

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

“VULNERABILIDAD DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL ANTE LA  
INCIDENCIA DE HURACANES”

Trabajo terminal

Que para obtener el diploma de

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presenta

ALICIA BRACAMONTES RAMÍREZ

Ensenada, B.C. Septiembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"VULNERABILIDAD DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL, ANTE LA  
INCIDENCIA DE HURACANES"

TRABAJO TERMINAL

QUE PRESENTA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL DIPLOMADO DE  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

ALICIA BRACAMONTES RAMÍREZ

Aprobado por:



Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal

Directora



Dra. María Concepción Arredondo García

Sinodal



Dr. Georges Seingier

Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia que tanto quiero.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado para la realización de los estudios de Especialidad en gestión Ambiental.

A la Universidad Autónoma de Baja California por la beca colegiatura

Al personal académico de la Especialidad en Gestión Ambiental.

A mis asesores por el tiempo dedicado a la revisión este trabajo.

A la Dra María de Lourdes Villers Ruiz del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

Al Proyecto PNUD/INECC-UABC intitulado: Caracterización y regionalización de las zonas costeras de México, que incluyan métodos de sistemas de información geográfica y estadística biofísicas y socioeconómicas en condiciones actuales y con cambio climático.

A mis amigos por el apoyo en la elaboración de este trabajo, especialmente a Isabel, Fatima, Geovanni, Tadashi y Fabiola. Muchas gracias.

Al todo el departamento de CPIC en PRONATURA, por el continuo ánimo.

## **RESUMEN**

En este trabajo se desarrolla una base de datos para describir aspectos del Sistema Portuario Nacional (SPN) y se diseña un Sistema de Información Geográfica (SIG). A partir de la bibliografía oficial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se seleccionaron algunos indicadores para medir la vulnerabilidad portuaria ante eventos hidrometeorológicos. Los puertos mexicanos han comenzado a presentar daños, especialmente en zonas donde es rara la presencia de huracanes y sus sistemas portuarios no están preparados para enfrentar este tipo de fenómenos meteorológicos. Como son las administraciones portuarias integrales (API) a quienes les corresponde prepararse en materia de infraestructura y planes de emergencia para el resguardo de los elementos que integran, la importancia en de este estudio radica justo en presentar una estimación de la vulnerabilidad del Sistema Portuario Nacional ante huracanes. La propuesta es preliminar y forma parte de proyecto integrativo que ayudará a identificar los puertos menos preparados para enfrentarse a estos fenómenos. El uso del SIG diseñado será útil para posteriormente tomar medidas preventivas ante estos eventos, los cuales actualmente son de suma importancia por el cambio climático.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	4
ÍNDICE DE ANEXO.....	6
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. ANTECEDENTES .....	11
2.1. PUERTOS.....	11
2.1.1. Definición de puerto .....	11
2.1.2. Importancia y función de los puertos.....	11
2.1.3. Clasificación de puertos .....	12
2.2. EL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL.....	13
2.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y SU INFLUENCIA EN HURACANES .....	18
2.3.1. Los huracanes.....	18
2.4. Capitanía de puerto. ....	21
2.5. Puertos Mexicanos afectados por huracanes.....	24
2.6 Vulnerabilidad, Adaptación y Amenaza .....	25
2.6.1. Vulnerabilidad de puertos.....	26
III. JUSTIFICACION .....	27
IV.OBJETIVOS.....	28
4.1. General: .....	28
4.2. Específicos:.....	28
V.METODOLOGIA .....	29
5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1 .....	29
5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2 .....	30
5.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3 .....	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41

VII.CONCLUSIÓN .....	55
IX.REFERENCIAS .....	56
8.1. Glosario.....	56
8.2 Bibliografía .....	59
8.3. Anexos .....	63

## ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1	Componentes del Índice de Vulnerabilidad Portuaria	63
Anexo 2	Componentes del sector transporte vulnerables a los fenómenos naturales	66
Anexo 3	Porcentaje de clases por Índice, Subíndice e Indicador	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Sistema Portuario Nacional. Fuente: Coordinación General de puertos y marina mercante (CGPMM).	14
Figura 2:	Puertos y terminales portuarias en México, 2013. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI,2014)	15
Figura3:	Composición del Sistema Portuario Nacional. Fuente: CGPMM	16
Figura 4:	Trayectorias promedio de desplazamiento de ciclones en el mundo. Fuente CENAPRE.	20
Figura 5:	Grado de peligro por presencia de huracanes.	21
Figura 6:	Esquema de metodología: Objetivo 1	29
Figura 7:	Esquema de metodología: Objetivo 2	30
Figura 8:	Modelo de indicadores para medir la vulnerabilidad portuaria.	33
Figura 9:	Esquema de metodología: Objetivo 3	40
Figura 10	Índice de vulnerabilidad portuaria ante huracanes de México	42
Figura 11	Subíndice de amenaza de los puertos mexicanos de México	44
Figura 12	Indicador de huracanes del 2009 al 2013 de Mexico.	46
Figura 13	Indicador de área total por puerto de México	48

Figura 14	Subíndice de adaptación por puerto de México.	50
Figura 15	Indicador de Obras de protección por puerto de México.	52
Figura 16	Indicador de cierre a la navegación por puerto de México.	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I:	Infraestructura portuaria del Sistema Portuario Nacional.	17
Tabla II:	Capitanías de puerto.	22
Tabla III:	Variables de viento y oleaje.	23
Tabla IV:	Principales huracanes que han afectado puertos mexicanos.entre 2010 y 2014	24
Tabla V:	Propuesta de indicadores para medir la vulnerabilidad de los puertos.	32

## I. INTRODUCCIÓN

México cuenta con aproximadamente 11,500 km de costa, repartidos en 17 estados, que en su conjunto tienen 167 municipios con frente costero y 463 contiguos o de segundo frente. En cifras redondas, la población en litoral mexicano es de diez millones de habitantes, lo que significa aproximadamente el 10% de la población nacional (Silva Casarín & Salles Afonso, 2004).

En esta región se realizan una serie de actividades económicas de las que dependen el grado y tipo de desarrollo económico regional. El turismo (45% de la actividad está emplazada en la costa), la pesca ribereña e industrial, la extracción mineral, incluyendo la sal, arena, caliza, petróleo y gas (principal actividad generadora de divisas en el país), la agricultura y ganadería de tierras bajas, la extracción forestal, la navegación y el comercio (SEMARNAT, 2006).

Para atender las necesidades que estas actividades generan, el país cuenta con un Sistema Portuario Nacional (SNP) constituido por 117 puertos y terminales habilitados, 49 de cabotaje y 68 de altura y cabotaje (ProMéxico, 2012). El SNP transporta cerca de un tercio del total de la carga del país y la mayor parte del volumen de las exportaciones. Desempeña un papel fundamental para el crecimiento de la economía mexicana, ya que además de vincularla con los mercados mundiales, constituye una importante fuente de valor y de ventajas competitivas en los ámbitos nacional, regional y local (SCT, 2008).

El funcionamiento de un puerto está sujeto a las políticas locales de operación y a las condiciones ambientales (viento, oleaje, mareas, tormentas, restricciones nocturnas) (Silva Casarín & Salles Afonso, 2004).

Actualmente las condiciones ambientales en México y el mundo se han visto afectadas directa o indirectamente por la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, lo que se conoce como "cambio climático" (INECC, 2010). Estas condiciones pueden haber creado las

condiciones atmosféricas para producir menos tormentas, pero de mayor intensidad (Anthony Del Genio, 2013).

El cambio climático global es un tema de preocupación creciente entre los actores gubernamentales encargados de conducir la política nacional ya que no sólo se circunscribe al sector ambiental, es un problema que afectará al desarrollo de todos los sectores socioeconómicos del país (INECC, 2010).

En México, fue en 1992 cuando el país formó parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, marco general para los esfuerzos internacionales encaminados a abordar el problema del cambio climático (ONU, 2010). Dos años después, se firmó el Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), una de las principales fuentes del cambio climático (GreenPeace, 2015).

Actualmente, dentro de la legislación ambiental en México, existe un *Programa Especial de Cambio Climático* como parte de la *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007*, en la que se identifican amplias oportunidades de mitigación y de adaptación, así como un primer posicionamiento del país en relación con el régimen internacional de atención al cambio climático.

Este programa considera a los *Puertos y transportación marina* como uno rubro importante a considerar para la adaptación al cambio climático. Sin embargo, su último informe de avances fue en el 2011. De acuerdo a la información científica en torno al cambio climático a nivel mundial, se ha concluido que el estudio y establecimiento de acciones de adaptación, son los principales retos ambientales a resolver en el presente siglo (IPCC, 2007) citado por (Bolongaro, 2014).

Con base a lo establecido por Carabias *et al.* (2007), el no contar con la información para la prevención adecuada ante fenómenos naturales como los huracanes que se han visto influidos por el cambio climático, repercute en las afectaciones en ecosistemas, poblaciones e infraestructura, impactando con ello el desarrollo social y económico de las costas y zonas portuarias.

Este trabajo tiene como propósito diseñar una base de datos y un Sistema de Información Geográfico para ilustrar la incidencia de los huracanes de 2009 a 2013 en el Sistema Portuario Nacional. Asimismo, se hace una estimación preliminar de la vulnerabilidad de cada uno de los puertos ante estos fenómenos naturales.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. PUERTOS

#### 2.1.1. Definición de puerto

Un puerto es un lugar donde las embarcaciones o navíos pueden descargar o recibir carga. Puede ser el puerto entero, incluyendo sus accesos y anclajes, o sólo las terminales portuarias donde se sitúan los muelles, instalaciones de la transferencia de carga, las dársenas y los talleres de reparaciones (Silva Casarín & Salles Afonso, 2004).

Según la Ley de Puertos, en su **Artículo 2:**

**Fracción II.** *Puerto*, es el lugar de la costa o ribera habilitado como tal por el Ejecutivo Federal para la recepción, abrigo y atención de embarcaciones, compuesto por el recinto portuario y, en su caso, por la zona de desarrollo, así como por accesos y áreas de uso común para la navegación interna y afectas a su funcionamiento; con servicios, terminales e instalaciones, públicos y particulares, para la transferencia de bienes y transbordo de personas entre los modos de transporte que enlaza.

#### 2.1.2. Importancia y función de los puertos

En los puertos se cumple una fase del proceso del transporte de mercancías, que es un eslabón en la cadena logística, en el que llegan las mercancías por vía terrestre, marítima y fluvial, llevando a cabo maniobras de *carga*, *descarga* y *almacenaje* de mercancías dentro de las instalaciones del puerto (Diputados, 2001)

El puerto no está limitado a funciones de tipo comercial, en algunos casos se localizan puertos en zonas industriales, en la que importantes industrias dan salida a sus productos directamente del puerto o una zona cercana, evitando así un transporte terrestre, esta condición ayuda a que el costo de la mercancía no se eleve, lo que la haría incapaz de competir en el mercado. Igualmente, en el están instalados almacenes o silos para recepción y distribución de mercancías. Los

servicios en los puertos también abarcan el atender a los buques que hacen escala en ellos, como son: suministrar agua, combustible, talleres de reparación, etc (Diputados, 2001)

En la actualidad y en especial en los países en vías de desarrollo como en México, el puerto es también un polo de desarrollo desde el punto de vista económico-social, pues en éste se generan actividades que producen empleos. A su vez, el puerto en algunos casos se ha convertido en centro de consolidación de mercancías, materias primas y productos elaborados en un área industrial, conformada por puertos industriales (CGPMM, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, 2008)

### **2.1.3. Clasificación de puertos**

Según la Ley de Puertos, en su **Artículo 9**, los puertos y terminales se clasifican de dos maneras de acuerdo a su *navegación* o a sus *instalaciones y servicios*.

Por su navegación en:

- i. *Puerto de altura*. Cuando atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales e internacionales.
- ii. *Puerto de cabotaje*. Cuando sólo atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales.

Por sus instalaciones y servicios:

- i. *Puertos comerciales*. Los que se dedican, preferentemente, al manejo de mercancías o de pasajeros en tráfico marítimo.
- ii. *Puertos industriales*. Se dedican al manejo de bienes relacionados con industrias establecidas en la zona del puerto o terminal, como son los puertos con industria minera o de hidrocarburos.
- iii. *Puertos pesqueros*. Se dedican al manejo de embarcaciones y productos específicos de la captura y del proceso de la industria pesquera.
- iv. *Puertos turísticos*. Presentan actividad de cruceros turísticos y marinas.

Mientras tanto las terminales, marinas e instalaciones portuarias se clasifican por su uso en:

- i. *Públicas*. Terminales de contenedores y carga general o exista obligación de ponerlas a disposición de cualquier solicitante.
- ii. *Particulares*. El titular las destina para sus propios fines, y a los de terceros mediante contrato, siempre y cuando los servicios y la carga de que se trate sean de naturaleza similar a los autorizados originalmente para la terminal.

## **2.2. EL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL**

El Sistema Portuario Nacional está integrado por 117 puertos y terminales habilitados, 57 en el Pacífico y 60 en el Golfo de México y Caribe, de los cuales 71 son federales y están concesionados a 25 Administraciones Portuarias Integrales (APIs), esto puede apreciarse más en la Figura 1.

Según INEGI (2014), de acuerdo a su actividad preponderante, el 33.3% son puertos de carácter comercial, 36.7% son pesqueros, el 19.6% considerados como turísticos y el 10.25% petroleros (Figura 2). La capacidad instalada para el manejo de carga comercial no petrolera es de 187.3 millones de toneladas y 5.6 millones de metros cuadrados de áreas de almacenamiento.

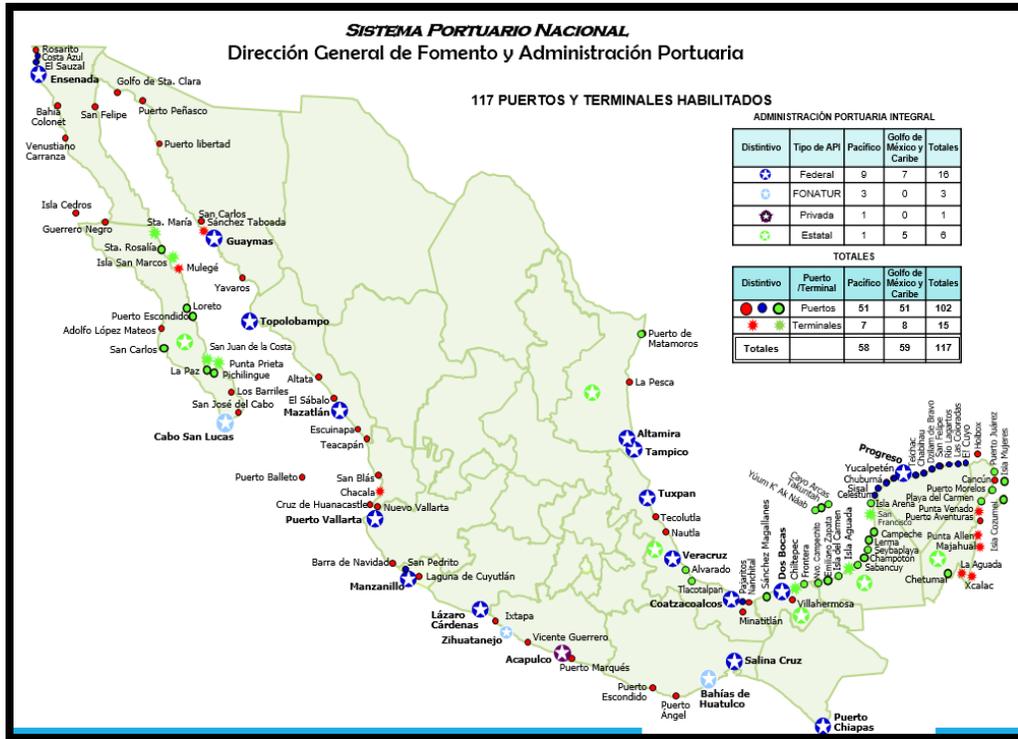


Figura 1. Sistema Portuario Nacional (SCT).Fuente: Coordinación General de puertos y marina mercante (CGPMM,2012)

Puertos y terminales portuarias por litoral y entidad federativa según tipo de tráfico y actividad preponderante 2013 P/									
Litoral Entidad federativa	Total	Puertos	Terminales	Tráfico a/		Actividad preponderante			
				Altura	Cabotaje	Comercial	Pesquera	Turística	Petrolera
<b>Estados Unidos</b>									
Mexicanos	117	102	15	69	117	39	43	23	12
Pacífico	58	51	7	38	58	20	16	17	5
Baja California	8	8	0	6	8	5	2	0	1
Baja California Sur	16	11	5	12	16	7	1	6	2
Colima	3	3	0	3	3	3	0	0	0
Chiapas	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Guerrero	5	5	0	5	5	0	1	4	0
Jalisco	2	2	0	2	2	0	0	2	0
Michoacán de Ocampo	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Nayarit	5	4	1	1	5	0	4	1	0
Oaxaca	4	4	0	2	4	0	1	2	1
Sinaloa	6	6	0	3	6	2	3	1	0
Sonora	7	6	1	2	7	1	4	1	1
<b>Golfo de México y Mar Caribe</b>									
Campeche	14	12	2	8	14	2	7	0	5
Quintana Roo	14	9	5	10	14	6	2	6	0
Tabasco	5	4	1	2	5	2	2	0	1
Tamaulipas	4	4	0	3	4	3	1	0	0
Veracruz de Ignacio de la Llave	10	10	0	5	10	4	5	0	1
Yucatán	12	12	0	3	12	2	10	0	0

Nota: Se contabilizan únicamente los puertos habilitados por decreto.  
a/ Todos los puertos y terminales se consideran de cabotaje y sólo algunos de ellos se clasifican, adicionalmente, como de altura.  
Fuente: SCT. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.

Figura 2. Puertos y terminales portuarias en México, 2013. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI, 2014)

El Sistema Portuario Nacional, en su régimen de concesión, de las 25 API, 16 son federales a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dos a cargo del Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), seis estatales en las entidades federales de Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Tamaulipas y Baja California Sur, y una es privada (Figura 3). Los puertos restantes están bajo responsabilidad Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

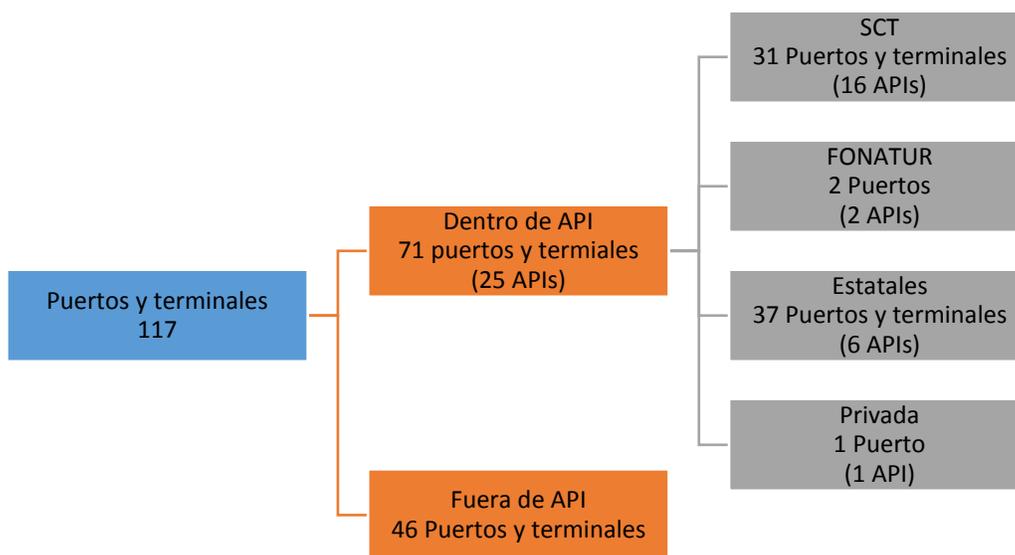


Figura 3. Composición del Sistema Portuario Nacional. Fuente: CGPMM  
Fuente propia a partir de SCT, 2008.

Por los puertos se transporta poco más de un tercio del total de la carga del país y la mayor parte del volumen de las exportaciones, incluyendo petróleo y derivados, a la vez que operan como plataformas de importantes industrias como son la química, petroquímica, energía eléctrica, metalúrgica, minería, cemento, pesca, turismo náutico y de cruceros, ensamblaje, actividades logísticas y de almacenamiento, entre otras (SCT, 2008)

En los últimos años, los puertos mexicanos han destacado por su elevado crecimiento de los volúmenes de mercancías manejadas, por la diversificación de sus actividades y como áreas de oportunidad para las nuevas inversiones y generación de empleos en terminales, instalaciones y negocios portuarios, comerciales e industriales (SCT, 2008)

La infraestructura portuaria (Tabla 1) existente ha sido el resultado de importantes esfuerzos de inversión por parte del sector público y el sector privado. Esto ha hecho posible que el país cuente con una oferta suficiente para atender la

demanda de servicios portuarios por parte de la industria exportadora, el comercio interno y, en general, por el aparato productivo nacional (SCT, 2008)

Tabla I. Infraestructura Portuaria del Sistema Portuario Nacional

Año	Longitud de muelles (miles de metros)		Áreas de Almacenamiento (miles de m <sup>2</sup> )		Obras de protección (Miles de metros)	
	Pacífico	Golfo-Caribe	Pacífico	Golfo-Caribe	Pacífico	Golfo-Caribe
1994	58.4	60.3	1,525.9	1,299.1	48.1	64.3
2000	103.7	81.2	3,084.1	2,454.9	70.5	65.5
2006 e*	109.0	89.1	3,166.8	2,476.3	72.9	76.4

Fuente: Elaboración propia a partir de CGPMM 2008

\*e: Estimado.

El Sistema Portuario Nacional desempeña un papel fundamental para el crecimiento de la economía mexicana, ya que además de vincularla con los mercados mundiales, constituye una importante fuente de valor y de ventajas competitivas en los ámbitos nacionales, regionales y locales. En el actual contexto económico mundial de globalización, los puertos mexicanos constituyen un elemento fundamental de la política comercial internacional y el crecimiento de la economía mexicana, ya que además de vincularla con los mercados mundiales, constituye una importante fuente de valor y de ventajas competitivas en los ámbitos nacionales, regionales y locales, como menciona Batel (2007), los puertos juegan un papel preponderante en la dinamización de la economía.

En el sexenio de Ernesto Zedillo, se invirtieron 10,164 millones de pesos en el sector portuario mexicano, comparado al siguiente sexenio de Vicente Fox donde la inversión para los puertos fue del doble: 21,192 millones de pesos, lo que significó un crecimiento del 106%. En la presidencia de Felipe Calderón se realizó una inversión alrededor de 71,000 millones de pesos para mejoras en infraestructura marítima portuaria, dragados, instalaciones aduaneras,

construcción y modernización de puertos (Díaz Bautista, 2001). A fin de convertir a México en un centro logístico global, en la administración de Enrique Peña Nieto se invertirán 67 mil millones de pesos en el sector marítimo portuario repartidos en 25 proyectos considerados en el plan nacional de infraestructura de 2013-2018. Se espera que la capacidad de operación portuaria pase de un manejo de 280 millones de toneladas en 2012, a aproximadamente 500 millones de toneladas al término de la actual administración (Díaz Bautista, 2001)

## **2.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y SU INFLUENCIA EN HURACANES**

Según la convención *Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, en su **Artículo 1**, el "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Es un fenómeno que se manifiesta en un aumento de la temperatura promedio del planeta. Este aumento de la temperatura tiene consecuencias en la intensidad de los fenómenos del clima en todo el mundo. El cual ocurre por una exacerbada acción del efecto invernadero; esto ocurre por una mayor concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (INECC, 2010).

Entre los principales efectos esperados destacan el aumento de eventos extremos tales como: tormentas, huracanes, inundaciones, sequías y abundantes precipitaciones. Investigaciones recientes confirman que en la últimas tres décadas la frecuencia y la intensidad de estos eventos se ha incrementado respecto a las primeras décadas del siglo XX (Meehl y otros., 2007; Emanuel, 2005; Pielke Jr., y otros, 2003; Raghavan y Rajesh, 2003; Mily, y otros, 2002; Stern, 2007) citado por (CIECC, 2015)

### **2.3.1. Los huracanes**

Un huracán tropical es una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en espiral alrededor de una zona central de baja presión. De acuerdo a los

científicos que han analizado este fenómeno, cada vez se tendrán climas más extremos y fenómenos climáticos más intensos (INECC, 2010).

Las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en las próximas décadas, podrían incluir alteraciones en las formas en como actualmente experimentamos la variación interanual e interdecadal del clima (Magaña Rueda, 2004). Los huracanes son uno de los fenómenos naturales que se verán influenciados en magnitud y frecuencia.

### *Huracanes en México*

Los huracanes han incrementado su frecuencia y severidad en el norte de América Latina y el Caribe (Cecilia Conde-Álvarez, 2007) Debido a las características geográficas de nuestro país ubicado entre los paralelos 16° y 32° latitud norte, y más del 50% de sus límites con la costa, es un territorio potencialmente afectado por huracanes, en México la temporada de huracanes inicia desde mayo hasta noviembre (CENAPRED, 2012), con esto los puertos marítimos son de las zonas expuestas ante las condiciones extremas del oleaje y vientos influenciados por huracanes todos los años.

En el caso de México, se han observado importantes cambios en los patrones de lluvia durante fuertes eventos en la temporada de El Niño (por ejemplo 1982 - 1983; 1997-1998) (Cecilia Conde-Álvarez, 2007)

El origen de los huracanes que llegan al territorio nacional (Figura 4) se localiza desde la sonda de Campeche, Golfo de Tehuantepec, Caribe (alrededor de los 13° latitud norte y 65° longitud oeste) y sur de las islas Cabo Verde (cerca de los 12° latitud norte y 57° longitud oeste, región Atlántica) (CENAPRED, 2012)

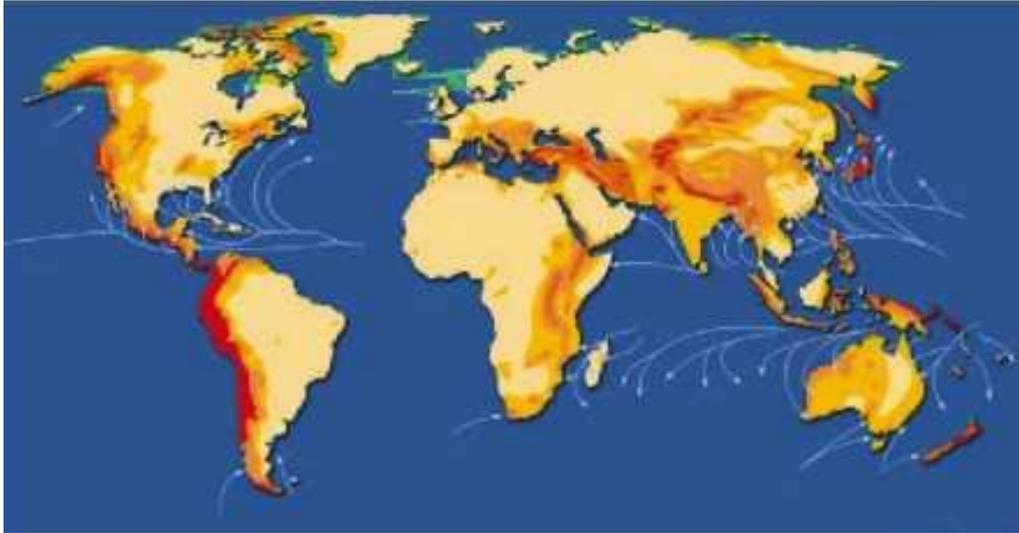


Figura 4. Trayectorias promedio de desplazamiento de huracanes en el mundo- Fuente: CENAPRED 2012

CENAPRED (2012) ha elaborado mapas de peligro (Figura 5) en los que se observa el grado de peligrosidad en los diferentes estados de la República Mexicana por la trayectoria de huracanes. Las costas son las principales zonas afectadas.



Figura 5. Grado de peligro por presencia de huracanes.

## 2.4. Capitanía de puerto.

Las capitanías de puerto son las autoridades marítimas, que designa la SCT a través de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo (LNCM, 2014.)

### a) *Atribuciones de la Capitanía de Puerto*

A cada puerto le corresponde una capitanía de puerto (Tabla II), con una jurisdicción territorial y marítima delimitada, con las siguientes atribuciones:

- Abanderar y matricular las embarcaciones y los artefactos navales.
- Otorgar permisos para la prestación de servicios de transporte marítimo de pasajeros y turismo.
- Autorizar arribos y despachos de las embarcaciones y artefactos navales.
- Vigilar que la navegación, las maniobras y los servicios portuarios a las embarcaciones se realicen en condiciones de seguridad, economía y eficiencia.

- Supervisar que las vías navegables reúnan las condiciones de seguridad, profundidad, señalamiento marítimo y control de tráfico marítimo.
- Requerir los certificados e inspeccionar a cualquier embarcación.
- Ordenar las maniobras que se requieran de las embarcaciones cuando se afecte la eficiencia del puerto.
- Coordinar las labores de auxilio y salvamento en caso de accidentes o incidentes de embarcaciones en las aguas de su jurisdicción.
- Dirigir el cuerpo de vigilancia, seguridad y auxilio para la navegación interior.
- Realizar las investigaciones y actuaciones de los accidentes e incidentes marítimos, portuarios, fluviales y lacustres.

Tabla II. Capitanías de puerto.

<b>CAPITANÍAS DE PUERTO NACIONALES</b>		
<b>LITORAL PACÍFICO.</b>		<b>LITORAL GOLFO DE MÉXICO</b>
La Paz, B.C.S.	Manzanillo, Col.	Tampico, Tamps.
Ensenada, B.C.	Lázaro Cárdenas, Mich.	Veracruz, Ver.
Guaymas, Son	Acapulco, Gro.	Dos Bocas, Tab.
Mazatlán, Sin.	Salina Cruz, Oax.	Isla del Carmen, Camp.
San Blas, Nay.	Pto. Chiapas, Chis.	Progreso, Yuc.
Pto. Vallarta, Jal.		Pto. Juárez, Q.Roo

Fuente: Elaboración propia a partir del directorio de capitanías de puerto de la SCT

**b) Cierre de puertos.**

Una de las funciones de la capitanía de puerto a través del derrotero meteorológico es dar a conocer los puertos que están cerrados a la navegación como medida precautoria ante los efectos provocados por sistemas meteorológicos que ponen en riesgo la seguridad de la navegación.

Los criterios que la autoridad marítima portuaria toma para cerrar o abrir un puerto varían (Tabla III), dado a que las condiciones adversas son diferentes en cada

época del año, por litoral, por zona territorial o incluso por los servicios portuarios que presten (CGPMM, CIERRES DE PUERTOS, 2009)

En el derrotero meteorológico se encuentra información de a) boletines meteorológicos, b) notas informativas, c) avisos informativos y d) Información de huracanes.

Tabla III. Variables de viento y oleaje.

<b>VARIABLES DE VIENTO Y OLAJE</b>			
<b>Escala de vientos Beaufort</b>	<b>Intensidad del viento</b>	<b>Altura de las olas</b>	<b>Condiciones para la navegación</b>
0	<1 kph	0	Favorables para la navegación en general
1	1-5 kph	Hasta de 0.1 metros	Favorables para la navegación en general
2	6-11 kph	Hasta de 0.2 metros	Aplicación de medidas de precaución para la navegación de embarcaciones menores de 12 metros
3	12-19 kph	Hasta de 0.6 metros	Poco favorables para las operaciones de embarcaciones menores de 12 metros
4	20-28 kph	De 0.6-1 metros	Aplicación de medidas de precaución para la navegación de embarcaciones menores de 500 UAB
5	29-38 kph	1-2 metros	Poco favorables para las operaciones de embarcaciones menores de 12 metros
6	39-49 kph	2-3 metros	Restricción a la navegación de embarcaciones menores de 500 UAB/ Aplicación de medidas de precaución para la navegación de embarcaciones mayores de 500 UA
7	50-61 kph	3-4 metros	Restricción a la navegación de embarcaciones menores/ Extremar la aplicación de medidas de precaución para la navegación de embarcaciones mayores de 500 UAB
8	62-74 kph	4-5.5 metros	No favorables para ningún tipo de navegación
9	75-88 kph	5.5-7 metros	
10	89-102 kph	7-9 metros	
11	103-117 kph	9-11.5 metros	
12	118-132 kph	11.5-14 metros	
13	133-148 kph	>14 metros	
14	149-165 kph		
15	166-183 kph		
16	184-200 kph		
17	>200 kph		

Fuente: Elaboración propia a partir de la información meteorológica de la CGPMM 2015

## 2.5. Puertos Mexicanos afectados por huracanes

En algunas zonas de la República Mexicana, los puertos han sufrido daños considerables a causa de tormentas y huracanes. El daño depende de la categoría del fenómeno. Las acciones de mitigación auxilian al puerto para que los efectos provocados por los fenómenos hidrometeorológicos sean amortiguados, siendo algunas de estas las obras de protección a la infraestructura portuaria, como son los diques de abrigo o rompeolas y escolleras. Los planes de en materia de infraestructura o medidas de mitigación por parte de la capitanía de puerto correspondiente, auxilian al puerto para que sean amortiguados los daños provocados por el fenómeno meteorológico.

En la Tabla IV se muestran algunos casos registrados de puertos afectados por huracanes.

Tabla IV.Principales huracanes que han afectado puertos mexicanos.entre 2010 y 2014

Existen puertos que aunque han sufrido daños no se localizo reporte daños como fue durante el huracán Wilma (Ciudad del Carmen, Cancun) y en ensenada huno un tifon que hundio mas de 16 barcos y quebro el rompeolas en los noventa

AÑO	CICLON	PUERTO	ACCIONES	Fuente de la nota
2014	Odile	Cabo San Lucas	La capitanía de puerto registro el hundimiento de 22 embarcaciones, el varamiento de un yate varado cerca de la rampa principal del puerto. La ruptura de 500 estructuras de ataque. Daños en los muelles dispensadores de combustible	Noticieros Televisa 2014  URL: <a href="http://noticieros.televisa.com/mexico-estados/1409/danos-puerto-cabo-san-lucas/">http://noticieros.televisa.com/mexico-estados/1409/danos-puerto-cabo-san-lucas/</a>
2011	Jova	Manzanillo	Debido a los daños se vieron suspendidas operaciones en el recinto portuario.	American Association of Port Authorities 2012

			Se presentó el bloqueo de las áreas de acceso al pez vela, los módulos de aduana, debido a acumulaciones de basura y lodo. Junto con perjuicios en los muelles 14, 15, y en patio 15.	URL: <a href="http://www.aapaports.org/files/SeminarPresentations/2012Seminars/12HurricaneWorkshop/Santos%20Lopez.pdf">http://www.aapaports.org/files/SeminarPresentations/2012Seminars/12HurricaneWorkshop/Santos%20Lopez.pdf</a>
2010	Karl	Veracruz	Se realizaron los trabajos de reparación de techos de la Aduana, reparación y re nivelación de base hidráulica del futuro acceso a la nueva aduana, y la sustitución de torres de alumbrado de la explanada de la aduana.	Programa operativo anual 2012 URL: <a href="http://www.puertodeveracruz.com.mx/apiver/archivos/Planeacion/POA-2012-APIVER.pdf">http://www.puertodeveracruz.com.mx/apiver/archivos/Planeacion/POA-2012-APIVER.pdf</a>

Fuente: Elaboración propia a partir de informes portuarios y notas periodísticas.

## 2.6 Vulnerabilidad, Adaptación y Amenaza

En el caso de términos que se emplean para describir este trabajo se entiende por:

Vulnerabilidad son características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hace susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza: Existen varios aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Como son el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, y la protección inadecuada de los mismos (UNISDR, 2009)

Amenaza un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puedan ocasiona daños a la propiedad, la perdida de medios de sustento o servicios, transtornos sociales y económicos, ocasionados por desastres naturaleza (UNISDR, 2009)

Adaptación a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.(IPCC, 2007)

### **2.6.1. Vulnerabilidad de puertos**

Tomado del plan de emergencia para el puerto de Altamira, Tamaulipas:

A través de una instrucción presidencial, en julio de 1995 se postuló que las administraciones portuarias integrales deben elaborar planes de emergencia, cuya función principal es establecer sistemas y dispositivos de seguridad y de capacitación al personal para la protección de las instalaciones ante actos provocados por fenómenos naturales, esto para prevenir las consecuencias nacionales y las reparaciones a largo plazo.

Los gobiernos han considerado como vulnerables a los puertos que se encuentran en lugares con amenazas frecuentes, por lo que el plan de emergencia involucra todos los aspectos de seguridad y atención a emergencias identificadas en todas las actividades y servicios, desde las obras de construcción, mantenimiento y procedimientos de operación de los buques así como del puerto y de la zona de desarrollo.

Uno de los principales objetivos de los planes de emergencia es garantizar la integridad física y la seguridad del funcionamiento de las instalaciones portuarias. Su implementación propicia una disminución en los daños. Por eso las API en coordinación con las capitanías de puerto y otros organismos realizan actividades para prevenir eventos que pongan en riesgo al personal y bienes del recinto.

### III. JUSTIFICACION

Según el *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*, el sistema portuario se verá afectado por mayor frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos. Por lo que su objetivo en el tema de puertos y transportación marina es el de: *“fortalecer capacidades de adaptación y reducir la vulnerabilidad de infraestructura portuaria ante la variabilidad natural del clima y el cambio climático”*.

Este programa tuvo su primera aparición en el 2009, como parte de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) que el gobierno federal presentó dos años antes. Sin embargo, el único informe de avances que se ha presentado hasta ahora fue en el 2011 y hasta ahora no hay ningún diagnóstico disponible acerca de la vulnerabilidad portuaria ante el cambio climático. Los puertos mexicanos en algunas ocasiones han comenzado a presentar intensos daños en zonas en las que no se espera la presencia de huracanes, debido principalmente a que estos puertos no se encuentran preparados para enfrentar estos fenómenos. A cada administración (API) le corresponde prepararse en materia de infraestructura y planes de emergencia para el resguardo de los elementos que integran cada una.

La importancia de este estudio radica justo en presentar una estimación de la vulnerabilidad del Sistema Portuario Nacional ante huracanes, considerando a estos como fenómenos naturales de importancia en el cambio climático. El trabajo terminal aquí desarrollado es una propuesta preliminar que se integrará a una investigación más profunda y permite identificar los puertos menos preparados para enfrentarse a estos fenómenos. Esta propuesta permitirá orientarse a identificar medidas preventivas ante la modificación de los patrones de tormentas y huracanes.

Así mismo, con la identificación de los puertos más vulnerables ante huracanes, podrán planearse capacitaciones preventivas al personal portuario y emplear metodologías de otros puertos más preparados en este rubro.

## **IV.OBJETIVOS**

### **4.1. General:**

Estimar la vulnerabilidad del Sistema Portuario Nacional ante la incidencia de huracanes con datos oficiales disponibles y el diseño de un Sistema de Información Geográfica.

### **4.2. Específicos:**

1. Construir una base de datos temporales y espaciales del sistema portuario nacional tomado de fuentes oficiales.
2. Proponer un modelo de vulnerabilidad portuaria para México.
3. Aplicar el modelo propuesto al Sistema Portuario Nacional .

## V.METODOLOGIA

La metodología se describe de acuerdo a los tres objetivos específicos del trabajo terminal.

### 5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

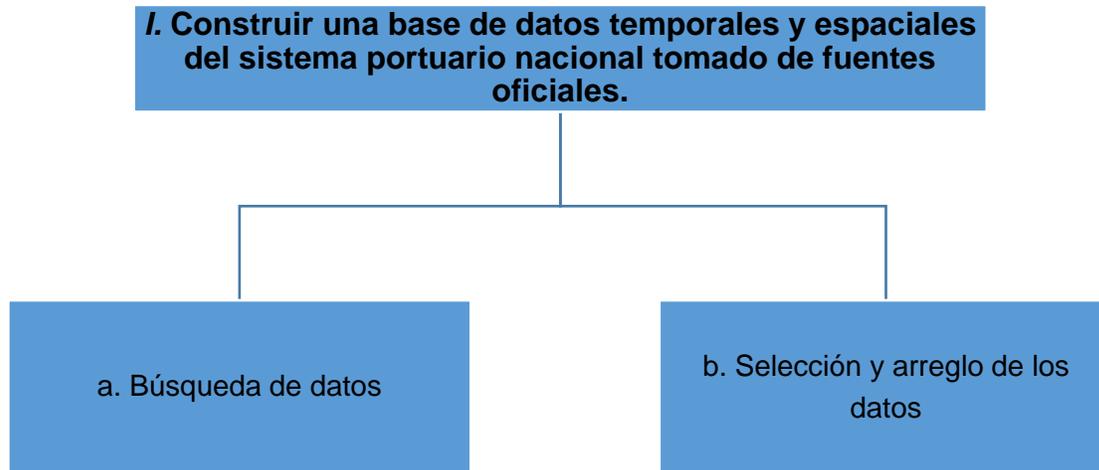


Figura 6. Esquema de metodología: Objetivo 1

#### a) *Búsqueda de datos*

Se realizó una búsqueda exhaustiva de datos en las bases de datos oficiales de la SCT. A través de Dirección General de Marina mercante y de la Dirección General de Puertos en la sección de *Puertos y Marinas*. Se utilizaron principalmente los datos de Informes anuales de cierres de puertos y los informes del Catastro Portuario.

Los puntos de huracanes se localizaron en el portal en línea de la *National Oceanic and Atmospheric Administration's* (NOAA). Todos estos datos se obtuvieron en formato shapefile (SHP).

*b) Selección y ordenamiento de datos*

Se seleccionaron aquellos datos en publicación consecutiva (anual) con información completa para los 117 puertos. Se extrajeron los datos y ordenaron en hojas de cálculo. Los puertos fueron clasificados de acuerdo al Sistema Portuario Nacional. Se completó su información incluyendo el nombre del puerto, su estado, municipio, clave de puerto y su localización en coordenadas decimales de los catastros de la Dirección General de Puertos. La localización de los puntos fue corroborada con ayuda del software Google Earth.

## 5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

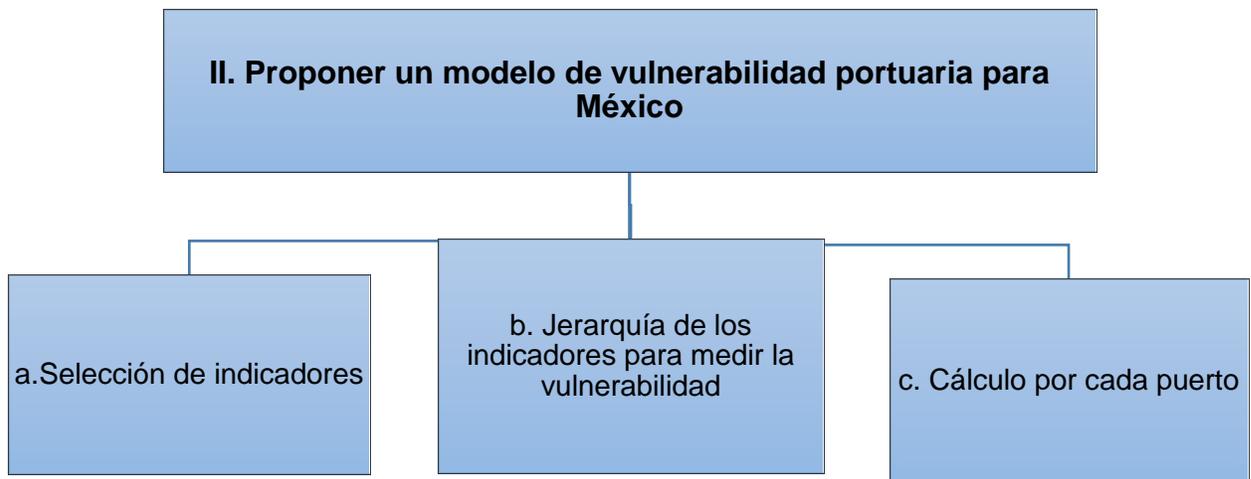


Figura 7. Esquema de metodología: Objetivo 2

### a) Selección de indicadores

Se analizaron las variables de datos disponibles para los 117 puertos con relación a la definición de vulnerabilidad y su relación con puertos. Se seleccionaron 17 (Tabla V) variables las cuáles se dividieron en dos subíndices (considerando el concepto de vulnerabilidad): y se seleccionaron algunos a partir de: componentes del sector transporte vulnerable a los fenómenos naturales (Anexo 2)

1. *Subíndice de Amenaza. Al pasar un huracán incide en el área del puerto, zona que resulta afectada por el paso del mismo. Se conforma por los indicadores: huracanes y el área total del puerto.*
  - 1.1. *Indicador número de incidencia de huracanes.* Se refiere a la cantidad de huracanes que impactaron el puerto y su categoría correspondiente; en relación a las variables de cierre de navegación.
  - 1.2. *Indicador extensión del puerto.* Corresponde al área total en metros cuadrados de las zonas terrestres y marinas de cada uno de los puertos, así como el número de edificios construídos.
  
2. *Subíndice de Adaptación. Se conformó con la idea de la respuesta del puerto para reducir al mínimo los daños al paso huracán con los indicadores: obras de protección y los cierres de puertos.*
  - 2.1. *Indicador obras de protección.* Los indicadores están relacionados con la mitigación de las amenazas naturales externas al puerto.
  - 2.2. *Indicador cierre de puertos.* Sus indicadores están relacionados al cierre de actividades portuarias a causa de las variables meteorológicas y oceanográficas que influyen en la navegación marítima.

La escala temporal corresponde a los indicadores cierre de puertos y huracanes correspondientes al periodo 2009 – 2013.

Tabla V. Propuesta de indicadores para medir la vulnerabilidad de los puertos.

Indicadores	Variables
Obras de protección.	Número de obras de protección.
	Altura máxima.
	Altura mínima.
	Longitud de obras de protección en metros.
Cierre de puertos 2009 – 2013.	Embarcaciones mayores a 500 UAB (medido en horas).
	Embarcaciones menores a 500 UAB (medido en horas).
Huracanes 2009 – 2013.	TT > 39-49.
	H1.
	H2.
	H3.
	H4.
	H5.
Área total del puerto.	Área total de agua en m <sup>2</sup> .
	Área total terrestre en m <sup>2</sup> .
	Número de edificios.
	Número de obras de atraque.
	Área total de obras de atraque m <sup>2</sup> .

Fuente: Los datos de huracanes fueron tomados de la NOAA. Los datos de las obras de protección, área total de puertos y el cierre de puertos fueron tomados de la S.C.T.

Para el indicador de huracanes, únicamente se hizo un conteo anual por categoría de huracán y se seleccionaron los eventos a partir de los parámetros del cierre de puerto de embarcaciones menores.

b) Jerarquía de los indicadores para medir la vulnerabilidad

Con base en las variables seleccionadas se clasificaron jerárquicamente (Figura 8). Esto como apoyo para la ecuación propuesta para estimar la vulnerabilidad portuaria ante la incidencia de huracanes.

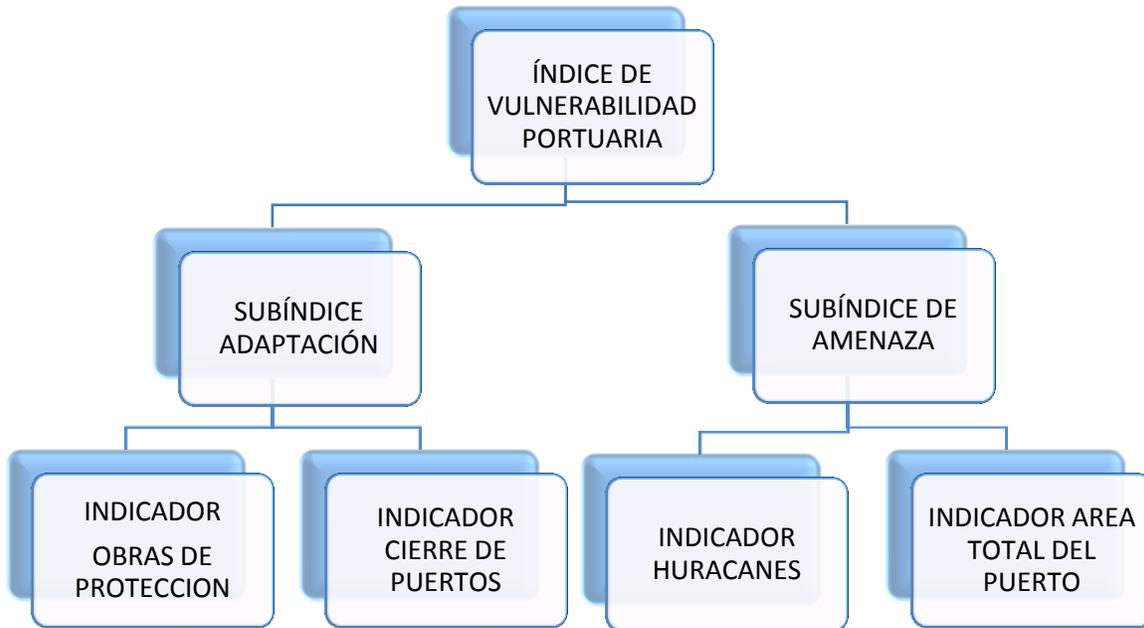


Figura 8. Modelo de indicadores para medir la vulnerabilidad portuaria.

c) Cálculo por cada puerto

Se empleó la siguiente fórmula de normalización y clasificación para el proceso de los datos en cada nivel desde los variables, indicadores, subíndices e índice.

***Fórmula de normalizado:***

Con el fin de que los valores de los indicadores, subíndices e índice (con distintas variables y unidades de medición) puedan ser comparables entre sí, se normalizaron, en un intervalo de valores que va de cero “0” a uno “1” de acuerdo con Nijkamp *et al.* (1990).

Una vez estando los datos organizados en una hoja de cálculo se normalizaron.

Ecuación:

$$B_j = \frac{(X_j - \min X_j)}{(\max X_j - \min X_j)}$$

Dónde:

B<sub>j</sub>: Valor del dato normalizado

X<sub>j</sub>: Valor del dato a normalizar

maxX<sub>j</sub>: Valor máximo de los datos

minX<sub>j</sub>: Valor mínimo de los datos

### ***Escala de clasificación***

Se asignó una escala aritmética de clases entre 0 y 1, se interpretaron de manera cualitativa al considerar cuatro clases con valores como: Muy Alto Alto, Medio y Bajo, para los indicadores, subíndices e índice; con los siguientes intervalos:

De 0 a 0.24 = Bajo

De 0.25 a 0.50 = Medio

De 0.51 a 0.75= Alto

De 0.76 a 1= Muy Alto

El índice de vulnerabilidad portuaria (*IVp*) involucra dos subíndices y se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Ivp = Amenaza - Adaptación + 1$$

Donde al resultado se le suma 1 para eliminar los valores negativos. Posteriormente, el valor total se normalizó ( $IVP_n$ ) dividiendo entre la diferencia de  $n_{max}$  y  $n_{min}$ , de los 117 valores para finalmente ser clasificado como bajo, medio, alto y muy alto.

### ***Para la obtención del Índice de Vulnerabilidad Portuaria***

Donde:

$Ad_n$  = Valor normalizado de Adaptación

$A_n$  = Valor normalizado de Amenazas

Entonces:

$$Ivp_n = (A_n - Ad_n) + 1$$

A partir de nijkamp:

$$Ivp_{max} = \text{máximo valor calculado de } ivp$$

$$Ivp_{min} = \text{mínimo valor calculado de } ivp$$

$$IVP_n = \frac{ivp_n - ivp_{max}}{ivp_{max} - ivp_{min}}$$

Donde,

$IVP_n$  = Índice de vulnerabilidad portuaria normalizado.

### ***Subíndice de amenaza***

La amenaza ( $A_n$ ), se obtuvo sumando los indicadores de huracanes ( $HUR_n$ ) y área total del puerto ( $AA_n$ ). Posteriormente se normalizó y clasificó como bajo, medio, alto y muy alto

Donde:

$HUR_n$  = Valor normalizado de huracanes

$AA_n$  = Valor normalizado de areas

Entonces:

$$A_n = HUR_n + AA_n$$

Donde:

$A_n$  = Valor normalizado de Amenazas

- *Para el indicador de huracanes*

Para obtener el indicador de los huracanes ( $HUR_n$ ), se sumó el número total de fenómenos para cada año ( $\sum h_1, \sum h_2, \dots, \sum h_5$ ). Su clasificación va de tormenta tropical hasta huracán grado 5 (TT, H1, H2, H3, H4 y H5). Posteriormente se hizo una suma acumulativa de cada año ( $hu_n$ ) y el total se normalizó para su clasificación como bajo, medio, alto y muy alto.

Se define a huracanes (h) como,

$h_1$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 1

$h_2$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 2

$h_3$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 3

$h_4$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 4

$h_5$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 5

Entonces,

$$hu_n = H_{1n} + H_{2n} + H_{3n} + H_{4n} + H_{5n}$$

Se calcula:

$$HUR_n = \frac{hu_n - hu_{max}}{hu_{max} - hu_{min}}$$

Donde,

$HUR_n$  = Valor normalizado de huracanes.

- *Para el indicador de área.*

Para calcular el indicador área total del puerto ( $AA_n$ ) se sumaron los datos normalizados del área total de agua en  $m^2$ , área total terrestre en  $m^2$ , número de edificios, número de obras de atraque y área total de obras de atraque en  $m^2$ . El resultado se normalizó y se clasificó como bajo, medio, alto y muy alto.

Se define áreas ( $AA_n$ ) como,

$T_n$  = Valor Normalizado de metros cuadrados de tierra

$G_n$  = Valor Normalizado de metros cuadrados de agua

$E_n$  = Valor Normalizado de número de edificios

$AT_n$  = Valor Normalizado de metros cuadrados de obras de atraque

Se calcula:

$$AA_n = T_n + G_n + E_n + AT_n$$

Donde,

$AA_n$  = Valor normalizado de Áreas

### **Subíndice de adaptación**

La adaptación ( $Ad_n$ ), se calculó mediante la suma de las variables, obras de protección ( $OP_n$ ) y cierre de puertos, el cual se normalizó y clasificó como bajo, medio, alto y muy alto

Se define Adaptación ( $Ad_n$ ) como:

$OP_n$ : Valor Normalizado de número de obras de protección

$C_n$ : Valor Normalizado de número de cierre de puertos

Se calcula,

$$Ad_n = OP_n + C_n$$

Donde,

$Ad_n$ = Valor normalizado de Adaptación

- *Para el indicador de obras de protección*

El indicador de obras de protección ( $OP_n$ ) se obtuvo de la suma de los datos normalizados del número de obras de protección ( $OB_n$ ), altura máxima ( $AX_n$ ), altura mínima ( $AM_n$ ), longitud de obras de protección en metros ( $LGM_n$ ). El resultado de la suma de estos datos, se normalizó y clasificó en bajo, medio, alto y muy alto.

Se definamos obras de protección ( $Op$ ) como,

$OB_n$ = Valor normalizado de obras de protección

$AX_n$ = Valor normalizado de altura máxima de obra de protección

$AM_n$ = Valor normalizado de altura mínima de obra de protección

$LGM_n$ = Valor normalizado de longitud de obra

Se calcula,

$$OP_n = OB_n + AX_n + AM_n + LGM_n$$

Donde,

$OP_n$  = Valor normalizado de obras de protección

- *Para el indicado de cierre de puertos.*

La variable cierre de puertos ( $CP_n$ ) se obtuvo mediante una suma de las horas de cierre de embarcaciones menores y cierre de embarcaciones mayores, el cual fue normalizado. Posteriormente se realizó la suma acumulativa de cada año y se normalizó nuevamente y clasificó como bajo, medio, alto y muy alto.

Se definamos Cierres (C) como:

$C_1$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 1

$C_2$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 2

$C_3$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 3

$C_4$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 4

$C_5$  = sumatoria de todos los eventos climatológicos en año 5

CR = suma de todos los años

Entonces,

$$CR = C_{1n} + C_{2n} + C_{3n} + C_{4n} + C_{5n}$$

Se calcula,

$$CP_n = \frac{cr_n - cr_{max}}{cr_{max} - cr_{min}}$$

Donde,

$CP_n$  = Valor normalizado de cierre de puerto

### 5.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

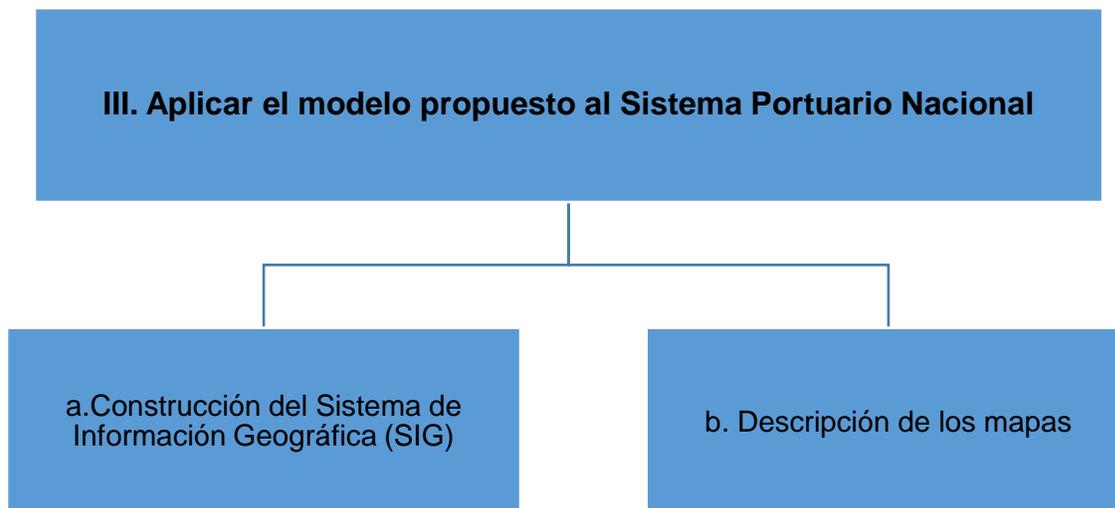


Figura 9. Esquema de metodología: Objetivo 3

*a) Construcción del sistema de información geográfica.*

A partir de la base de datos se tomaron las hojas de cálculo para su conversión a datos vectoriales (formato SHP) tipo punto que reflejan cada puerto. Se usó la herramienta ArcGis 10.1 para la creación del SIG, con esto se realizaron los mapas, lo que facilitó la visualización de los datos.

*b) Descripción de los mapas*

Los mapas fueron descritos por porcentajes y de acuerdo sus clases en el índice, los dos subíndices y los cuatro indicadores.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### VULNERABILIDAD PORTUARIA

Los 117 puertos de México están repartidos equitativamente entre el Atlántico y el Pacífico. La mitad (50.43%) se encuentran en el litoral Golfo y Mar Caribe y la otra mitad (49.57%) en el litoral Pacífico.

Los resultados de la aplicación del modelo del índice de vulnerabilidad portuaria se muestran en la figura 10. Se observan, en color verde, los puertos menos vulnerables y, en color rojo, los puertos más vulnerables. Un poco menos de la mitad de los puertos mexicanos tiene muy alta y alta vulnerabilidad mientras que un poco más de la mitad tiene media y baja vulnerabilidad. Es decir, del total de puertos en el país 11% obtuvo una clasificación de muy alta vulnerabilidad y 31% una alta vulnerabilidad. Asimismo, 39% se considera de media vulnerabilidad y el 19% restante fueron de baja vulnerabilidad Anexo 3.

Los estados de Quintana Roo y Guerrero, presentan el mayor número de puertos con alta vulnerabilidad ante huracanes.

Los fenómenos naturales no sólo afectan los componentes esenciales que hacen a su funcionalidad directa sino que en ocasiones pueden causar efectos dañosos secundarios como el derrame de sustancias potencialmente peligrosas y nocivas al medio ambiente transportadas desde buques por ductos y almacenadas en puerto (OEA, 2007)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> OEA, s.f. Mecanismos de Asistencia para Daños y Reducción de la Vulnerabilidad de la Infraestructura del Sector Transporte en Centroamérica ante la Ocurrencia de Desastres Naturales. Acceso 20 Septiembre 2015. Enlace: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea86s/07cap1.pdf>

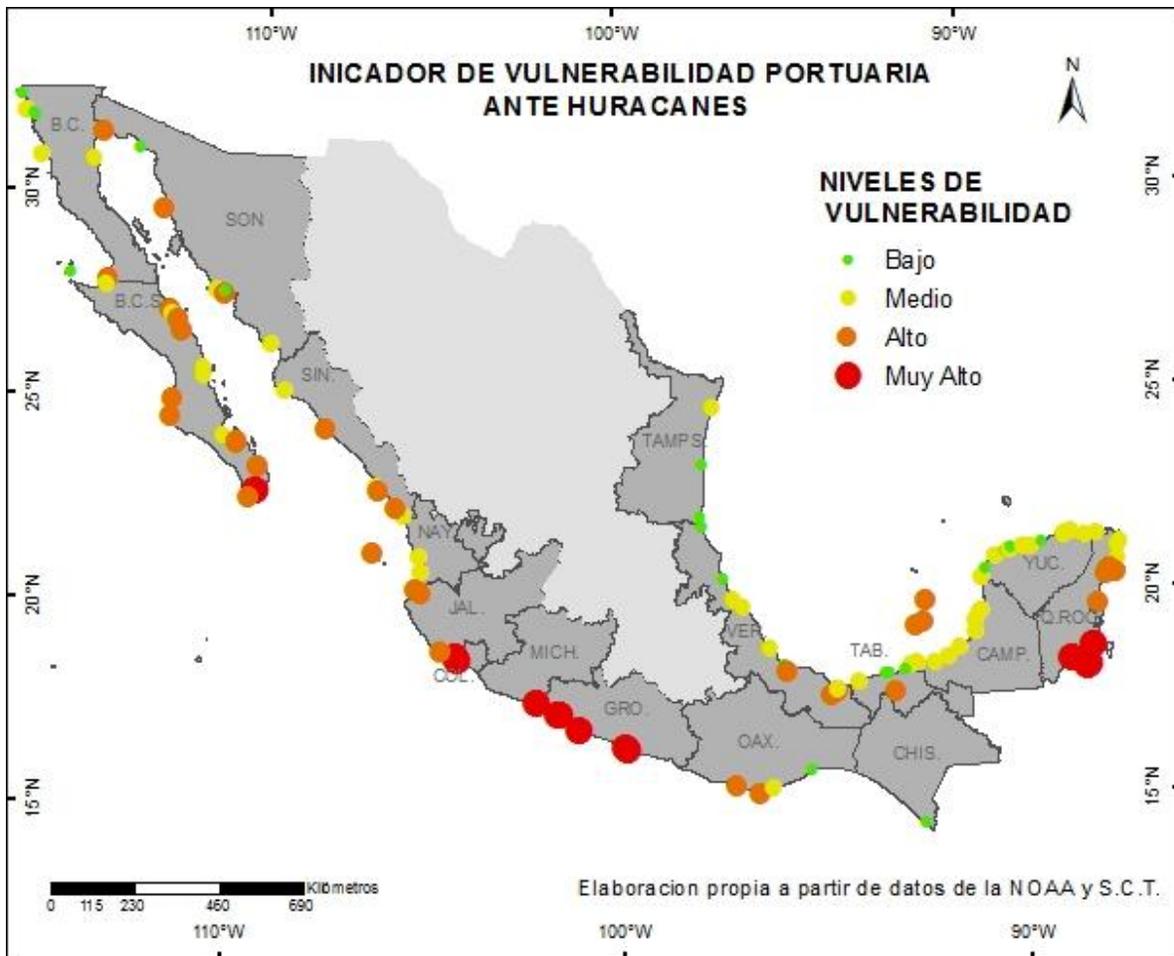


Figura 10. Índice de vulnerabilidad portuaria ante huracanes de México

Para que la vulnerabilidad de un puerto sea muy alta, el nivel de amenaza tiene que ser alto y el nivel de adaptación bajo. Es decir son puertos con una alta incidencia de huracanes, son pequeños, con bajo nivel de cierres pero tienen pocas obras de protección como los puertos de Quintana Roo y Guerrero.

Para que la vulnerabilidad se considere como media, el nivel de amenaza tiene que ser bajo y el nivel de adaptación medio. Es decir son puertos con un nivel medio de incidencia de huracanes, pequeños, con nivel medio de cierres pero pocas obras de protección.

Para que la vulnerabilidad sea considerada como baja, el nivel de amenaza tiene que ser bajo y el nivel de adaptación alto. Es decir son puertos con una incidencia media de huracanes, pequeños, con niveles de cierre altos y bajo nivel en obras de protección. Para mayor detalle revisar el Anexo 1.

Para estudios posteriores, se podrían integrar elementos de capital humano, estadística de movimiento de carga operaria, vehículos automotores y movimiento de pasajeros, así como elementos de los planes de desarrollo portuario. De esta manera se abarcaría suficiente información en rubros sociales y económicos para la creación de un índice enfocado al desarrollo sustentable ante el cambio climático.

LA OEA (2007) desarrolla encuestas en Centroamérica y surge que parte de la infraestructura portuaria es vulnerable por su antigüedad u obsolescencia, como es el caso de algunos ductos de transporte de hidrocarburos y sustancias peligrosas. También se apuntó la falta de requisitos de seguridad en los mismos y la mala ubicación y distribución de tanques receptores de productos peligrosos (Puerto Santo Tomás de Castilla, Guatemala). Adicionalmente se mencionó como vulnerables a los sistemas de alimentación eléctrica. (OEA, 2007) mientras que en los puertos Mexicanos se empleara la ampliación de puertos y construcción de nuevas terminales previstas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 y el Programa Nacional de Infraestructura 2014 – 2018

## AMENAZA PORTUARIA

En la figura 11, se observan, en color verde, los puertos con menor riesgo de ser dañados y en color rojo los puertos expuestos a mayor daño. Del total de puertos en el país, solo 2% obtuvo una clasificación de muy alta amenaza, 8% obtuvo una alta amenaza, 30% se considera de media amenaza y el 60% restante fueron de baja amenaza Anexo 3.

Como se puede observar en el mapa los estados de Michoacán y Veracruz, presentan el mayor nivel de amenaza de puertos, esto quiere decir que tiene una alta incidencia de huracanes y son grandes. Cuentan con grandes instalaciones portuarias

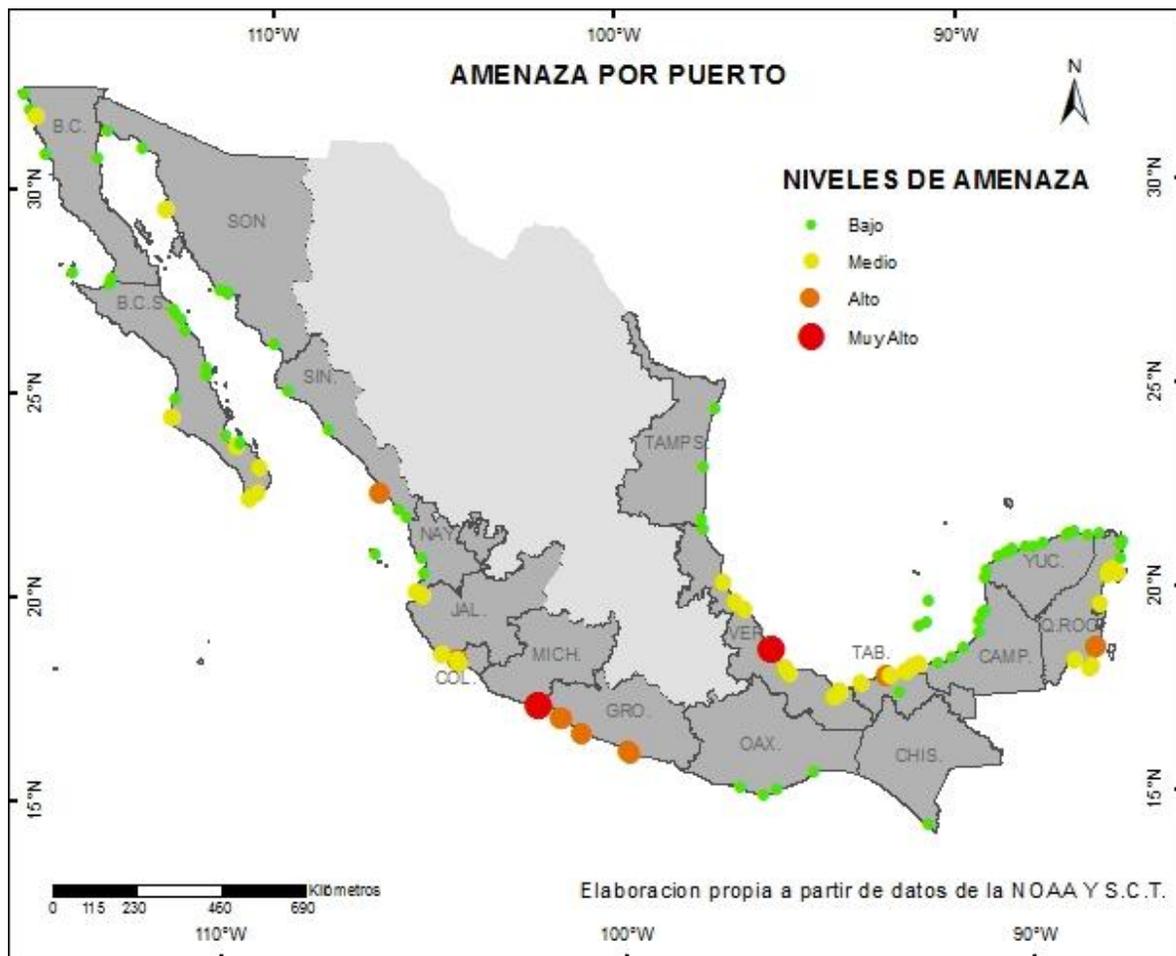


Figura 11. Subíndice de amenaza de los puertos mexicanos de México .

Para que la amenaza de un puerto sea muy alta, el nivel de huracanes y su superficie debe de ser alto. Para que la amenaza de un puerto sea alta, el nivel de huracanes debe ser muy alto y el área bajo. Para que la amenaza de un puerto sea media, el nivel de huracanes debe ser medio y el área bajo. Para que la amenaza de un puerto sea baja, el nivel de huracanes y el área debe ser bajo. Para mayor detalle revisar el Anexo 1.

Para ampliar el subíndice se podrían ingresar datos de otros desastres naturales, como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, deforestación y datos que ayudarían a representar mejor las amenazas que enfrentan los puertos.

En el figura 12, los puntos hacen referencia a los puertos integrados al Sistema Portuario Nacional y representan el total de huracanes (TT, H1, H2, H3, H4 Y H5) que impactaron a cada puerto en un periodo de 5 años. Se observan, en color verde, los puertos con menor incidencia de huracanes y en color rojo los de mayor incidencia. Del total de puertos en el país el 5% obtuvo una clasificación muy alta en incidencia de huracanes, 13% alta incidencia de huracanes, 38% se considera como de media en incidencia y 44% restante baja Anexo 3.

Como se puede ver, los estados de Quintana Roo y Guerrero, presentan los puertos con una mayor incidencia de huracanes seguidos por Colima, Jalisco y Baja California Sur con alto nivel de impacto por huracanes entre 2009 y 2013 Anexo1

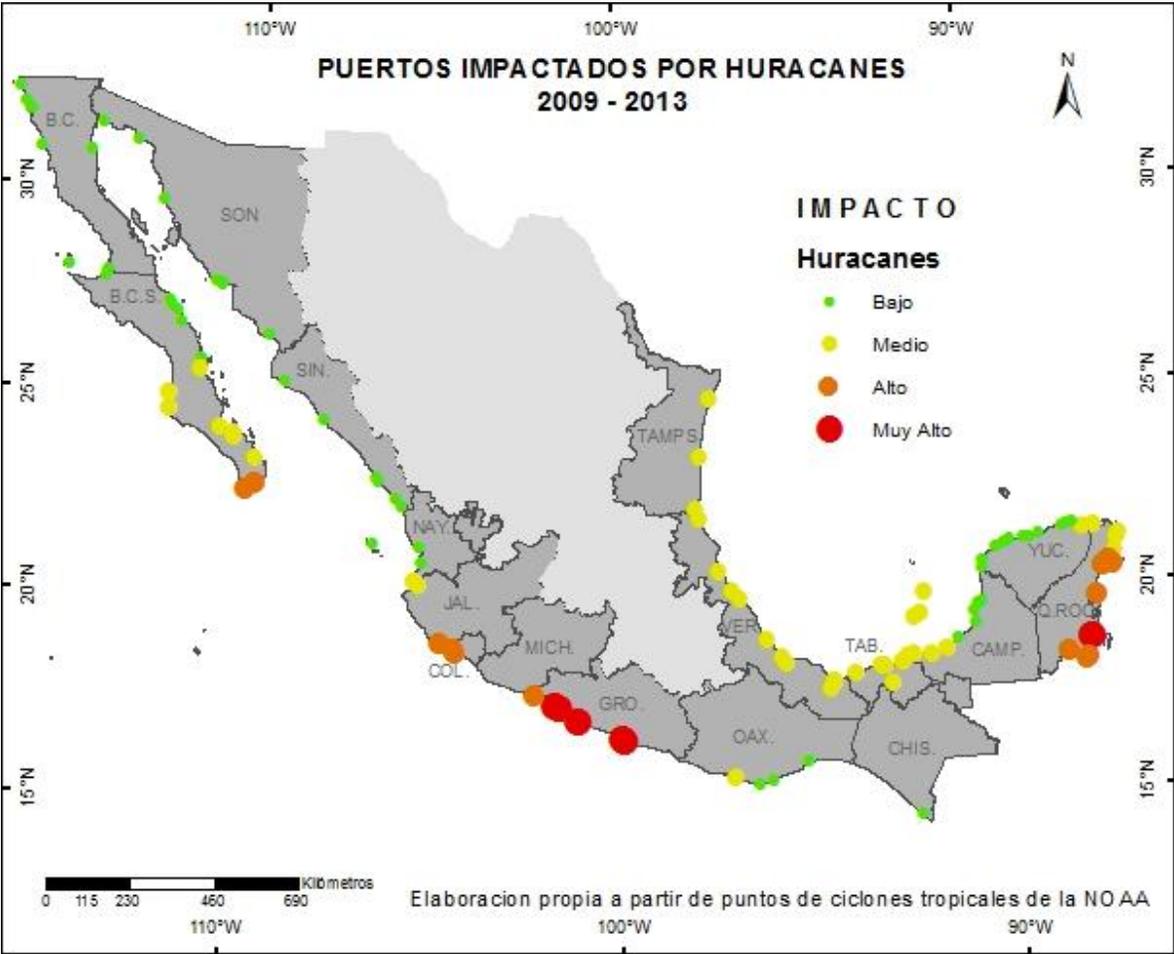


Figura 12. Indicador de huracanes del 2009 al 2013 de Mexico.

La base de datos que comprende el indicador de huracanes solo incluye su categoría, se puede enriquecer al incluir los parámetros de viento, oleaje, visibilidad, profundidad del agua, proximidad de la costa y ampliar el rango de años considerados en esta trabajo terminal.

En el figura 13, los puntos hacen referencia a los puertos integrados al Sistema Portuario Nacional y representan la extensión total de los recintos portuarios, incluyendo los edificios, la cantidad de obras de atraque y el área que éstas abarcan en agua y tierra. Se observan, en color verde, los puertos con menor extensión y en color rojo, los de mayor extensión. Del total de puertos en el país el 2% es muy extenso, 1% un nivel alto, 4% se considera con un nivel medio y el 93% restante fueron de clasificación baja en áreas Anexo 3.

Como se observa, los estados de Michoacán y Veracruz, presentan la mayor extensión en tamaño de puertos Para mayor detalle revisar Anexo 1

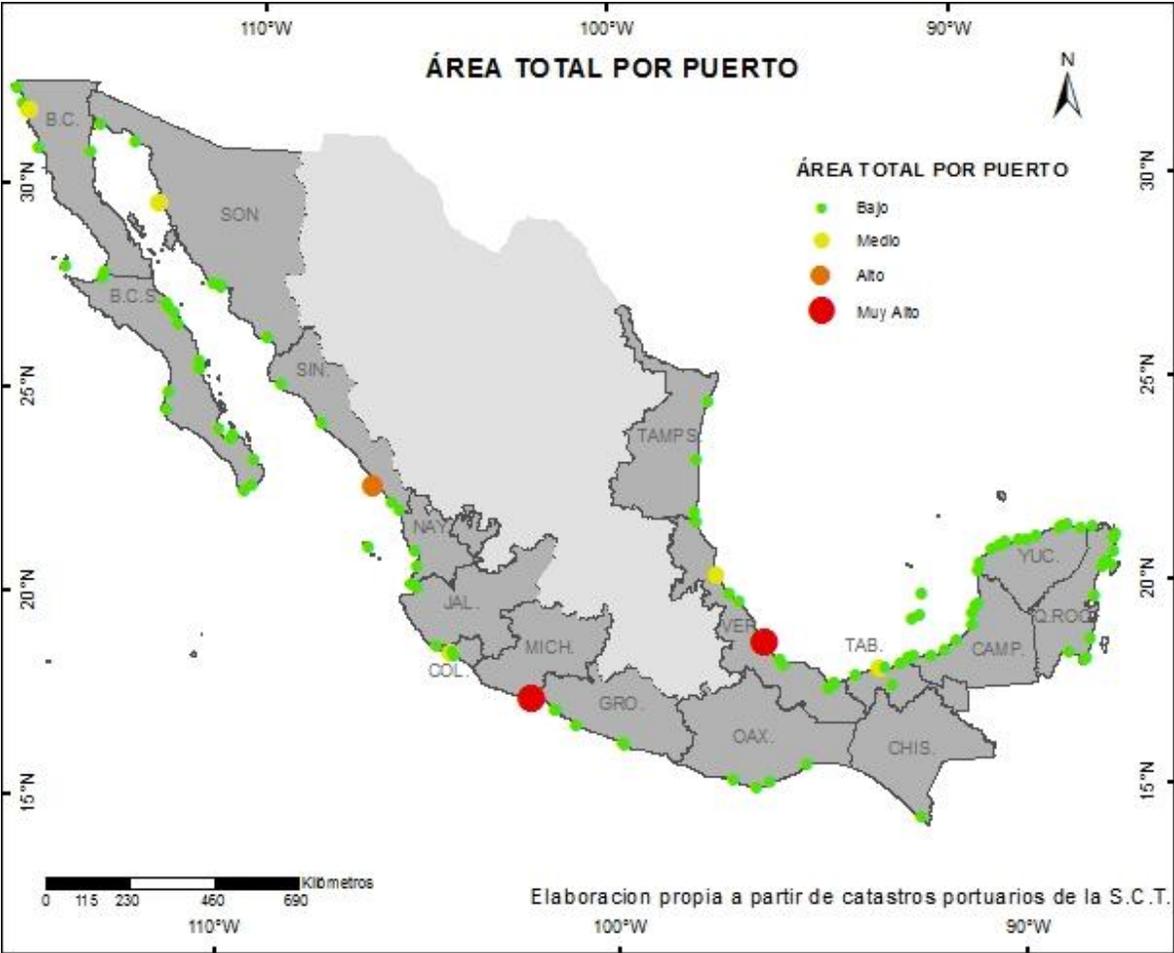


Figura 13. Indicador de área total por puerto de México.

Para complementar el componente de área se podrían detallar las instalaciones físicas y mecánicas que integran cada que puerto, como por ejemplo detallar los elementos físicos (edificios, grúas, tracto camiones, buques, ferrocarril, puentes), o definir agrupaciones según los servicios que presta (comercial, industrial, pesquero, turístico)

## ADAPTACIÓN PORTUARIA

En el figura 14, se observan en color verde los puertos con menor capacidad de reducir el impacto de los efectos provocados por eventos hidrometeorológicos y en color rojo los que tienen mayor capacidad de reducir el impacto de estos. Del total de puertos en el país el 3% obtuvo una clasificación muy alta adaptabilidad, 15% una alta adaptabilidad, 38% se considera como de media adaptabilidad y el 44% restante fueron de baja adaptabilidad Anexo 3.

Como se puede ver, los estados de Veracruz y Tabasco, presentan el mayor número de puertos con alta adaptación. Esto quiere decir que tienen la capacidad de atenuar en mayor medida los efectos provocados por huracanes.

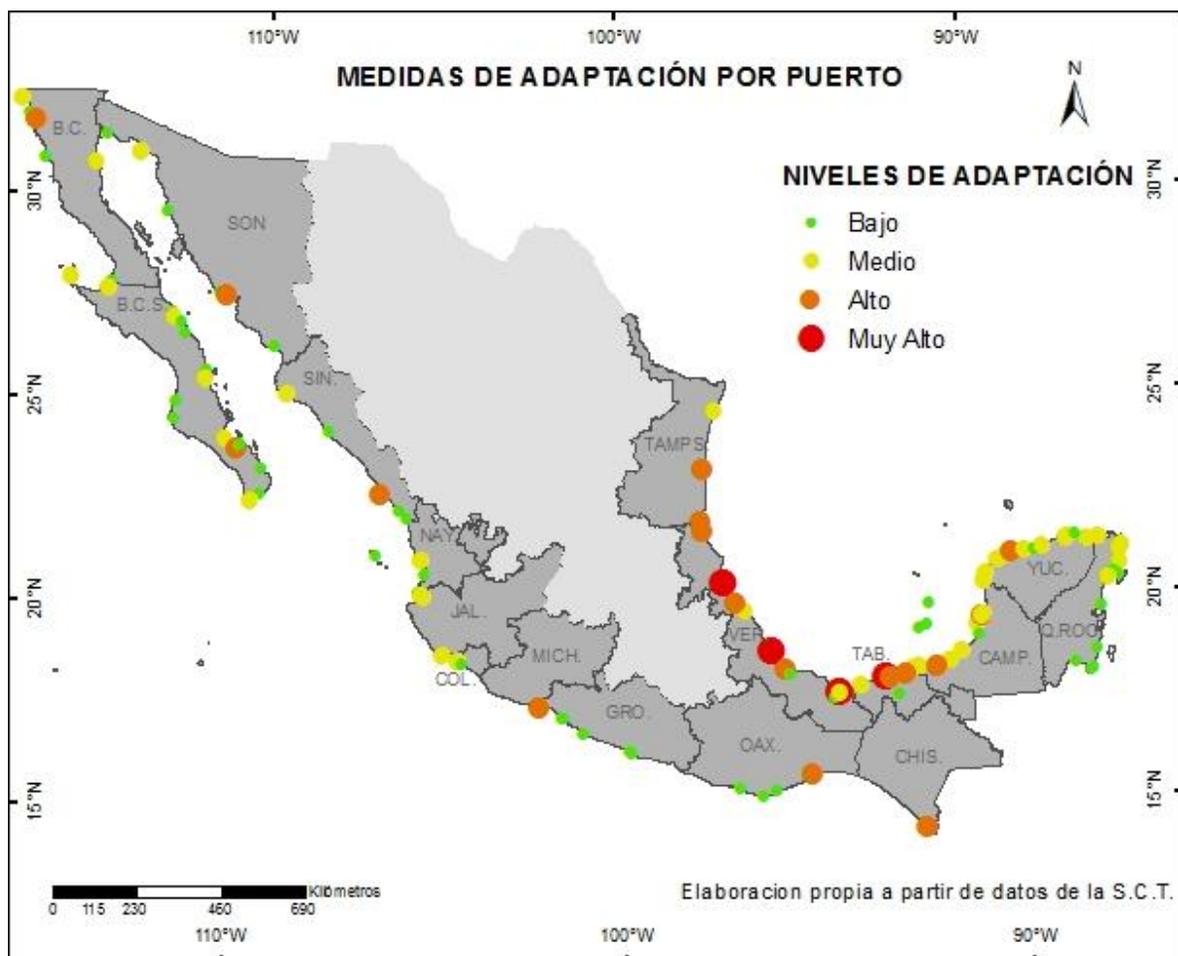


Figura 14. Subíndice de adaptación por puerto de México.

Para que la adaptabilidad de un puerto sea alta, el nivel de cierres tiene que ser alto y el nivel de obras de protección alto. Se considera con una adaptación media a los puertos que presenten un nivel de cierre bajo y un nivel medio de obras de protección, los puertos con bajo nivel de adaptación son aquellos que presentan niveles bajos de cierre y obras de protección.

Para mayor detalle revisar Anexo 1

El subindicador de adaptación se podría mejorar integrando elementos de los planes de emergencia ante eventos meteorológicos de cada API junto con leyes y programas enfocados al cambio climático.

En el figura 15 los puntos hacen referencia a los puertos integrados al Sistema Portuario Nacional y representan la cantidad y las características de las obras de protección portuarias que sirven para salva guardar la integridad del puerto. En color verde se representan los puertos con menor nivel de protección y en rojo los que cuentan con un nivel mayor. Del total de puertos en el país el 7% obtuvo una clasificación muy alta de obras de protección, 9% una clasificación alta, 6% presentó un nivel medio y el 68% obtuvo una clasificación baja Anexo 3.

Como se ve, los estados de Baja California, Baja California Sur, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Veracruz presentan un alto nivel de obras de protección. Esto quiere decir que su nivel de adaptación es alto para mayor detalle Anexo 1

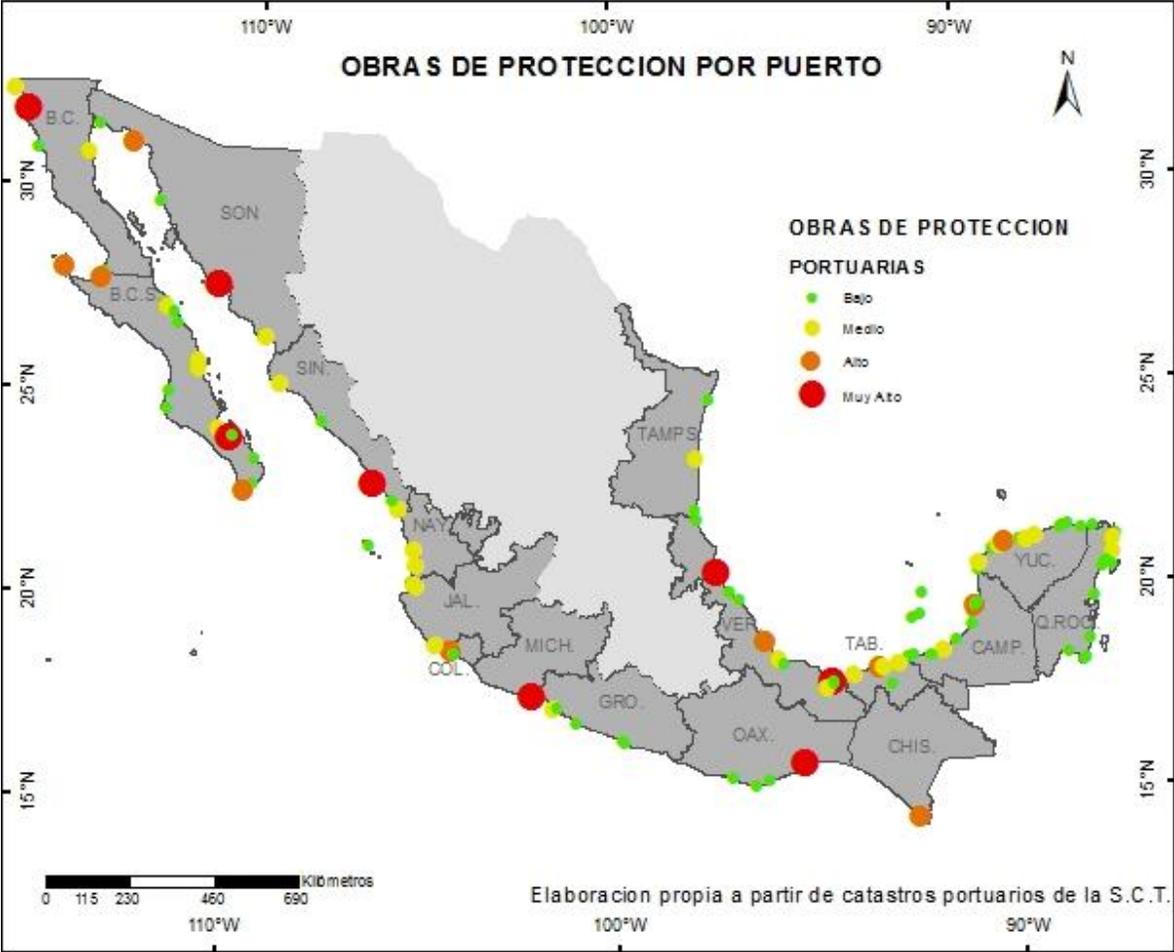


Figura 15 Indicador de Obras de protección por puerto de México.

De igual manera, las variables bases que componen el indicador de obras de protección son incompletos, ya que contienen datos nulos, esto no quiere decir que físicamente no exista esta infraestructura en el recinto, sino que los datos que extiende la SCT son incompletos para todos los recintos.

En la figura 16 los puntos hacen referencia a los puertos integrados al Sistema Portuario Nacional y representan el tiempo que cada puerto permanece cerrado a la navegación marítima para el resguardo del personal, la infraestructura y las embarcaciones, debido a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos que impiden una navegación segura. Se emplearon datos de un periodo de 5 años.

Se observan, en color verde, los puertos con menor tiempo de cierre y en color rojo los que han permanecido cerrados un mayor tiempo. Del total de puertos en el país el 10% obtuvo una clasificación muy alta de cierre de puerto, 5% un alto nivel de cierre de puerto, 29% con un nivel medio y el 57% restante presentó niveles bajos de cierre de puertos Anexo 3.

Como se observa los estados de Campeche, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz presentan un alto nivel de cierre de puertos, esto quiere decir que son lugares que presentan constantes huracanes, pero su nivel de adaptabilidad es alto. Para mayor detalle Anexo 1

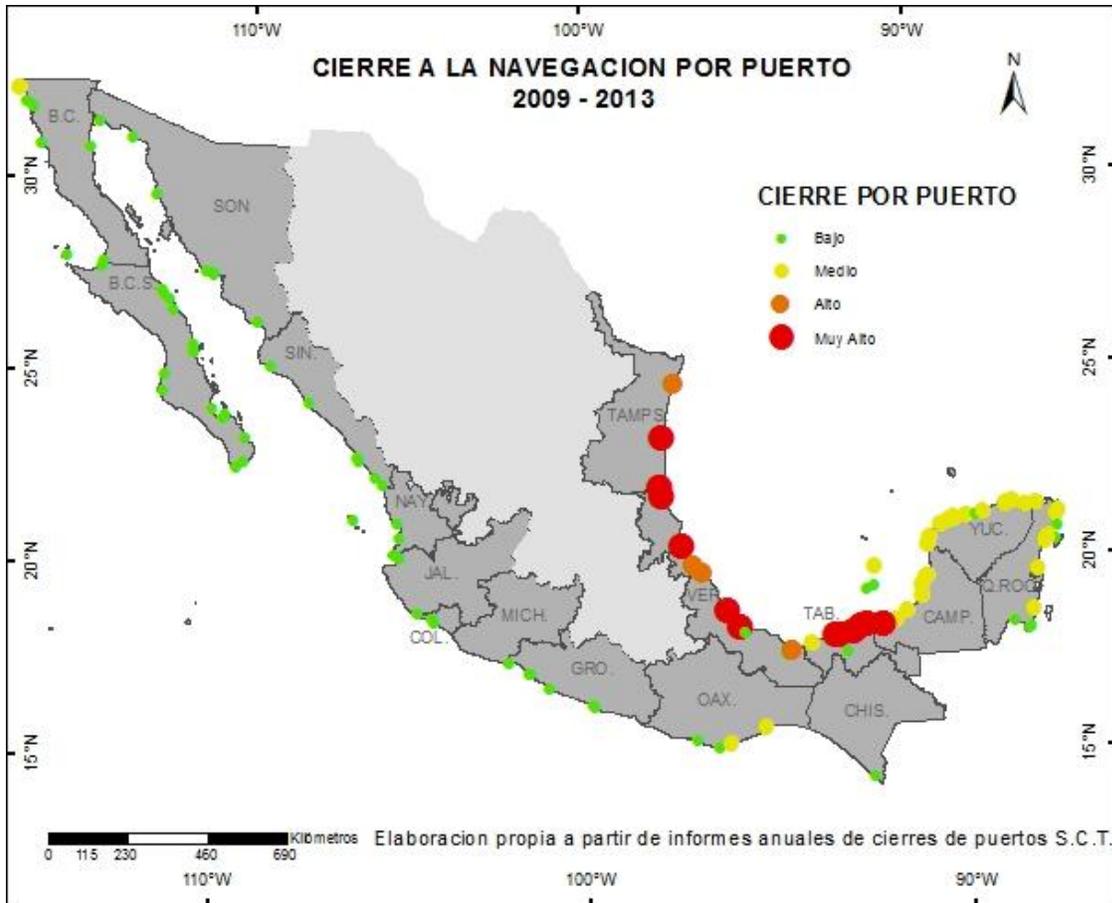


Figura 16. Indicador de cierre a la navegación por puerto de México.

Para el indicador de cierre a la navegación se debe considerar que las horas de cierre varían, es decir, no solo toman en cuenta la altura del oleaje y la velocidad del viento, sino también otros parámetros como visibilidad y quedan a consideración del capitán de puerto, que es el responsable de aplicar las medidas de restricción a la navegación

## VII.CONCLUSIÓN

Los puertos son zonas de desarrollo que traen consigo crecimiento económico para las regiones en las que se encuentran. Mantener e incrementar la economía que proveen estos lugares debe estar condicionada a salvaguardarlos tanto de los desastres naturales, no deteriorarlos y mejorar las condiciones de vida de la población cercana a ellos

Los resultados de la aplicación del modelo de vulnerabilidad portuaria propuesto indican que el 42% de los puertos son más vulnerables a los impactos de los huracanes y que un 39% tienen una vulnerabilidad media Anexo 3, lo que se interpreta que el sistema portuario nacional necesita medidas para enfrentar los cambios en los patrones de los huracanes. Los puertos de los estados de Quintana Roo (Cozumel, Playa del Carmen, Mahahual, Chetumal) y Guerrero (Acapulco), presentan el mayor número de puertos con alta vulnerabilidad ante huracanes.

Por lo que el sistema portuario necesita medidas urgentes para enfrentar amenazas futuras.

Se recomienda enriquecer el modelo con variables físicas, económicas y sociales.

En síntesis, los indicadores propuestos ayudan a identificar las zonas portuarias más vulnerables, por lo que se puede mejorar la respuesta ante desastres naturales, tanto en infraestructura como en planes de emergencia previniendo pérdidas económicas a causa de demoras por cierre de puerto y garantizando su pronta reactivación de actividades después de cada siniestro.

## **IX.REFERENCIAS**

### **8.1. Glosario**

Capacidad de Carga. Se define como toneladas de peso muerto (T.P.M.)

Peso Muerto. Se integra con el peso de la carga, combustible, agua, víveres, lubricantes, efectos de consumo y tripulación.

Administrador portuario: El titular de una concesión para la administración portuaria integral.

Amenaza: Un fenómeno ambiental, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales

Adaptación: Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) la adaptación al cambio climático se define como al ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada. .

Arqueo: Es el volumen interior del casco y superestructuras. Se puede definir, también, diciendo que es el volumen o capacidad interior de los espacios cerrados de un buque.

Cambio Climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables

Desastres: Un desastre es un hecho natural o provocado por el ser humano que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas, en los ecosistemas y en el medio ambiente

Flete: Precio pagado por el transporte de mercancías terrestre, marítimo o aéreo. Precio que cobra el transportista al usuario por la prestación del servicio de transporte.

**Instalaciones portuarias:** Las obras de infraestructura y las edificaciones o superestructuras, construidas en un puerto o fuera de él, destinadas a la atención de embarcaciones, a la prestación de servicios portuarios o a la construcción o reparación de embarcaciones.

**Marina:** El conjunto de instalaciones portuarias y sus zonas de agua o tierra, destinadas a la organización especializada en la prestación de servicios a embarcaciones de recreo o deportivas.

**Unidades de Arqueo Bruto (UAB):** Es el volumen total expresado en toneladas de los espacios de un buque.

**Puerto:** el lugar de la costa o ribera habilitado como tal por el Ejecutivo Federal para la recepción, abrigo y atención de embarcaciones, compuesto por el recinto portuario y, en su caso, por la zona de desarrollo, así como por accesos y áreas de uso común para la navegación interna y afectas a su funcionamiento; con servicios, terminales e instalaciones, públicos y particulares, para la transferencia de bienes y transbordo de personas entre los modos de transporte que enlaza.

**Protección Marítima y Portuaria:** Las medidas, mecanismos, acciones o instrumentos que permitan un nivel de riesgo aceptable en los puertos y en la administración, operación y servicios portuarios, así como en las actividades marítimas, en los términos que establezcan los tratados o convenios internacionales en los que México sea parte en materia de Protección Marítima y Portuaria.

**Peligro:** Es una condición de tiempo o clima; generalmente, se representa por la probabilidad de que ocurra un fenómeno meteorológico particular.

**Recinto portuario:** La zona federal delimitada y determinada por la Secretaría y por la de Desarrollo Social en los puertos, terminales y marinas, que comprende las áreas de agua y terrenos de dominio público destinados al establecimiento de instalaciones y a la prestación de servicios portuarios.

**Riesgo:** La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

**Servicios portuarios:** Los que se proporcionan en puertos, terminales, marinas e instalaciones portuarias, para atender a las embarcaciones, así como para la transferencia de carga y transbordo de personas entre embarcaciones, tierra u otros modos de transporte.

**Terminal:** La unidad establecida en un puerto o fuera de él, formada por obras, instalaciones y superficies, incluida su zona de agua, que permite la realización íntegra de la operación portuaria a la que se destina.

Tonelaje de peso muerto, (TPM): es la medida para determinar la capacidad de carga sin riesgo de una embarcación, cuyo valor se expresa en toneladas métricas

T.E.U.: Representa una unidad de medida del transporte marítimo expresada en contenedores.

Unitizada: Agrupación de un determinado número de artículos para formar una unidad de embarque para facilitar su manejo.

Vulnerabilidad: Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen 35 susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

Zona de desarrollo portuario: El área constituida con los terrenos de propiedad privada o del dominio privado de la Federación, de las entidades federativas o de los municipios, para el establecimiento de instalaciones industriales y de servicios o de cualesquiera otras relacionadas con la función portuaria y, en su caso, para la ampliación del puerto.

## 8.2 Bibliografía

### Contenido huracanes:

Anthony Del Genio, (2013). In a Warming World, Storms May Be Fewer but Stronger  
de:  
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/ClimateStorms/?src=fb> . Fecha Julio de 2015

Díaz-Bautista, A.: "Los Puertos en México y la Política Económica Portuaria Internacional" en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 92, 2008. Función de los puertos. (2001). Obtenido de:  
(<http://www.diputados.gob.mx/comisiones/marina/mercante/mamer.htm>).  
Fecha Julio de 2015

API. (2004). Obtenido de: <http://inicio.ifai.org.mx/Estudios/estudio29.pdf>

Función de API. (2008). Obtenido de:  
<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/mdi/dcap01.pdf>.  
Fecha Julio de 2015

Bologaro, A. (2014). "ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y PROGRAMA DE ADAPTACIÓN ANTE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN DIEZ DESTINOS TURÍSTICOS ESTRATÉGICOS, ASÍ COMO PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS". SECTUR, CESTUR, CONACYT, Anide, CONACYT.

Capitanía de puerto. (2014). Obtenido de: <http://www.sct.gob.mx/puertos-y-marina/direccion-general-de-marina-mercante/inf-meteorologica/>. Fecha Agosto de 2015

Cecilia Conde-Álvarez, S. O. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y Desarrollo*, 26.

CENAPRED. (2012). <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/ciclones-tropicales-huracanes>.

CGPMM. (2008). *Coordinación General de Puertos y Marina Mercante*. Obtenido de  
<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/mdi/dcap02.pdf>

CGPMM. (2009). *CIERRES DE PUERTOS*. Obtenido de  
[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U\\_DGMM/CIERRES\\_PUERTOS/IFORME\\_ANUAL\\_CIERRES\\_2009.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U_DGMM/CIERRES_PUERTOS/IFORME_ANUAL_CIERRES_2009.pdf)

- CIECC. (2015).  
[http://www.cambioclimaticoytecnologia.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10:huracanes-y-cambio-climatico&catid=4:blog-de-cambio-cambio-climatico&Itemid=5](http://www.cambioclimaticoytecnologia.org/index.php?option=com_content&view=article&id=10:huracanes-y-cambio-climatico&catid=4:blog-de-cambio-cambio-climatico&Itemid=5).
- Diputados. (2001). *Camara de Diputados*. Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/comisiones/marina/mercante/mamer.htm>
- Distribución de huracanes. (2012). Obtenido de: <http://smit.cenapred.gob.mx:8080/geonetwork/srv/es/main.home?uuid=99fd28c-857f-4a7b-b2d0-ac0ffb822dd4>
- GreenPeace. (2015). *El Protocolo de Kyoto*. Obtenido de GreenPeace en México: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Energia-y--cambio-climatico/COP16/Antecedentes/Protocolo-de-Kioto/>
- Huracanes CENAPRED (2012). Alta nacional de Riesgos Obtenido de: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/huracanes--huracanes>. Fecha Julio de 2015
- Huracan Karl. (2012). Obtenido de: <http://www.puertodeveracruz.com.mx/apiver/archivos/Planeacion/POA-2012-APIVER.pdf>. Fecha Julio de 2015
- Huracan Jova. (2012). Obtenido de: <http://www.aaports.org/files/SeminarPresentations/2012Seminars/12HurricaneWorkshop/Santos%20Lopez.pdf>. Fecha Julio de 2015
- Huracan Odie (2014). Obtenido de: <http://noticieros.televisa.com/mexico-estados/1409/danos-puerto-cabo-san-lucas/>
- INECC. (08 de Agosto de 2010). *¿Qué es el fenómeno del cambio climático?* Obtenido de Cambio Climático en México: <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/comprendercc/queeselcc/queeselcc.html>
- INECC. (Junio de 2010). *Cambio Climático y Gobierno*. Obtenido de Cambio Climático en México: <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/ccygob/ccygob.html>

INECC. (2010). *El cambio climático y los gases de efecto invernadero*. Obtenido de El cambio climático en México: <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/pregfrecuentes.html#4>

Imágenes de embarcaciones (2008). Obtenido de: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/pndp/pndp-sac.pdf>

Inversión a puertos. (2007). Obtenido de: <http://calderon.presidencia.gob.mx/2007/11/diversas-intervenciones-en-la-inauguracion-de-la-nueva-terminal-portuaria-de-contenedores-del-puerto-lazaro-cardenas-michoacan/#b4>. Fecha Julio de 2015

Jerarquía sistema portuario nacional. (2011). Obtenido de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342547&fecha=29/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342547&fecha=29/04/2014). Fecha Julio de 2015

Magaña Rueda, V. (2004). *El cambio climático global: comprender el problema*. México, D.F.: INE.

Mapa de riesgo hidrometeorológico CENAPRED. (2012). Obtenido de: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/huracanes--huracanes>.

ONU. (2010). *La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Portal de la labor del Sistema de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: <http://www.un.org/es/climatechange/kyoto.shtml>

PNUMA. (2001). *Cambio Climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. PNUMA, OMM.

ProMéxico. (2012). *Infraestructura en México*. Obtenido de PROMÉXICO: [http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/infraestructura\\_en\\_mexico](http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/infraestructura_en_mexico)

Ley de puertos (última reforma publicada en el DOF 23-01-2014)

Inversión portuaria. (2015). Obtenido de: <http://www.20minutos.com.mx/noticia/b299893/inversion-portuaria-por-67-mil-mdp-hara-de-mexico-un-centro-logistico/>. Fecha Julio de 2015

Ley de navegación y comercio marítimo (2014)

- Sistema portuario nacional. (2006). Obtenido de: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/pndp/pndp-sac.pdf>. Fecha Julio de 2015
- SCT. (2008). <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/pndp/pndp-sac.pdf>.
- SCT. (2008). *Situación actual del Sistema Portuario Nacional*. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. Dirección General de Puertos. Dirección de Desarrollo Portuario, México. Recuperado el 2015, de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/PNDP2008/doc/pndp/pndp-sac.pdf>
- SEMARNAT. (2006). *Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México*.
- Silva Casarín, R., & Salles Afonso, P. (2004). Puertos, Marinas, Muelles e Infraestructura Naviera. En E. Riviera Arriaga, G. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath, & F. Rosado May, *El Manejo costero en México* (págs. 163-178). México: Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo.
- UNISDR. (2009). *REDUCCION DEL REIESGO Y DESASTRES*. Obtenido de [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)

### 8.3. Anexos

#### Anexo 1 Componentes del Índice de Vulnerabilidad Portuaria

Componentes del Índice de Vulnerabilidad Portuaria								
Estado	Nombre del puerto	IVP	I-Am	I-Ad	HUR	ÁA	CR	OP
Baja California	Rosarito	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Baja California	Costa Azul	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California	Sauzal	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Baja California	Ensenada	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Muy Alto
Baja California	Bahia Colonet	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California	Venustiano Carranza	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California	Isla de Cedros	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Baja California	San Felipe	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Baja California Sur	Guerrero Negro	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Baja California Sur	Adolfo Lopez Mateos	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	San Carlos	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	San Jose del Cabo	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	Cabo San Lucas	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Baja California Sur	Santa Maria	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	Santa Rosalia	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Baja California Sur	Isla San Marcos	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	Mulege	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	Loreto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Baja California Sur	Puerto Escondido	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Baja California Sur	San Juan de la Costa	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Baja California Sur	Pichilingue	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	La Paz	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Muy Alto
Baja California Sur	Punta Prieta	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Baja California Sur	Los Barriles	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Chiapas	Puerto Chiapas	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Colima	Puerto Interior San Pedrito	Muy Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio
Colima	Manzanillo	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Colima	Laguna de Cuyutlan	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Guerrero	Ixtapa	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Bajo	Medio
Guerrero	Zihuatanejo	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Guerrero	Puerto Vicente	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Bajo	Bajo

	Guerrero				Alto			
Guerrero	Acapulco	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Guerrero	Puerto Marquez	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Jalisco	Puerto Vallarta	Alto	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Jalisco	Barra de Navidad	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio
Michoacan	Lazaro Cardenas	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Bajo	Muy Alto
Nayarit	Puerto Balleto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nayarit	San Blas	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Nayarit	Chacala	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Nayarit	Cruz de Huanacastle	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Nayarit	Nuevo Vallarta	Alto	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Oaxaca	Puerto Angel	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Oaxaca	Salina Cruz	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Muy Alto
Oaxaca	Bahias de huatulco	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Oaxaca	Puerto Escondido	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Sinaloa	Topolobampo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Sinaloa	El sabalo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sinaloa	Altata	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sinaloa	Mazatlan	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Muy Alto
Sinaloa	Teacapan	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Sinaloa	Escuinapa	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sonora	Golfo de Santa Clara	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sonora	Puerto Peñasco	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Sonora	Puerto Libertad	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Sonora	San Carlos	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sonora	R. Sanchez Taboada	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sonora	Guaymas	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Muy Alto
Sonora	Yavaros	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Campeche	Seybaplaya	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Cayo de Arcas	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Campeche *	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Campeche	Champoton	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Sabancuy	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Isla Aguada	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio
Campeche	Nuevo Campechito	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Muy Alto	Bajo

Campeche	Emiliano Zapata	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Muy Alto	Bajo
Campeche	Yuum K Ak Naab	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Campeche	Lerma	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Takuntah	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Campeche	San Francisco	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Campeche	Isla del carmen	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Bajo
Campeche	Isla Arena	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Holbox	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Puerto Juarez	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Isla Mujeres	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Cancun	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio
Quintana Roo	Puerto Morelos	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Quintana Roo	Playa del Carmen	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Isla cozumel	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Quintana Roo	Punta Venado	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Puerto Aventuras	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Punta Allen	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Mahahual	Muy Alto	Alto	Bajo	Muy Alto	Bajo	Medio	Bajo
Quintana Roo	Xcalak	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Quintana Roo	La Aguada	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Quintana Roo	Chetumal	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Tabasco	Sanchez Magallanes	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio
Tabasco	Dos Bocas	Bajo	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Alto
Tabasco	Frontera	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Medio
Tabasco	Villa Hermosa	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Tabasco	Chiltepec	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Medio
Tamaulipas	Puerto de Matamoros	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Bajo
Tamaulipas	La Pesca	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Medio
Tamaulipas	Altamira	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Bajo
Tamaulipas	Tampico	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Bajo
Veracruz	Coatzacoalcos	Bajo	Medio	Muy Alto	Medio	Bajo	Alto	Muy Alto
Veracruz	Tuxpan	Bajo	Medio	Muy Alto	Medio	Medio	Muy Alto	Muy Alto

Veracruz	Veracruz	Medio	Muy Alto	Muy Alto	Medio	Muy Alto	Muy Alto	Alto
Veracruz	Alvarado	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Muy Alto	Medio
Veracruz	Minatitlan	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Veracruz	Nanchital	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Veracruz	Nautla	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Alto	Bajo
Veracruz	Pajaritos	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Alto	Bajo
Veracruz	Tecolutla	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo
Veracruz	Tlacotalpan	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Yucatan	Celestun	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Yucatan	Sisal	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Yucatan	Chuburna	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Yucatan	Yukalpeten	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Yucatan	Progreso	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Yucatan	Telchac	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Yucatan	Chabihau	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Yucatan	Dzilam de Bravo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Yucatan	San Felipe	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Yucatan	Rio Lagartos	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Yucatan	El Cuyo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Yucatan	Las Coloradas	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo

Fuente: Elaboracion propia

## Anexo 2. Componentes del sector transporte vulnerables a los fenómenos naturales

Componentes del sector transporte: vulnerables a los fenómenos naturales
Modo
<b>MARÍTIMO</b>
Canales de acceso a Puertos
Sistemas de atraque
Rompeolas
Faros (lámparas, baterías, y paneles solares, reflectores estructura)
Radios, radares y antenas
Sistema eléctrico
Faros y boyas
Tanques de combustible
Tuberías de combustible

Sistemas de bombeo de Combustible
Bodegas de almacenaje
Edificios administrativos
Pavimento del área de circulación portuaria
Canales internos de desagüe y sistema de Alcantarillado
Sistema de agua potable
Grúas descargadoras y Transportadoras de contenedores

Fuente: Elaboracion propia a partir de OEA 2007

### Anexo 3 Porcentaje de clases por Indice, Subindice e Indicador

	<b>PORCENTAJE POR CLASES</b>			
	Muy alto	Alta	Medio	Baja
Vulnerabilidad portuaria	11%	31%	39%	19%
Amenaza	2%	8%	30%	60%
Huracanes	5%	13%	38%	44%
Áreas	2%	1%	4%	93%
Adaptación	3%	15%	38%	44%
Obras de protección	7%	9%	26%	68%
Cierre	10%	5%	29%	57%

Fuente: Elaboracion propia