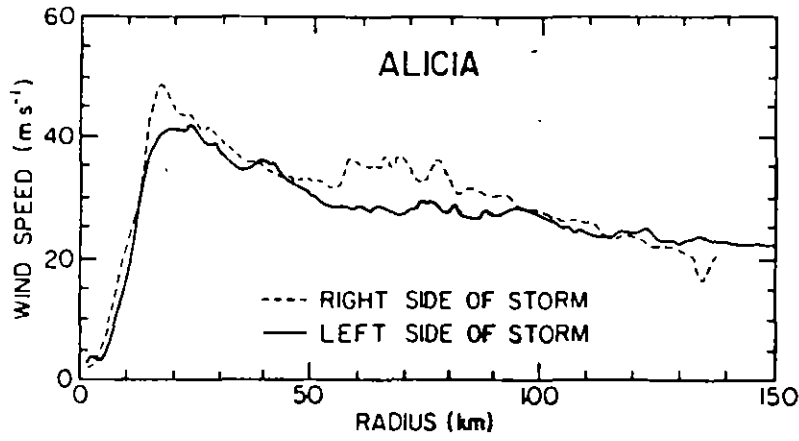
N O T A S

ESTRUCTURA DE UN CICLON TROPICAL (corte vertical diametral)

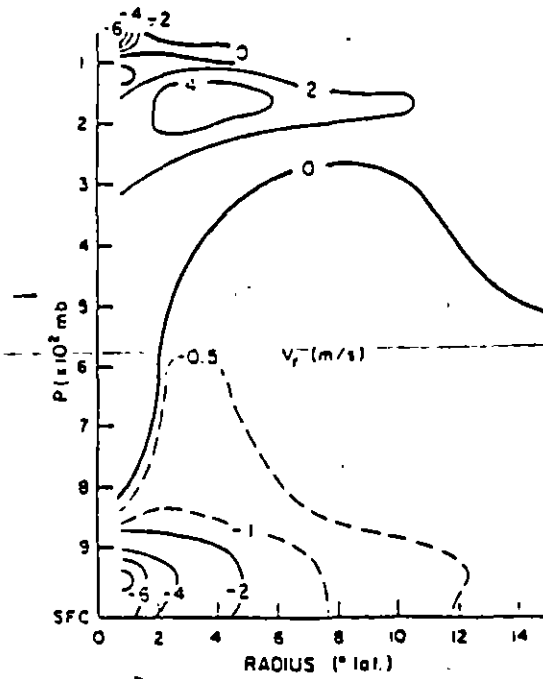


FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



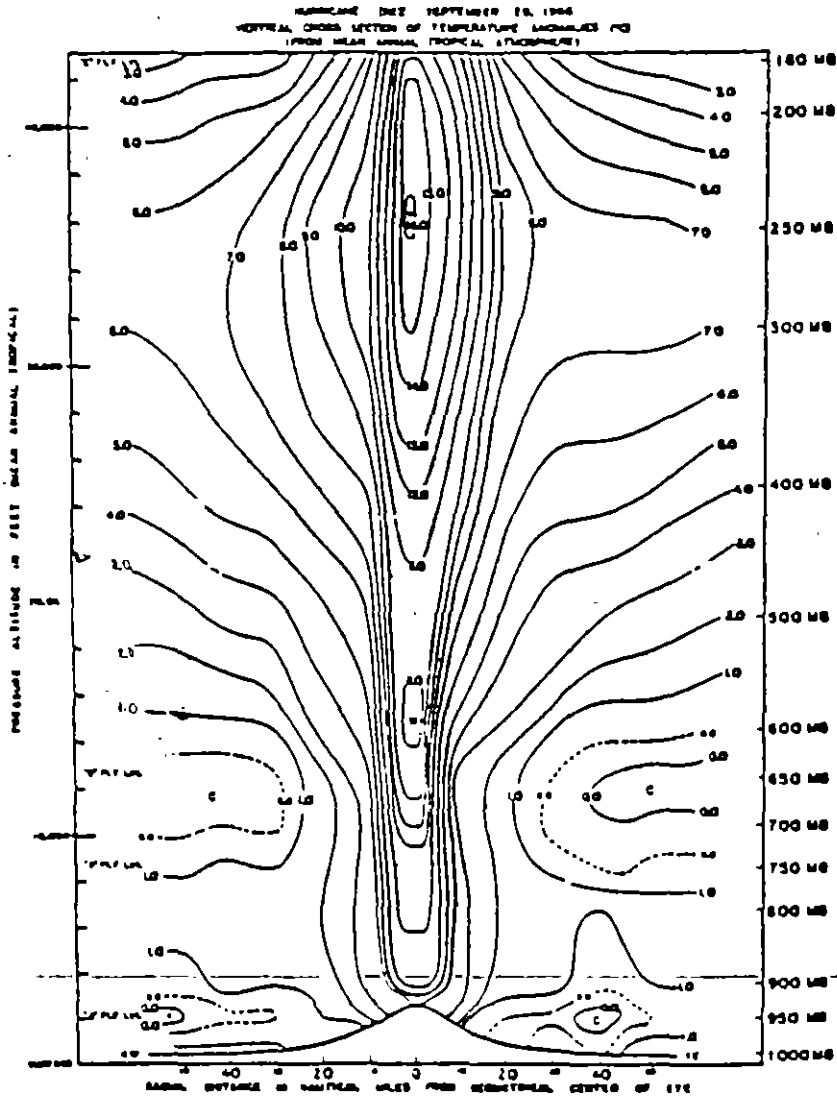
Perfil radial de los vientos a 1500 m. en el huracán Alicia



Sección transversal del viento radial en un huracán promedio.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

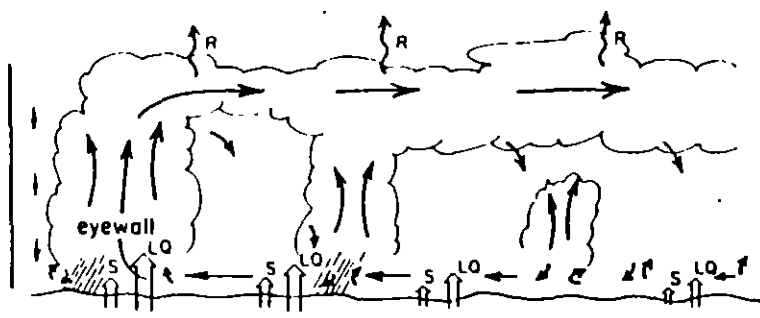
N O T A S



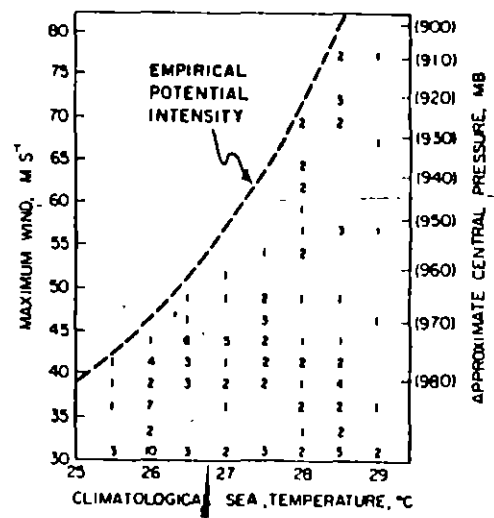
Sección transversal de la anomalía de la temperatura en el huracán Inés.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



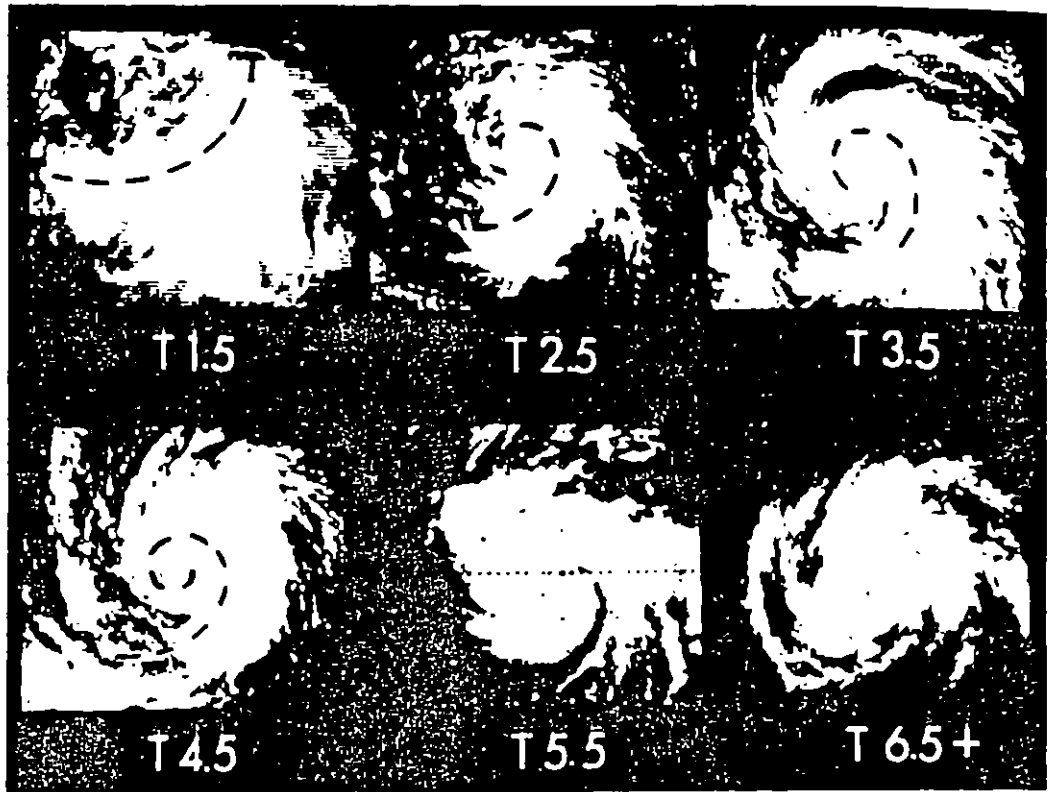
Flujo de calor sensible y latente en un ciclón tropical.



Relación empírica entre la temperatura del mar y la ocurrencia de huracanes.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



Ejemplo del modelo de desarrollo de ciclones tropicales en base a patrones nubosos de Dvorak.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA FORMACIÓN DE CICLONES TROPICALES

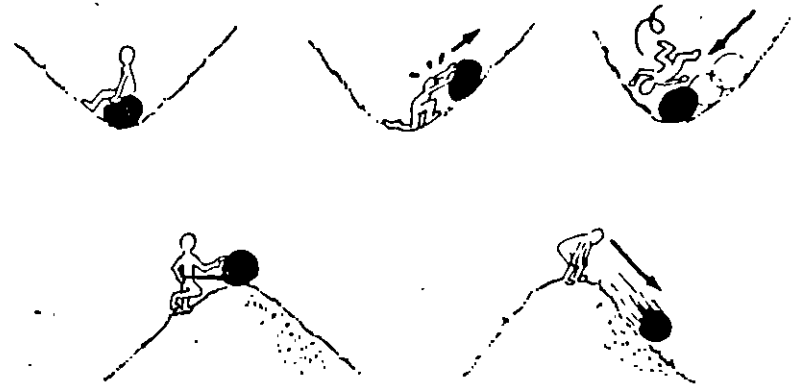
- 1) Latitud (parámetro de coriolis, f)
 - 2) Vorticidad relativa a niveles bajos de la tropósfera
 - 3) Cizallamiento vertical del viento en la tropósfera
 - 4) Temperatura del mar
 - 5) Grado de inestabilidad atmosférica
 - 6) Humedad relativa en la tropósfera media
-

VORTICIDAD

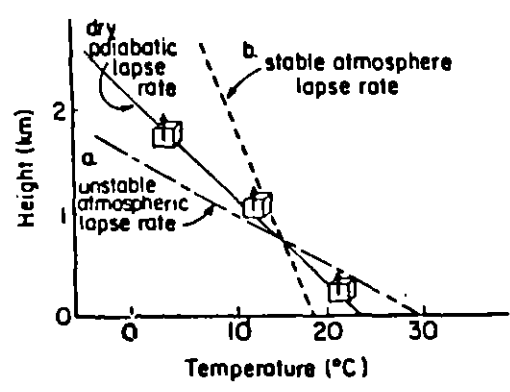
Es una medida de la rotación de un fluido, o de pequeñas parcelas de aire en el caso de la meteorología. Cuando algo gira tiene vorticidad y entre más rápido gira más grande es su vorticidad.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

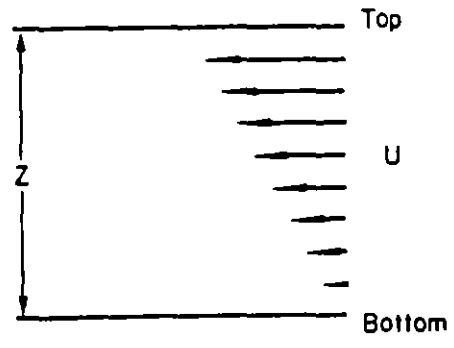
N O T A S



Concepto de estabilidad e inestabilidad



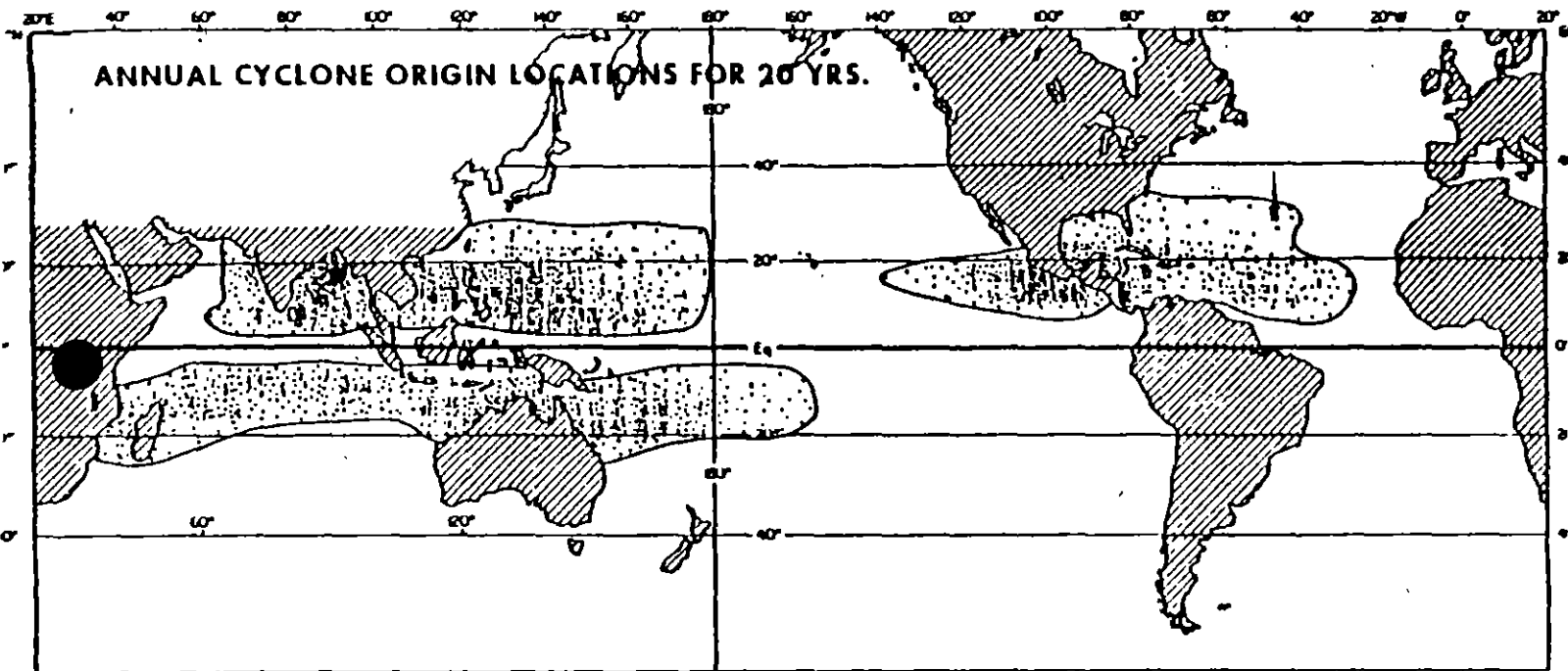
Cambio de temperatura con la altura para una atmósfera estable (a), una atmósfera inestable (b) y para una parcela que se enfría adiabáticamente mientras esta ascendiendo (línea sólida).



Cizallamiento del viento

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

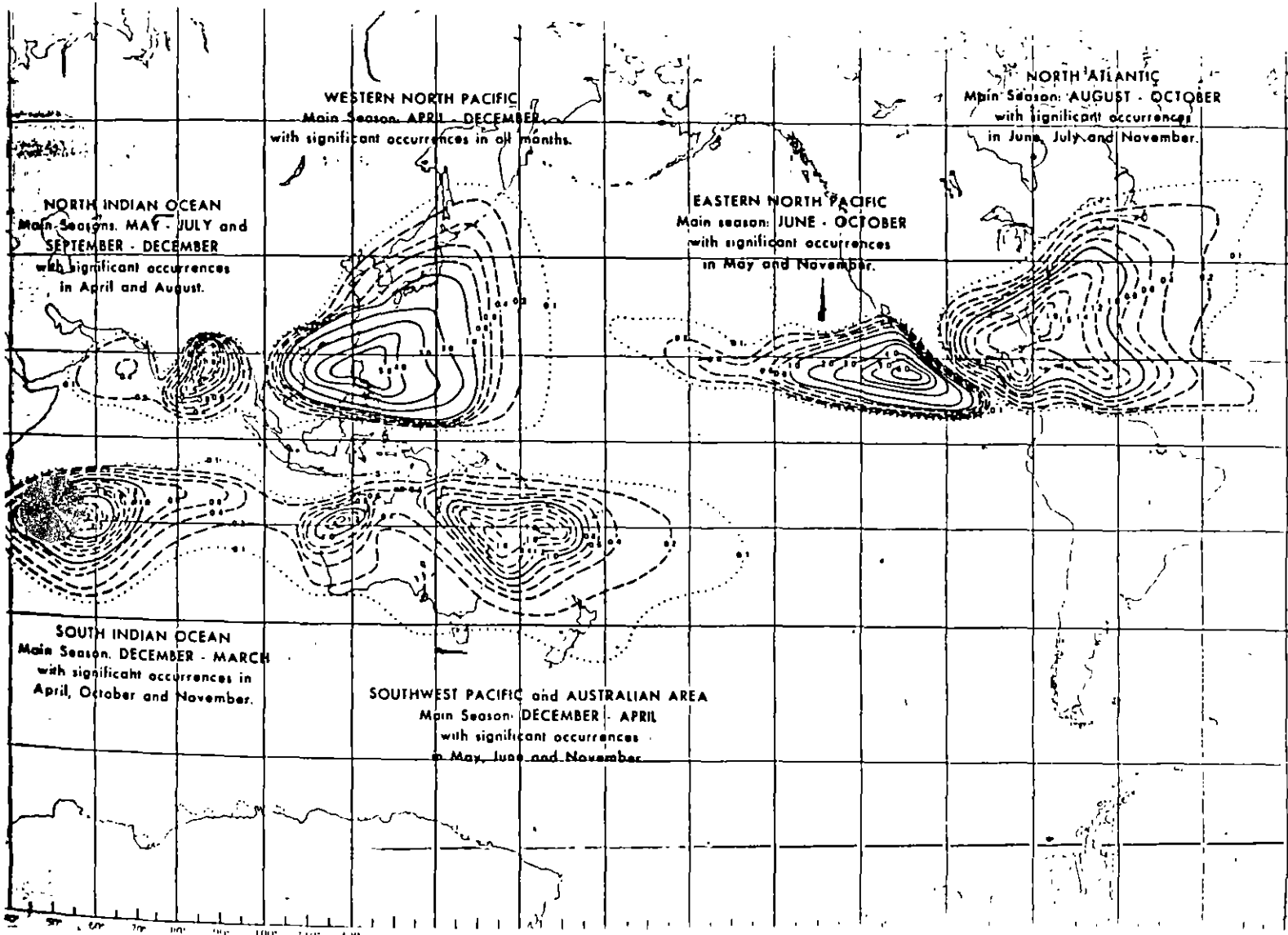
NOTAS



Localización de las regiones donde se originaron ciclones tropicales en un periodo de 20 años.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



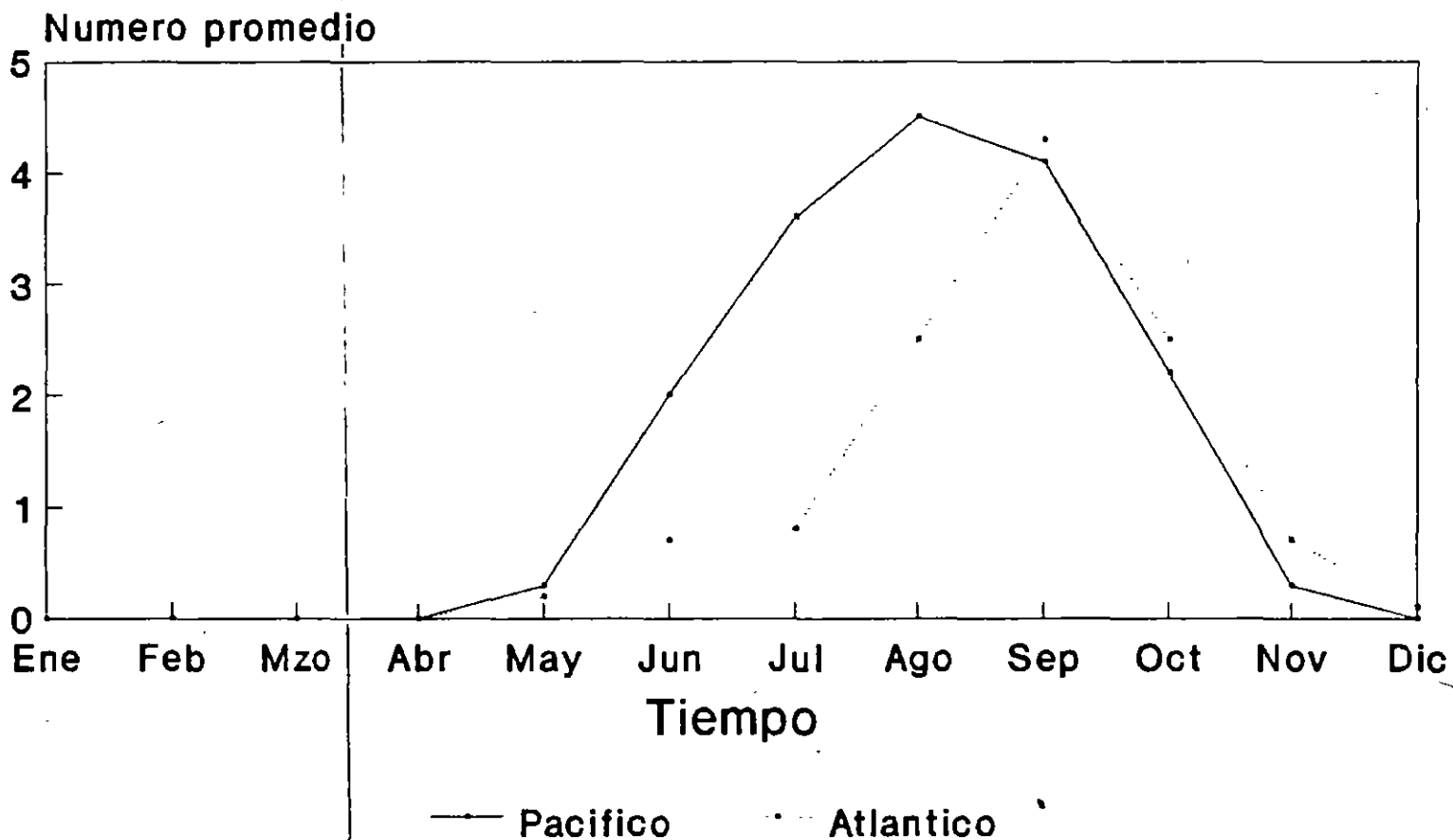
Número promedio de ciclones tropicales por cada cuadrado de 5° por año.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

CICLONES TROPICALES

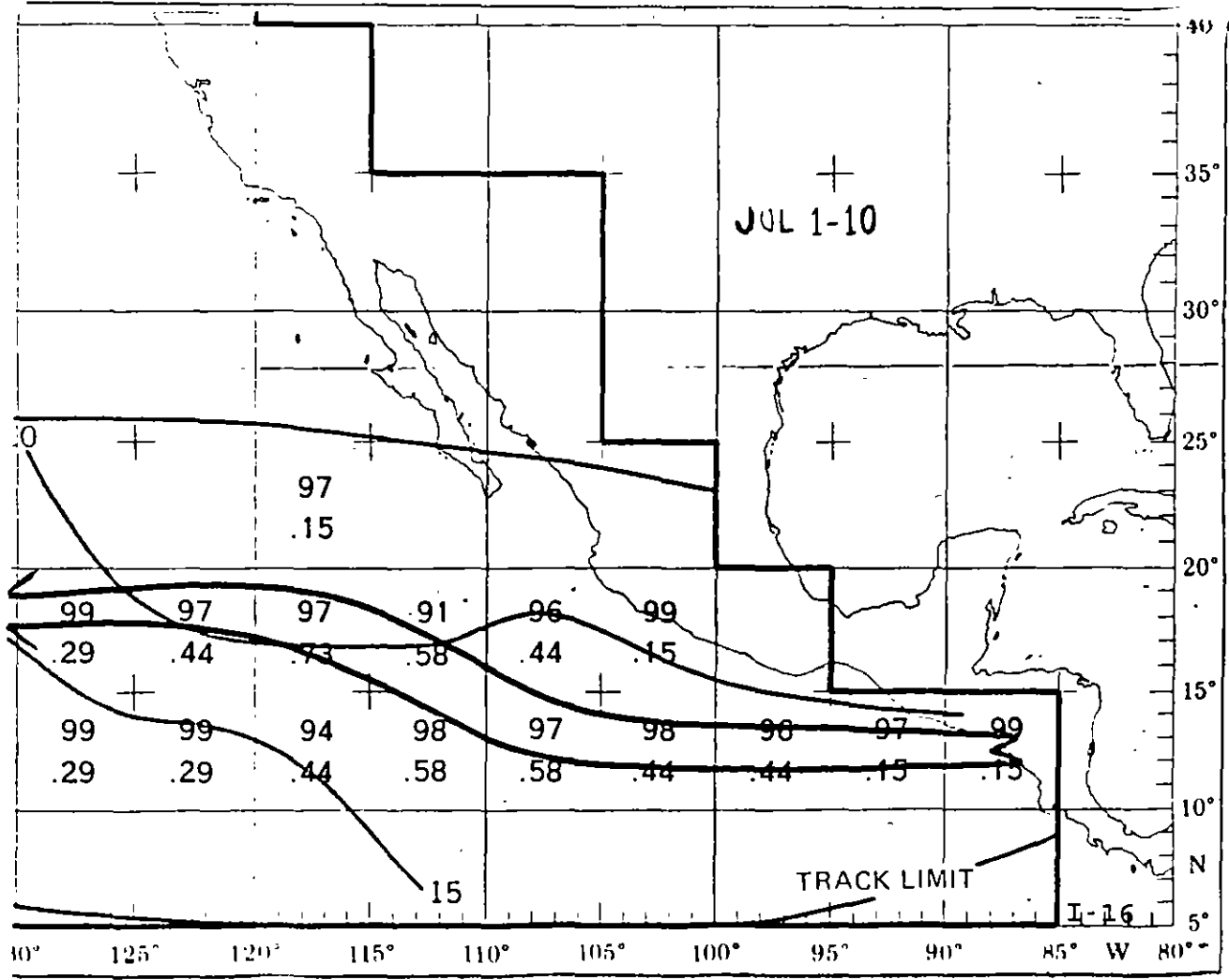
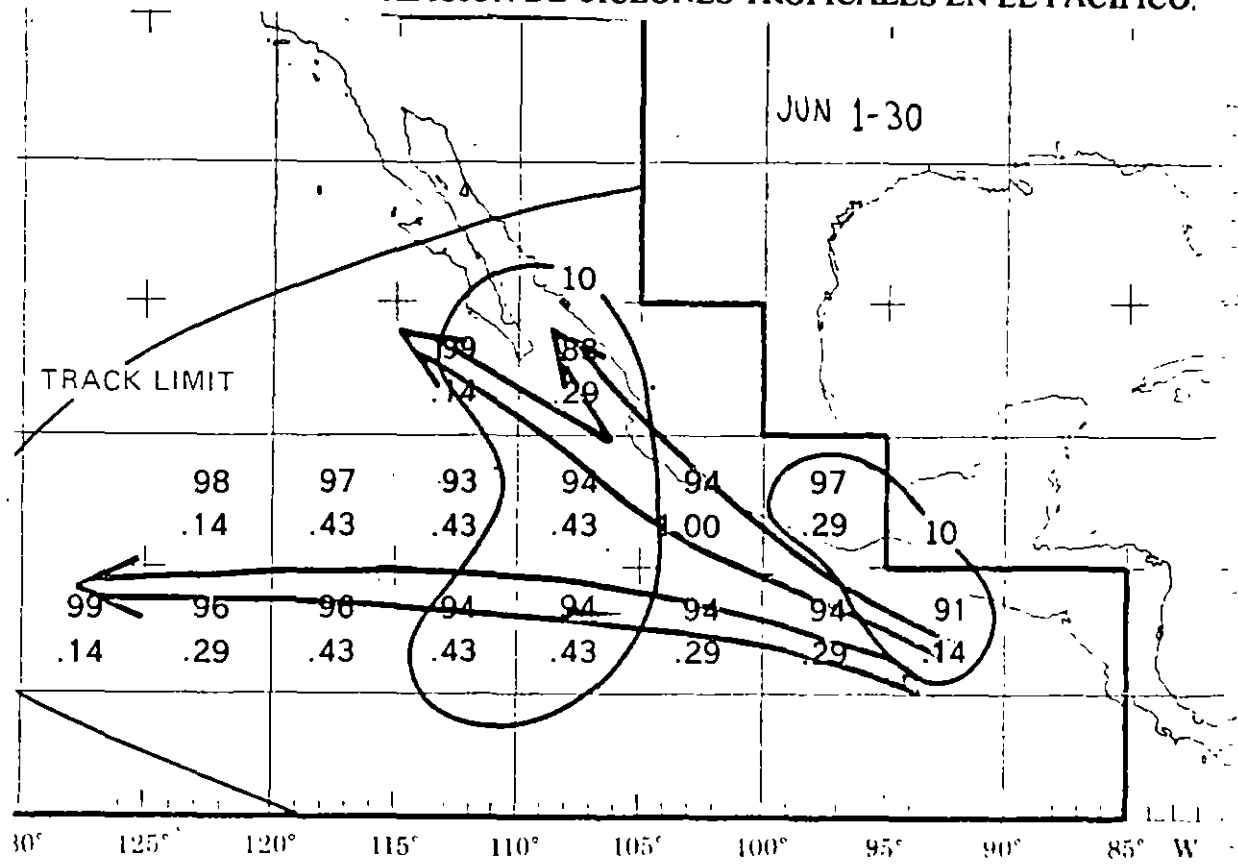
VARIACION MENSUAL



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

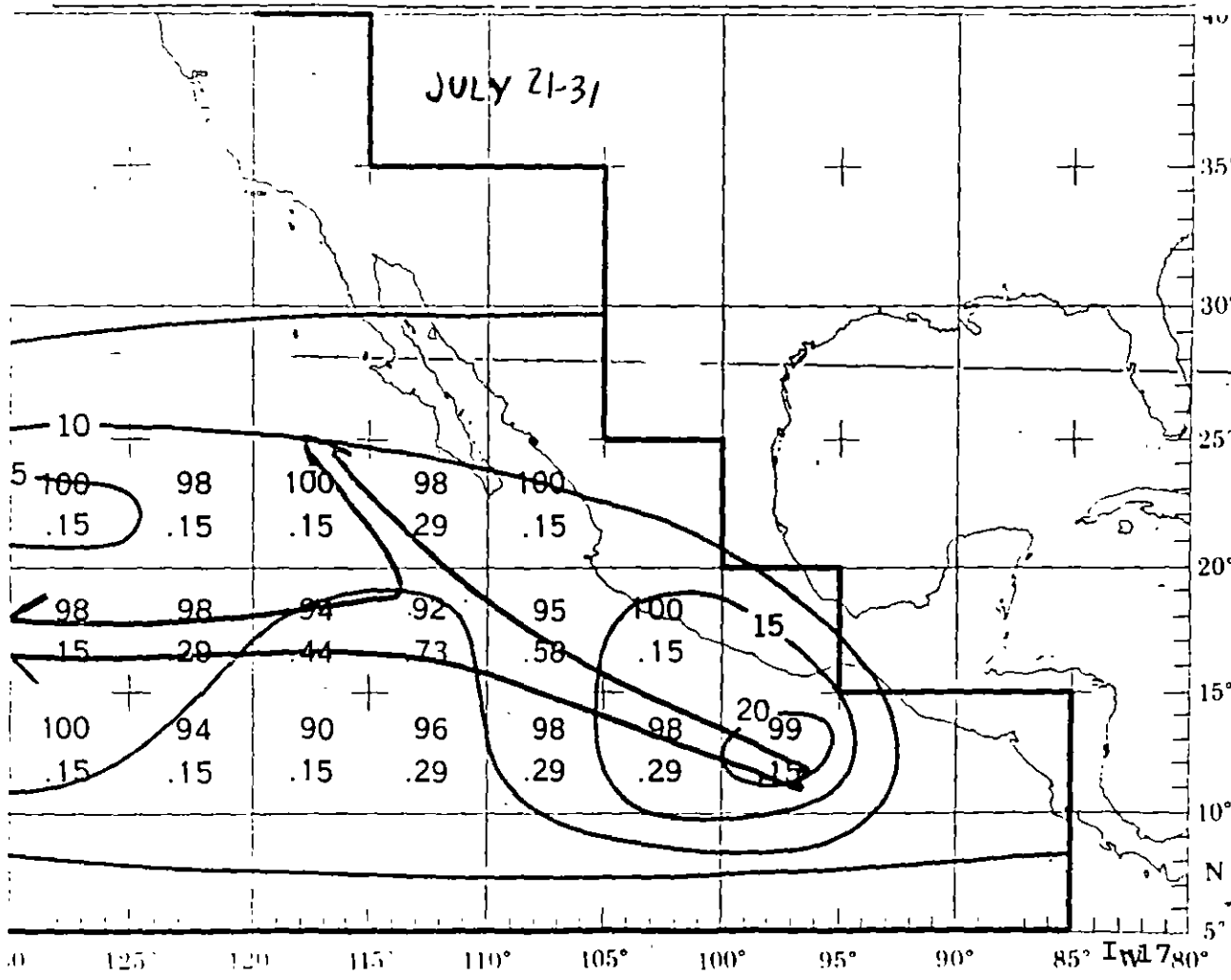
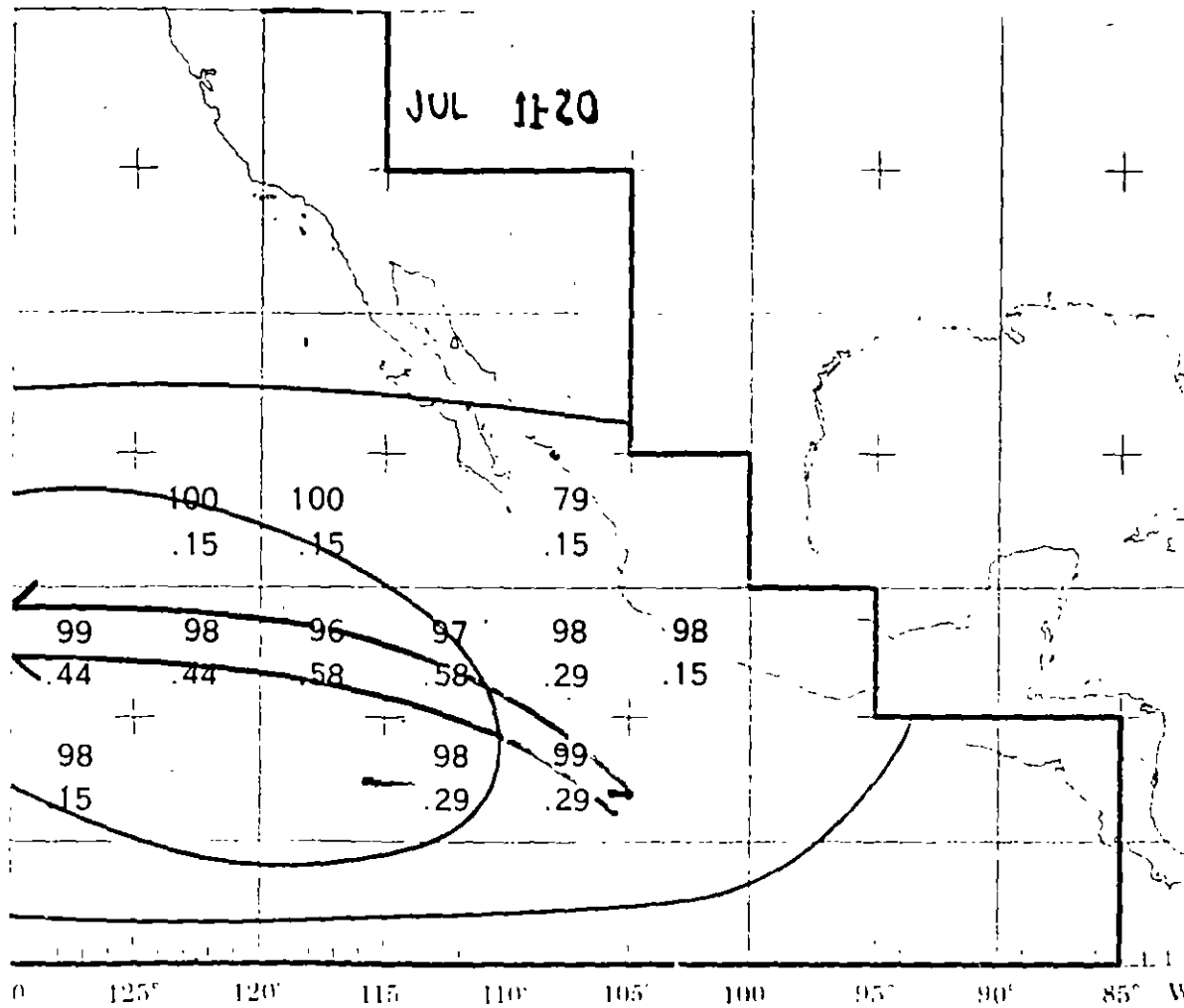
N O T A S

TRAYECTORIAS TÍPICAS, FRECUENCIAS DE OCURRENCIA POR CADA 5° Y VELOCIDAD DE TRANSLACION DE CICLONES TROPICALES EN EL PACIFICO.



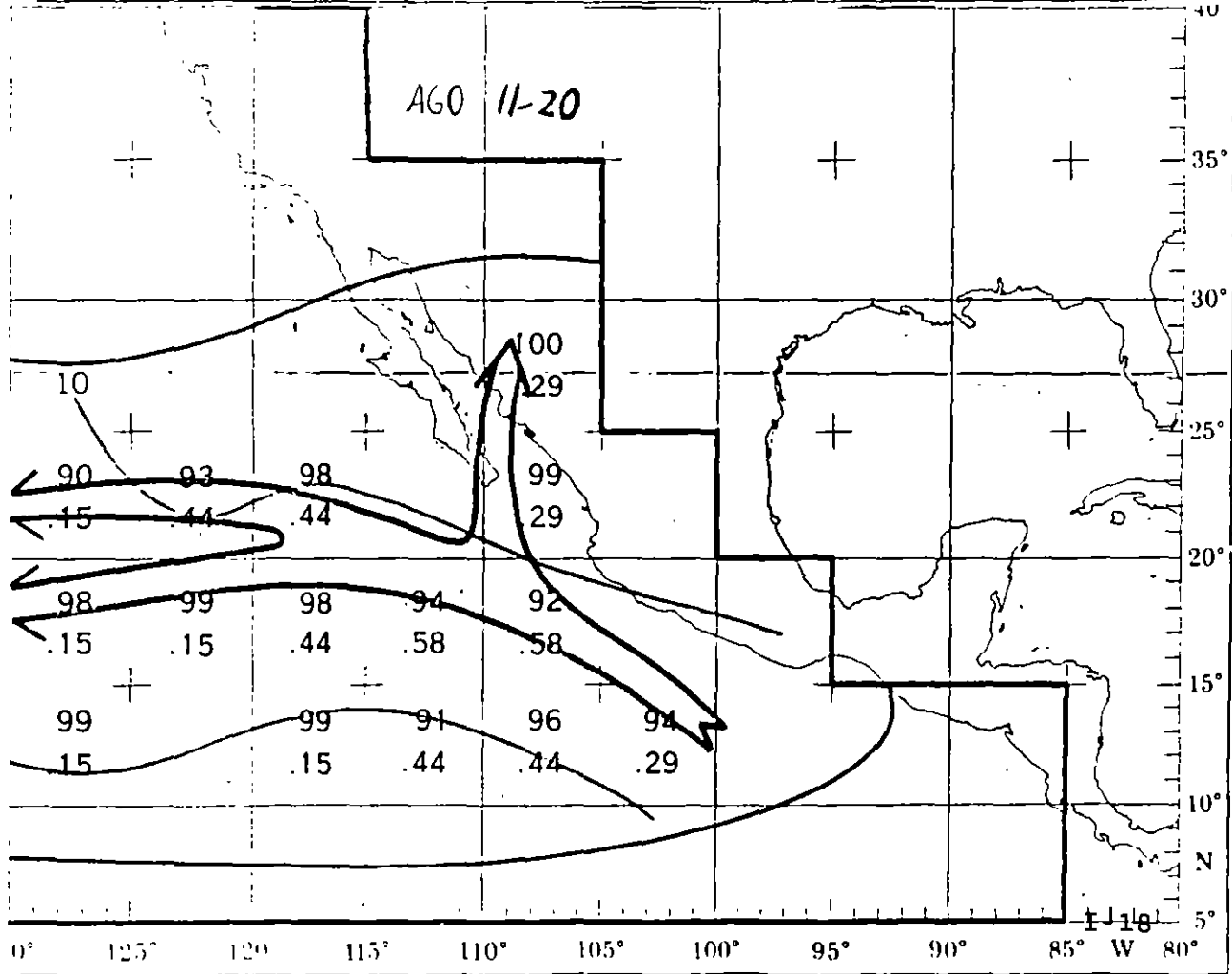
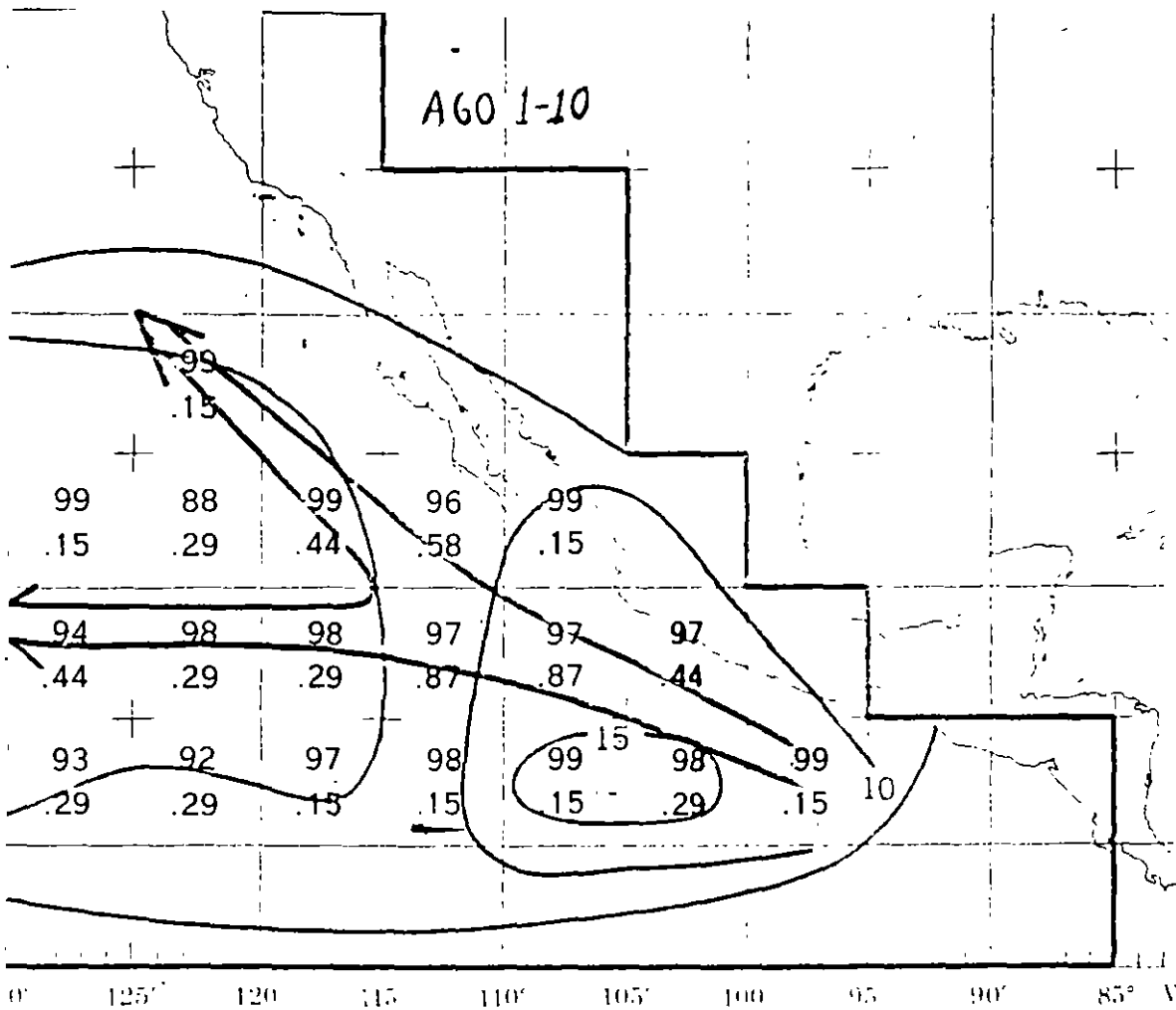
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

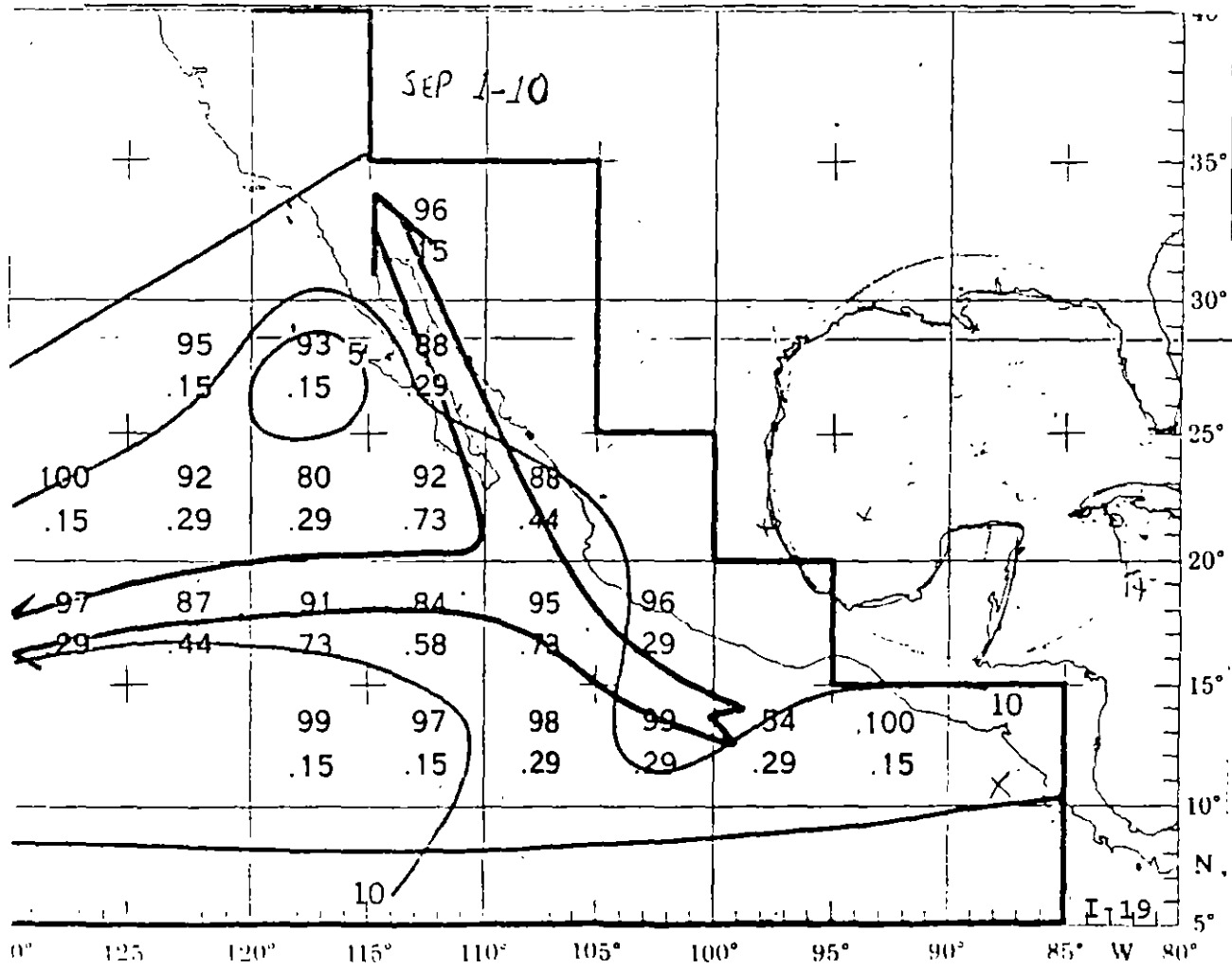
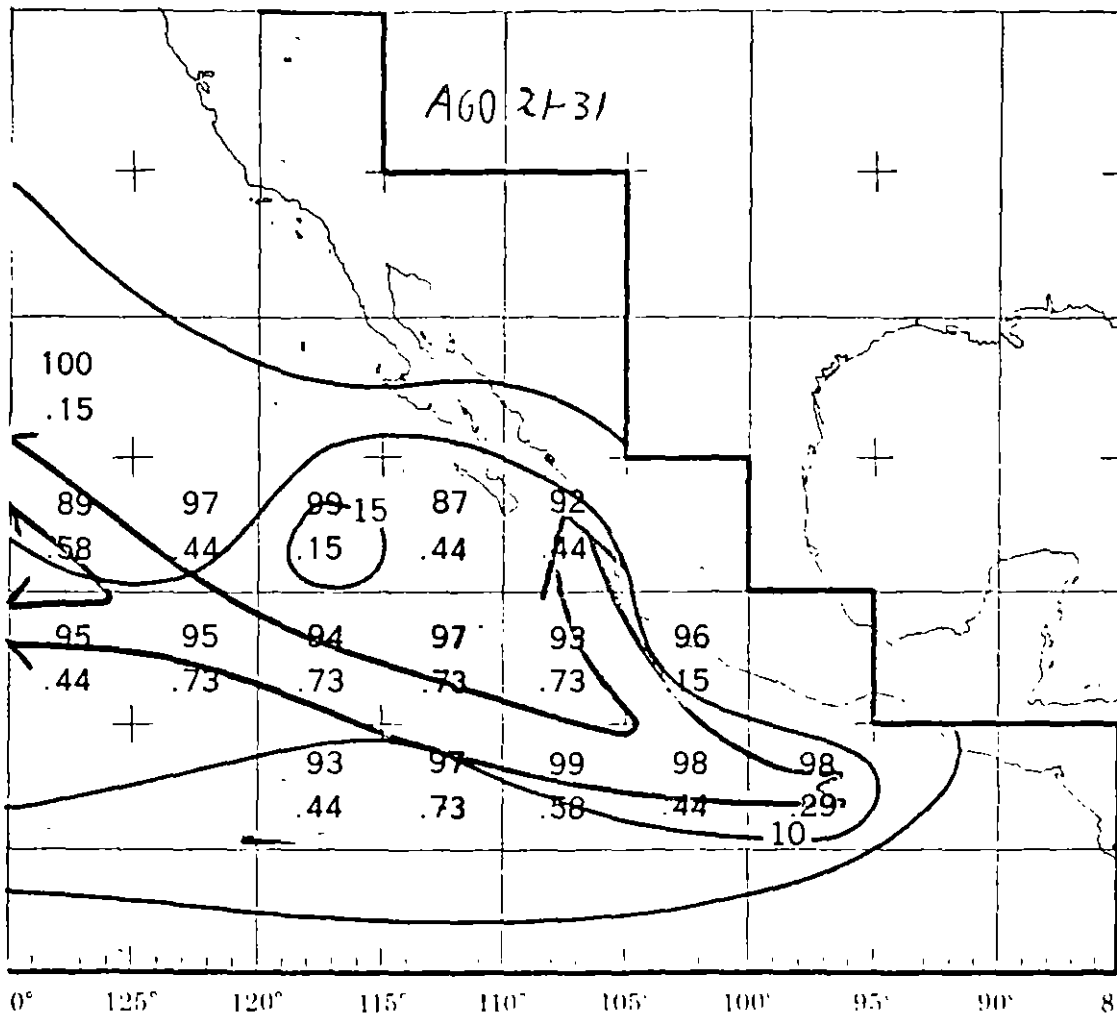
NOTAS



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

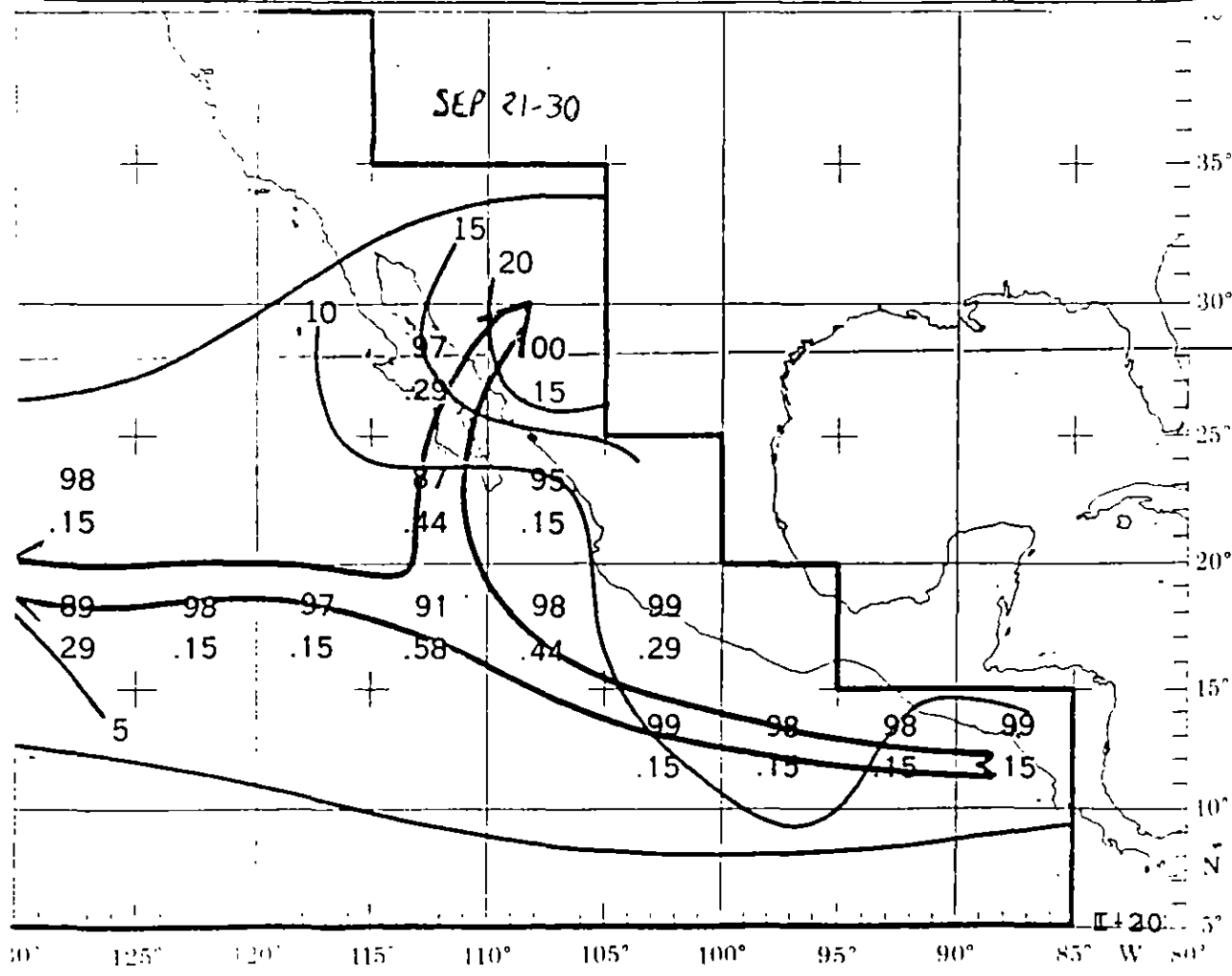
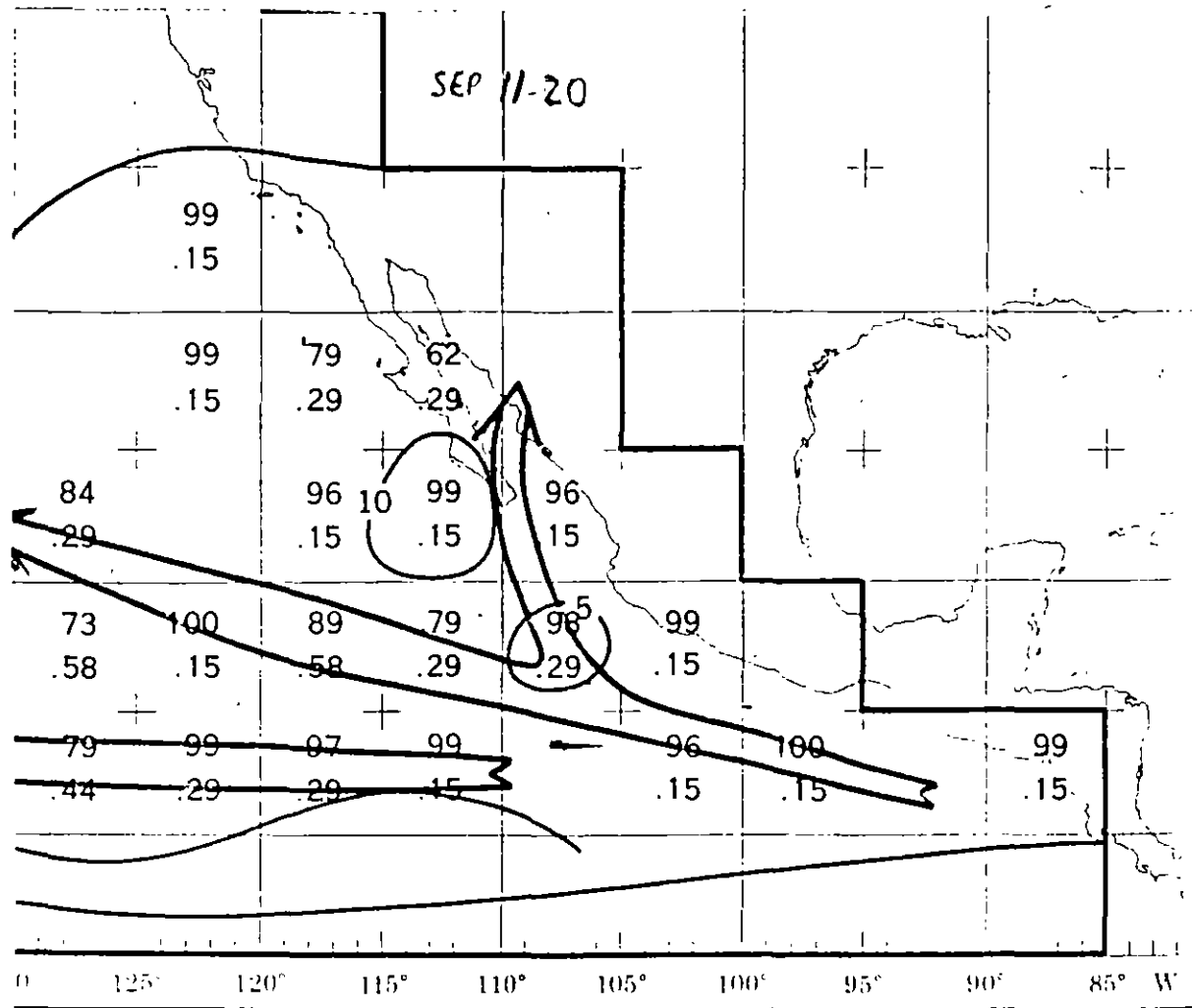
N O T A S

I.7.d.



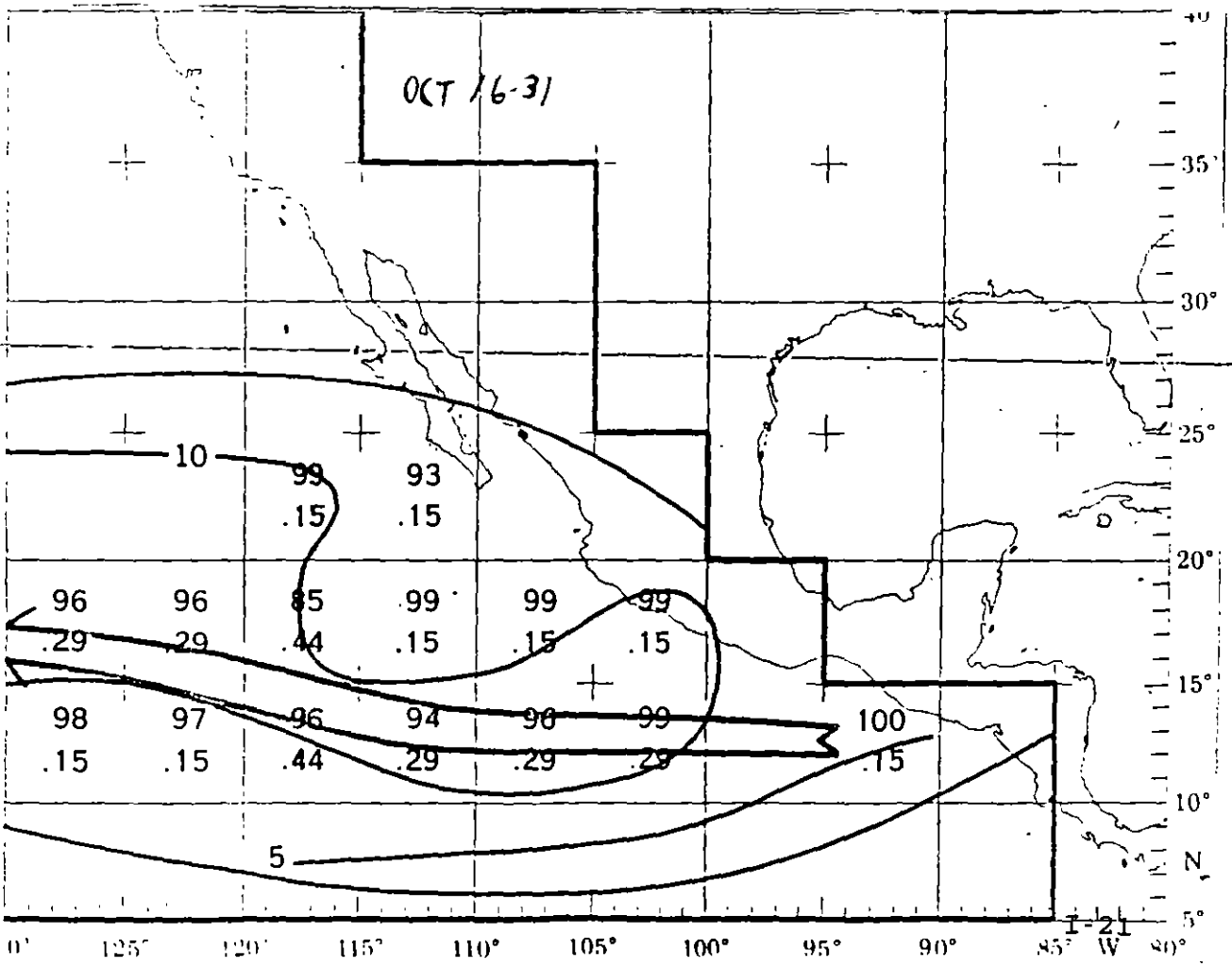
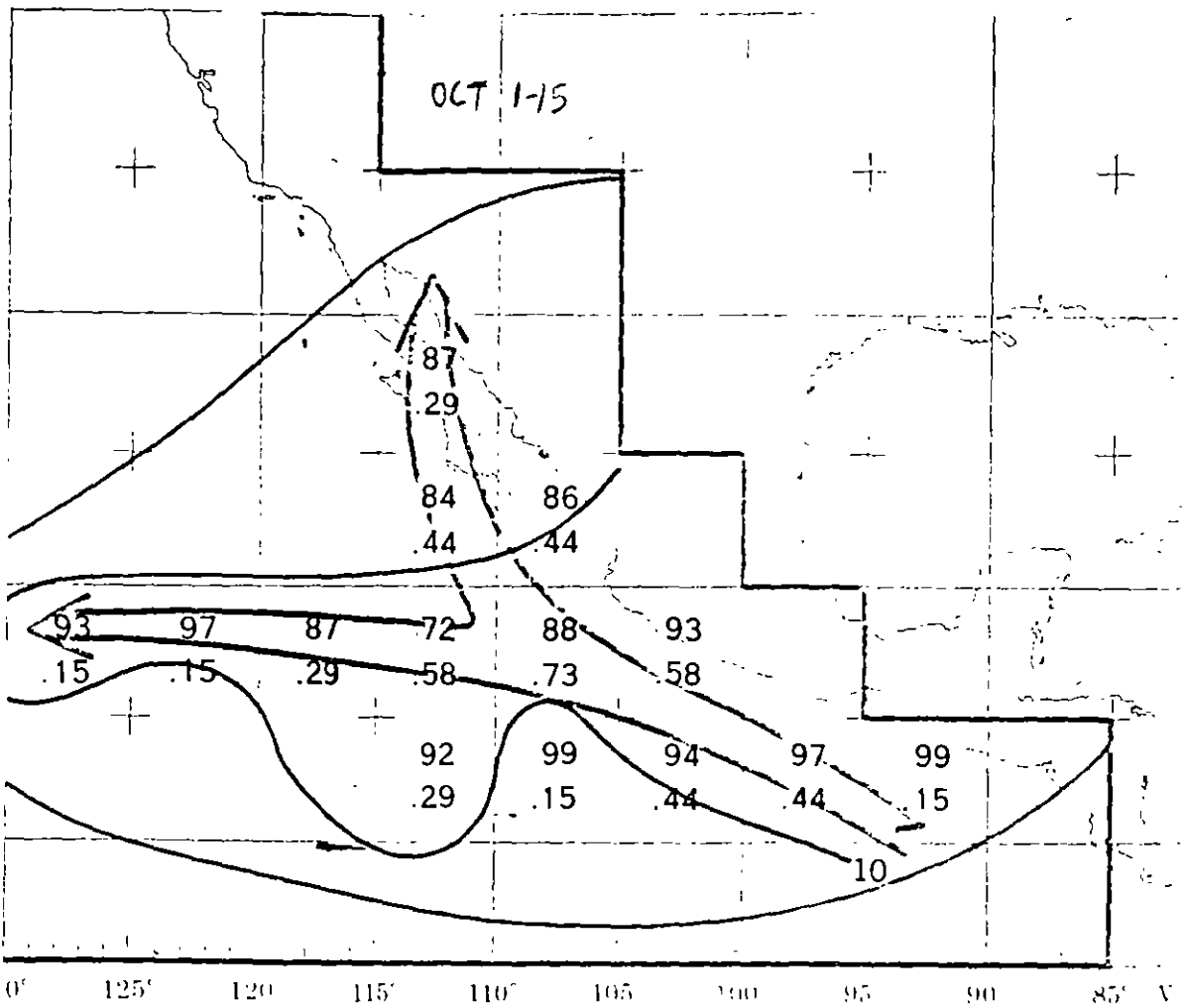
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



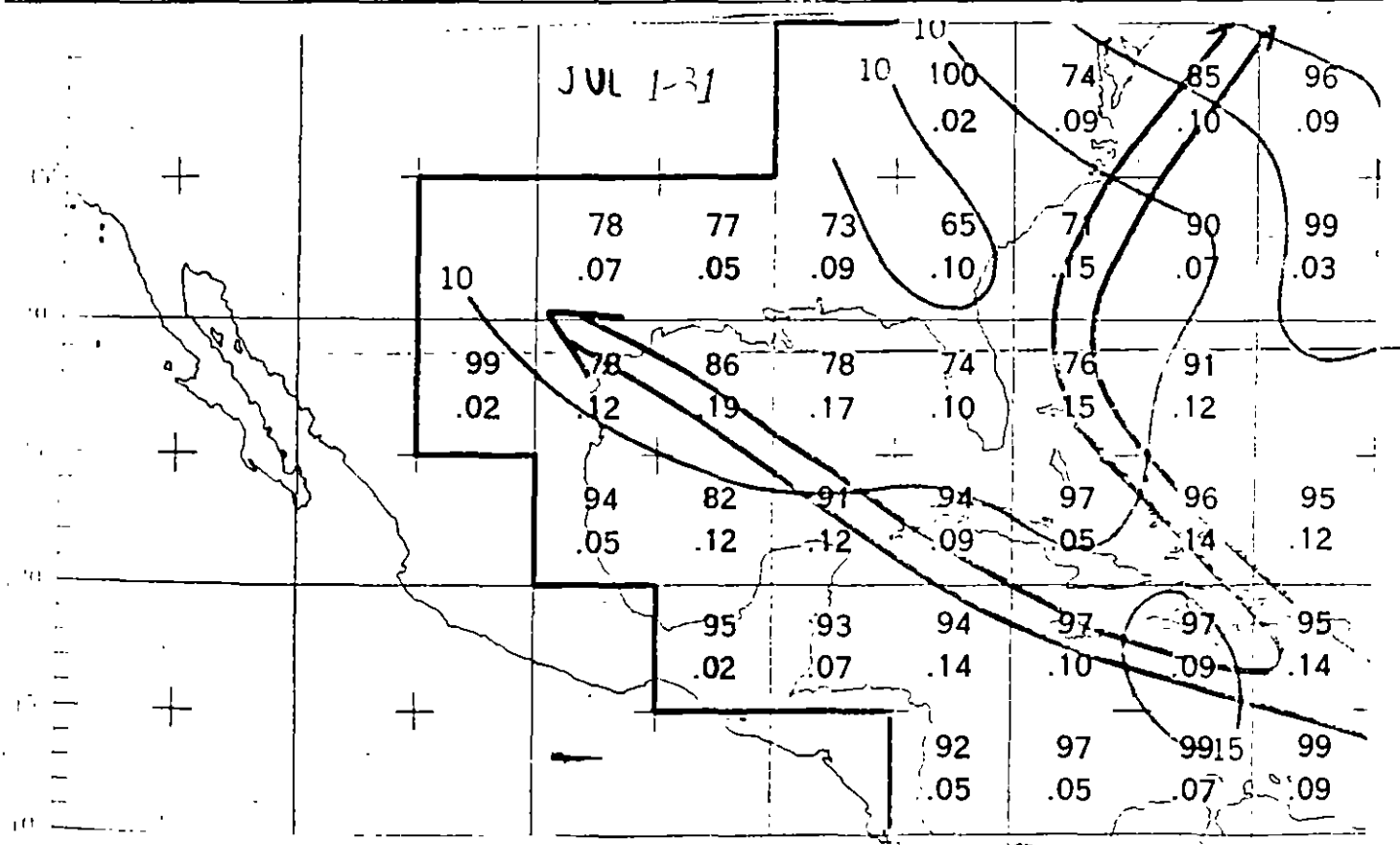
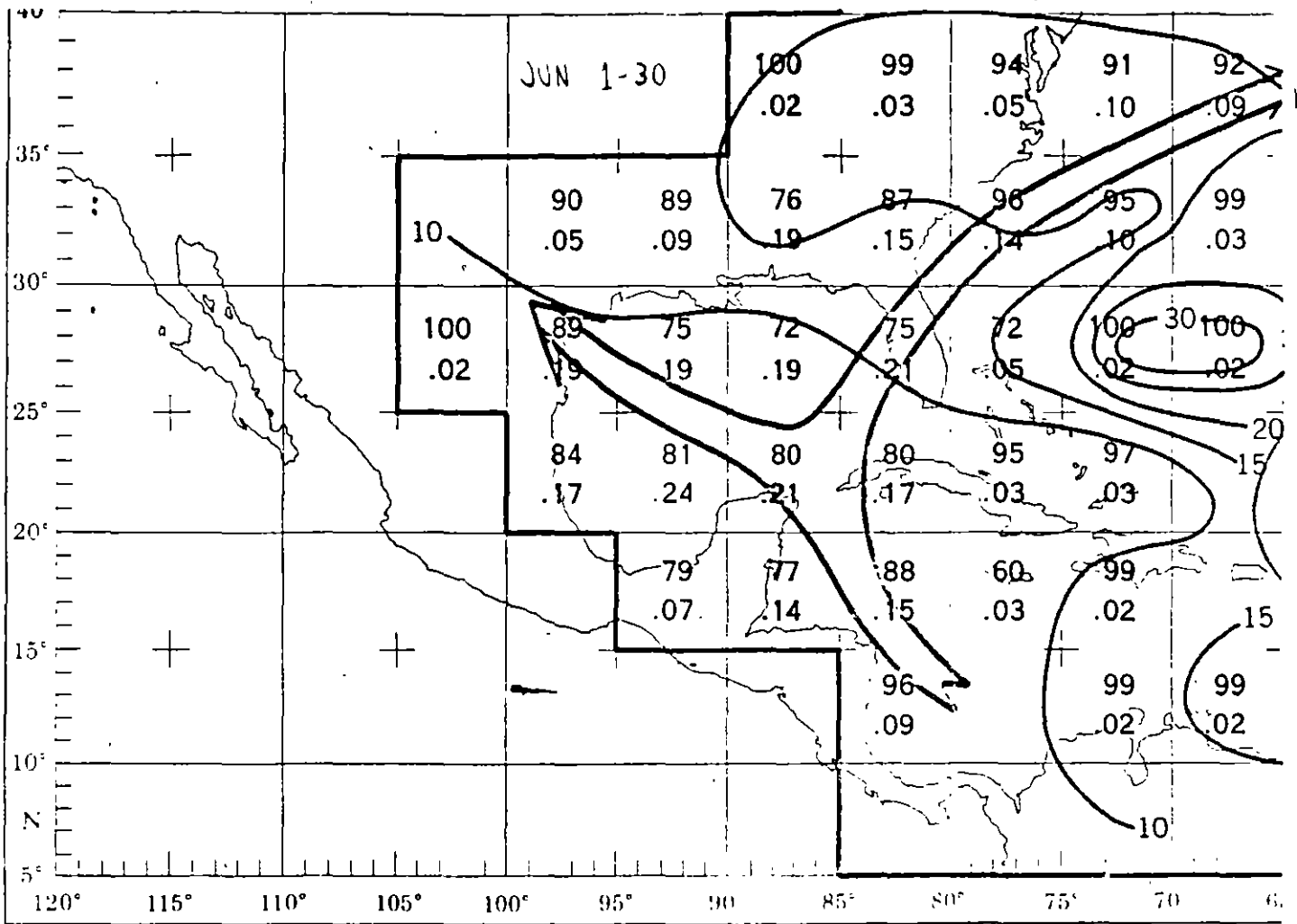
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

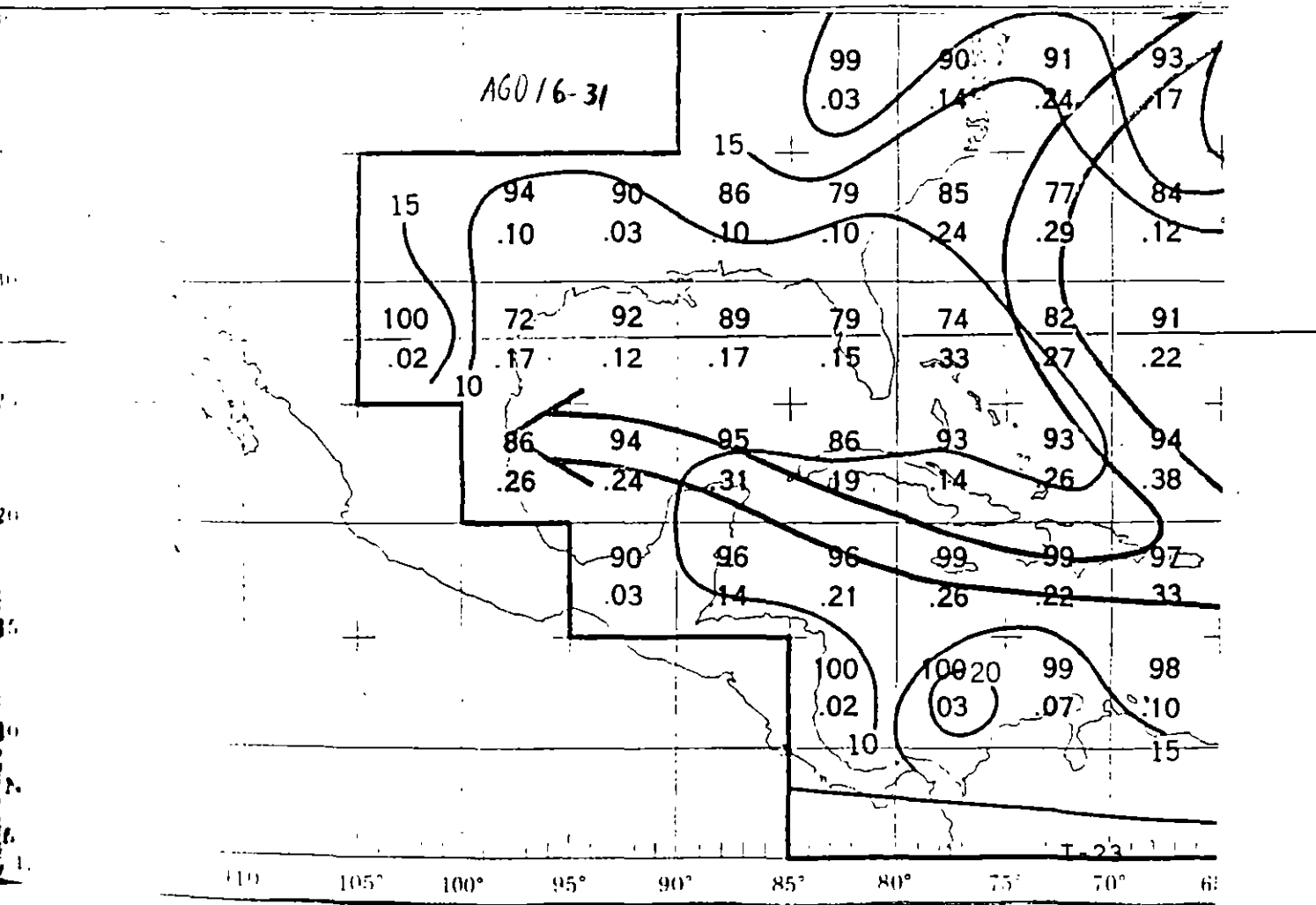
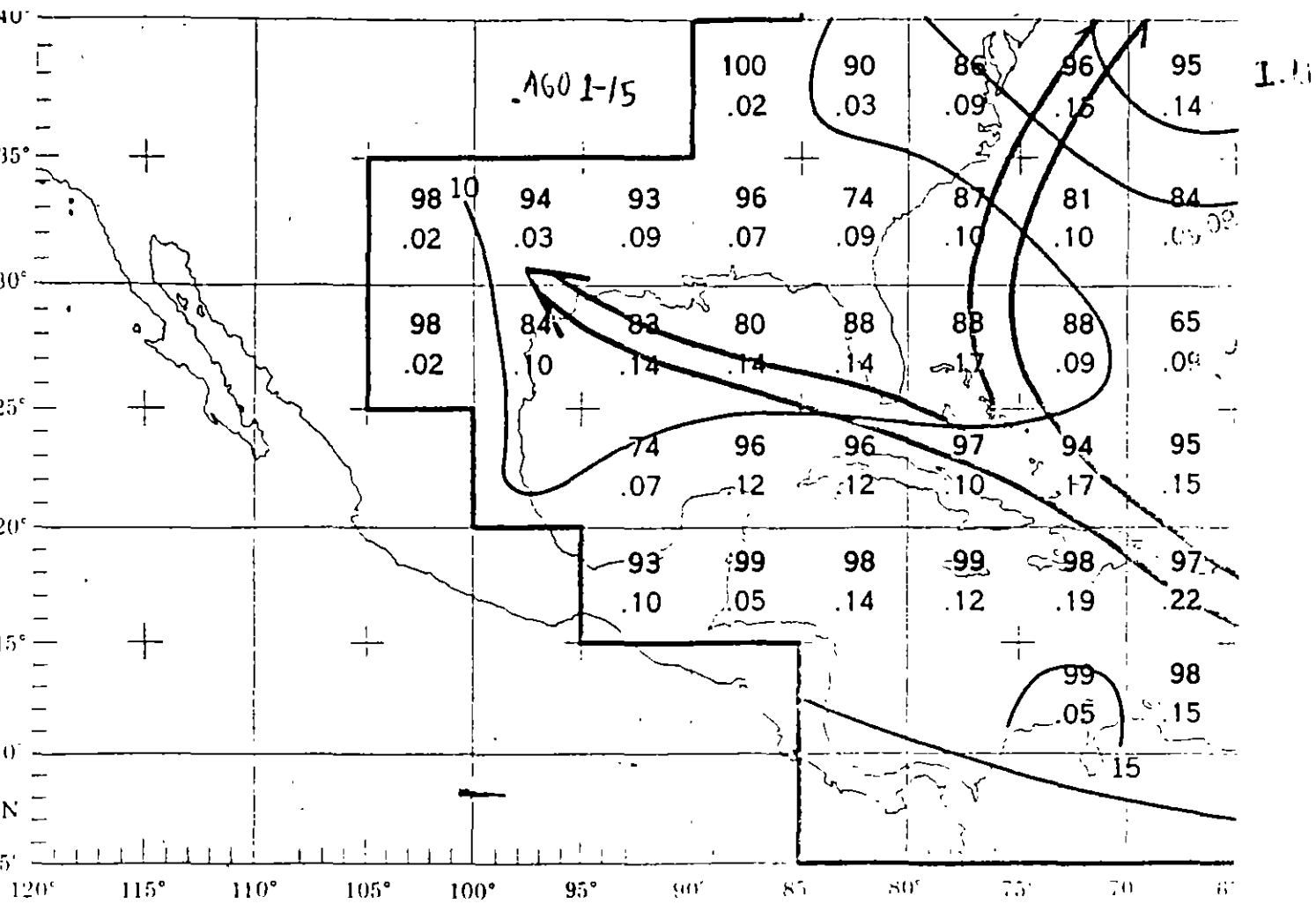
N O T A S



TRAYECTORIAS TÍPICAS, FRECUENCIAS DE OCURRENCIA, POR CADA 5° Y VELOCIDAD DE TRANSLACION DE CICLONES TROPICALES EN EL ATLANTICO.

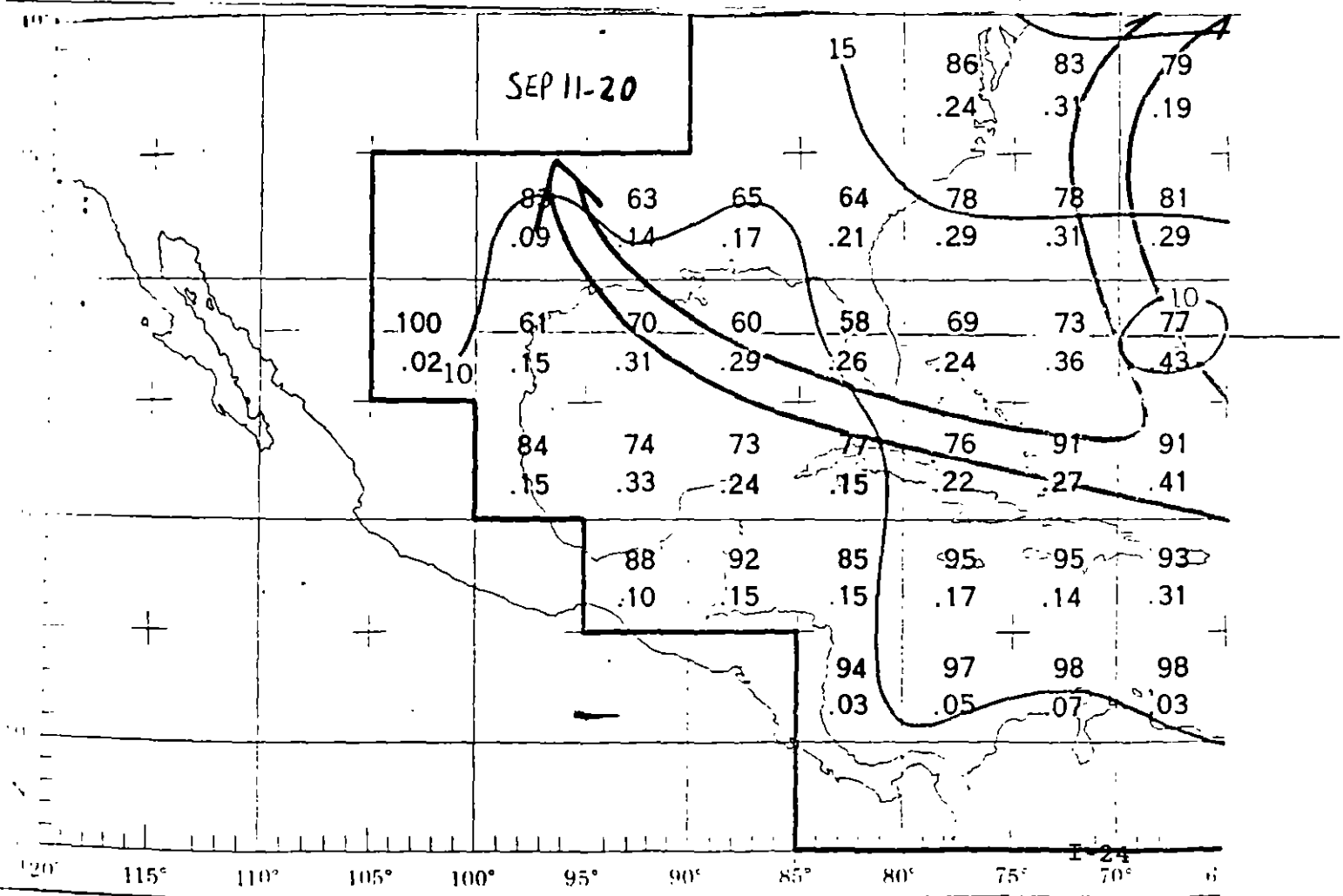
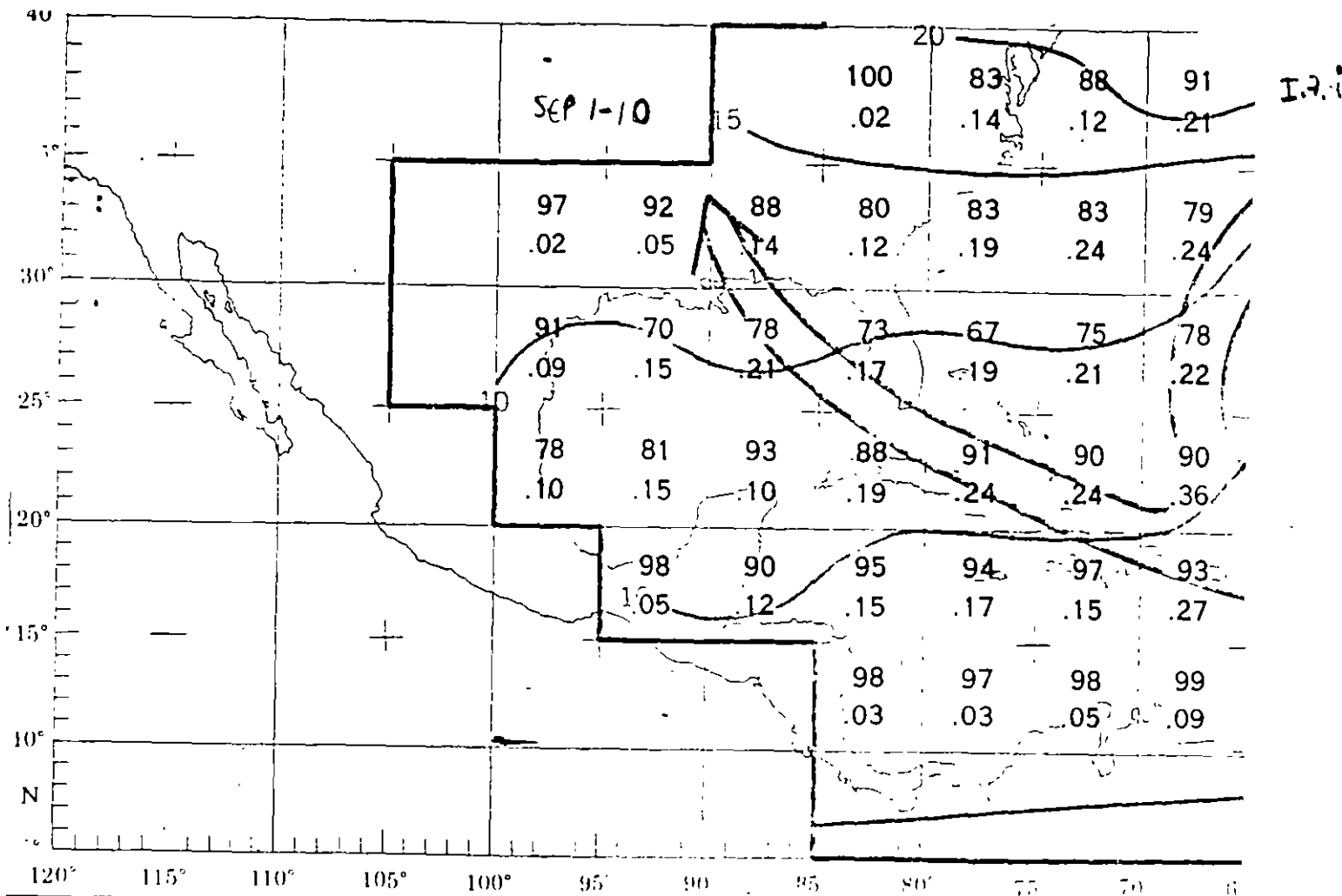
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



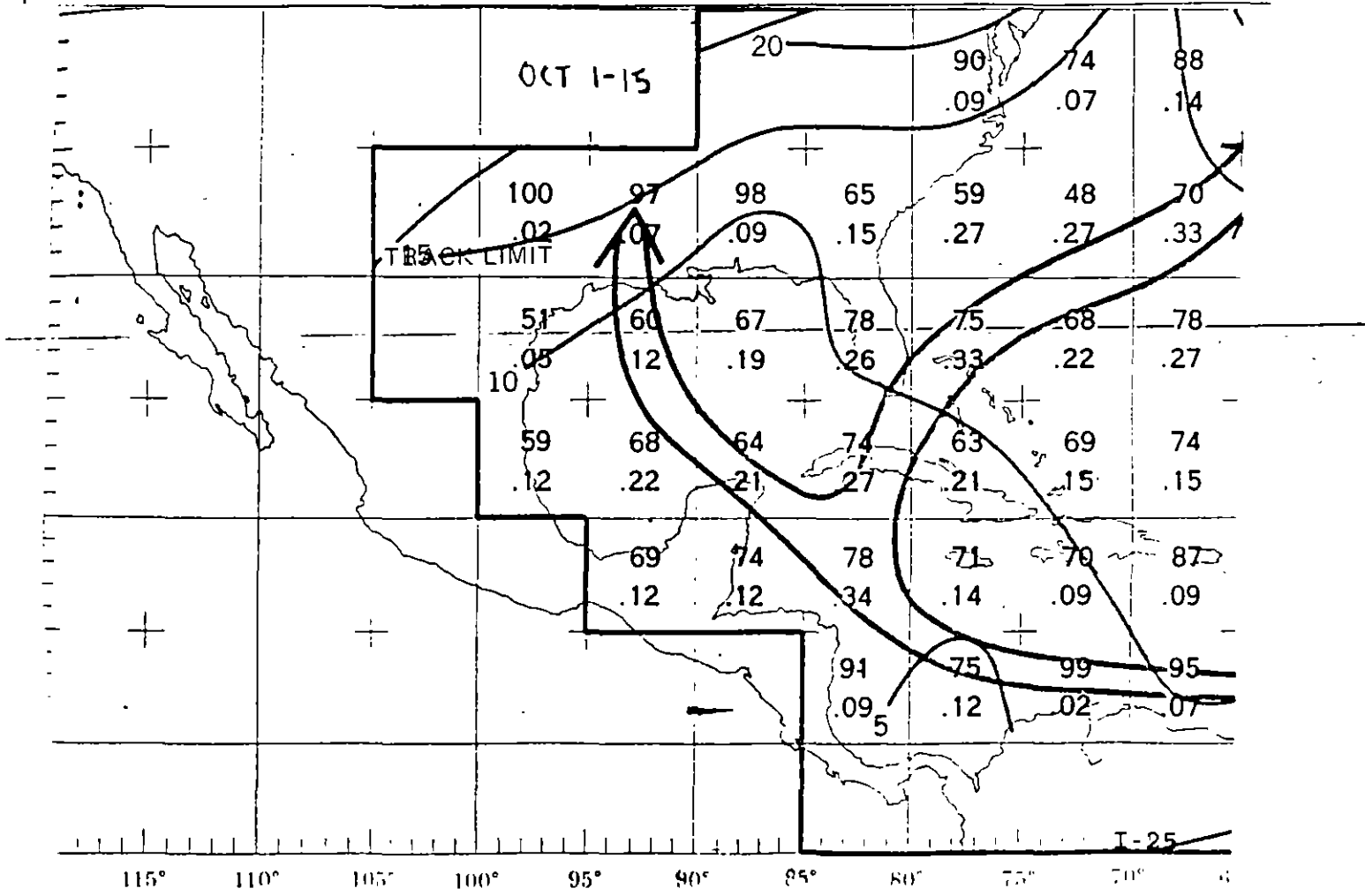
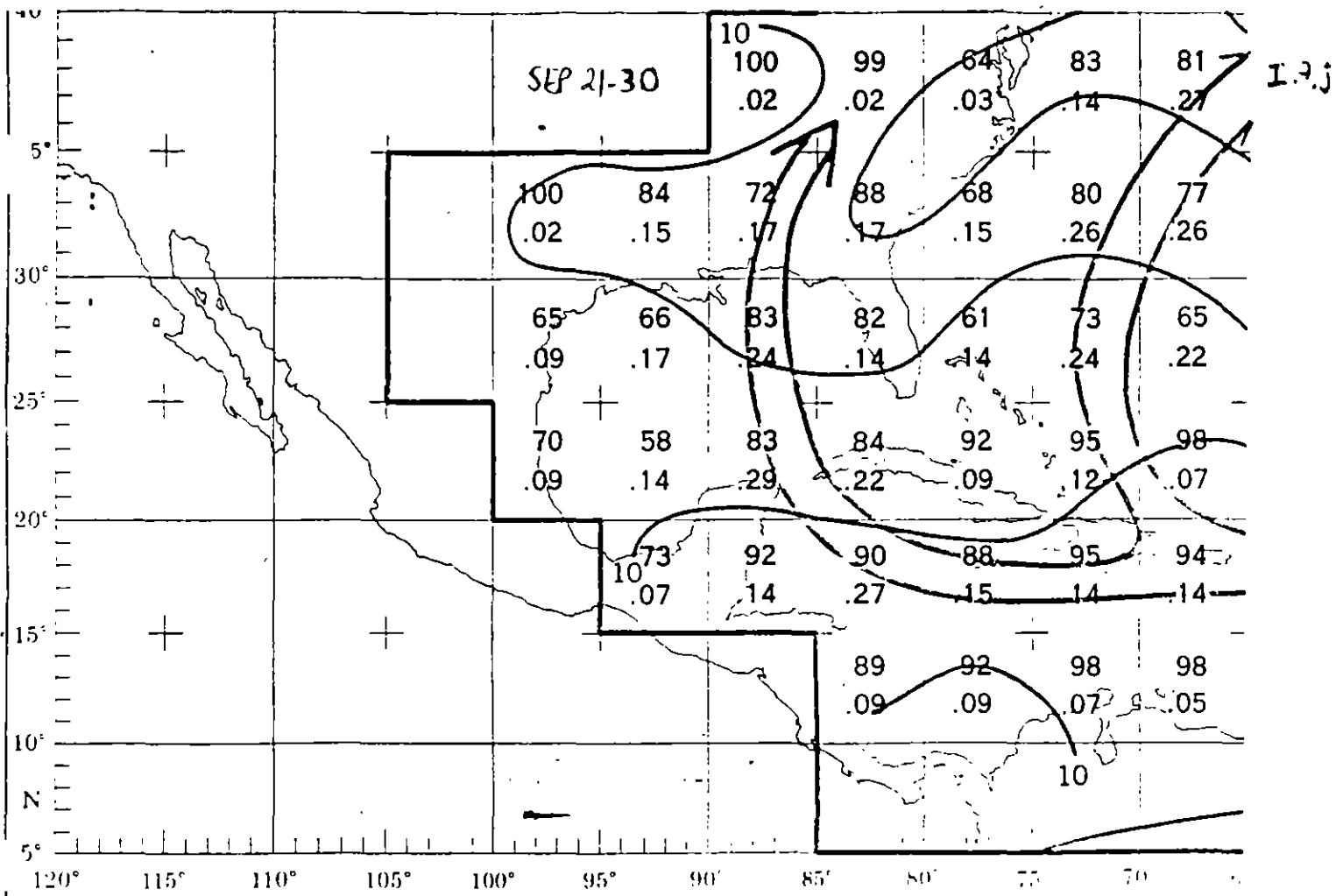
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

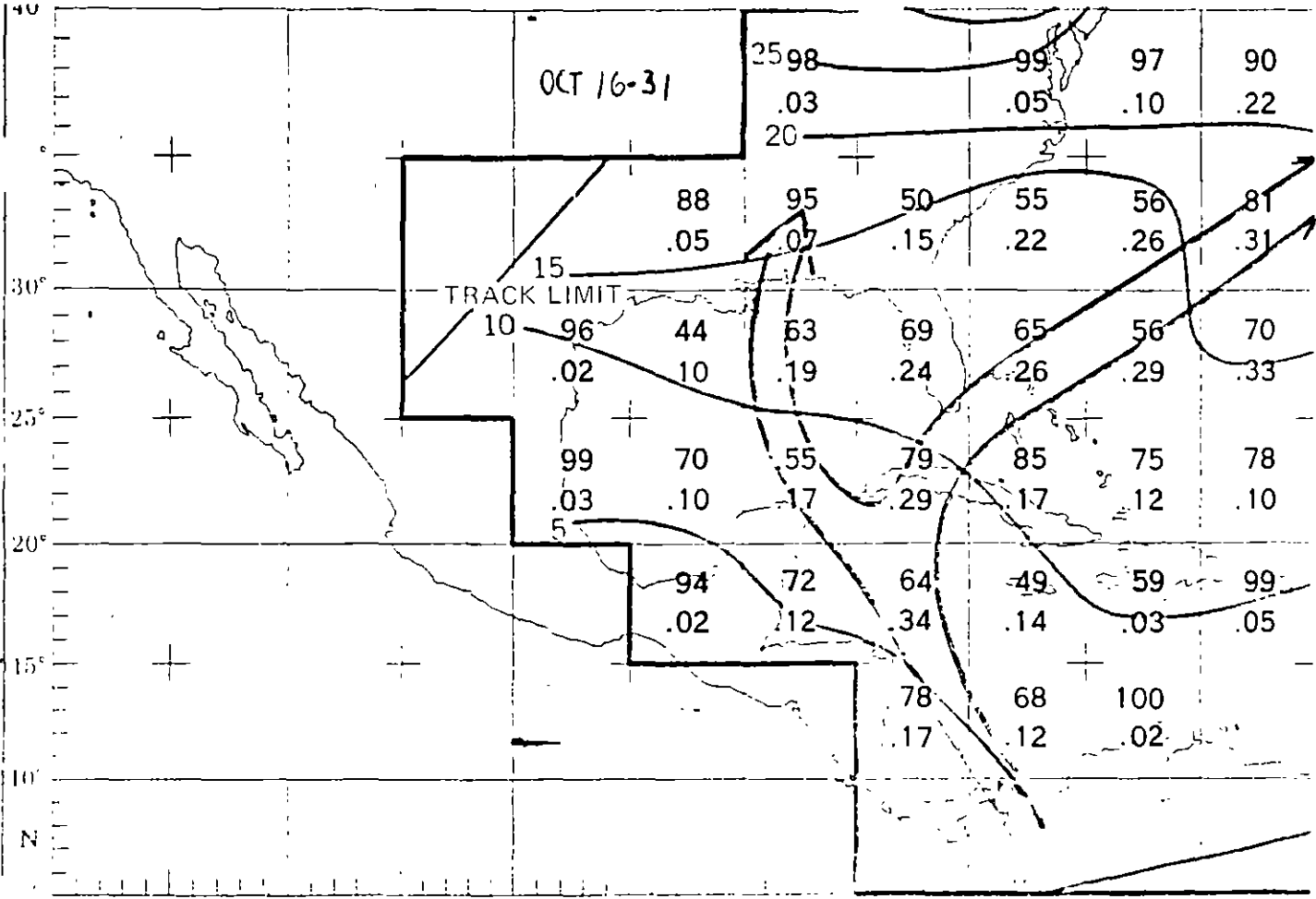
N O T A S



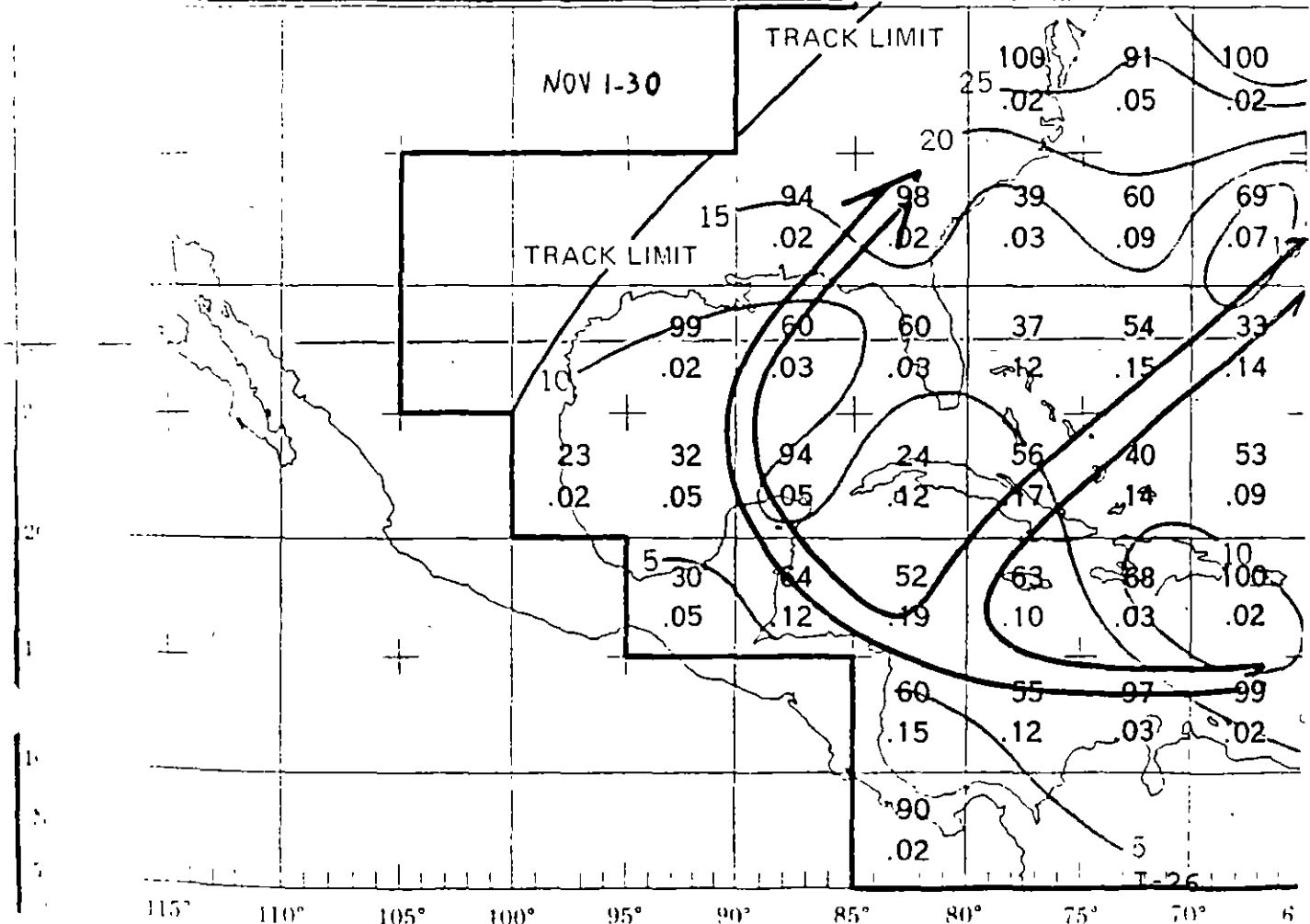
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

OCT 16-31



NOV 1-30



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

I.7.1.- Base de datos interactiva sobre trayectoria/intensidades.

La principal y más útil tarea que un grupo de meteorólogos, siguiendo a un ciclón tropical, puede realizar, es la de pronosticar la trayectoria que éste seguirá en el futuro inmediato, así como la posible evolución de su intensidad. En este sentido, el conocer un pronóstico de trayectoria e intensidad permite:

- Evaluar la zona de posible incidencia en tierra, delimitando la zonas de peligro para el alertamiento a las autoridades respectivas y a la población en general; esto es esencial para delimitar las zonas a evacuar.
- Evaluar el tiempo disponible para esta incidencia en tierra o para el inicio de condiciones que representan peligro para la población, la infraestructura y los bienes en general; esto es esencial para establecer el tiempo disponible para realizar tareas de evacuación y tomar medidas de emergencia.
- Evaluar la evolución en el tiempo y la distribución en el espacio de los efectos destructivos asociados con los ciclones tropicales, esencialmente viento, oleaje, marea de tormenta y precipitación pluvial, en las próximas horas o días; esto permite establecer qué tipo de estructuras estarán en peligro en diferentes zonas para tomar las medidas pertinentes.
- Evaluar las zonas interiores (no costeras) que estarán sujetas a las precipitaciones pluviales torrenciales, características de estos fenómenos; esto es de vital importancia para los organismos asignados con la operación de obras hidráulicas, protección contra inundaciones, administración de vías de comunicación, o la toma de medidas en zonas urbanas típicamente afectadas por inundaciones y deslizamientos de tierra.

Obviamente, el tener un pronóstico no significa tener la absoluta certeza de que éste efectivamente se dará, y en dicho contexto, todo pronóstico tiene asociado un cierto grado de incertidumbre, también muy útil en las evaluaciones antes mencionadas.

Típicamente, las oficinas de pronóstico meteorológico, cuentan con un conjunto de herramientas de pronóstico de trayectoria e intensidad de ciclones tropicales. Estas herramientas producen el pronóstico deseado en base a ciertas hipótesis, las que difieren entre sí. El nivel de sofisticación de ellas también cubre un gran rango, siendo tan solo necesario que puedan producir un pronóstico con suficiente rapidez para que éste no pierda su utilidad. El pronóstico oficial de una oficina de pronóstico meteorológico, consiste en una combinación subjetiva (de acuerdo al criterio, instinto y experiencia del meteorólogo pronosticador) de una serie de pronósticos independientes obtenidos cada uno de ellos con alguna de las herramientas objetivas de su arsenal.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

El programa EXTRACITRO, es precisamente una de estas herramientas objetivas aceptadas (O.M.M., 1979) para la realización de pronósticos de trayectoria e intensidad de ciclones tropicales. Es una de las más sencillas imaginables y se fundamenta en la hipótesis de que el movimiento y la evolución de la intensidad de la tormenta en cuestión están gobernadas por condiciones que, aún sin conocerse en detalle, mantendrán algunas de las características, de este movimiento o evolución de la intensidad, constantes en el futuro inmediato. En términos meteorológicos, se acostumbra llamar a este criterio de persistencia pura. En términos más ingenieriles, el algoritmo utilizado es uno de extrapolación de trayectoria e intensidad.

Para poder realizar un pronóstico el usuario requiere el conocer al menos dos posiciones del ciclón, la actual (o última conocida) y la previa a esta (usualmente 6 horas antes), así como la intensidad del ciclón cuando ocupaba dichas posiciones. Estas posiciones e intensidades conocidas (o históricas) se proporcionan al programa a través de un archivo de datos.

EXTRACITRO calcula a partir de dichos datos, la velocidad y dirección de avance del ciclón, y en base a criterios seleccionados por el usuario, extrapola la trayectoria y la evolución de la intensidad hacia el futuro. Estos criterios pueden mantener la variable en cuestión (velocidad o dirección de avance e intensidad) constantes con respecto a la última posición, o mantener constante su cambio entre las últimas dos posiciones. Los pronósticos pueden realizarse para horizontes de hasta 72 horas a futuro.

Aunque los cálculos de extrapolación de la trayectoria e intensidad no son complicados (al menos para los criterios simples incluidos en esta versión) y pueden realizarse manualmente, esta herramienta computacional facilita el realizar pronósticos con varias combinaciones de criterios, recibiendo retroalimentación inmediata en forma de una gráfica de la trayectoria sobre un mapa, auxiliando al usuario en la selección del más adecuado.

Archivos de trayectoria/intensidad.

Los archivos de trayectoria e intensidad de ciclones (tipo .TRY) se encuentran en formato de texto ASCII, pudiendo ser formados y desplegados utilizando cualquier editor de textos (o procesador de palabra si se leen y escriben en formato de texto ASCII).

Dichos archivos consisten en un encabezado de 2 líneas que especifican características generales (nombre y origen de la coordenada tiempo) y después una línea más por cada posición conocida del ciclón en cuestión en orden cronológico.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

El formato específico es:

Línea 1: Nombre del ciclón

Línea 2: día, mes, año

Línea 3: 1, tiempo₁, longitud₁, latitud₁, intensidad₁, presión₁, radio₁

Línea 4: 2, tiempo₂, longitud₂, latitud₂, intensidad₂, presión₂, radio₂

.....
.....
Línea 2+i:i, tiempo_i, longitud_i, latitud_i, intensidad_i, presión_i, radio_i

.....
.....
Línea 2+n:n, tiempo_n, longitud_n, latitud_n, intensidad_n, presión_n, radio_n

donde:

- El nombre del ciclón funge como un identificador del archivo y no está restringido a una sola palabra. Por ejemplo: Gilbert hasta 15-sep-88 00:00.
- Día mes y año es la fecha del día a cuyas 00:00 horas corresponde el origen de la coordenada tiempo, $t=0$.
- i (el primer número en las líneas 3 en adelante) corresponde al número de orden consecutivo de la posición conocida en cuestión, $i=1,2,3,\dots,n$.
- tiempo _{i} es el tiempo en minutos después del origen en el tiempo correspondiente a la posición i .
- longitud _{i} es la longitud W correspondiente a la posición i .
- latitud _{i} es la latitud N correspondiente a la posición i .
- intensidad _{i} es la velocidad de vientos máximos sostenidos correspondiente a la posición i .
- ~~presión _{i} es la presión central en superficie en milibares correspondiente a la posición i .~~ EXTRACITRO utiliza esta información tan solo para presentarla al ser interrogado; no realiza ningún cálculo con ella y por lo tanto el incluirla es optativo. Sin embargo, de no incluirse, deberá preservarse su lugar con un valor menor o igual a cero.
- radio _{i} es el radio del ojo correspondiente a la posición i en kilómetros. EXTRACITRO no utiliza esta información y su inclusión es optativa. Sin embargo, de no incluirse, su posición debe preservarse con un valor menor o igual a cero.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Los últimos dos conceptos se mantienen por compatibilidad con otros programas que sí utilizan esta información. En este sentido, como ejemplo, una línea correspondiente a la posición $i=5$ sería equivalente para los cálculos en EXTRACITRO si se proporciona como:

```
5, 1440, 80.6, 18.8, 213, 945, 63
ó
5, 1440, 80.6, 18.8, 213, 945, 0
ó
5, 1440, 80.6, 18.8, 213, 0, 63
ó
5, 1440, 80.6, 18.8, 213, 0, 0
```

Archivos de localidades.

Los archivos de localidades (tipo .LOC) se encuentran en formato de texto ASCII. Estos contienen las coordenadas de ciertas localidades de interés, así como un identificador de tres letras que aparecerá en el mapa y el nombre (o identificador) completo para cada una de ellas. El formato es:

Línea 1: longitud₁ , latitud₁ , identificador₁ , nombre₁

Línea 2: longitud₂ , latitud₂ , identificador₂ , nombre₂

.....
Línea n: longitud_n , latitud_n , identificador_n , nombre_n

donde:

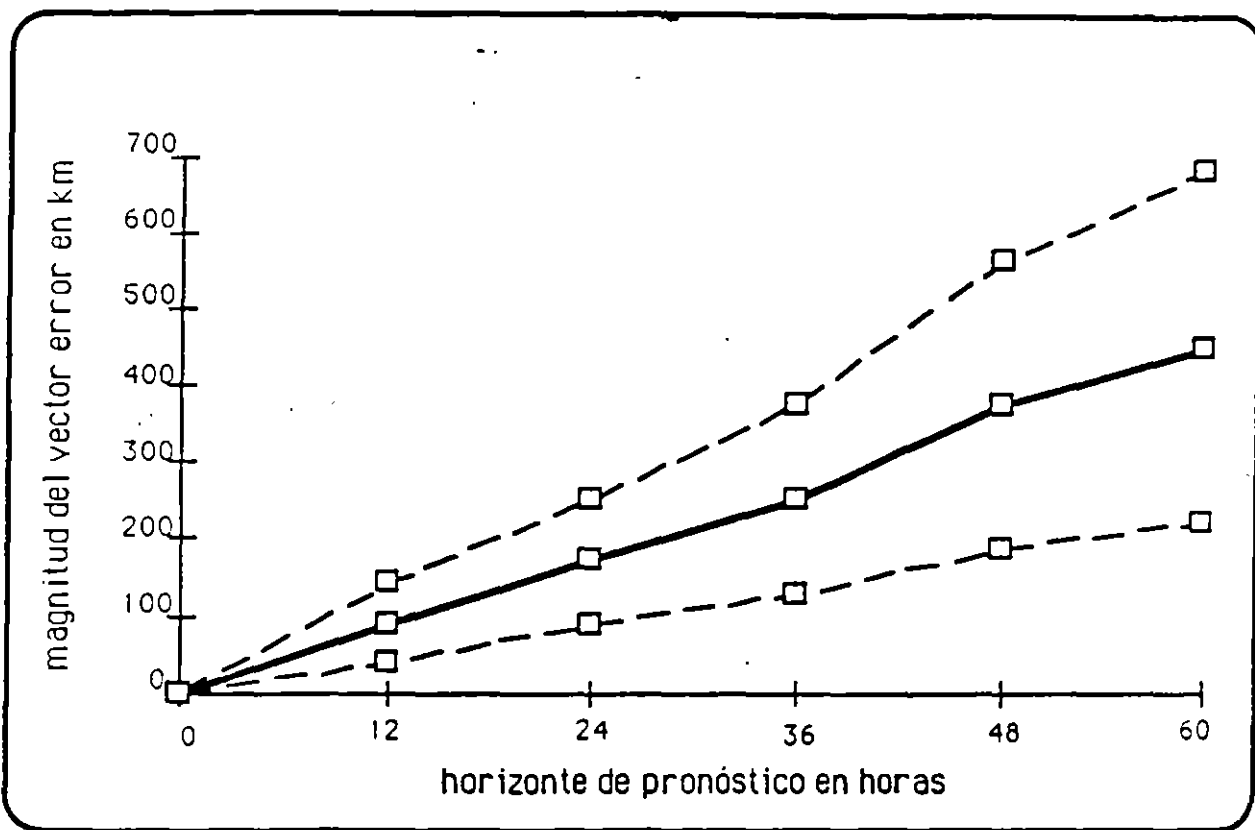
- longitud_j y latitud_j son las coordenadas de la localidad j.
- identificador_j es una clave de tres caracteres que identifica a la localidad j, por ejemplo: MZT, ACP, VER, CAN, etc.
- nombre_j es un identificador completo de la localidad j, como por ejemplo: Mazatlán, Acapulco, Veracruz, Cancún, etc. Este nombre no es utilizado por EXTRACITRO; es exclusivamente una referencia para el usuario al examinar el archivo. En este sentido, su aparición en el archivo es optativa, pero de no aparecer, será necesario resguardar su lugar con la coma que lo antecede.

Esto es útil para el usuario, por ejemplo, cuya responsabilidad es la zona del estado de Guerrero, podrá formar un archivo de localidades a nivel nacional que incluya las principales ciudades y puertos del país y otro archivo local de Guerrero, en el que aparezcan mayor número de poblaciones en Guerrero. El primero sería utilizado al observar los resultados a nivel nacional, mientras el segundo se utilizaría para una amplificación mayor centrada en Guerrero. No existen recetas al respecto, la mejor recomendación es la de aproximarse a este problema por prueba y error utilizando a EXTRACITRO para observar experimentalmente la legibilidad en pantalla correspondiente a un cierto archivo de localidades a una cierta amplificación.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

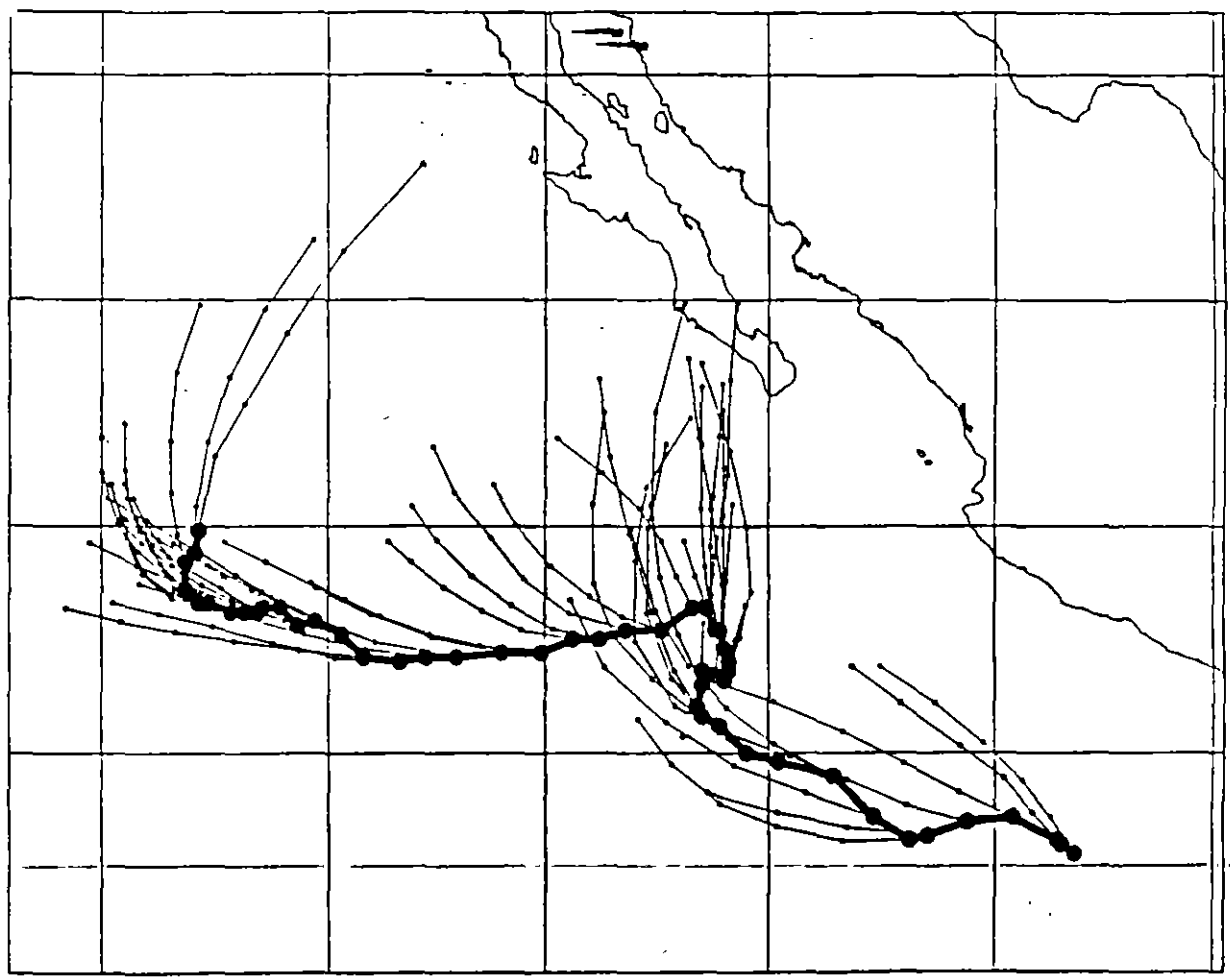
. Media (\pm desv. std.) de magnitud del vector error



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

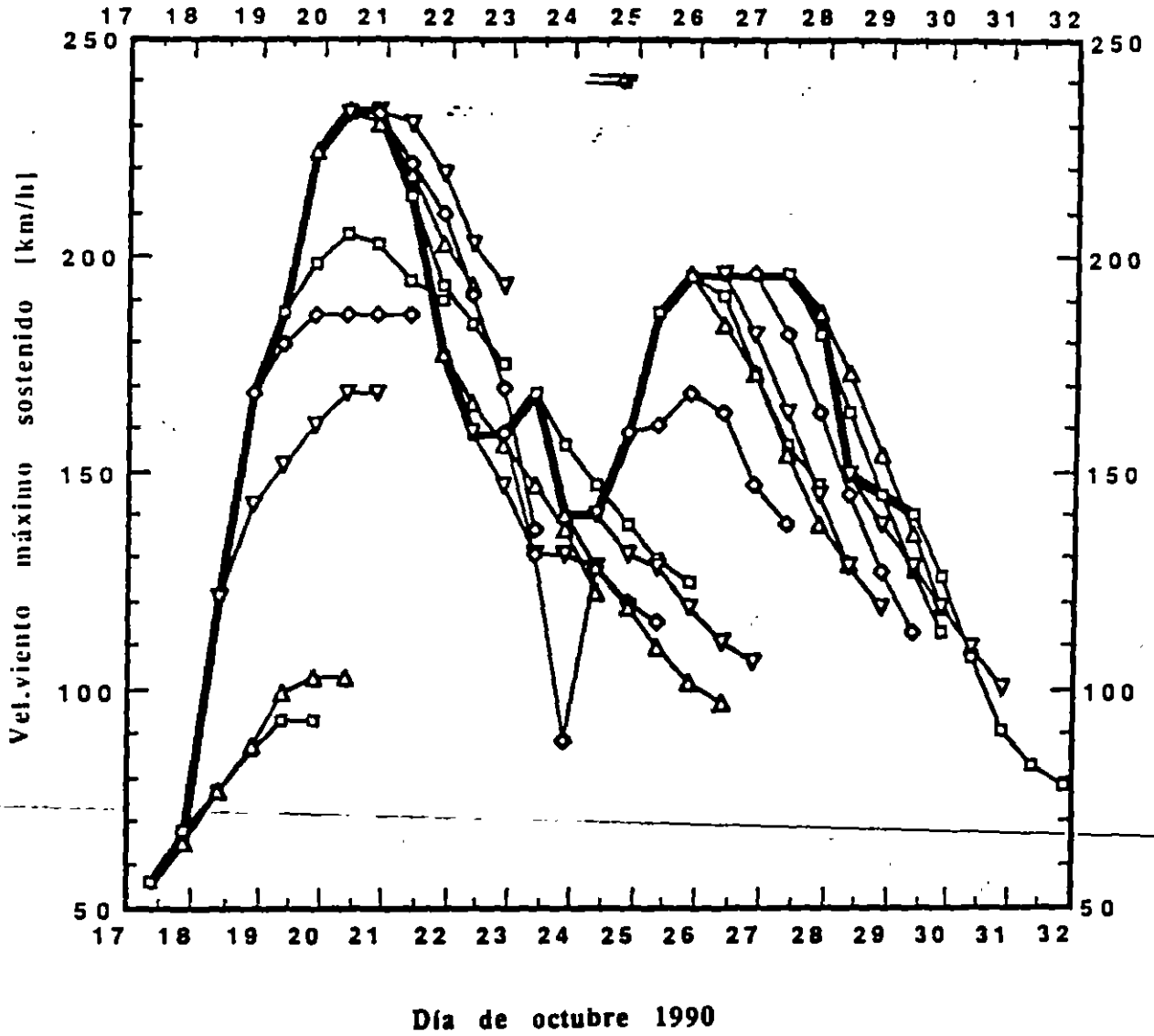
Pronósticos de trayectoria del ciclón Trudy



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Comparación de velocidades de viento (sostenido) máximo alcanzado Vs pronosticado para el ciclón Trudy

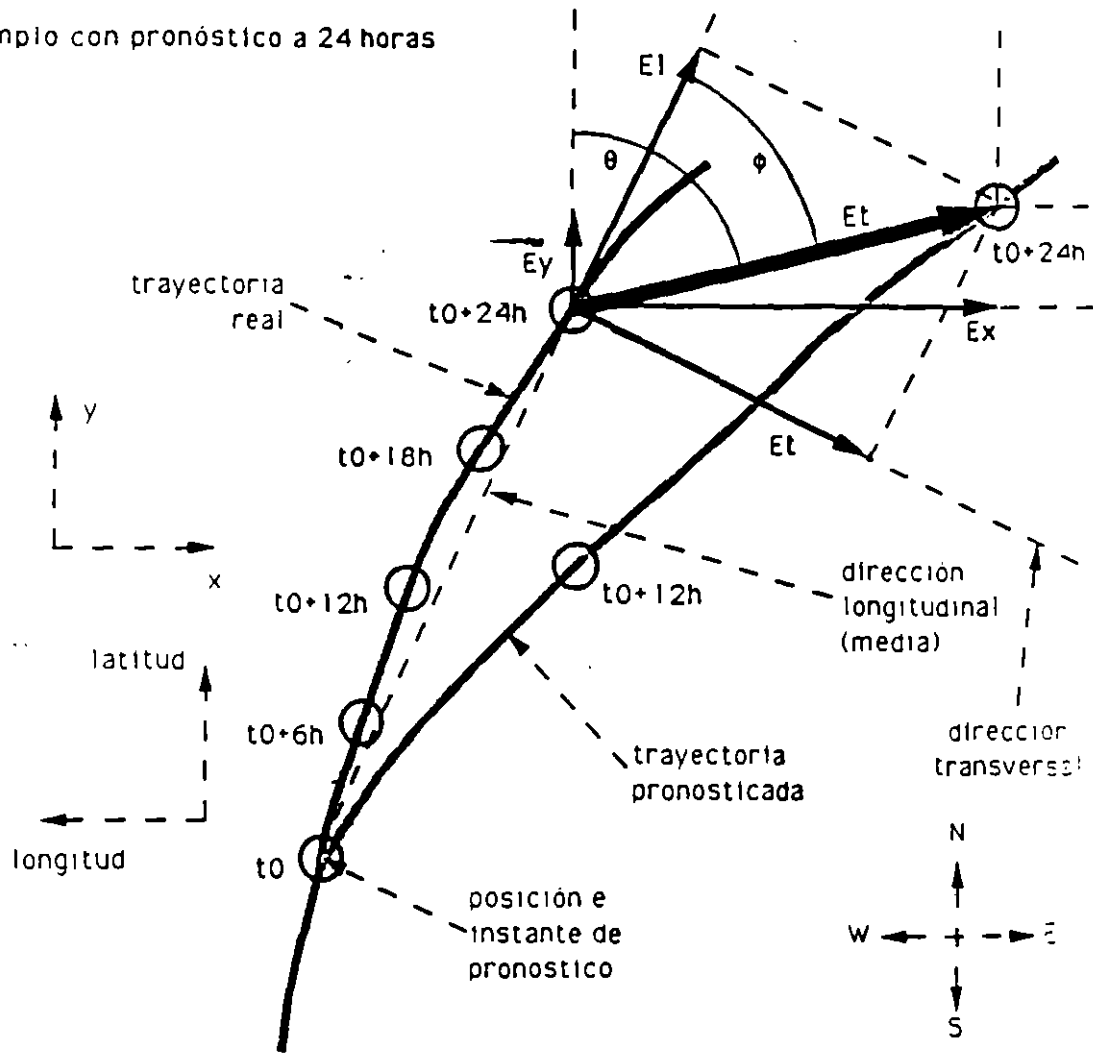


FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Diagrama sobre el cálculo de errores en el pronóstico de trayectorias de ciclones

Ejemplo con pronóstico a 24 horas



Definición de variables:

E_t = vector error total

E_x = componente del vector error en x o longitud (+ hacia el Este)

E_y = componente del vector error en y o latitud (+ hacia el Norte)

E_1 = componente longitudinal del vector error

(+ para sobreestimación en la velocidad de translación)

E_t = componente transversal del vector error

(+ hacia la derecha de la trayectoria real)

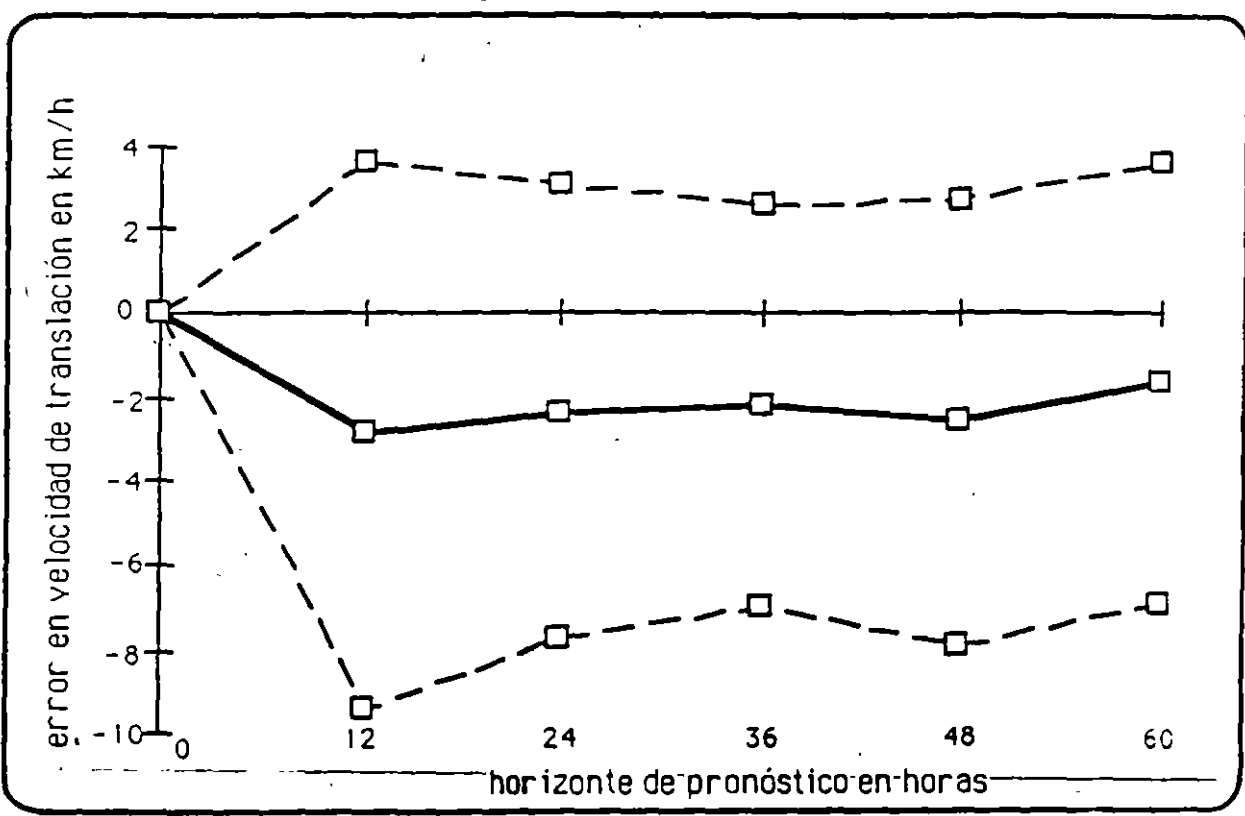
θ = ángulo del vector error con la dirección Norte (+ horario)

ϕ = ángulo del vector error con la dirección longitudinal (+ horario)

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

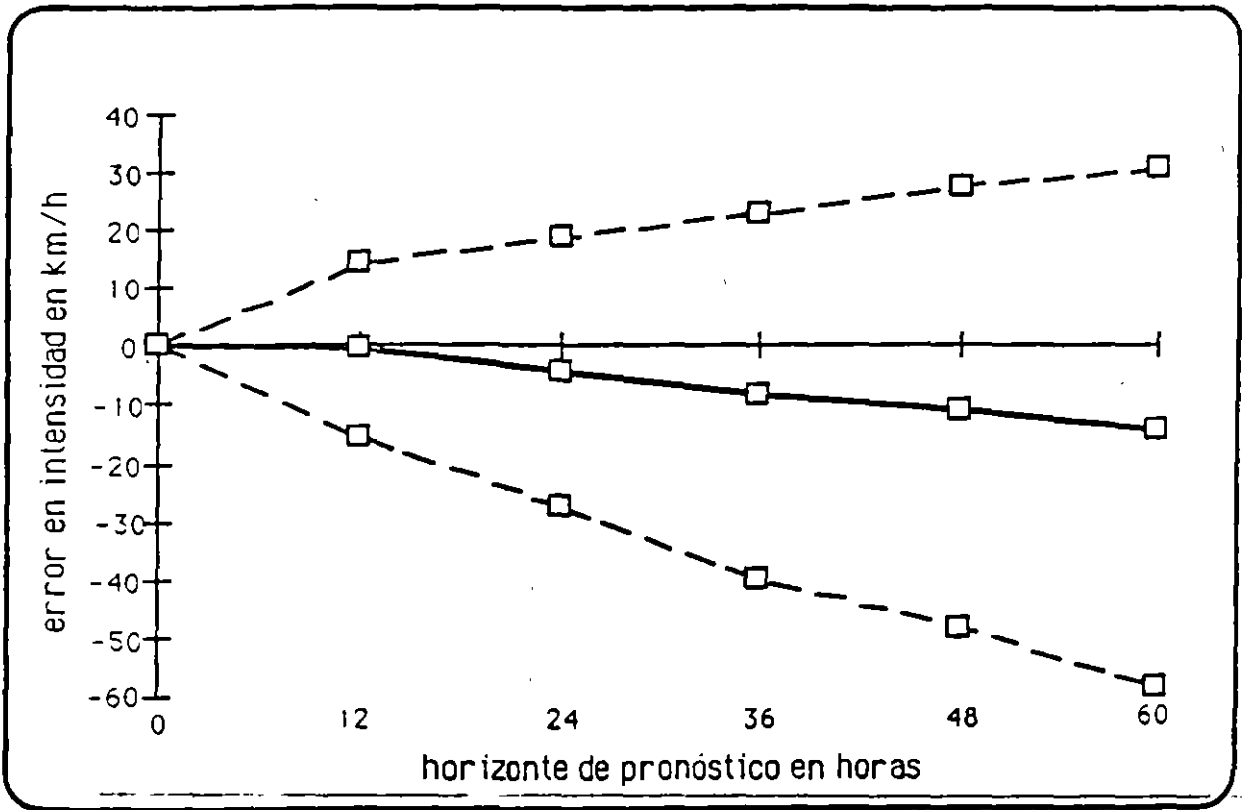
Media (\pm desv. std.) de error en velocidad de translación



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

Media (\pm desv. std.) de error en intensidad



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

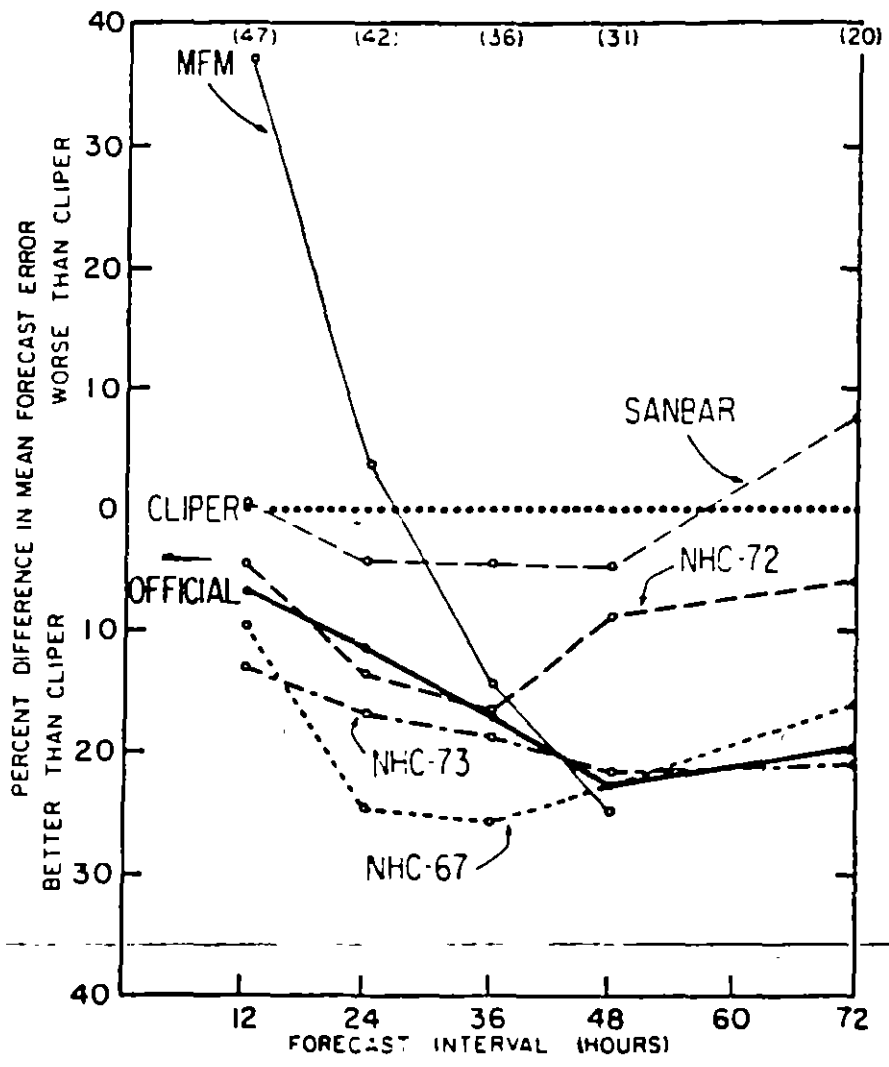
NOTAS

MODELOS DE PRONOSTICO DE MOVIMIENTO DE CICLONES TROPICALES

<u>Modelo</u>	<u>Tipo</u>	<u>Observaciones</u>
Oficial	Subjetivo	Basado en salida de diferentes modelos
Persistencia	---	Usa el movimiento de la tormenta en las últimas horas
HURRAN	Análogo	Trayectorias observadas, movimiento anterior.
CLIPER	Estadístico	Movimiento anterior y actual, posición, fecha.
NHC-73	Estadístico-dinámico	Salidas de CLIPER y MFM
SANBAR	Dinámico	Barotrópico
MFM	Dinámico	Ecuaciones primitivas

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

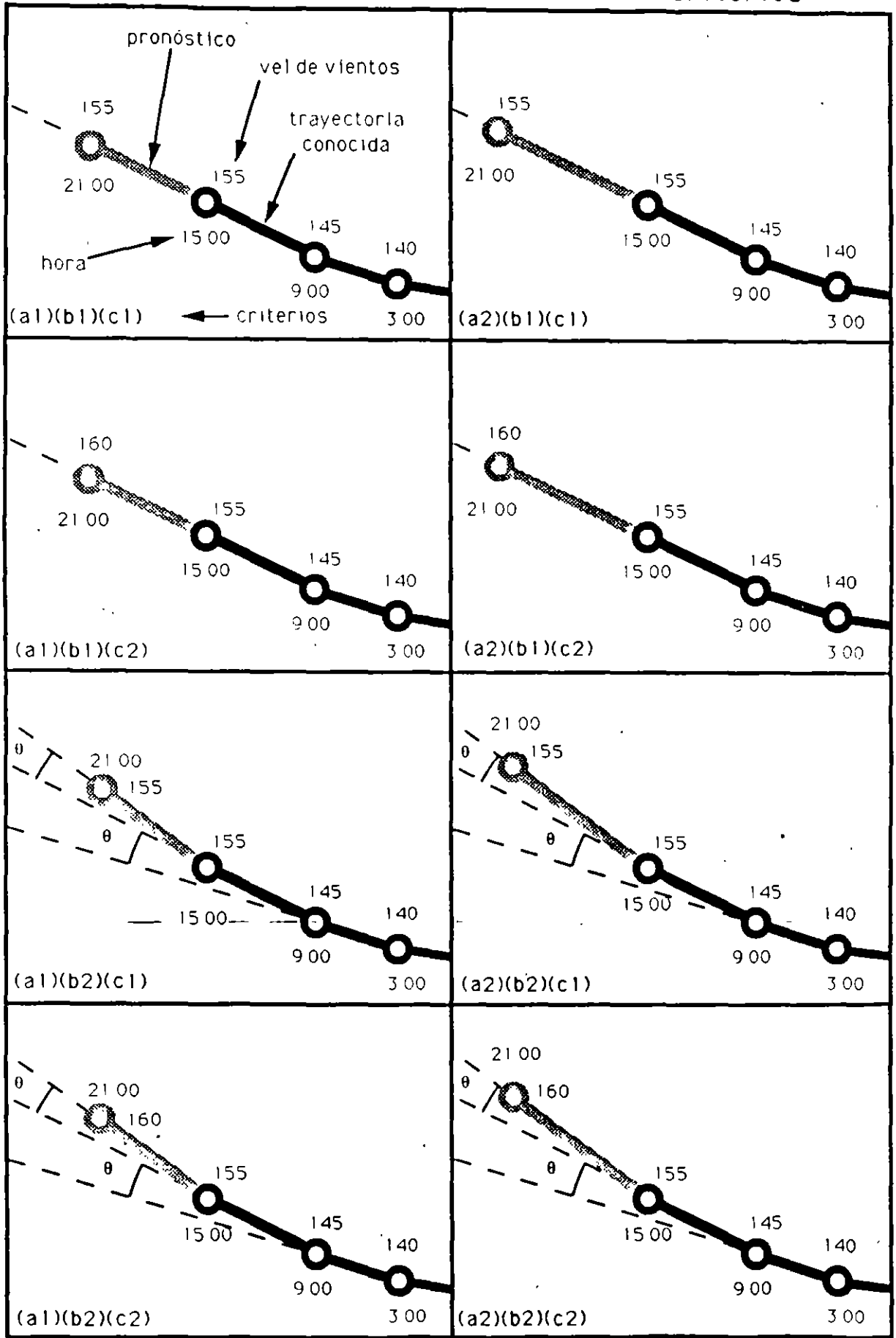


Desempeño de varios modelos de pronóstico de trayectoria de ciclones tropicales con respecto al modelo CLIPER en el periodo 1976-1979.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

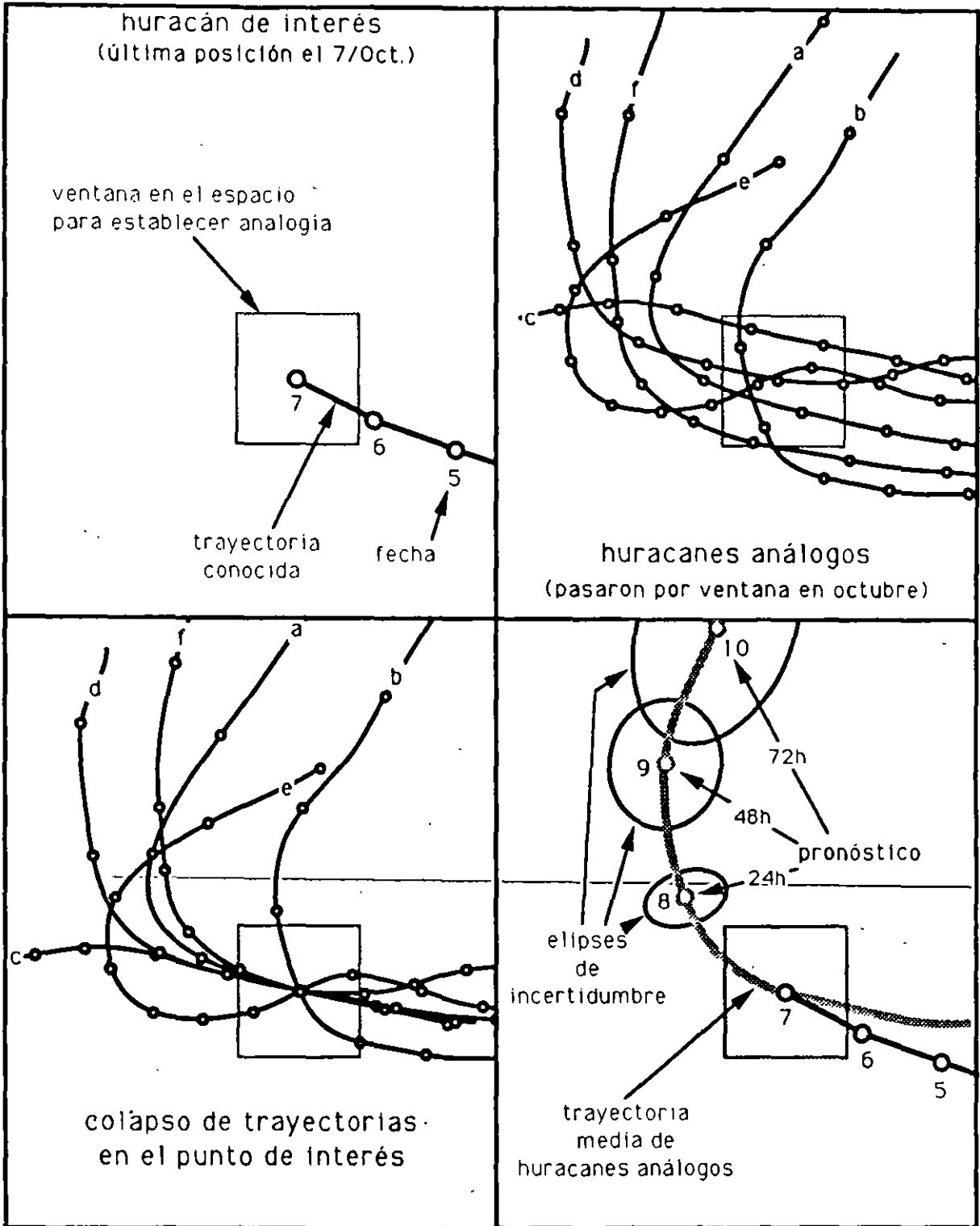
Ejemplos de pronóstico por persistencia a 6h para diferentes combinaciones de criterios



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

Esquema de pronóstico por climatología (método de huracanes análogos)



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

1.8.1 Software para pronóstico de trayectorias por persistencia pura y por climatología.

El programa EXtrapolación de TRAyectorias en CÍclones TROpicales (EXTRACITRO) es una herramienta computacional para realizar pronósticos de la trayectoria e intensidad futuras de un ciclón tropical en base a persistencia pura, es decir, extrapolando el movimiento actual e inmediato pasado del ciclón suponiendo que alguna de sus características se mantendrá constante en el futuro.

Se incluye la combinación de tres criterios independientes: la velocidad de avance, la dirección de avance y la intensidad del ciclón. Cada uno de estos tiene dos opciones: el mantener la variable en cuestión constante con respecto a la última posición conocida, o el mantener el cambio de dicha variable constante con respecto a las últimas dos posiciones conocidas. Esto produce 8 combinaciones posibles para realizar un pronóstico.

La trayectoria conocida hasta el momento de calcular el pronóstico, así como éste, se presentan en forma gráfica en pantalla sobre un mapa bastante detallado de la región meteorológica IV de interés para ciclones que pueden afectar a México. Dicho mapa se presenta con una amplificación, seleccionada por el usuario, en la zona de interés para él.

Otras funciones auxiliares incluyen:

- El despliegue en pantalla de localidades o poblaciones de interés sobre el mapa
- El despliegue de los datos (históricos o pronosticados) para cada posición sobre la trayectoria
- La medición de distancia entre cualesquiera dos puntos sobre el mapa, así como la dirección o rumbo de la línea que los une; cuando estos dos puntos coinciden con posiciones consecutivas del ciclón, se calcula además la velocidad de avance del mismo.
- El almacenamiento en un archivo en disco de los datos históricos con el pronóstico-realizado-adherido al final.

EXTRACITRO tiene las siguientes capacidades generales:

- Puede calcular un pronóstico de la trayectoria futura en base a dos criterios combinados, uno sobre la velocidad de avance y el otro sobre la dirección de avance, manteniendo la variable constante con respecto a la última posición conocida, o manteniendo el cambio de la variable constante con respecto a sus dos últimas posiciones conocidas.
- Puede calcular un pronóstico de la intensidad (en términos de la velocidad de vientos máximos sostenidos) futura, manteniendo la misma constante o manteniendo el cambio de la misma constante.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

Se puede utilizar cualquier combinación de los criterios de pronóstico; en la presente versión existen ocho combinaciones posibles (tres criterios independientes con dos opciones cada uno).

Los datos de posición e intensidad presente y pasada no necesariamente deben tener el intervalo usual de seis horas entre posiciones consecutivas; de hecho este intervalo puede ser arbitrario y puede variar entre posiciones conocidas consecutivas, EXTRACITRO considera esta posibilidad y realiza los pronósticos correctamente.

Los pronósticos pueden realizarse hasta para 72 horas a futuro. En caso de solicitarse un pronóstico a más de seis horas a futuro, EXTRACITRO calcula y despliega las posiciones para cada seis horas adelante de la última posición conocida. Esto no restringe la solicitud de pronósticos a horizontes que sean un múltiplo de seis horas; EXTRACITRO simplemente calcula el último intervalo menor a seis horas si esto es necesario para cumplir con el horizonte de pronóstico solicitado.

La trayectoria conocida y el pronóstico, en caso de ya haberse realizado alguno, se despliegan en pantalla sobre un mapa de la región meteorológica IV, en la zona de interés para México. La parte conocida se diferencia de la pronosticada utilizando diferentes colores para cada parte. Las posiciones (conocidas o pronosticadas) se identifican con pequeños círculos, con la trayectoria marcada como una línea quebrada cuyos vértices son dichos círculos.

El usuario puede restringir el despliegue a una cierta zona de interés, especificando el centro de la misma y el factor de amplificación. Este último puede ser de hasta 8X. A mayor amplificación, mayor detalle se observa, pero menos área se cubre. No existe restricción alguna sobre el hecho de que la trayectoria conocida, o pronosticada, quede íntegramente en la zona de despliegue seleccionada por el usuario. Cuando el usuario selecciona un área de despliegue que rebasa la zona donde existe información geográfica, el programa automáticamente ajusta el centro para que el área de despliegue se mantenga dentro de dicha zona, sin ocurrir ninguna condición de error.

El usuario puede definir y salvar a disco la definición de múltiples vistas (o áreas de despliegue), pudiendo generar bibliotecas de vistas afines a cierta labor o a cierto usuario en particular. Estas vistas pueden ser activadas en cualquier momento.

El mapa de fondo puede incluir diversas localidades de interés. Estas se definen en un archivo de datos de fácil elaboración. Se pueden almacenar, en disco, diversos archivos de localidades de interés, por ejemplo, con diferentes densidades para vistas distintas. Las localidades aparecen en pantalla como puntos etiquetados con un identificador de 3 letras.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

- El usuario puede medir distancias, direcciones y rumbos sobre el mapa utilizando para ello un dispositivo apuntador (también llamado ratón o mouse). Esto facilita el realizar los boletines que especifican la distancia y dirección del centro del ciclón a diversas poblaciones de interés. Sin embargo dicha medición no se encuentra restringida a este caso. La medición puede realizarse entre cualquiera dos puntos sobre el mapa. Un caso especial es aquél donde la medición se realiza entre dos puntos consecutivos de la trayectoria, midiéndose en este caso, además de la distancia avanzada, en km, y la dirección de avance, en grados, también la velocidad del mismo, en km/h.
- El usuario puede interrogar a EXTRACITRO sobre los datos correspondientes a cualquiera de los puntos de la trayectoria (conocida o pronosticada). Esto lo hace señalando el punto de interés con el dispositivo apuntador, apareciendo una pequeña ventana con los datos solicitados. Los datos disponibles incluyen: fecha y hora, coordenadas (longitud y latitud), velocidad de vientos máximos sostenidos, presión central (solo en posiciones conocidas si se encuentra disponible en el archivo de datos) y clasificación (depresión tropical, tormenta tropical, huracán nivel I, II, III, IV o V).
- EXTRACITRO tiene una interfase con el usuario fundamentada en menús que se desdoblán de una barra de comandos en la parte superior de la pantalla, misma que facilita su utilización significativamente. Los menús y sus opciones se activan a través de las flechas en el teclado o a través de una letra que identifica a cada menú y opción. El menú u opción activo se identifica por un parpadeo intermitente.

Limitaciones de EXTRACITRO.

En este sentido, la limitación más grande del programa EXTRACITRO es que en principio no substituye de ninguna manera el conocimiento meteorológico necesario para realizar un pronóstico de trayectoria e intensidad acertado. EXTRACITRO es tan solo una de las herramientas disponibles para que el pronosticador realice dicho pronóstico. Es responsabilidad del usuario el conocer y comprender el algoritmo (simplemente de extrapolación)-que-se-utiliza, así como las condiciones atmosféricas en las que es razonable el extrapolar una trayectoria para obtener un pronóstico y el horizonte a futuro al que este debe estar limitado. Más aún, es responsabilidad del usuario cuál de los criterios disponibles es el adecuado en una cierta situación. En resumen, la disponibilidad de EXTRACITRO no exenta al pronosticador de poseer los conocimientos necesarios para realizar un pronóstico razonable.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

En general, los pronósticos por persistencia pura (o extrapolaciones) se consideran adecuados para horizontes relativamente cortos, que van desde unas cuantas horas, hasta unas 24 horas. EXTRACITRO permite el solicitar pronósticos con horizontes de hasta 72 horas para no limitar su utilización en manos de un pronosticador experimentado. Sin embargo, la sola disponibilidad de horizontes por arriba de 24 horas, no implica la recomendación de utilizarlos. Ciertamente, más allá de 72 horas, las condiciones atmosféricas que guían a un ciclón tropical, son tan inciertas que una simple extrapolación siempre estará contraindicada.

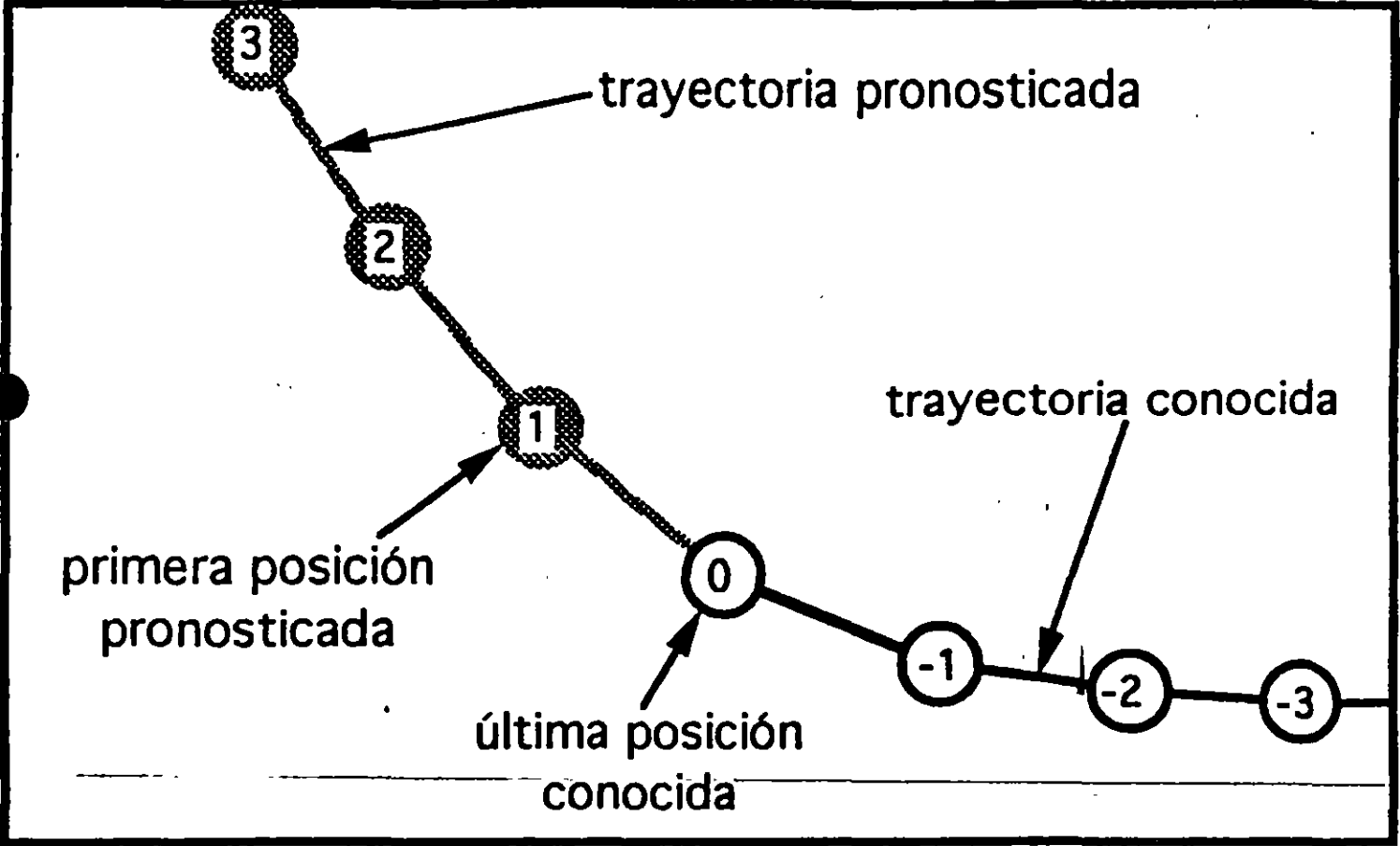
Es importante puntualizar que EXTRACITRO no considera explícitamente ninguna de las condiciones atmosféricas que guían o conducen a un ciclón tropical. Su consideración es únicamente implícita al considerar la trayectoria e intensidad inmediatas pasadas del mismo. En este sentido, una extrapolación ejerce la hipótesis de que las condiciones atmosféricas que controlan el movimiento e intensidad del ciclón en cuestión, permanecerán actuando sobre él de una manera similar en el futuro inmediato.

El hecho que EXTRACITRO no garantice por su sola operación un pronóstico aceptable, no elimina la posibilidad de que el usuario lo utilice para explorar una gama de posibilidades de trayectorias e intensidades a futuro, combinando de diferentes maneras los tres criterios con dos opciones cada uno. Esta utilización producirá hasta 8 pronósticos distintos.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

Esquema ilustrativo de la numeración de posiciones



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

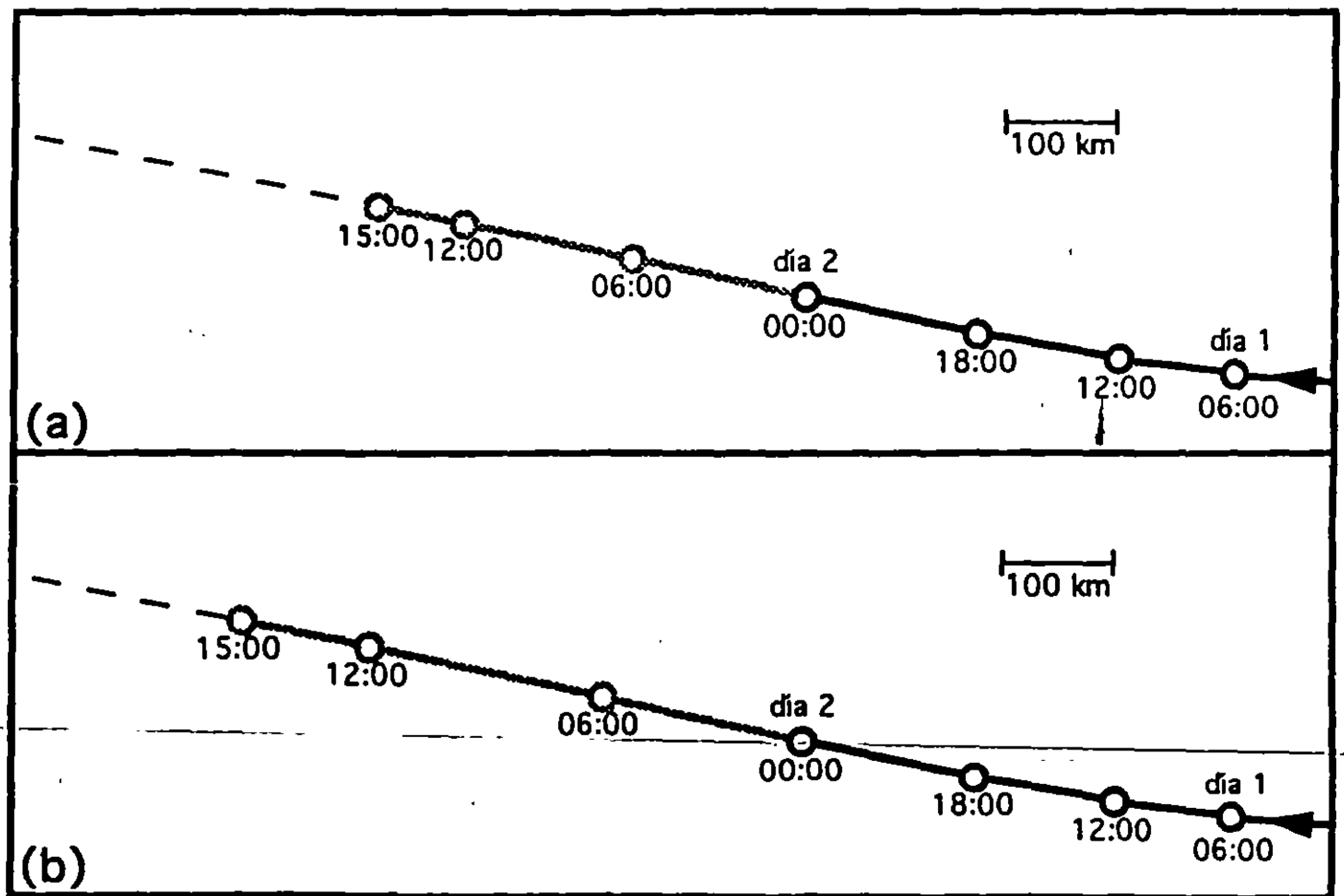
NOTAS

Ejemplo 1: pronóstico de trayectoria con dirección de avance constante y

a) velocidad de traslación constante

b) cambio en la velocidad de traslación constante

realizado el día 2 a las 00:00 horas con un horizonte de 15 horas.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

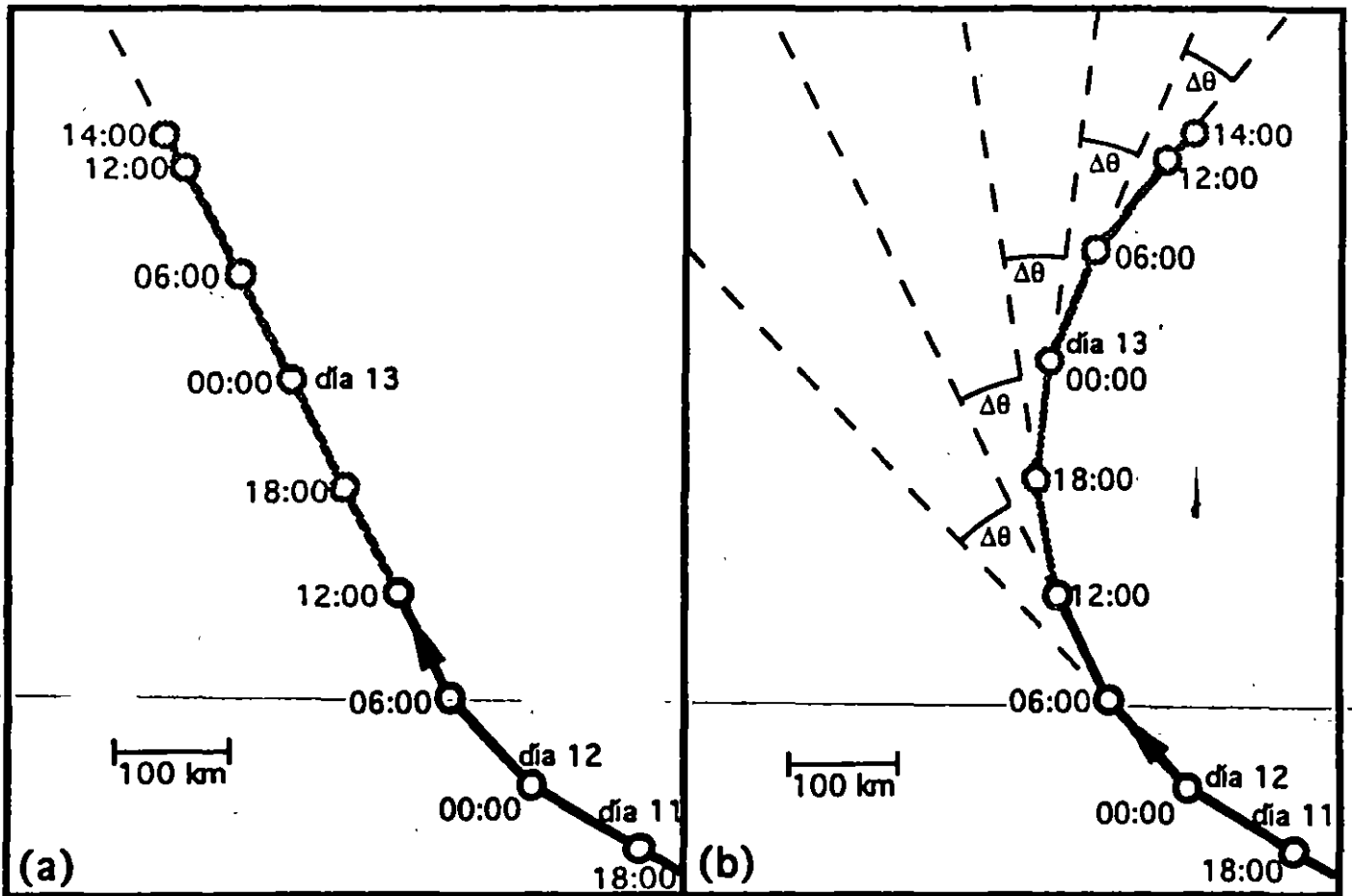
NOTAS

Ejemplo 2: pronóstico de trayectoria con velocidad de traslación constante y

a) dirección de avance constante

b) cambio de dirección de avance constante

realizado el día 12 a las 12:00 horas con un horizonte de 26 horas.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

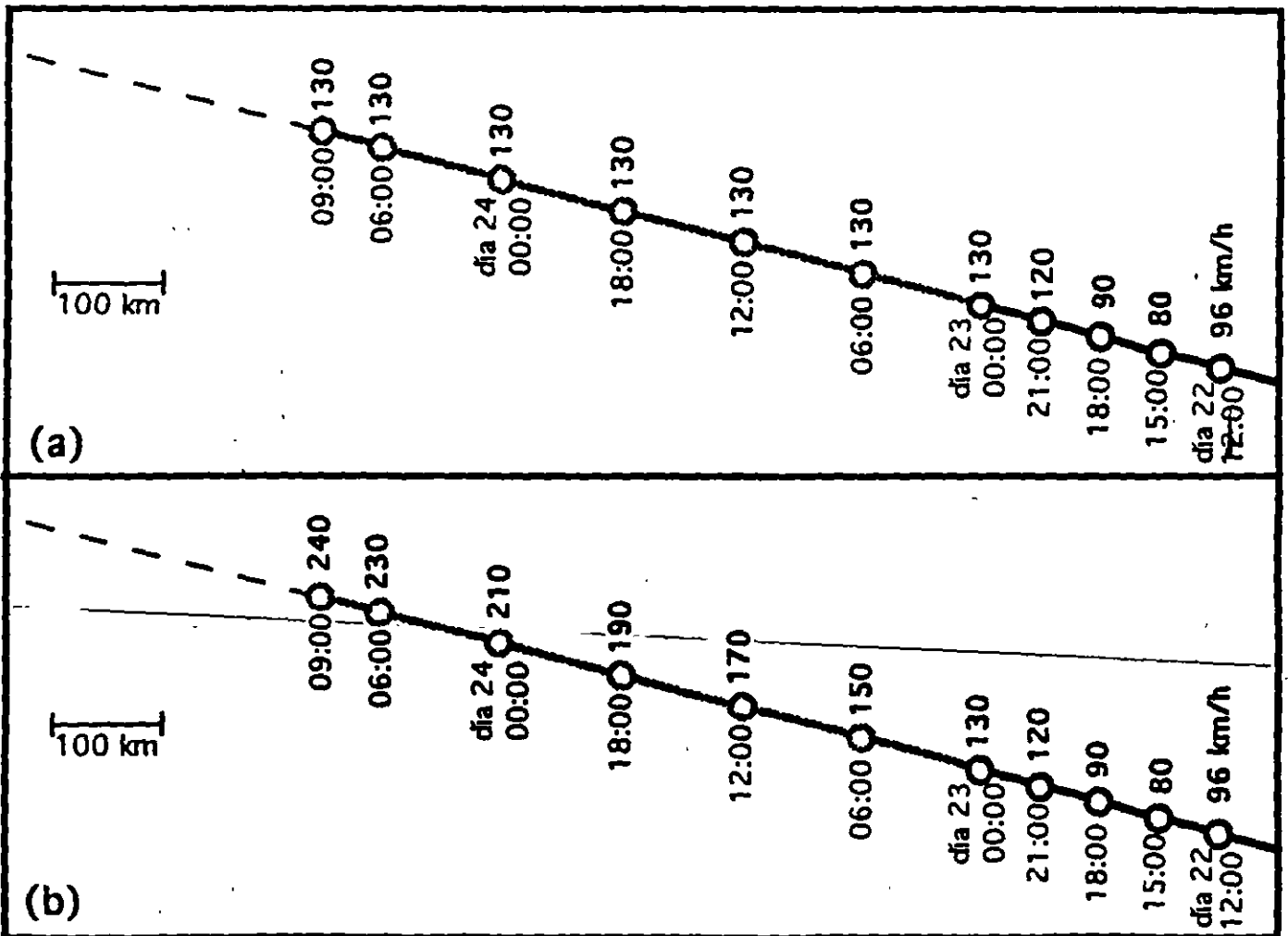
NOTAS

Ejemplo 3: pronóstico de intensidad con:

a) intensidad constante

b) cambio de intensidad constante

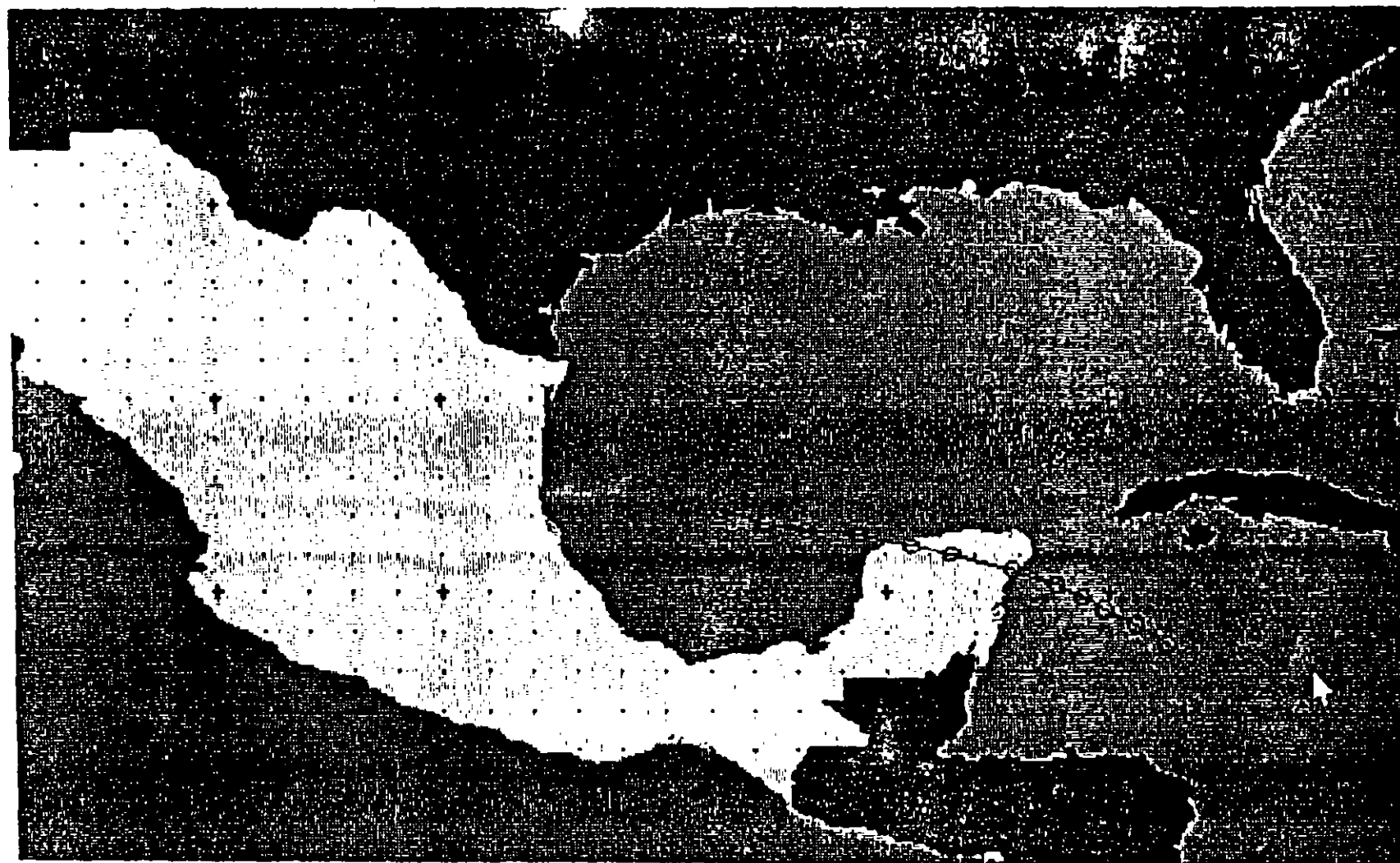
realizado el día 23 a las 00:00 horas con un horizonte de 33 horas (la trayectoria es pronosticada con velocidad de traslación y dirección de avance constantes).



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

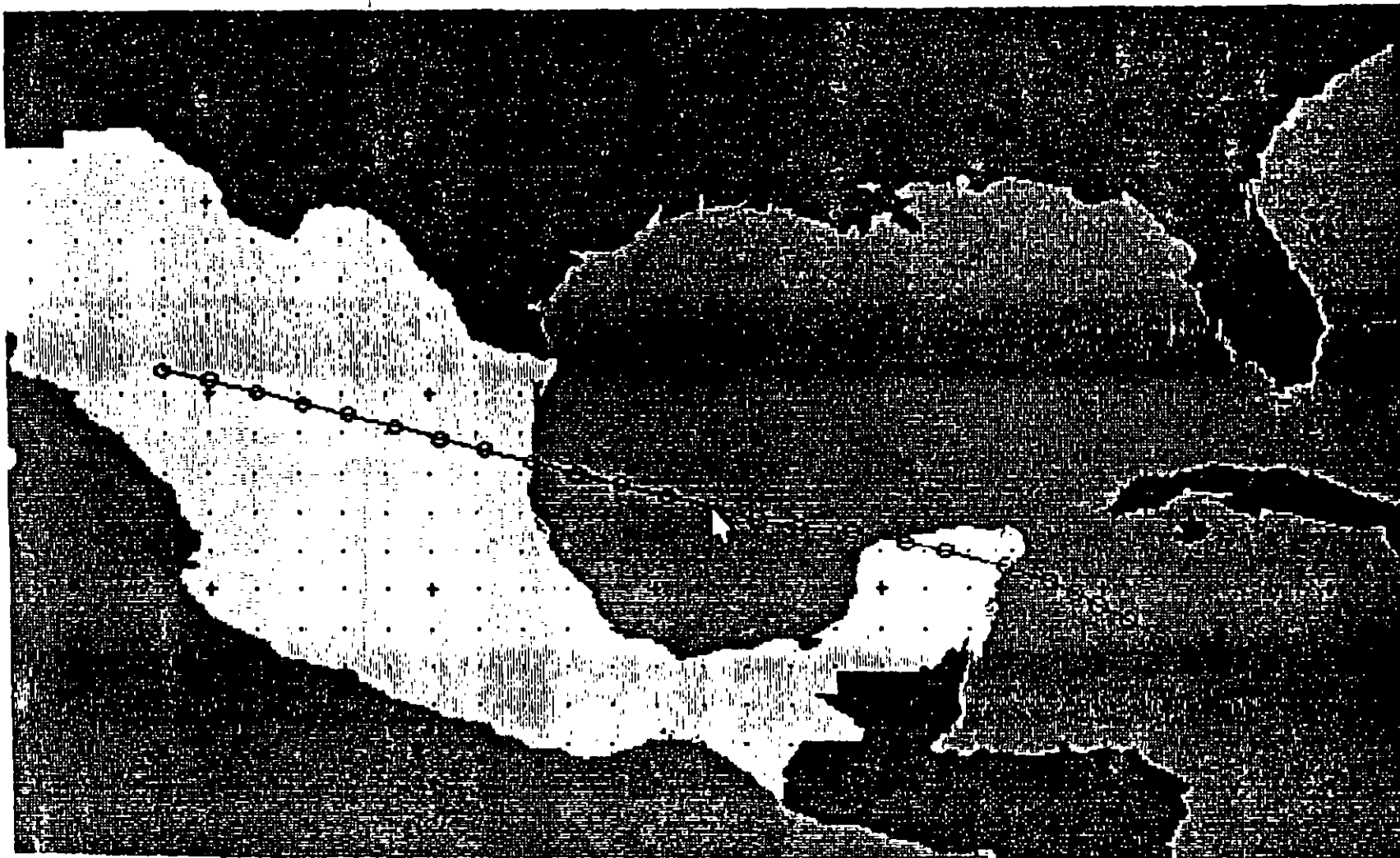
Vista con amplificación 2X y centro en el Golfo de México similar a la lámina A.1.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONE TROPICALES

NOTAS

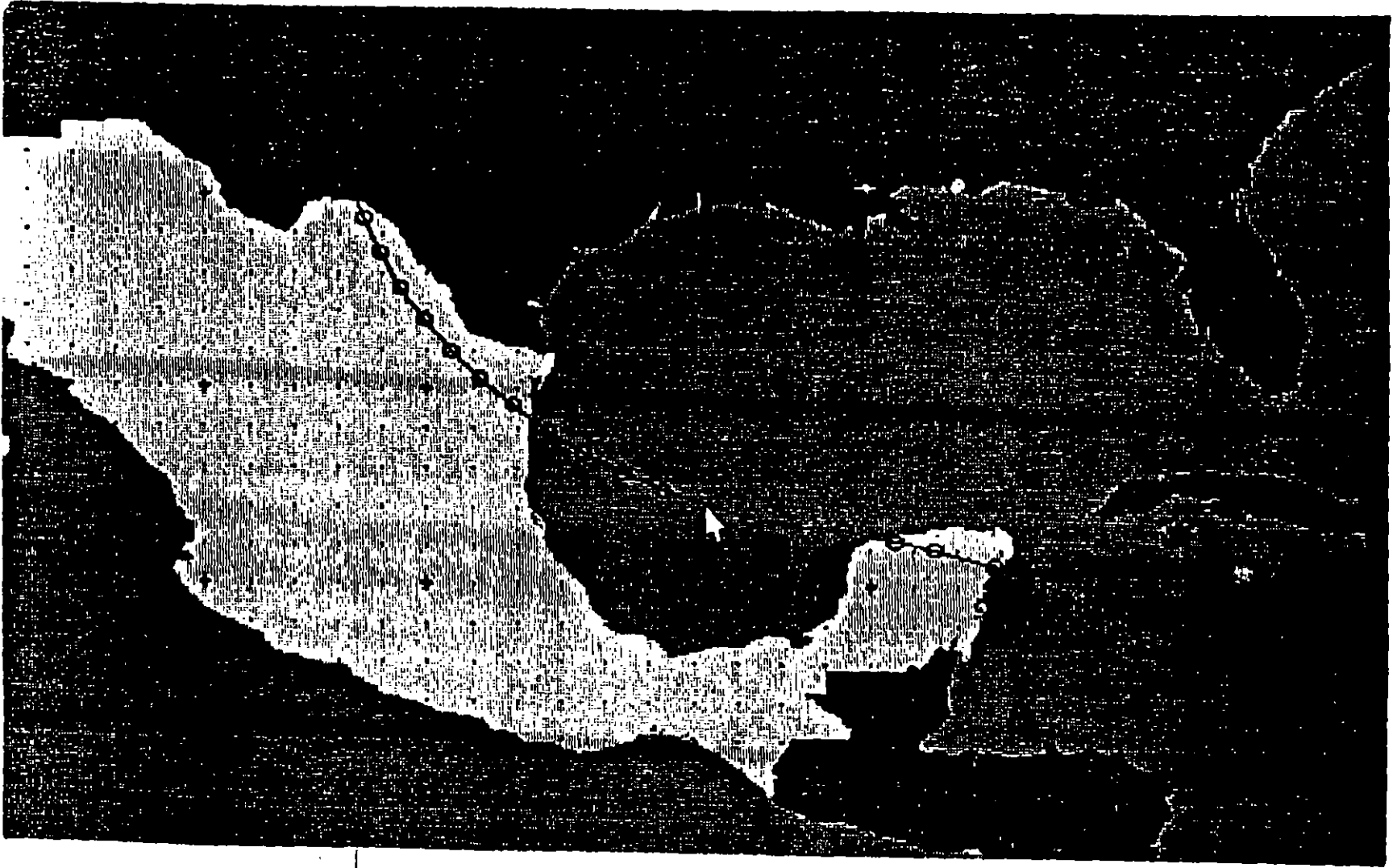
Pronóstico a 72 horas con criterios de velocidad y dirección de avance constantes.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

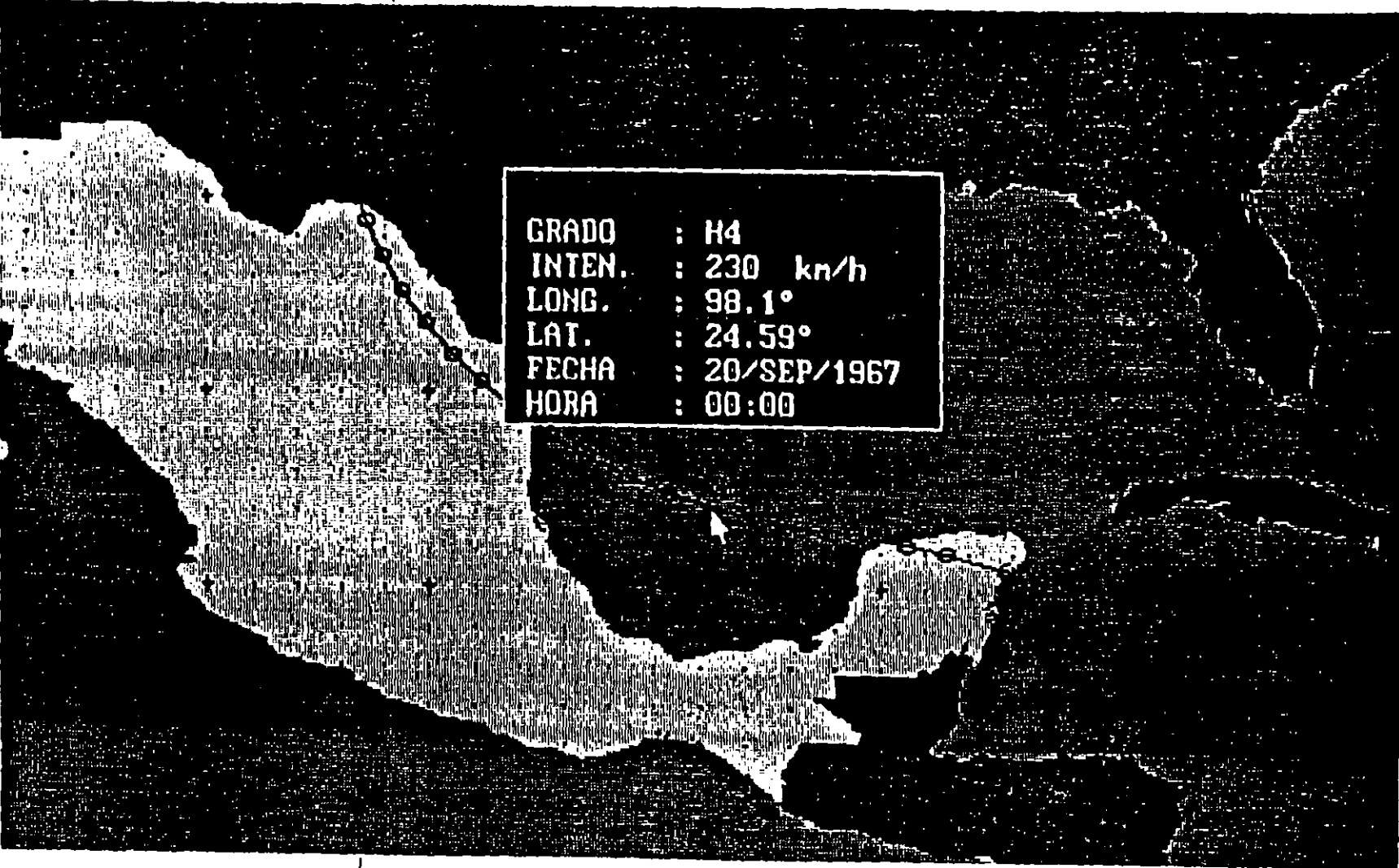
Pronóstico a 72 horas con los criterios de velocidad y cambio de dirección de avance constantes.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Anotaciones correspondientes a la primera posición pronosticada en tierra.

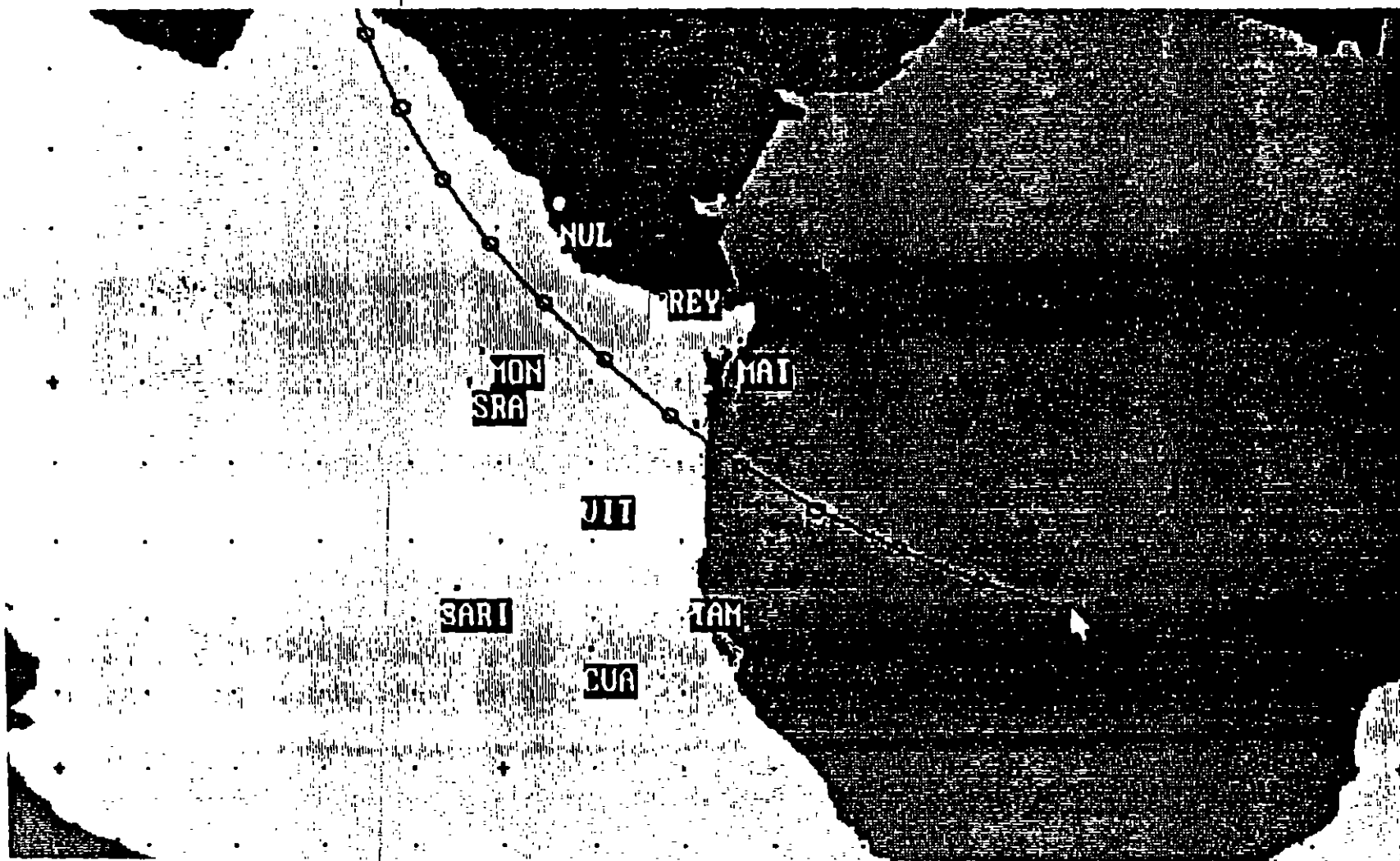


GRADO	: H4
INTEN.	: 230 km/h
LONG.	: 98.1°
LAT.	: 24.59°
FECHA	: 20/SEP/1967
HORA	: 00:00

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

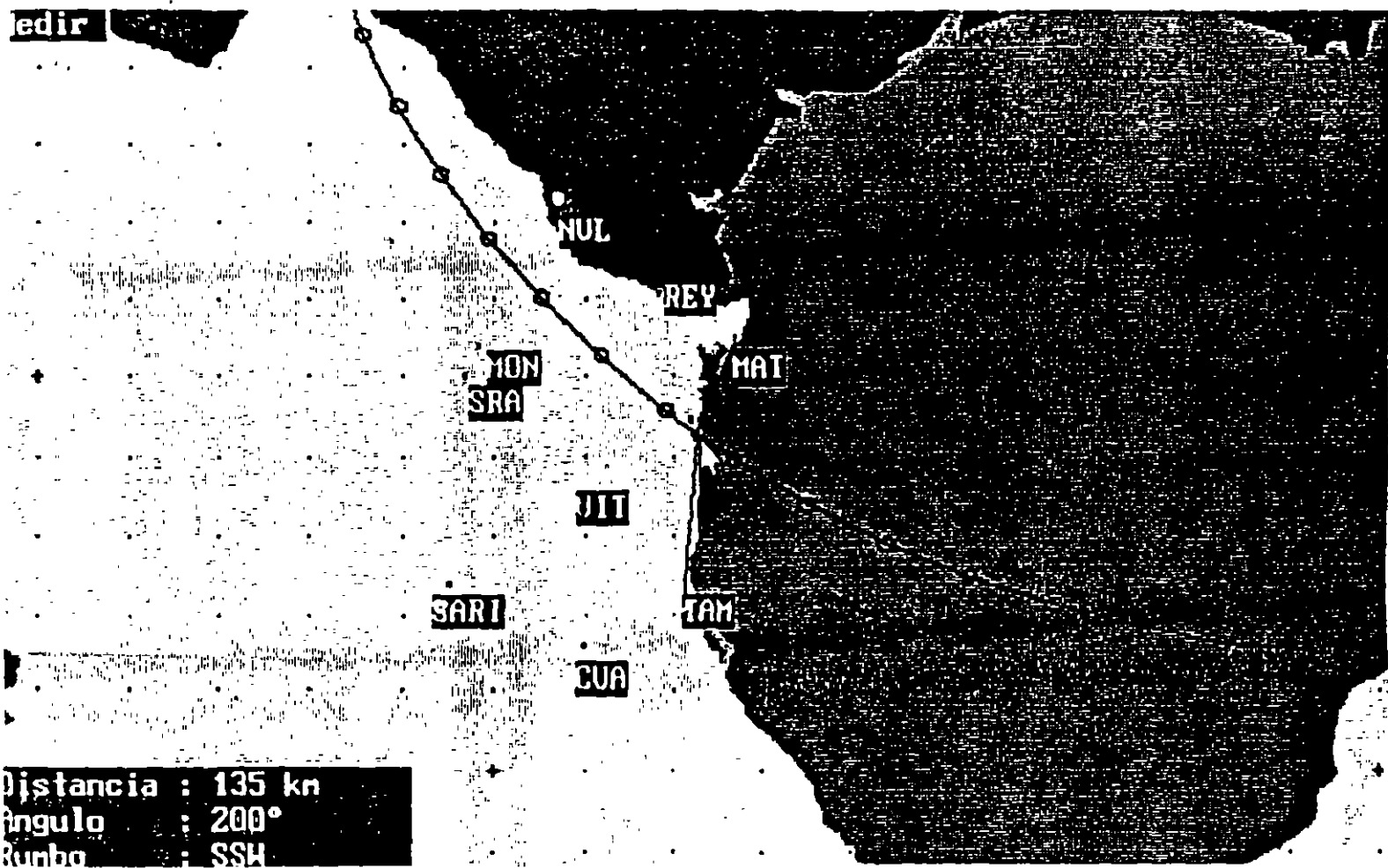
Vista con amplificación 4X con centro en el punto de incidencia pronosticado, con localidades de Tamaulipas.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

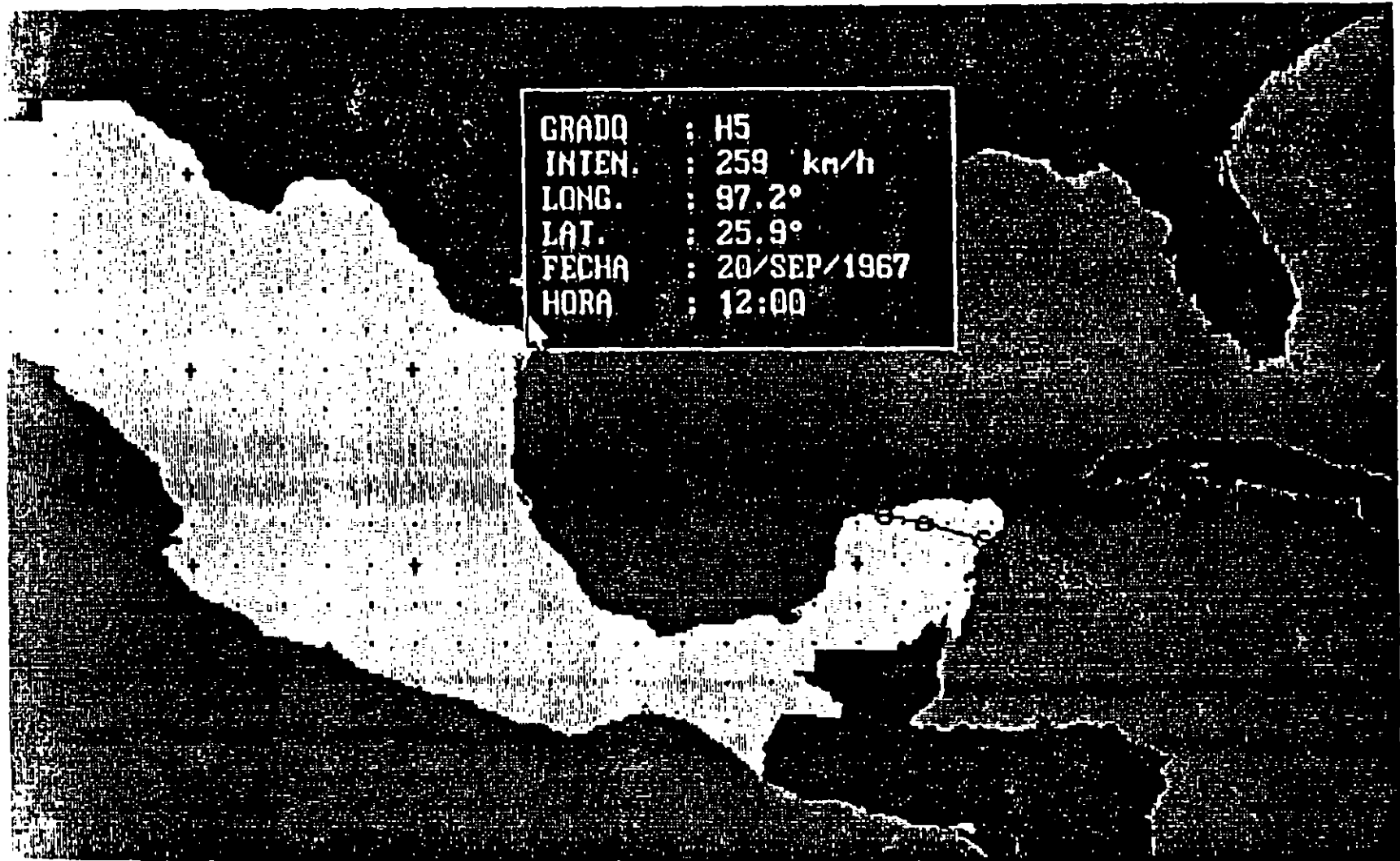
Medición del punto de incidencia con respecto a la ciudad de Matamoros.



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Trayectoria realmente seguida por el huracán Beulah



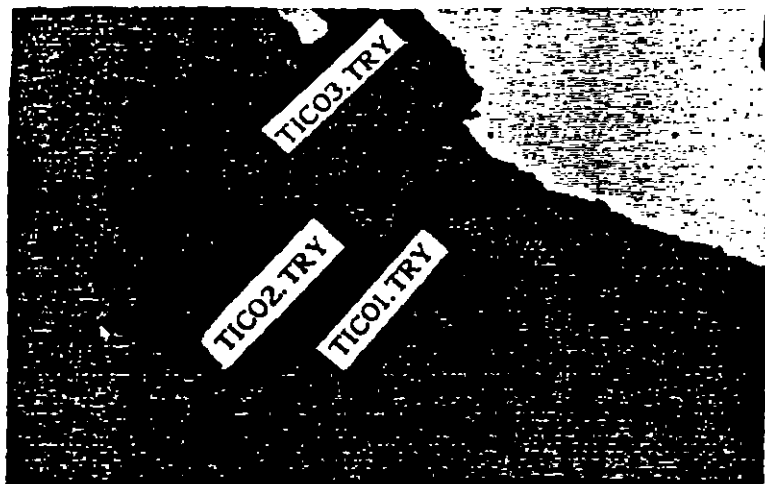
FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Trayectorias de los ejemplos de archivos tipo .TRY



CICLON INEZ (1966)



CICLON TICO (1983)



CICLON GILBERT (1988)

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

Ejemplo de aviso marítimo típico

<p>1 SMN 144 WTPZ24 KMTA 300831 TROPICAL DEPRESSION VANCE MARINE ADVISORY NUMBER 32 NATIONAL WEATHER SERVICE, MIAMI FL 0900Z TUE OCT 30 1990</p>	<p>hora y fecha de emisión</p>
<p>DEPRESSION CENTER LOCATED NEAR 17 4N 112 3W AT 30/0900Z</p>	<p>posición a hora de emisión</p>
<p>PRESENT MOVEMENT TOWARDS THE WEST OR 270 DEGREES AT 08 KT</p>	<p>dirección y velocidad actual</p>
<p>MAX SUSTAINED WINDS 30 KT WITH GUSTS TO 40 KT</p>	<p>intensidad actual</p>
<p>REPEAT CENTER LOCATED AT 17 4N 112 3W AT 30/0900Z</p>	<p>posición actual</p>
<p>CENTER LOCATED AT 17 4N 111 8W AT 30/0600Z</p>	<p>posición hace 3 horas</p>
<p>FORECAST VALID 30/1800Z 17 5N 113 5W MAX SUSTAINED WINDS 30 KT WITH GUSTS TO 40 KT</p>	<p>pronóstico a 9h</p>
<p>FORECAST VALID 31/0600Z 18 5N 115 0W MAX SUSTAINED WINDS 30 KT NEAR CENTER</p>	<p>pronóstico a 21h</p>
<p>FORECAST VALID 31/1800Z 19 5N 116 0W MAX SUSTAINED WINDS 30 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 33h</p>
<p>REQUEST FOR 3 HOURLY SHIP REPORTS WITHIN 300 MILES OF 17 4N 112 3W</p>	<p>solicitud de reportes</p>
<p>EXTENDED OUTLOOK THE FOLLOWING FORECASTS SHOULD BE USED ONLY FOR GUIDANCE PURPOSES BECAUSE ERRORS MAY EXCEED A FEW HUNDRED MILES</p>	<p>advertencia</p>
<p>OUTLOOK VALID 01/0600Z-21 0N-116 0W MAX SUSTAINED WINDS 25 KT NEAR CENTER</p>	<p>pronóstico a 45h</p>
<p>OUTLOOK VALID 02/0600Z 24 0N 114 0W MAX SUSTAINED WINDS 25 KT NEAR CENTER.</p>	<p>pronóstico a 69h</p>
<p>NEXT ADVISORY AT 30/1500Z</p>	<p>próximo boletín</p>

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

FUENTES DE INFORMACION SOBRE HURACANES HISTORICOS

Fuente

Tipo

Monthly Weather Review

Revista científica

Weatherwise

Revista de divulgación

Mariners worldwide
climatic guide to
tropical storms at sea

Libro

Force 12

Programa de computadora

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

ESCALA SAFFIR-SIMPSON DE DAÑO POTENCIAL DE HURACANES

<u>Categoría</u> (#)	<u>Presión central</u> (mb)	<u>Vientos</u> (km/h)	<u>M a r e a d e</u> <u>tormenta</u> (m)
1	> 980	119-154	1.5
2	965-979	155-178	2.0-2.5
3	945-964	179-210	2.5-4.0
4	920-944	211-250	4.0-5.5
5	< 920	> 250	> 5.5

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

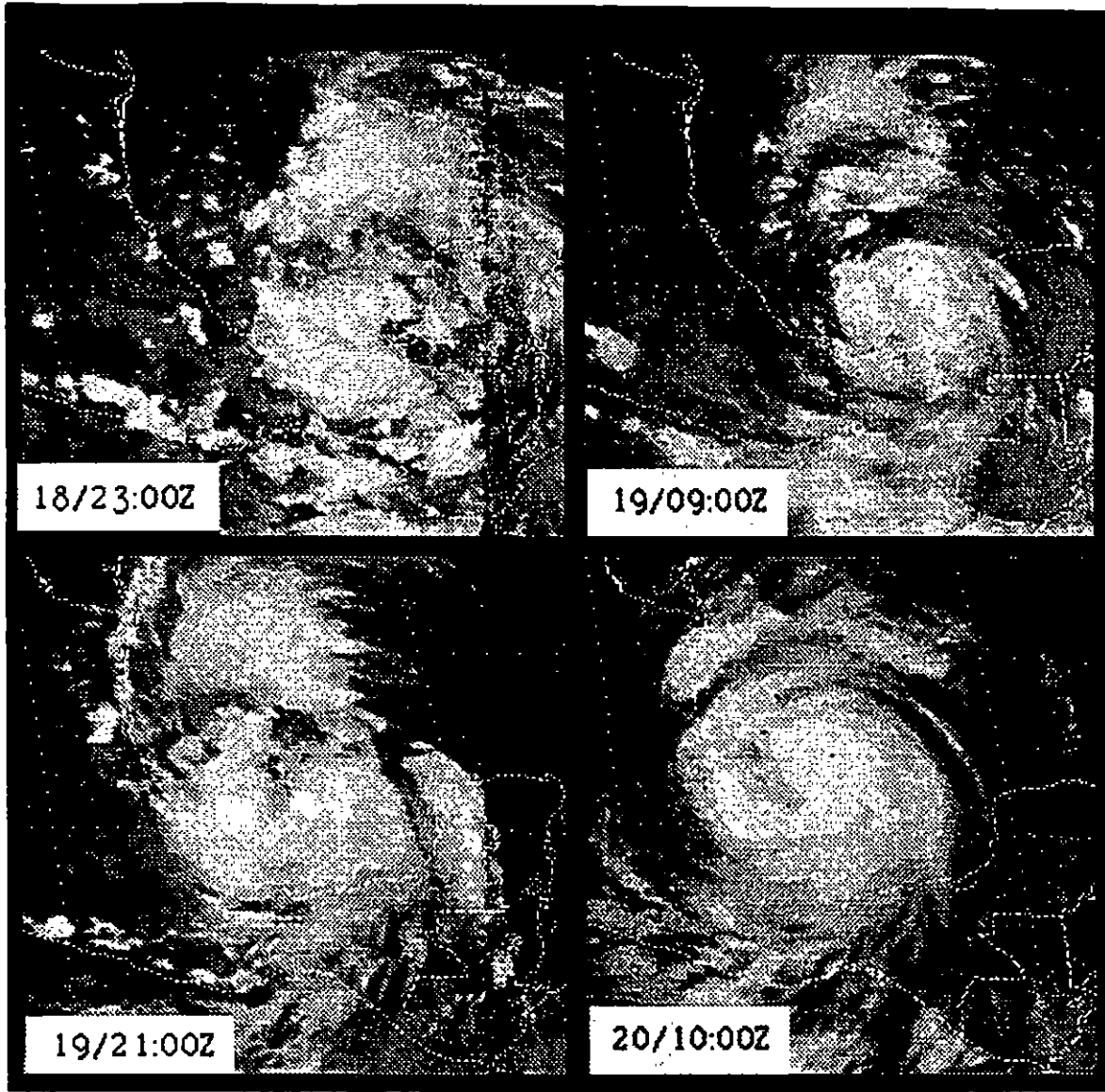
COMPONENTES DE UNA RED DE MONITOREO

- **Satélites meteorológicos**
- **Radars meteorológicos**
- **Radiosondeos**
- **Estaciones meteorológicas automáticas**
- **Pluviógrafos aislados**
- **Vuelos instrumentados de penetración**
- **Boyas instrumentadas**
- **Ológrafos y mareógrafos costeros**
- **Registradores de nivel máximo de aguas**
- **Reportes de aeronaves y embarcaciones**

Para ser útiles en el ámbito operativo deben transmitir sus mediciones (casi) en tiempo real.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



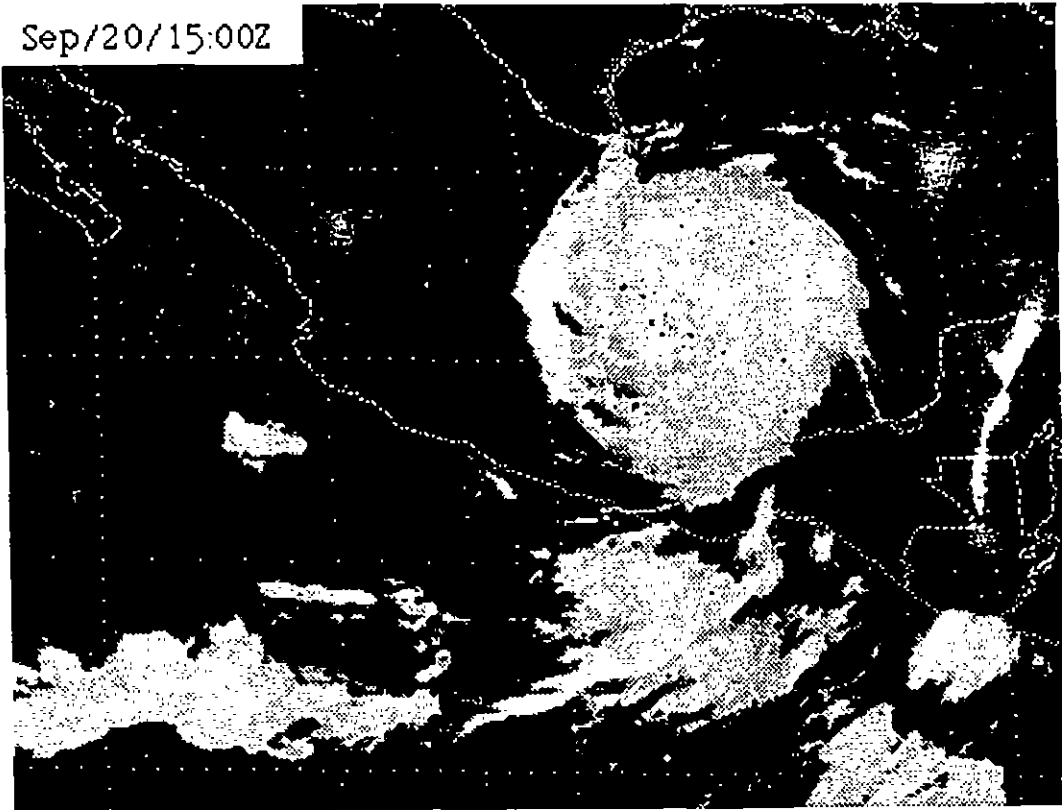
SECUENCIA DE IMAGENES INFRARROJAS GOES (SEPTIEMBRE 1993, GERT)

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

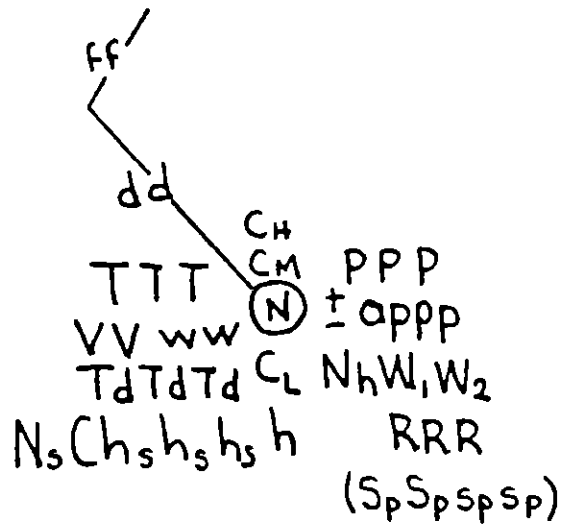
IMAGEN INFRARROJA PROCESADA MOSTRANDO SOLO NUBES MAS ALTAS

Sep/20/15:00Z

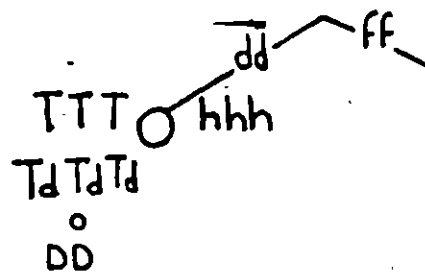


FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



Módulo de transcripción de un informe meteorológico completo de una estación fija de superficie.



Modelo de asentamiento en los mapas de presión constante.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

COLOR	SIMBOLO	SIGNIFICADO
Azul	A . H	Sistema de alta presión
Rojo	B . L	Sistema de baja presión
Azul		Frente Frío
Azul		Frente Frío en altura
Rojo		Frente caliente
Rojo/Azul		Frente estacionario
Púrpura		Frente ocluído
Azul		Frontogénesis fría
Rojo		Frontogénesis caliente
Rojo/Azul		Frontogénesis estacionaria
Azul		Frontólisis Fría
Rojo		Frontólisis caliente
Rojo/Azul		Frontólisis estacionaria
Púrpura		Frontólisis ocluída
Púrpura		Línea de turbonadas
Café		Vaguada
Amarillo		Dorsal

Símbolos utilizados en un análisis de superficie.

SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO
+	Centro de baja presión
⌚	Depresión Tropical
⌚	Tormenta Tropical
⌚	Huracán
—	Trayectoria

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

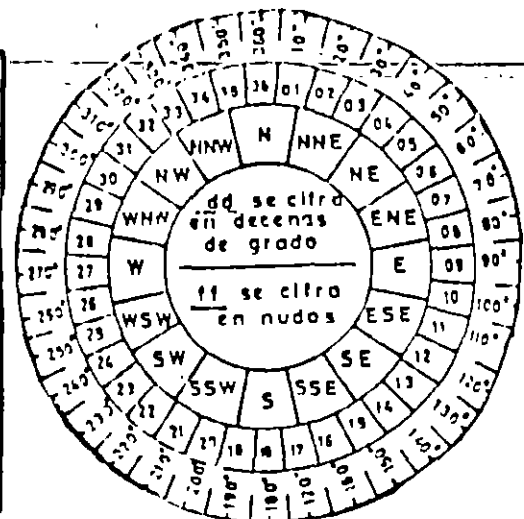
N O T A S

TABLA II Tiempo presente

ww	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	DESCRIBI O	NUBES O	SITUACION EN EL ESTAD O DEL CIELO O	NUBES EN VIAS DE DESARROLLO O	VISIBILIDAD REDUCIDA POR EL HUMI O	CALMA O	POVO EN SUSPENSI ON GENERAL O	POVO O A E VIA LEVANTA DO POR EL VIENTO \$	TEMPORAL DE ARENA BIEN O SA PROLLOADOS	TEMPORAL DE POLVO O ARENA (S)
10	NEBLINA =	NEBLA BA JA EN BARCOS =	NEBLA BA JA EN CAPA CONTINUA =	RELAMPAGOS <	PRECIPITACION NO LLEGA AL SUELO O	A LA VISTA QUE LLEGA A DISTANCIA) O	TRUENOS R	TRUENOS R	LINEA TURBONADA V	TROMBA O TORNADOS R
20	LLOVIZNA)	LLUVIA ·	NEVE ·	AGUA-NEVE ·	LLOVIZNA O LLUVIA QUE SE CONGELA ~	CHUBASCOS DE LLUVIA ·	CHUBASCOS DE GRANIZO O AGUA Y GRANIZO ·	CHUBASCOS DE GRANIZO O AGUA Y GRANIZO ·	NEBLA =	TORRENTE R
EN LA HORA PRECEDENTE										
30	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA AMANAYADO S	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA S	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA S	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA S	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA S	TEMPESTAD DE POLVO O ARENA DEBIL O MODERADA S	VENTISCA DEBIL O MODERADA +	VENTISCA DEBIL O MODERADA +	VENTISCA DEBIL O MODERADA +	VENTISCA ALTA DEBIL O MODERADA +
40	NEBLA A DISTANCIA (=)	NEBLA EN BARCOS =	NEBLA DEBILITANDOSE CIELO VISIBLE =	NEBLA DEBILITANDOSE CIELO INVISIBLE =	NEBLA, CIELO VISIBLE =	NEBLA, CIELO INVISIBLE =	NEBLA ESPESANDOSE, CIELO VISIBLE =	NEBLA ESPESANDOSE, CIELO INVISIBLE =	NEBLA DEPOSITANDO CENCILLADA, CIELO VISIBLE =	NEBLA DEPOSITANDO CENCILLADA, CIELO INVISIBLE =
50	LLOVIZNA DEBIL INTERMITENTE ·	LLOVIZNA DEBIL CONTINUA ·	LLOVIZNA MODERADA INTERMITENTE ·	LLOVIZNA MODERADA CONTINUA ·	LLOVIZNA Densa INTERMITENTE ·	LLOVIZNA Densa CONTINUA ·	LLOVIZNA DEBIL QUE SE CONGELA ·	LLOVIZNA MODERADA O Densa QUE SE CONGELA ·	LLOVIZNA Y LLUVIA DEBIL ·	LLOVIZNA Y LLUVIA MODERADA O FUERTE ·
60	LLUVIA DEBIL INTERMITENTE ·	LLUVIA DEBIL CONTINUA ·	LLUVIA MODERADA INTERMITENTE ·	LLUVIA MODERADA CONTINUA ·	LLUVIA FUERTE INTERMITENTE ·	LLUVIA FUERTE CONTINUA ·	LLUVIA DEBIL QUE SE CONGELA ·	LLUVIA MODERADA O FUERTE QUE SE CONGELA ·	LLUVIA (LLOVIZNA) Y NEVE DEBIL ·	LLUVIA (LLOVIZNA) Y NEVE MODERADA O FUERTE ·
70	NEVADA DEBIL INTERMITENTE ·	NEVADA DEBIL CONTINUA ·	NEVADA MODERADA INTERMITENTE ·	NEVADA MODERADA CONTINUA ·	NEVADA FUERTE INTERMITENTE ·	NEVADA FUERTE CONTINUA ·	PRISMAS DE HIELO —	HIELO EN GRANULOS —	CRISTALES DE HIELO ASLADOS —	GRANULOS DE HIELO △
80	CHUBASCOS DE LLUVIA DEBILES ·	CHUBASCOS DE LLUVIA MODERADOS O FUERTES ·	CHUBASCOS DE LLUVIA DEBILES ·	CHUBASCOS DE LLUVIA MODERADOS O FUERTES ·	CHUBASCOS DE LLUVIA DEBILES ·	CHUBASCOS DE LLUVIA MODERADOS O FUERTES ·	CHUBASCOS DE HIELO DEBILES ·	CHUBASCOS DE HIELO MODERADOS O FUERTES ·	CHUBASCOS DE HIELO GRANULADA MODERADOS O FUERTES ·	CHUBASCOS DE HIELO DEBILES ·
90	CHUBASCOS DE GRANIZO MODERADOS O FUERTES △	LLUVIA DEBIL ·	LLUVIA MODERADA O FUERTE ·	NEVADA DEBIL, AGUA Y O GRANIZADA ·	NEVADA MODERADA, FU ERTE O GRANIZADA ·	TORRENTE DEBIL O MO DERADA CON LLUVIA O NEVE ·	TORRENTE DEBIL O MO DERADA CON GRANIZO ·	TORRENTE FUERTE CON LLUVIA ·	TORRENTE CON TEM PESTAD DE POLVO O ARENA ·	TORRENTE FUERTE CON GRANIZO ·

Símbolos de la dirección y velocidad del viento.

	5 kt		60 kt
	10 kt		70 kt
	20 kt		80 kt
	30 kt		90 kt
	40 kt		100 kt
	50 kt		CALMA



FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S

102A

TABLA III Tipo y altura de las nubes.

N	C _L	h	C _M	C _H
0	No hay nubes	0 a 50m	No hay nubes	No hay nubes
1	Fc o Cu de buen tiempo o ambas	50 a 100	As transucluidos	Ci en filamentos, sin aumentar
2	Grandes Cu	100 a 200	As opacos o Ns	Ci densos en bancos o gavillas
3	Cb sin yunque	200 a 300	Ac transucluidos, todos a un solo nivel	Ci densos en forma de yunque
4	Sc formadas por evolucion de Cu	300 a 600	Ac lenticulares a una o varias capas	Ci en forma de ganchos o filamentos
5	Sc que no pro vlenen de Cu	600 a 1000	Ac en bandas o en una capa aumentando	Velo de Ci y Cs o Cs aumentando sin llegar a 45°
6	St o Fs de buen tiempo	1000 a 1500 m.	Ac cumulogenilos	Velo de Ci y Cs o Cs aumentando pasando de 45°
7	Fs o Fc de mal tiempo	1500 a 2000 m.	Ac en capas sin aumentar o Ac con As	Velo de Cs cubriendo todo el cielo
8	Cu y Sc con distintas bases	2000 a 2500 m.	Ac castellanus	Velo de Cs sin cubrir el cielo
9	Cb con yunque	2500 o mds o sin nubes	Cielo caotico Ac a varios niveles asociados a Ci	Cc predominando
X	Nubes invisibles	Altura desconocida	Nubes invisibles	

TABLA IV

Tendencia barométrica

Nubosidad

Tiempo pasado

W₁ W₂

a	Tendencia barométrica
	0 Subiendo-bajando
	1 Subiendo-estable
	2 Subiendo
	3 Bajando-subiendo
	4 Estable
	5 Bajando-subiendo
	6 Bajando-estable
	7 Bajando
	8 Subiendo-bajando
X	X Se ignora

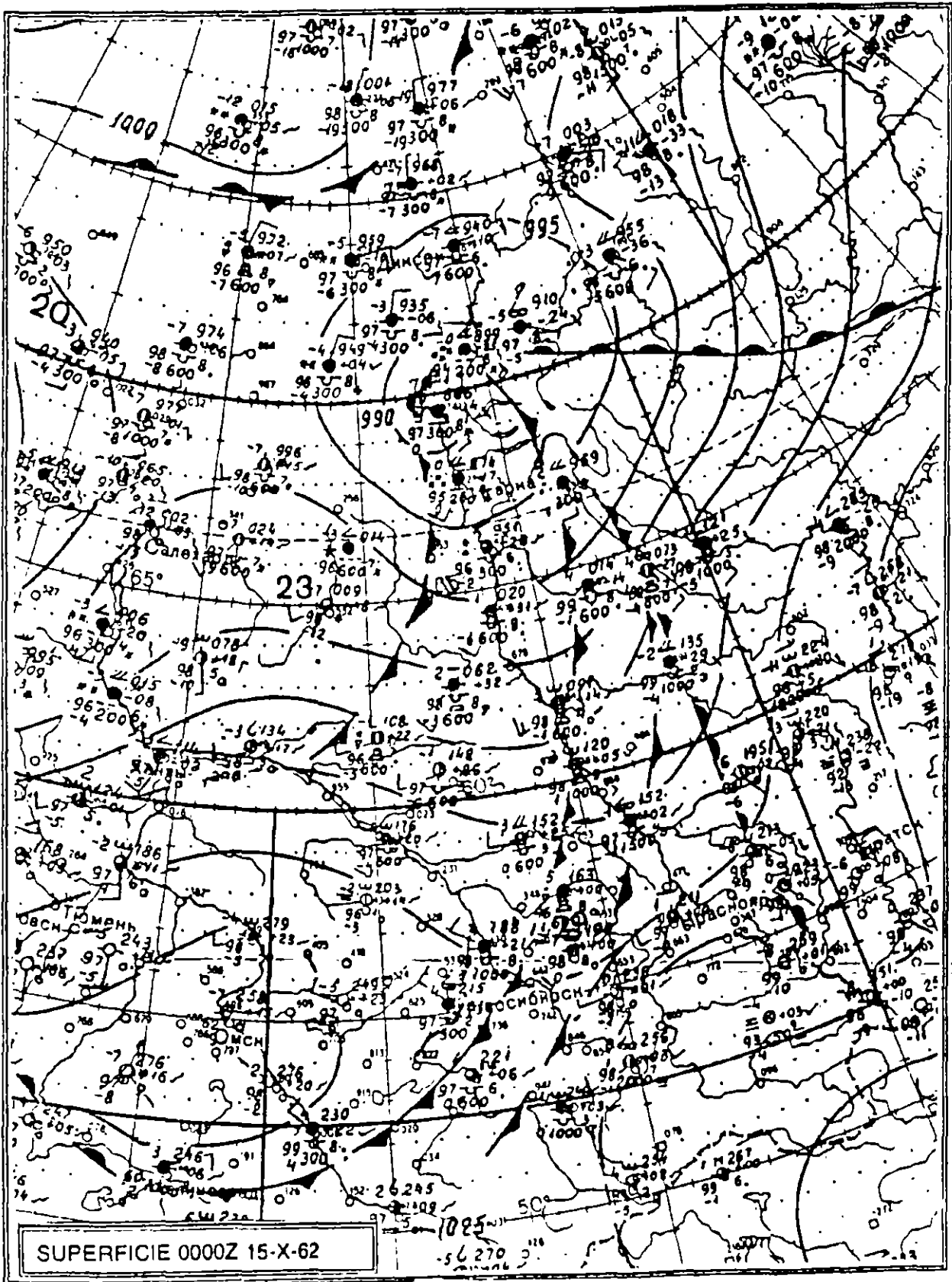
N	Nubosidad en octavos de cielo cubierto
	CIELO
0	0 Despejado
1	1/8 Cubierto
2	2/8 " "
3	3/8 " "
4	4/8 " "
5	5/8 " "
6	6/8 " "
7	7/8 " "
8	8/8 Totalmente cubierto
9	9 Invisible por humos, niebla ect.

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8

0	0 Despejado a 4/8
1	1 Nubosidad variable
2	2 De 4/8 a cubierto
3	3 Tempestad de polvo arena o ventisca
4	4 Niebla
5	5 Llovizna
6	6 Lluvia
7	7 Nieve o aguanieve
8	8 Chubascos
9	9 Tormenta

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

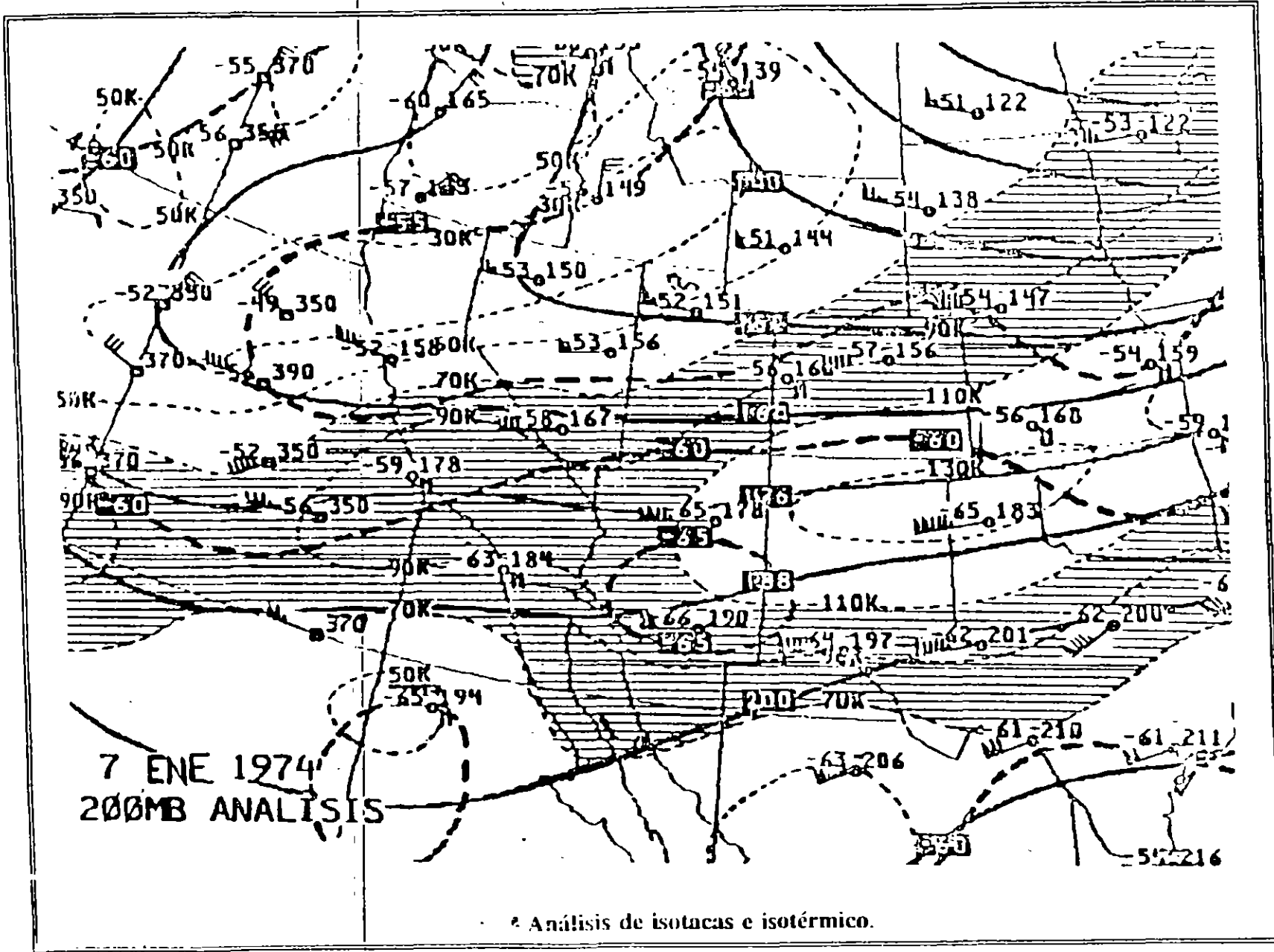


Ejemplo de mapa de superficie.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

NOTAS

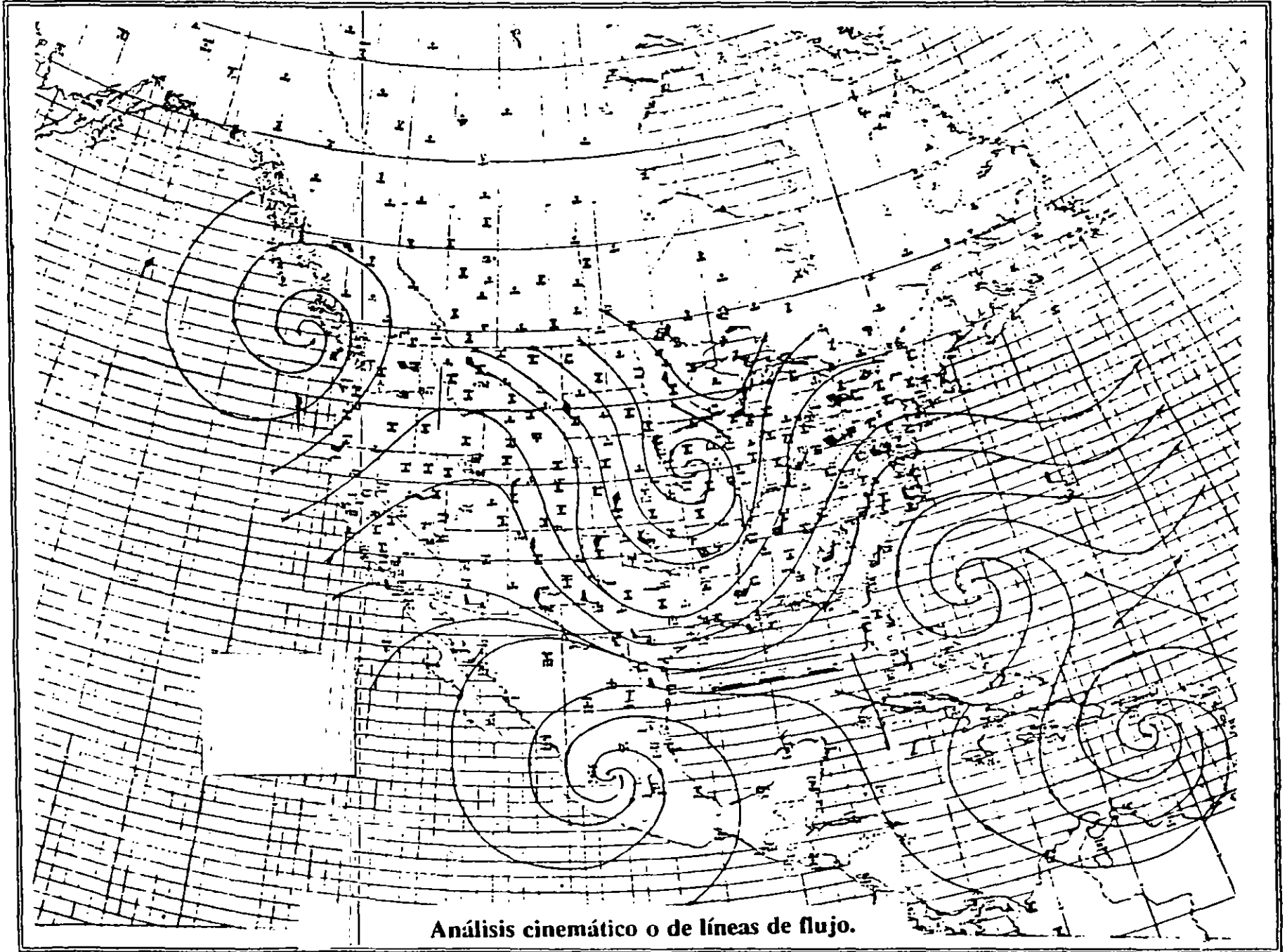
111



89-I

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

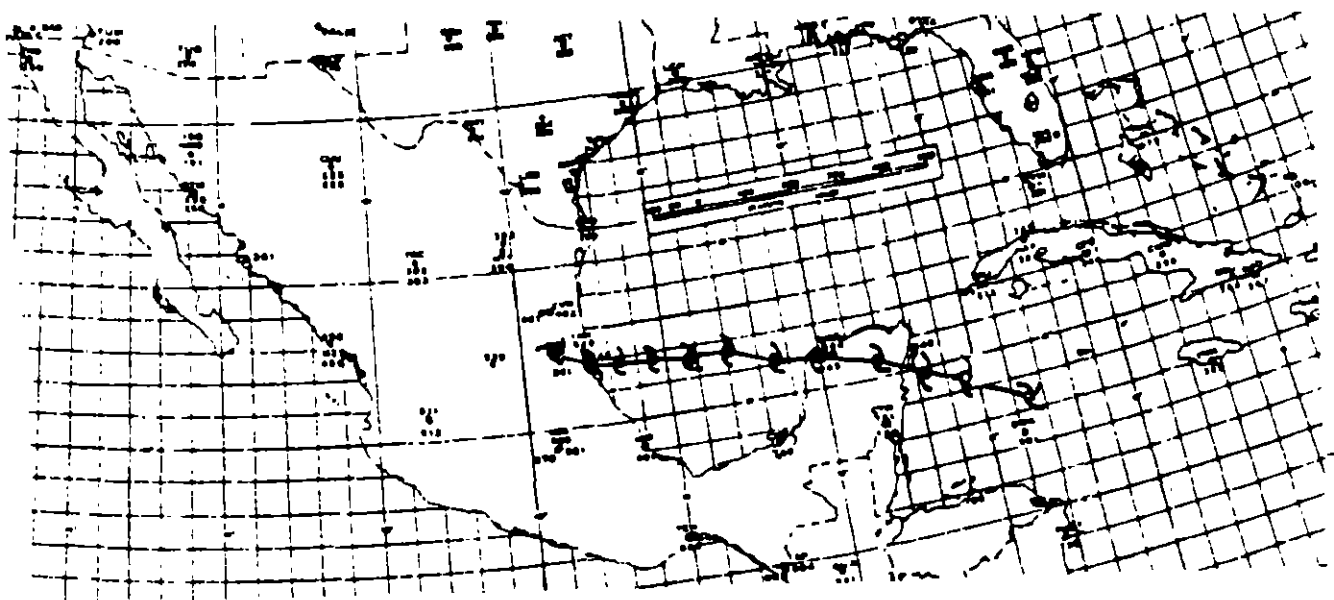
NOTAS



Análisis cinemático o de líneas de flujo.

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



**Posición y trayectoria de un ciclón tropical
en el océano Atlántico y Golfo de México.**

FUNDAMENTOS SOBRE CICLONES TROPICALES

N O T A S



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAPITULO VI

CAPITULO VI

- VI Medidas de protección estructurales**
- VI.1 Protección contra oleaje**
- VI.2 Medidas contra marea de tormenta**
- VI.3 Protección contra inundación pluvial**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

- Rompeolas
- Barreras o Muros Costeros
- Bahías de Abrigo para Embarcaciones
- Protecciones Costeras Marginales

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

■ Rompeolas:

■ Tipos de Rompeolas:

- Cortinas de Burbujas
- Rompeolas Dinámicos (Playas de Grava)
- Flotantes
- Monolíticos
- Verticales
- Enrocamiento
- Mixtos
- Pilas
- Enrocamiento con Elementos Prefabricados
- Sumergidos (verticales y enrocamientos)
- Tablaestacados

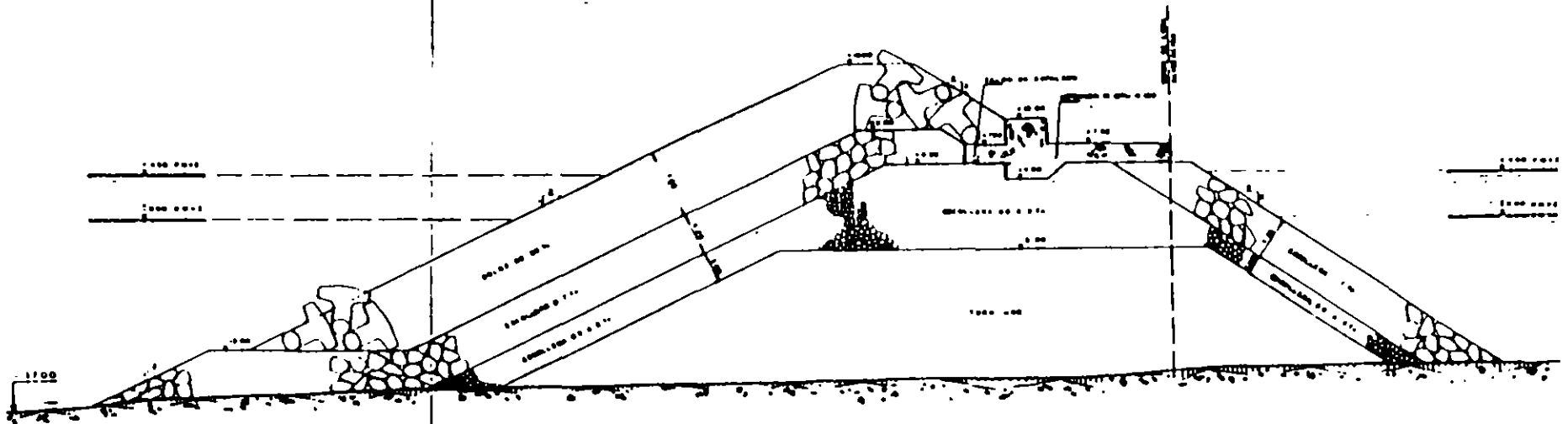
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

- Rompeolas Tipo Enrocamiento:



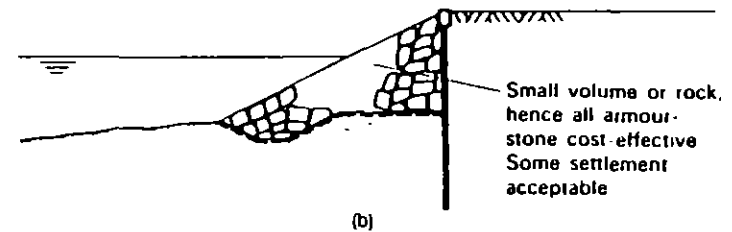
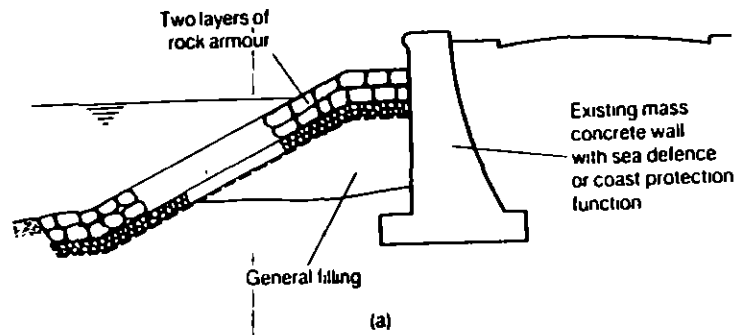
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

■ Barreras o muros Costeros:



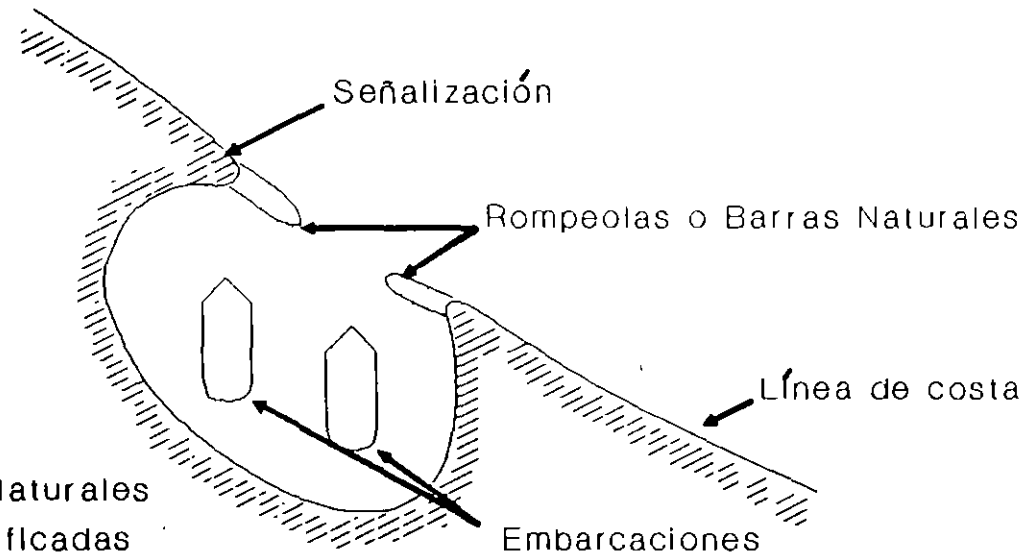
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

■ Bahías de abrigo para Embarcaciones:



- Zonas de Abrigo Naturales
Previamente Identificadas
- Protección contra oleaje y viento
- Debe proporcionar ayudas a la
navegación y a las embarcaciones

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

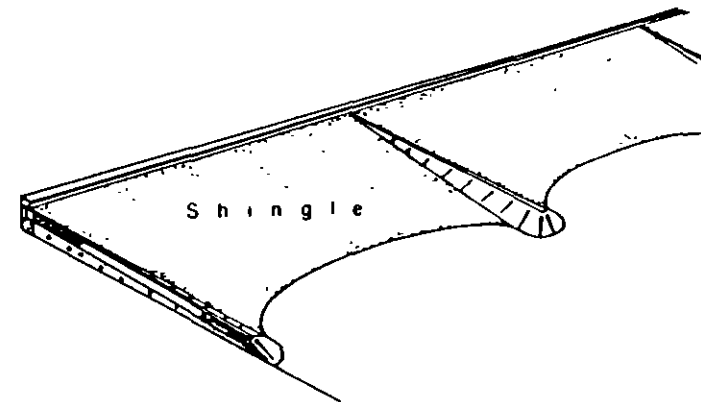
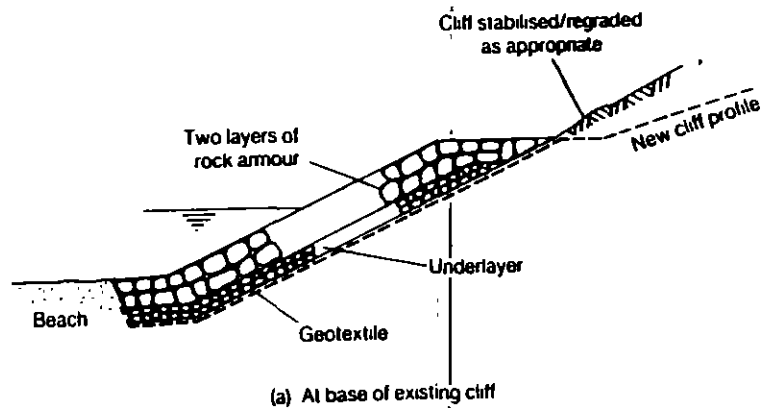
EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Oleaje

■ Protecciones Costeras Marginales (Estabilización de Playas):

□ Protección Marginal

□ Espigones



MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

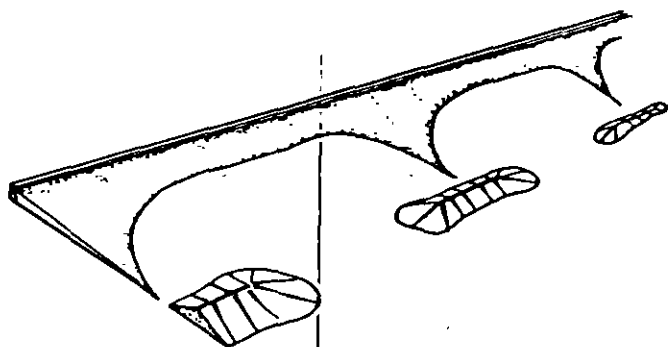
NOTAS

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

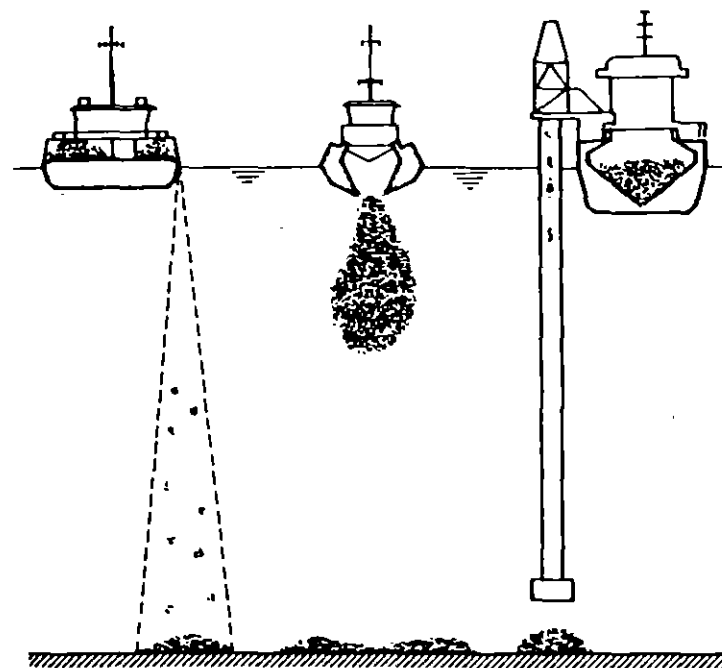
Medidas de Protección contra Oleaje

■ Protecciones Costeras Marginales (Estabilización de Playas):

Rompeolas Paralelos a la Costa



Protección Suave (Colocación de Arena)



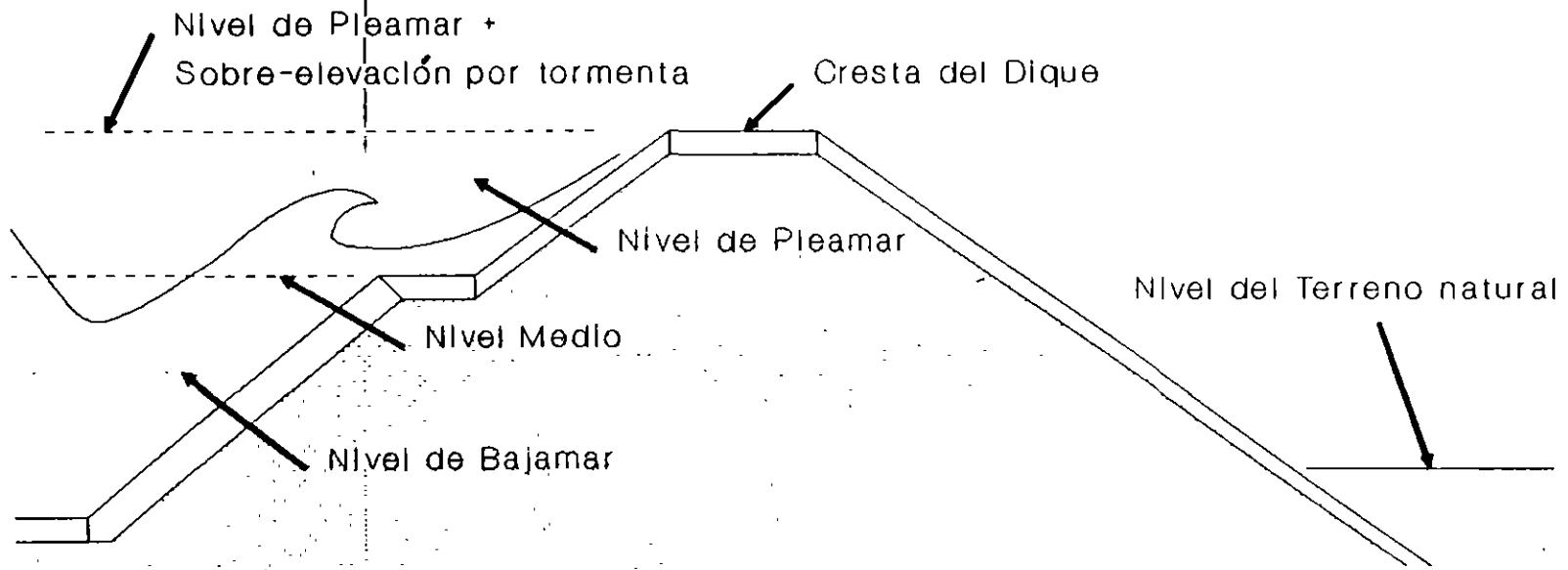
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Marea de Tormenta

■ Diques:



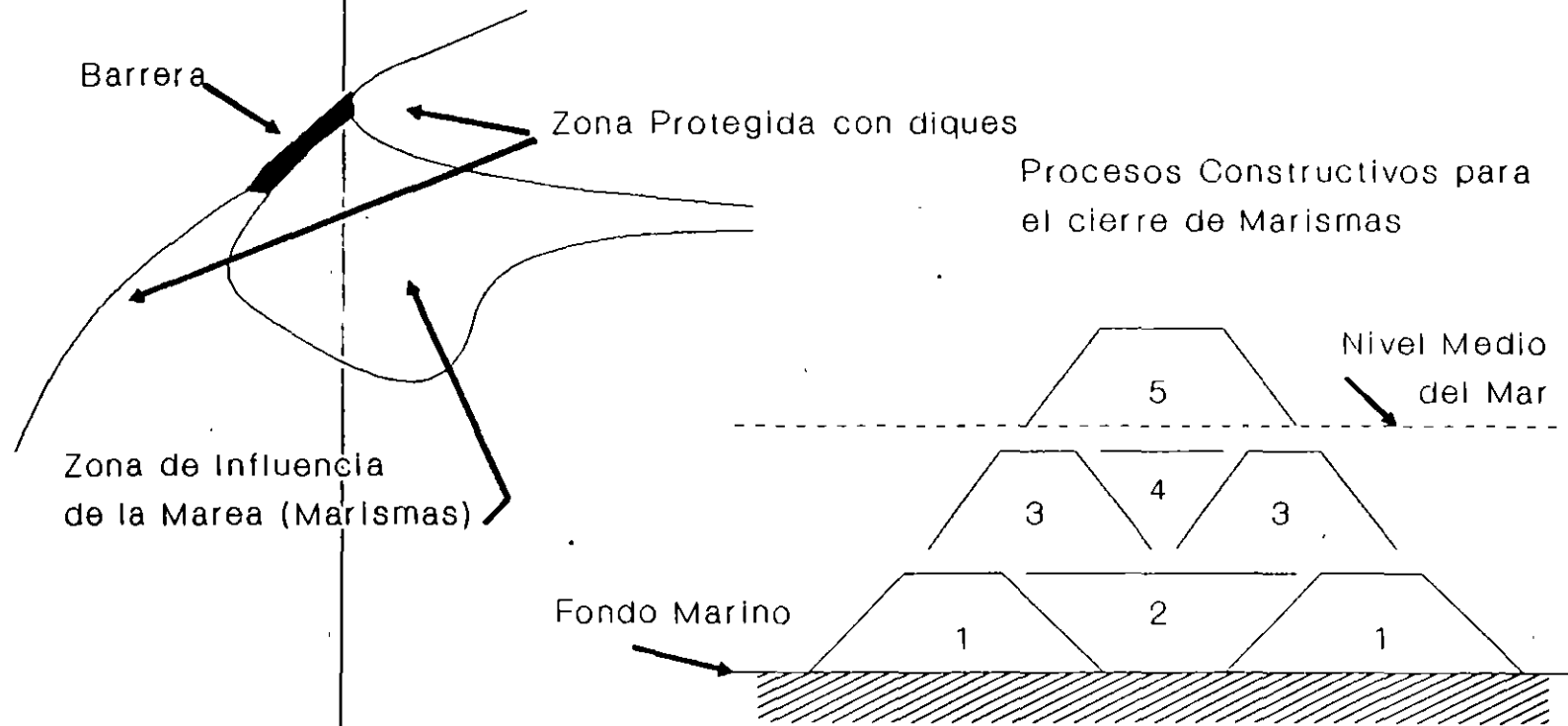
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

NOTAS

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Marea de Tormenta

■ Barreras y Cierre de Marismas:



MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

VI.3.- Protección contra inundación pluvial.

Como se mencionó anteriormente, todas las protecciones contra inundación en ríos pueden clasificarse en algunos grupos generales. A continuación se mencionan las características más importantes de cada una de éstas.

Bordos perimetrales.

Una de las soluciones más comunes, dependiendo de la topografía, para proteger a una población es rodearla parcial o completamente con un bordo. El bordo es perimetral si el poblado está establecido en una zona plana. O bien se puede construir en la zona baja y empotrarlo en la parte alta.

En muchas ocasiones, ésta resulta la solución de control más económica que puede construirse. La altura del bordo debe fijarse mediante estudios hidrológicos y partiendo de los niveles máximos registrados en base a huellas o en base a análisis probabilísticos, considerando además un bordo libre. Este tipo de obra no afecta en forma práctica a los niveles de la corriente ni a los escurrimientos.

Bordo longitudinales.

Estos se construyen a lo largo de las márgenes de un río sobre la llanura de inundación y sirven para proteger a varias áreas simultáneamente.

Por el alto costo de estas obras y el peligro de tener tirantes muy grandes en el río, la protección contra inundaciones debe hacerse considerando una combinación de este tipo de obra con otras soluciones. Se debe tener cuidado en la construcción de estos bordos, ya que al fallar pueden producir inundaciones con mayor rapidez y elevación que antes de su construcción, por lo menos en una zona cercana a su rotura.

Los bordos pueden construirse en una o ambas márgenes del río, confinando al agua del cauce principal. La elevación de los bordos dependerá del gasto, la longitud de los mismos y su separación. Después de la construcción, el tirante se eleva para una misma avenida, ya que al impedir el desborde se obliga a que todo el volumen de agua pase por un área más reducida (el cauce y ya no la planicie de inundación). En la mayoría de los casos, los bordos resultan de elevación constante a todo lo largo, aunque su altura puede variar. El río Mississippi tiene los bordos continuos más largos en el mundo, uno de ellos se extiende por 610 Km. desde Pine Bluff, Arkansas.

Desvíos permanentes (Cauces de alivio):

Esta solución consiste en desviar cierto volumen de agua del cauce principal y conducirlo mediante un canal hacia el mar o hacia otro río. El agua desviada jamás regresa al río.

Cuando se requieren alturas de más de 5 m en los bordos longitudinales, además del alto costo su construcción es muy peligrosa. En ese caso se pueden usar cauces de alivio para reducir el gasto del cauce y por ende la altura de los bordos. Los cauces de alivio se forman generalmente sobre la planicie, limitando sus fronteras con bordos longitudinales, no excavando ningún canal sino solo un pequeño cauce central. Conviene separar los bordos para reducir su altura.

La operación del conjunto se plantea considerando dos bordos longitudinales a lo largo del río. En el sitio del desvío, el tramo de uno de ellos no se construye y los extremos se unen a los bordos del cauce de alivio. Si los gastos son bajos y no exceden la capacidad del cauce principal, todo el gasto escurre por el río. Si el caudal aumenta, parte del gasto pasará al cauce de alivio.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

Es posible incluso, construir una estructura limitadora de gasto en el cauce principal para evitar que pase más caudal que el de diseño del cauce de alivio y/o la capacidad máxima del río.

Desvíos temporales.-

Estos se pueden hacer cuando a los lados del cauce en estudio existen zonas bajas o lagunas que pueden ser inundadas momentáneamente mientras dura la avenida. Los daños que se tengan en estas zonas serán muy pequeños o nulos si se han destinado a dicho propósito. Esta solución usualmente se combina con bordos longitudinales. El desvío a lagunas o zonas bajas se puede hacer hasta un volumen prefijado, igual a la capacidad de la laguna.

El agua almacenada en la laguna debe regresar al río al descender los niveles en él, ya que el volumen útil debe encontrarse disponible para la siguiente avenida. Esto se logra mediante un canal excavado del centro de la laguna hacia el río. Cuando hay solo una avenida al año, se puede evitar la construcción del canal, si la infiltración y evaporación permiten el vaciado antes de una nueva infiltración. Este canal de retorno siempre se une al río aguas abajo de la zona de desvío y deberá contar con un sistema de compuertas cercanas al río que deben permanecer cerradas mientras sube la avenida y se abrirán al descender la avenida y se tenga un nivel menor en el río que en el terreno.

Rectificación y corte de meandros.-

La rectificación de un tramo de río tiene por objeto aumentar la capacidad hidráulica para reducir los desbordamientos en una zona limitada. El aumento en la capacidad se tiene solo en el tramo rectificado y en un tramo inmediato aguas arriba de él mientras el resto del río continúa en las mismas condiciones y con las misma probabilidad de inundación.

Cuando existen meandros se puede hacer una canalización con capacidad mayor, pero con una sección semejante a la sección transversal del río. La rectificación se realiza construyendo inicialmente un cauce piloto que se ampliará debido a la capacidad de arrastre y erosión de la corriente que pase por él. Las dimensiones de este cauce piloto dependerán del gasto y el material que forma las paredes y el fondo del mismo.

El principal inconveniente de esta solución es que el material erosionado tenderá a depositarse en el tramo inmediato aguas abajo de la rectificación con lo que disminuirá la capacidad hidráulica. El remanso repercute hacia aguas arriba de la misma rectificación. Esto se puede reducir dragando el fondo buscando mantener la misma sección y pendiente que había antes de la rectificación.

Presas de almacenamiento.-

Constan de un dique principal o cortina que se construye en el río para cerrar el paso del agua y almacenarla, así como de diques secundarios que evitan la salida del agua en los puertos. Con esto, se configura el vaso donde se almacena el líquido. Cuando una avenida entra al vaso, con un volumen mayor al aprovechable en ese momento, el volumen restante sale por la obra de excedencias, generalmente un vertedor libre o controlado. Al aumentar el nivel del agua en el embalse, parte del volumen queda almacenado parcialmente. Este proceso es controlado por la ecuación de continuidad en el vaso, que implica que el volumen de agua que entra en un intervalo de tiempo es igual al volumen de agua que sale en el mismo intervalo más el volumen que queda almacenado en el vaso.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

Presas rompepicos.-

Están formadas por una cortina generalmente de poca altura y una obra de excedencias cuya elevación de la cresta o de la sección de control está casi a la elevación del fondo del río. El ancho de esta obra se reduce para no permitir el paso de gastos grandes. El gasto máximo se selecciona en función de la capacidad hidráulica del cauce aguas abajo de la presa. En ocasiones, la obra de excedencias está formada por orificios o tuberías cortas. A veces, cuando se tienen limitaciones económicas, la cortina de la presa se hace vertedora o bien se amplía la obra de excedencias y se hace un segundo vertedor. Al pasar la avenida, el agua sigue saliendo por la obra de excedencias hasta que el vaso se vacía. Si la pendiente del río es alta y el vaso no tiene capacidad para regular la avenida al gasto deseado, se deberán construir varias presas semejantes, una a continuación de otra. Se acostumbra construir este tipo de obras sobre arroyos o ríos pequeños, aguas arriba de poblaciones.

Limpieza de cauces.-

Consiste en retirar toda vegetación dentro del cauce principal y también en el de inundaciones si se tienen bordos longitudinales. Con ello se disminuye a un mínimo la rugosidad y a la vez se aumenta la capacidad del cauce. Conviene hacer estos trabajos al iniciarse la época de lluvias o ciclones.

Bibliografía

- Aparicio Mijares, F. J., *"Fundamentos de hidrología de superficie"*, Ed. Limusa, 1992
Campos Aranda, D.F., *"Procesos del ciclo hidrológico"*, UASLP, México, 1992
Comisión Nacional del Agua, *"Manual de Ingeniería de ríos"*, Cap. 3,6,14,16 y 23, 1993
Raudkivi, A.J., *"Hydrology"*, Pergamon Press, 1979
Ven Te Chow, *"Hidrología aplicada"*, McGraw Hill, México, 1994
Ven Te Chow (Ed.) *"Handbook of applied hydrology"*, McGraw Hill, New York, 1964
Viessman, W., Lewis, G. y Knapp, J., *"Introduction to hydrology"*, Harper and Row Pub.,
2a edición, New York, 1977.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

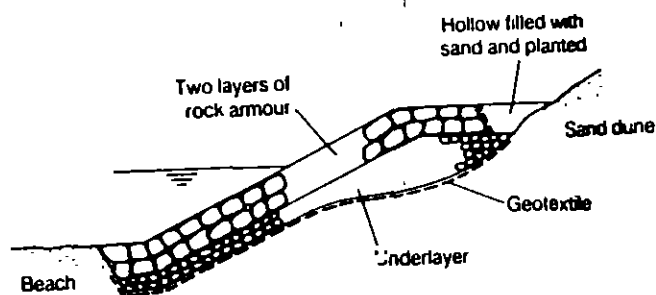
N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Inundación Pluvial

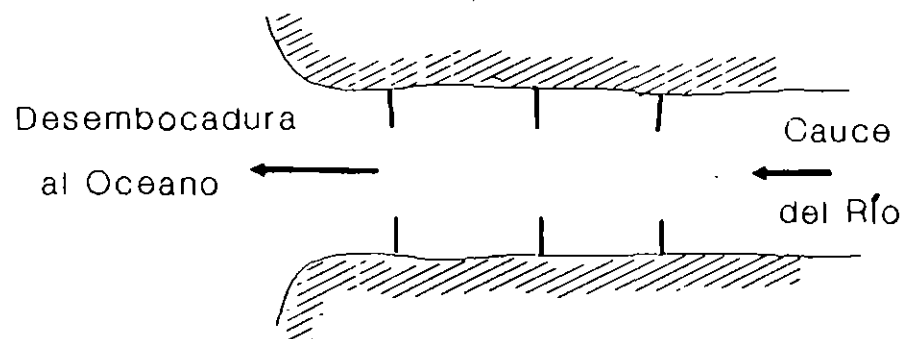
■ Protección contra Sedimentación en la Desembocadura:

□ Protección Marginal



La protección marginal mantiene estable el cauce en la desembocadura evitando erosión de material que posteriormente se deposita en otros puntos.

□ Espigones



Los espigones reducen la sección transversal y aumentan la velocidad del flujo, manteniéndose el fondo naturalmente dragado.

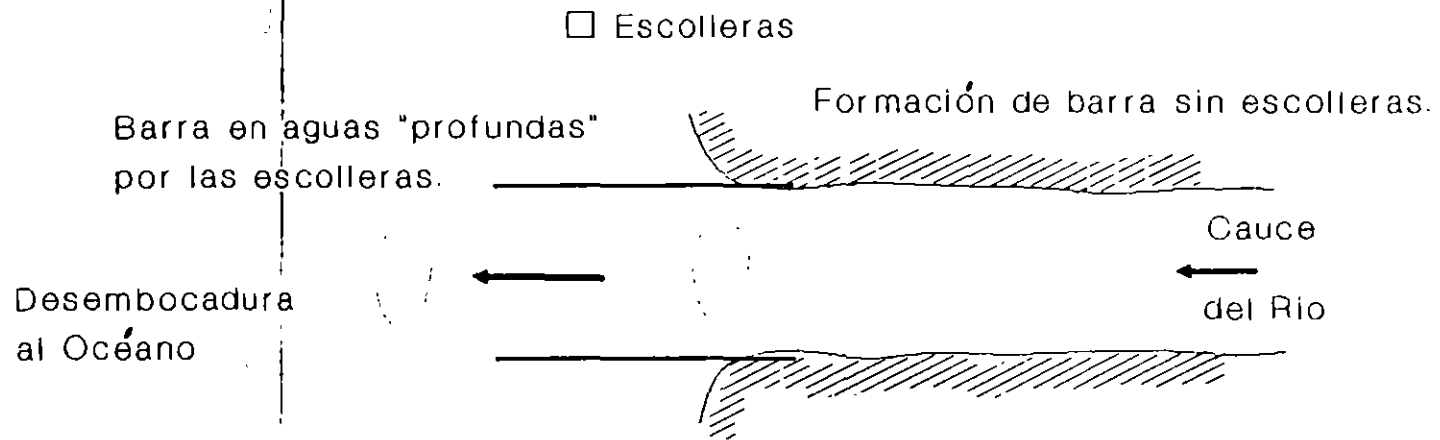
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

Medidas de Protección contra Inundación Pluvial

■ Protección contra Sedimentación en la Desembocadura:



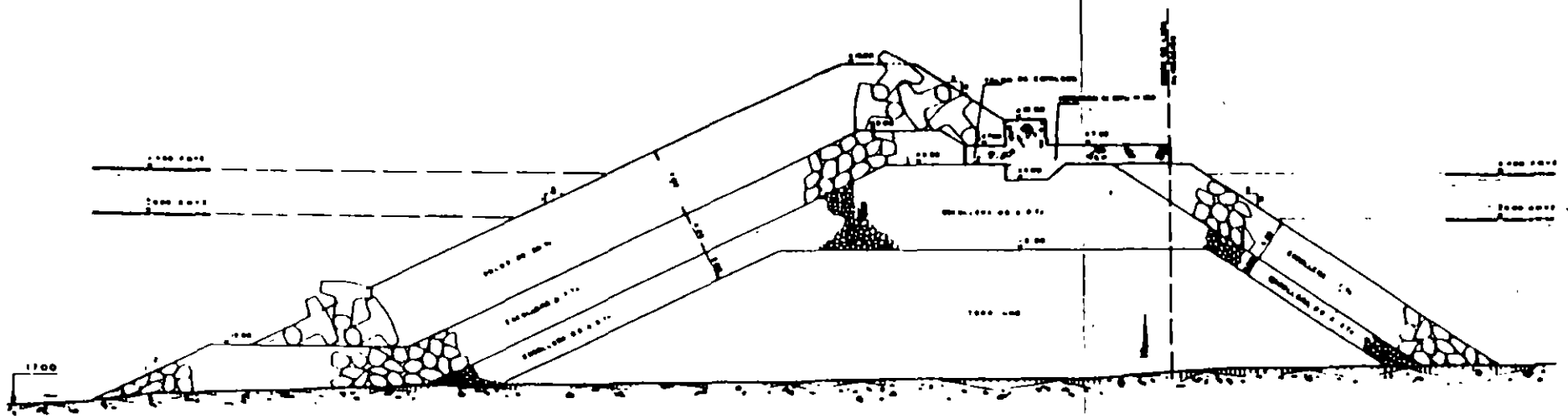
Las Escolleras evitan la sedimentación en la boca, al continuar el cauce hasta profundidades mayores depositándose el material sin disminuir la sección del cauce.

La interacción entre el flujo del río y el agua marina, provocan formación de barras transversales al cauce.

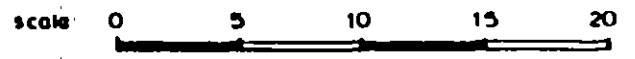
MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

TYPICAL CROSS - SECTION C
EXISTING STRUCTURE



all dimensions in m



VI-16

San Ciprián, C/11:2

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

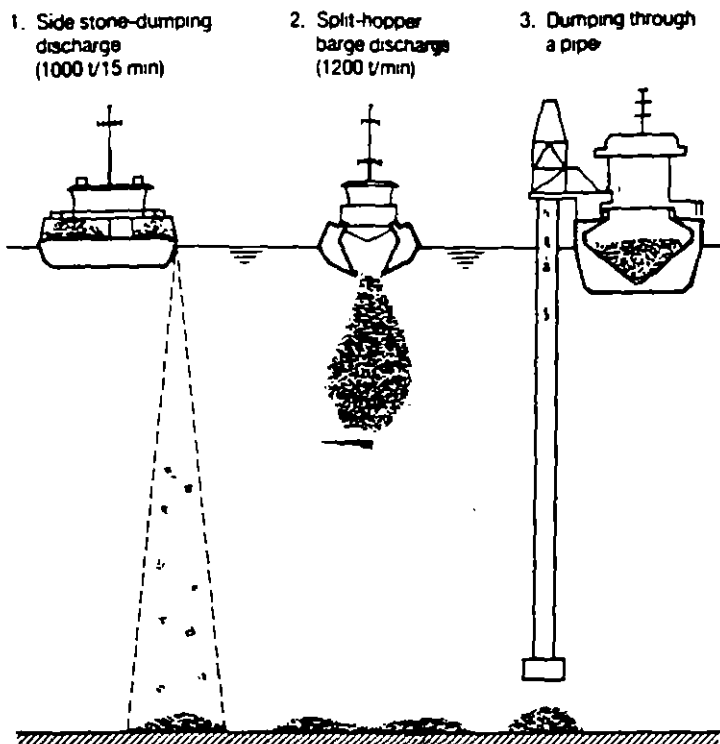


Figure 333 Common methods of dumping stone offshore

as possible. On the other hand, it should not drop below a certain minimum level if oil-handling problems (such as waxing and decrease of viscosity) are encountered. In an integrated approach the pipeline cover and coating can be utilised to optimise the temperature profile along the pipeline.

6.5.2 CONSTRUCTION ASPECTS

6.5.2.1 Construction methods

There are at least three methods of dumping rock or stones offshore (Figure 333):

1. From a side stone-dumping vessel or barge. The load is dumped slowly and each stone may be considered to fall individually for the purpose of evaluating the fall velocity.
2. From a split-hopper barge. After the bottom gap of the barge exceeds a certain limit, the load is dumped in a short time as one large mass. The mass of stones stays together in a 'cloud', resulting in a fall velocity exceeding the equilibrium fall velocity of each individual stone.
3. From a vessel through a (flexible) pipe in order to achieve greater accuracy in deeper water.

Dumping from a side stone-dumping vessel

An individual stone will pass through the following states:

1. Through air until it hits the water surface. The stone will accelerate from zero velocity to fall velocity:

$$V_0 = (2gh)^{1/2} \quad (6.8)$$

where

g = gravitational acceleration (m/s^2),

h = height from release point to water surface (m).

MEDIDAS DE PROTECCIÓN ESTRUCTURALES

N O T A S

Special considerations are required when dealing with the last groyne in a system or with an isolated groyne on an otherwise ungroyned beach. Such terminal groynes may fulfil two functions:

1. Preserving the natural or nourished beach on the updrift side;
2. Arresting the longshore drift to prevent siltation in an inlet to a tidal estuary, creek or harbour.

The terminal groyne might deliberately be made longer and higher than other groynes in order to create a reservoir of drift material which can be mechanically transported updrift to nourish depleted beaches. In other locations it may be more important to reduce the immediate impact of downdrift erosion, resulting from retention in the groyne field of littoral material which would otherwise reach the downdrift beaches. In this situation the groynes should be made progressively shorter at the downdrift termination and boat heads pointing in the downdrift direction provided to encourage diffraction-accretion in their lee. However, if the groyne bays are nourished artificially at the outset, the potential for downdrift erosion will be reduced significantly.

Offshore breakwater (Figure 277)

As mentioned above, rather than physically trapping sediment by the long-stop method, offshore or detached breakwaters operate by causing a zone of reduced wave energy behind the breakwater in which sediment will tend to deposit and crescentic beaches are thereby formed. Isolated breakwaters may be particularly useful to protect lengths of coast where erosion is occurring because net longshore transport rate is higher than elsewhere, ideally bringing the net longshore transport rate in line with adjacent coasts. Offshore breakwaters have been used with most success on coastlines where the tidal range is negligible or small. They also offer considerable attractions as opposed to groynes (see above) when applied to wide foreshores of fine sand where the dominant sediment transport mechanism is onshore-offshore.

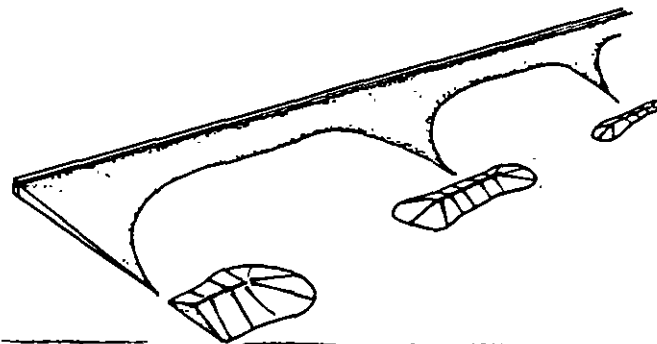


Figure 277 Offshore breakwaters retaining sand beach

To understand how offshore breakwaters operate, consider an expression for the volumetric rate of sediment transport in its simplest form (Fleming, 1990b):

$$Q = (H^2 C_g) \left(a_1 \sin 2\alpha_{br} - a_2 \cos \alpha_{br} \frac{\partial H}{\partial Y} \right) \quad (6.1)$$

where H is the wave height, C_g the group velocity, α_{br} the breaker angle, $\partial H / \partial Y$ is the alongshore gradient of the wave height and a_1 , a_2 are empirical parameters dependent on sediment size, density, beach slope, etc. This expression recognises that there are two components driving the sediment: (1) the transport due to waves breaking obliquely to the shoreline and (2) transport by currents caused by wave height gradients. Clearly, in the case of an offshore breakwater the wave height gradient creates current into the lee of the structure, irrespective of the incident wave direction. These, combined with reduced wave heights, result in deposition **VI-18**

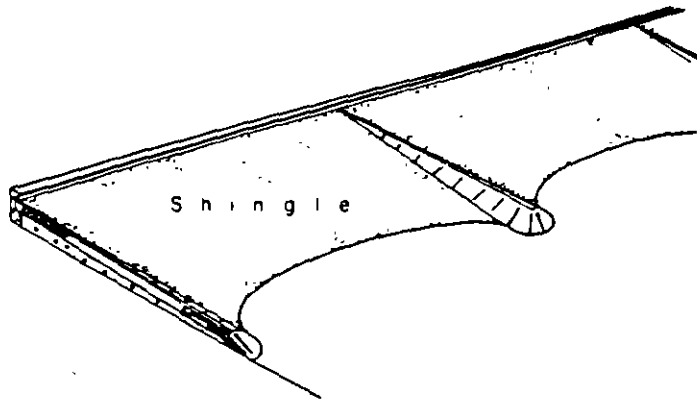


Figure 274 Bastion rock groynes retaining shingle beach

1990a) recently published by CIRIA. There are no simple and absolute rules for groyne length and spacing as these critically depend on local conditions (beach material, water depth, wave climate, availability of beach sediment, longshore and onshore/offshore transport regimes, etc.) It is therefore essential for experienced specialist engineers to be consulted for relevant studies, field work and execution of detailed design.

The groyne layout will relate primarily to the beach type being addressed. Four principal beach types have been distinguished for which groynes might be considered (see Figure 275):

- Shingle
- Shingle upper/sand lower
- Shingle/sand mixed beach
- Sand beach

Section 5.13 of the CIRIA report on groynes (Fleming, 1990a) also provides advice on the application of groynes to each of these beach types. Most of the advice is general but is often related to the timber groyne fields which historically were prevalent in the UK.

Important differences in performance exist between timber and rock groynes, rock groynes being more permeable, less reflective and tending to provide (unlike timber groynes) some diffractive sediment trapping in their lee. As a consequence, while groyne lengths will be similar, being largely dictated by such matters as beach slope and width, groyne-spacing-may-be different.

For shingle beaches, groyne spacing/length ratios are determined from the range of probable nearshore wave directions which will cause a reorientation of the beach, the beach in each groyne cell tending to align itself rapidly to be parallel to the prevailing wave crests. Timber groyne spacing/length ratios of 1:1 were typically found to be most effective. With rock groynes, however, a more cusped or crenulate beach form develops in the shingle because of the combination of groyne permeability and less diffractive capability. This allows spacing/length ratios for rock groynes to be increased to 2:1 as a typical value (Figure 276) without undue risk to the beach head. Cost comparisons between timber and rock groynes (see example in Box 79) should also take account of these spacing differences. Groyne length will be dictated by beach width and slope, the latter being typically 1:8, reducing to about 1:12 in extreme storms.

For sand beaches, when the mean grain size is of the order of 0.15 mm or less (medium-fine sands), beaches are typically extremely flat with slopes of the order of 1:100 and dominant transport mechanisms are onshore-offshore rather than longshore. Here conventional groyne fields which attempt to control the sediment movement are relatively ineffective, and concepts such as offshore breakwaters

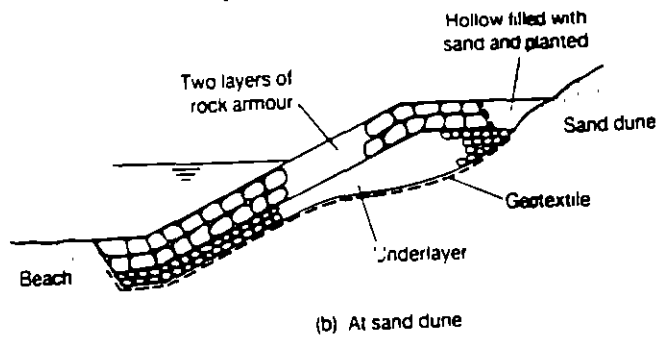
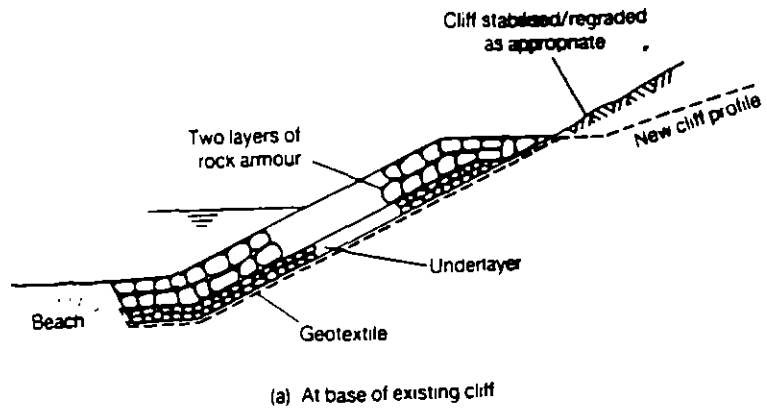


Figure 292 *Coast-protection revetments*

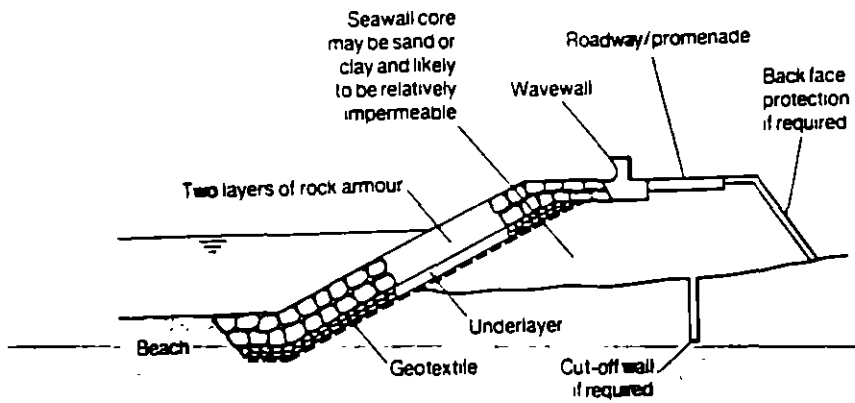


Figure 293 *Sea-defence revetment*

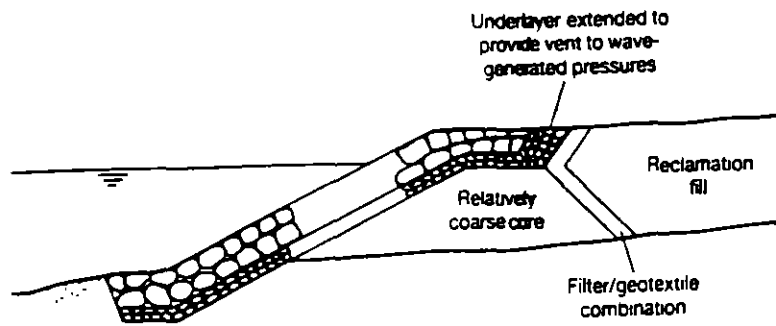


Figure 294 *Land-reclamation revetment*

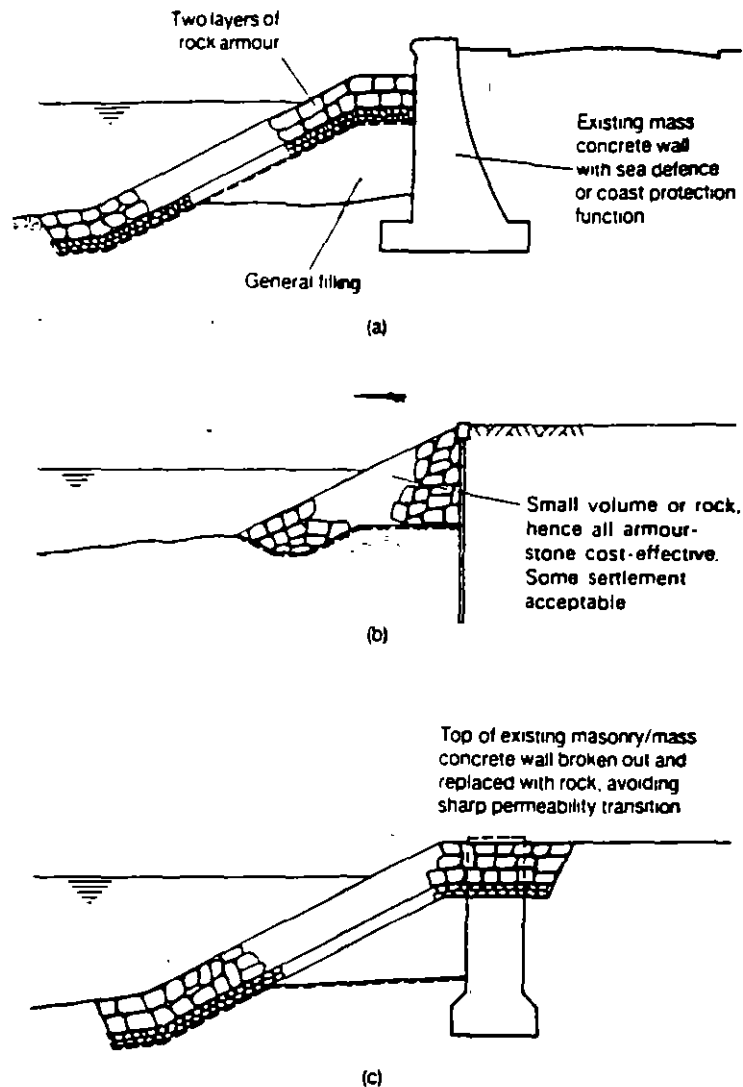


Figure 295 Typical revetments for rehabilitation of existing vertical seawalls

properly vent fluctuating wave pressures. Flow over the crest and armour stability can be assessed using information in Section 5.1.

Side slopes, crest level and front-face profile of revetment

To design side slopes, crest level and front-face profile for a seawall (Figure 300) a number of factors must be taken into account, given the physical boundary conditions evaluated in accordance with Chapter 4:

1. Required slope for armour layer hydraulic stability (see Section 5.1.3);
2. Required slope, crest level and width of berm(s) for limiting run-up/overtopping to acceptable values (see Section 5.1.2 with acceptable overtopping rates given in Box 46);
3. Required slope, etc. to ensure that reflected wave heights (see Section 5.1.2) are kept to acceptable values;
4. Required slope, crest level and width of berm(s) to ensure adequate stability against geotechnical slip failure (see Section 5.2);
5. Cost considerations for overall volumes of material (which increase with shallower side slopes and crest levels) and volumes of armouring (which reduce per unit area as side slopes becomes shallower).

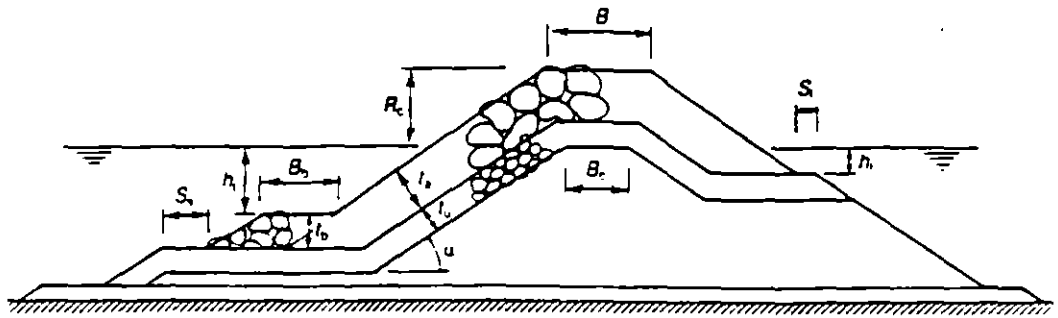


Figure 239 Definition sketch for a rubble-mound breakwater

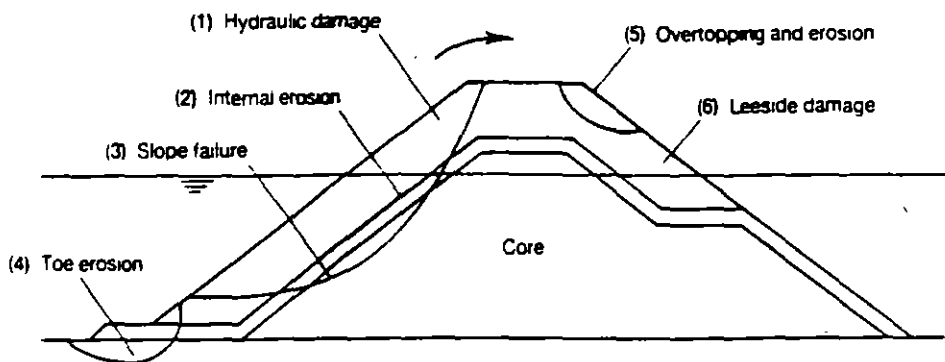


Figure 240 Failure mechanisms of a rubble-mound breakwater

239. The structure consists of a core of quarry run and is protected by a primary armour at the seaward slope, on the crest and on part of the leeside slope. A filterlayer or secondary armour layer may be needed between core and primary armour, depending on the filter requirements (Sections 5.1.3.2 and 5.2.8.12) and required wave protection of the core during construction. A filterlayer may also be required between the structure and the seabed. A berm is often built to support the armour layer. The typical failure mechanisms which are relevant for this type are given in Figure 240.

Having determined the main dimensions of the breakwater required to ensure an adequately low risk of failure in these modes using the design tools in Chapter 5, the following practical considerations which refer to Figure 239 should also be incorporated.

Shoulder width, S_s

The shoulder width at the sea-side, S_s , is mainly determined by placing tolerances and is generally not less than 2 m. Also S_l at the lee-side is determined by tolerances; $S_l = 0.5 \cdot t_b$ is a practical value.

The use of seaborne equipment is practical for placing at levels of 3 m below low water level and deeper. Floating cranes for higher parts of the breakwater are generally avoided because of limited workability and poor accuracy of placing. The basic decision therefore that has to be taken regarding the construction method is whether to use land-based or waterborne equipment (or a combination of the two). The main impacts on the structure are illustrated in Box 71 and can be summarised as follows:

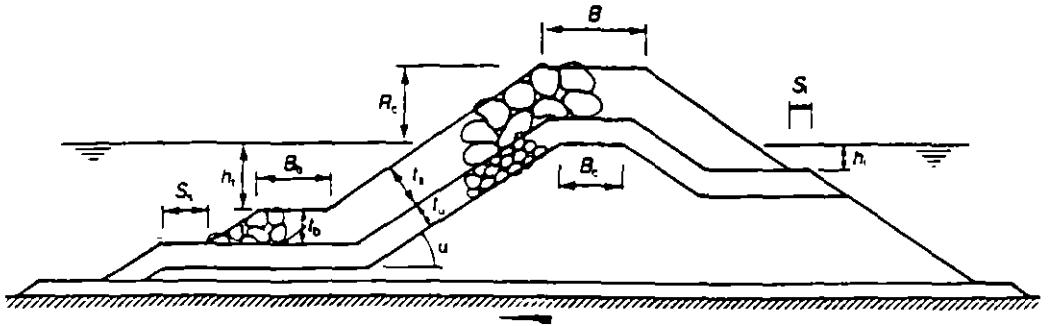


Figure 239 Definition sketch for a rubble-mound breakwater

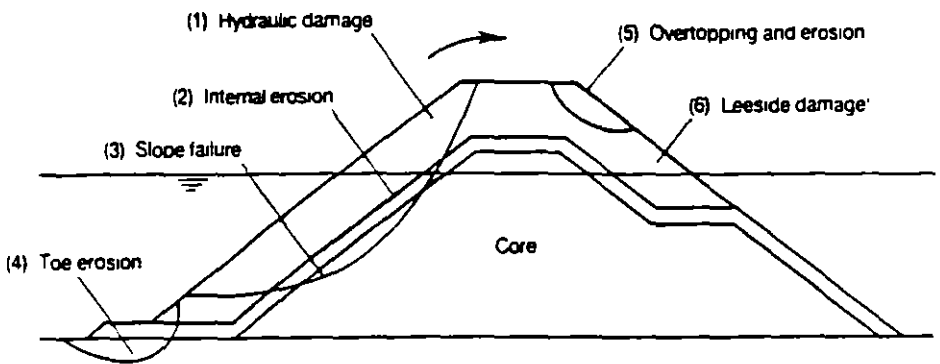


Figure 240 Failure mechanisms of a rubble-mound breakwater

239. The structure consists of a core of quarry run and is protected by a primary armour at the seaward slope, on the crest and on part of the leeside slope. A filterlayer or secondary armour layer may be needed between core and primary armour, depending on the filter requirements (Sections 5.1.3.2 and 5.2.8.12) and required wave protection of the core during construction. A filterlayer may also be required between the structure and the seabed. A berm is often built to support the armour layer. The typical failure mechanisms which are relevant for this type are given in Figure 240.

Having determined the main dimensions of the breakwater required to ensure an adequately low risk of failure in these modes using the design tools in Chapter 5, the following practical considerations which refer to Figure 239 should also be incorporated.

Shoulder width, S_s

The shoulder width at the sea-side, S_s , is mainly determined by placing tolerances and is generally not less than 2 m. Also S_s at the lee-side is determined by tolerances: $S_s = 0.5 \cdot r_c$ is a practical value.

The use of seaborne equipment is practical for placing at levels of 3 m below low water level and deeper. Floating cranes for higher parts of the breakwater are generally avoided because of limited workability and poor accuracy of placing. The basic decision therefore that has to be taken regarding the construction method is whether to use land-based or waterborne equipment (or a combination of the two). The main impacts on the structure are illustrated in Box 71 and can be summarised as follows:

Numerical Modelling of Offshore Wave Fields

Some existing models of steep non-linear gravity waves are based on the boundary integral equation method. When discretized this formulation leads to a system of linear equations with a fully populated coefficient matrix. Since the matrix equation is full the solution is expensive to run on a computer. A recent reformulation of the governing equations results - when discretized - in a matrix equation with a band limited matrix. Thus the computational effort of the solution is reduced by an order of magnitude compared with earlier methods.

The present study is part of a larger project which aims at creating a general tool for the study of wave impact on offshore structures. In the following studies the model will be extended to two horizontal dimensions and it will incorporate the interaction with structures, thus providing a very general tool for the offshore industry. Being based as it is on the full non-linear dynamics this design tool facilitates and improves the possibility of evaluating design risks and may lead to considerable savings in construction costs.

The model will be well suited for use in combination with advanced hindcast models, such as System 20.

But also scientifically the fully developed model will be a major step forward in that crossing steep waves and more general non-linear sea states in deeper waters can be simulated by the model thus leading to a better understanding of these phenomena. When completed it is the intention to use the new modelling system in combination with DHI's directional sea basin or as an independent tool

The accompanying figures show preliminary linear computations with the model. These results agree exactly with the analytical solution.

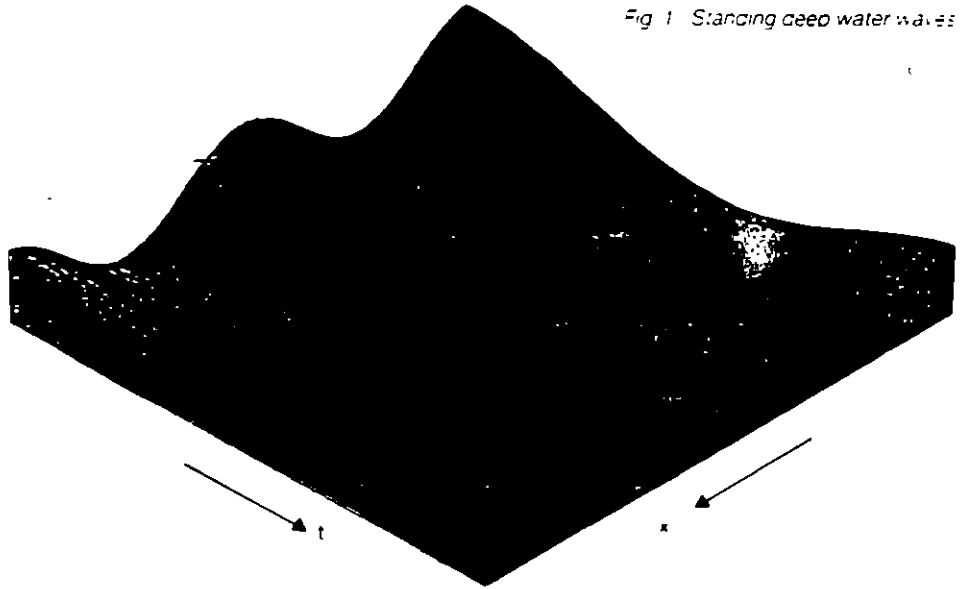


Fig. 1. Standing deep water waves

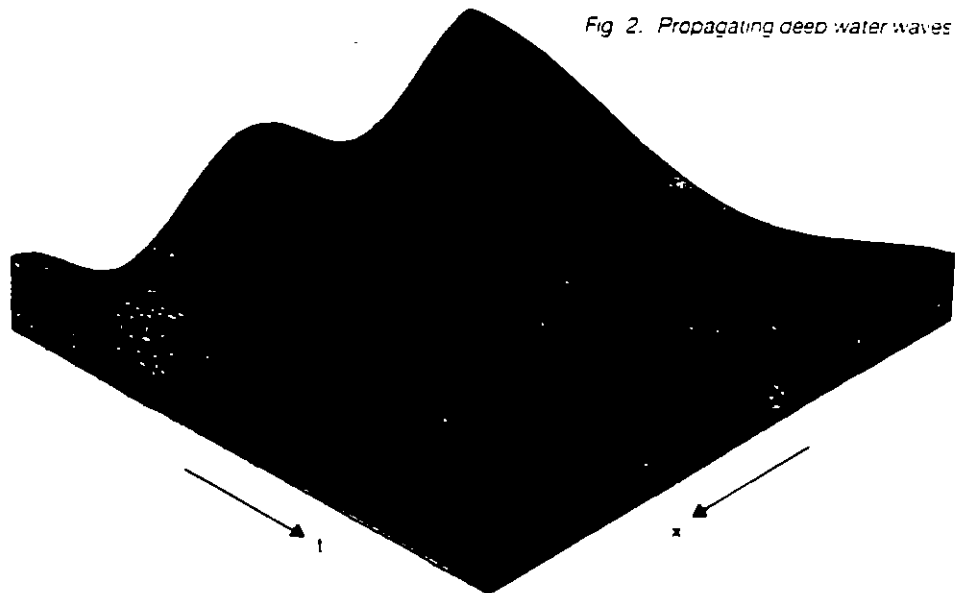


Fig. 2. Propagating deep water waves

Two of the numerical modelling systems developed by DHI's Computational Hydraulics Centre were installed at the Coastal Engineering Research Center (CERC) in Fort Belvoir and at the Waterways Experiment Station in Vicksburg, under an exchange agreement between the U.S. Corps of Engineers and DHI.

The models transferred were the SYSTEM 11 river-modelling system, and the SYSTEM 21 Mark 8, which is a two-dimensional hydrodynamic model for the simulation of storm surges, tides and short periodic (i.e. less than 25 seconds) surface waves in shallow water.

The SYSTEM 21 model in particular, has created interest at CERC, which has acquired this model primarily as a tool for computing waves and wavel-driven currents in coastal waters.

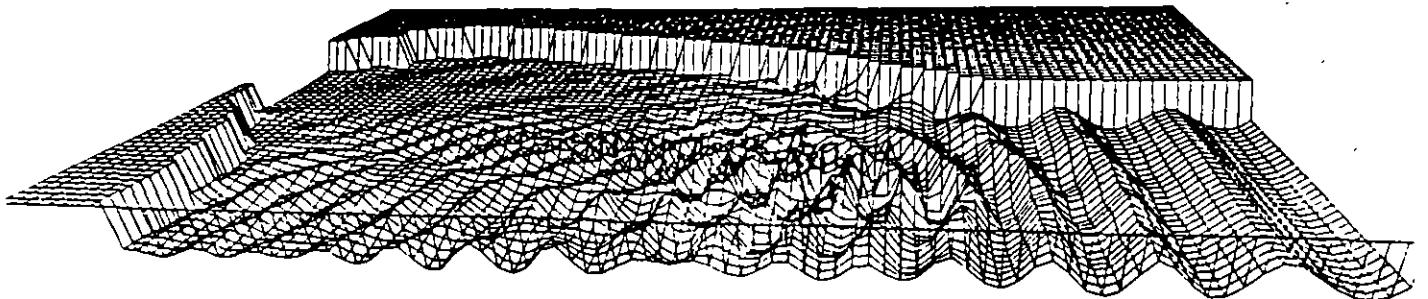
The DHI model differs from numerical shallow-water short wave models presently used by the Corps in two respects. In the first place, it simultaneously considers many of the important processes that act upon waves in shallow water, e.g. effects of refraction, diffraction, loading-recession, nonhydrostatic pressure distribution (so-called Boussinesq terms), bottom friction, wind stress,

advection of momentum, and porous or impermeable breakwaters. Normally, one or more of these processes are neglected in current models. In the second place, the DHI model uses much smaller space and time steps than other current models. These steps must be short enough for the DHI model to resolve individual waves. Typically, space steps of 10 meters or less and time steps of 0.5 seconds or less are used.

CERC has run several tests with the DHI model. The figure shows one such test where short, sinusoidal waves are propagating from right to left into Masonboro Inlet, North Carolina. On the upper left is the inlet entrance, while the curved part on the top wall represents the north jetty. Bottom-induced refraction/diffraction effects can be seen.

It is intended to use data gathered near CERC's Field Research Facility at Duck, North Carolina, to verify the model's short wave reproductions for field conditions. DHI itself has previously verified the model results for laboratory conditions.

Masonboro - inlet





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAPITULO VII

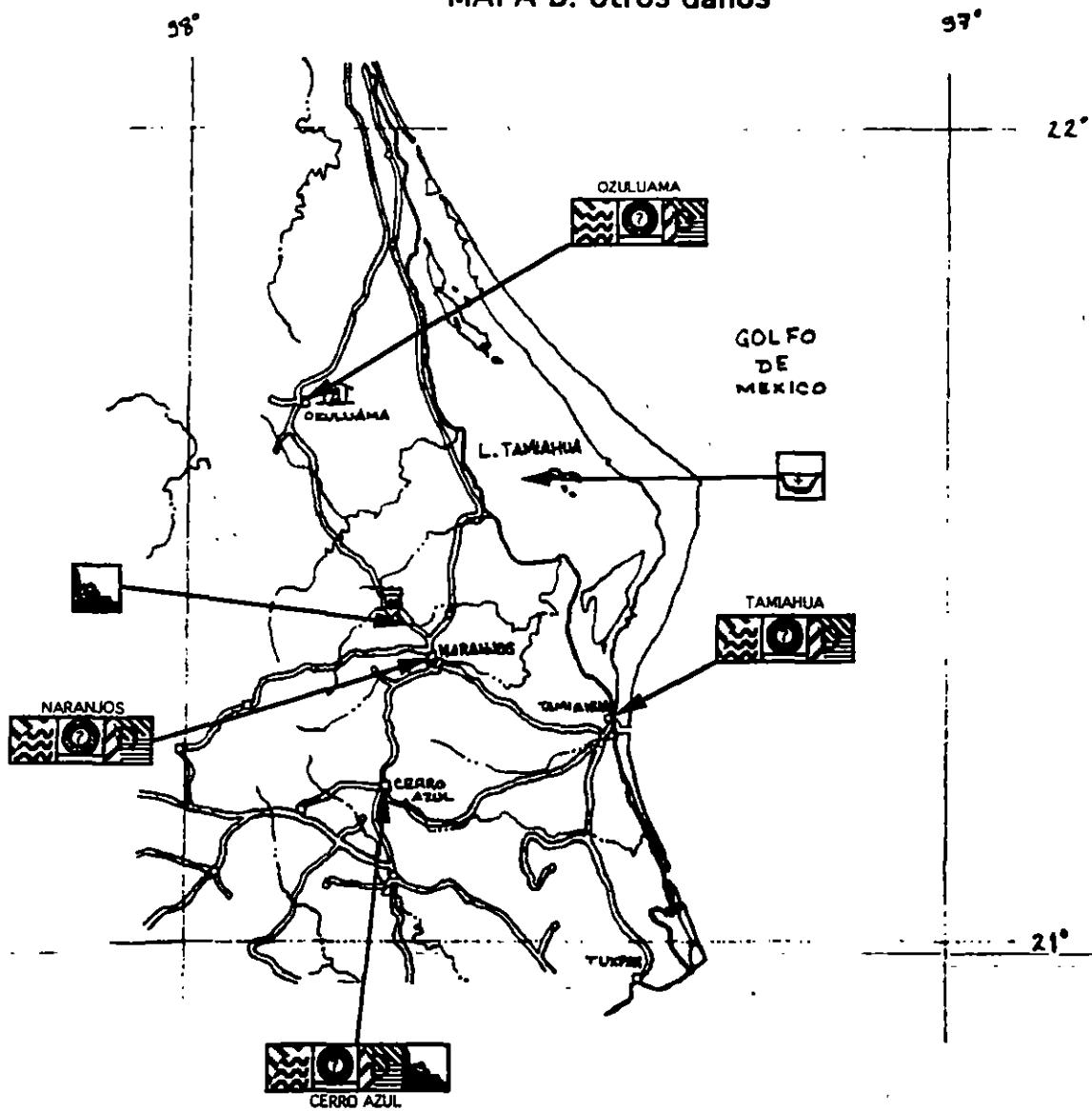
CAPITULO VII

- VII Análisis forense en ciclones tropicales**
- VII.1 Importancia de correlación entre efectos y daños**
- VII.2 Importancia de medir magnitud de efectos destructivos**
- VII.3 Recopilación, procesamiento y documentación de daños**
- VII.4 El proceso de aprendizaje posterior a un ciclón tropical**
- VII.5 Incorporación a los nuevos planes de emergencia**

ANALISIS FORENSE EN CICLONES TROPICALES

N O T A S

MAPA B: otros daños



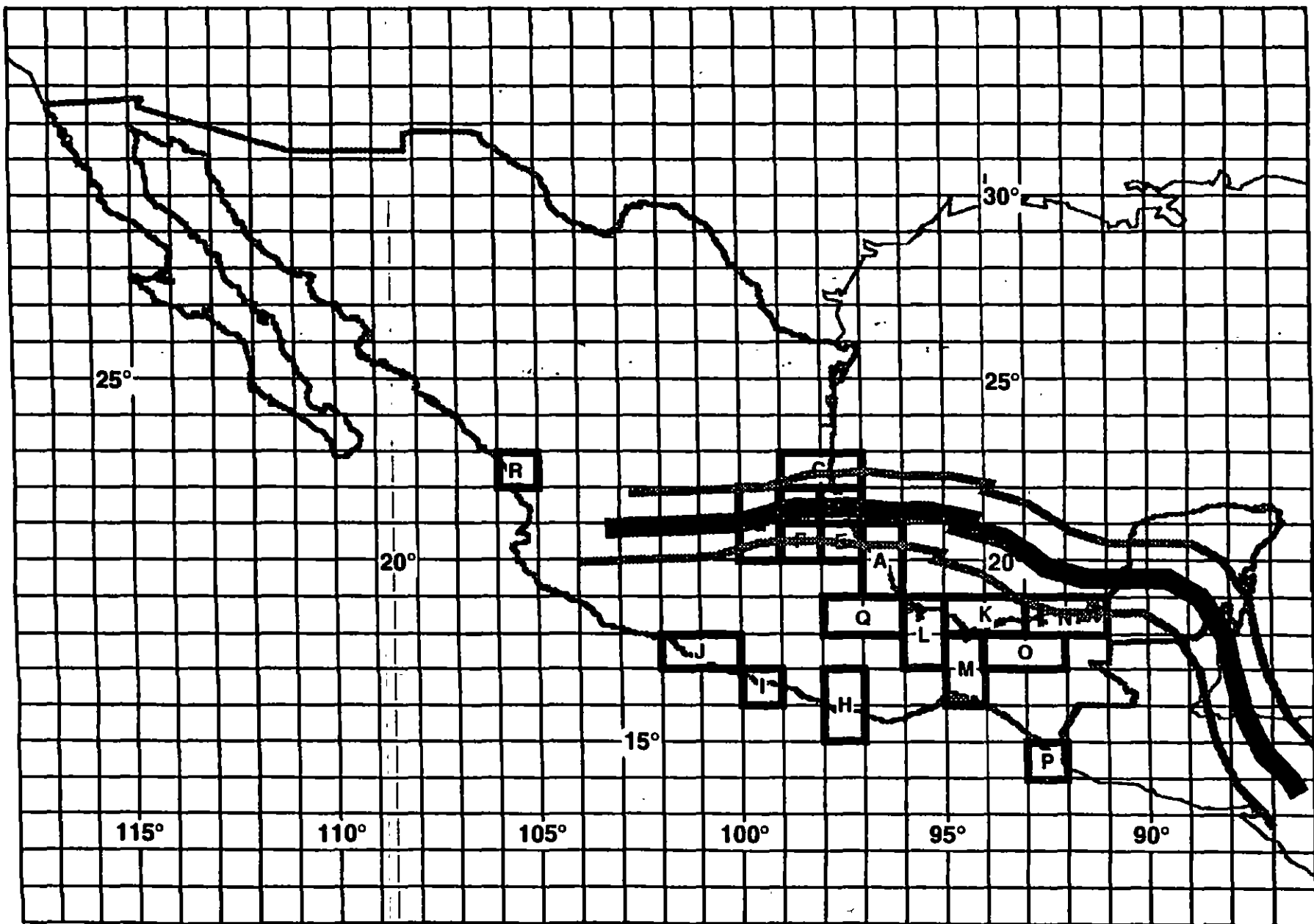
ANALISIS FORENSE EN CICLONES TROPICALES

N O T A S

ANALISIS FORENSE EN CICLONES TROPICALES

NOTAS

CLAVE DE MAPAS 1:1,000,000 CON TRAYECTORIA SUPERPUESTA



ANALISIS FORENSE EN CICLONES TROPICALES

N O T A S



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE CIICLONES TROPICALES

INSTITUTO MEXICANO DEL AGUA

Estas notas para el alumno contienen siete capítulos sobre los efectos destructivos de los ciclones tropicales, son las primeras notas sobre el tema y se fundamentan en las obras de mayor contribución al estado actual del conocimiento y fueron compilados y resumidos en el IMTA, por los siguientes autores:

Dr. Michel Rosengaus Moshinsky

M.I. Jorge Sánchez Sesma

M.I. Guillermo Reza Arzáte

M.C. Arturo Valdés Manzanilla

M.I. Pedro Lomónaco Tonda

M.I. Aldo Ivan Ramírez

La supervisión y revisión estuvo a cargo de:

Dr. Michel Rosengaus Moshinsky

La supervisión y estructuración del material por parte de la CDP del IMTA estuvo a cargo de:

Ing. Manuel Fuentes Díaz

CAPITULO III EFECTO DESTRUCTIVO DEL OLEAJE

- III.1 Conceptos elementales sobre oleaje
- III.2 Generación de oleaje por viento en aguas profundas
- III.3 El campo de oleaje ciclónico
- III.4 Interpretación de los boletines meteorológicos
- III.5 Modificación del oleaje sobre aguas poco profundas
- III.6 Software de simulación del campo de oleaje
- III.7 Documentación de daños típicos por oleaje
- III.8 Aspectos de protección civil

CAPITULO IV EFECTO DESTRUCTIVO DE LA MAREA DE TORMENTA

- IV.1 El nivel medio del mar y sus variaciones astronómicas
- IV.2 La marea de tormenta
- IV.3 Documentación del fenómeno y daños típicos
- IV.4 Ecuaciones gobernantes del fenómeno
- IV.5 Conceptos fundamentales de su solución numérica
- IV.6 Modelos y herramientas disponibles
- IV.7 Software de simulación en computadora
- IV.8 Datos requeridos por diversos modelos para operar
- IV.9 Métodos para evitar el cálculo del tiempo real
- IV.10 Condiciones que magnifican la marea de tormenta
- IV.11 Aspectos de protección civil
- IV.12 Reglamentos de construcción y usos del suelo
- IV.13 Consecuencias ambientales y sanitarias
- IV.14 Interpretación de boletines

CAPITULO V EFECTO DESTRUCTIVO DE LA LLUVIA

- V.1 Conceptos hidrológicos fundamentales
- V.2 Dificultad de modelar y simular el campo de precipitación pluvial
- V.3 Estructura general del campo de lluvias
- V.4 Magnificación orográfica
- V.5 Documentación de daños típicos
- V.6 Métodos de estimación en tiempo real
- V.7 Ejemplos de modelos disponibles a través de imágenes de satélite
- V.8 Software de estimación
- V.9 Reglamentos de construcción y usos de suelo
- V.10 Aspectos de protección civil
- V.11 Posible magnificación de inundación en desembocaduras por marea de tormenta
- V.12 Consecuencias ambientales