

PRINCIPIOS DE RESILIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA ANTE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS

Monreal Lazarín América Anaid¹, Cruz León Sergio², López López Víctor Manuel³, Vergara Sánchez Miguel Ángel⁴, Juárez Neri Víctor Manuel⁵

Miembros del IPN SEPI ESIA ZACATENCO

america_070192@hotmail.com¹, sergiocruzleon@gmail.com², victorlopez@ai.org.mx³, mvergaraipn@gmail.com⁴, vjuarezneri@gmail.com⁵

RESUMEN

Si bien las adversidades climatológicas siempre se han presentado, existe evidencia científica de que las mismas han aumentado en intensidad y recurrencia. La infraestructura portuaria es vulnerable por diversos factores, pues se ve afectada directamente por la acción del clima y las variaciones que en este que se presentan, lo que ha provocado grandes pérdidas humanas y económicas.

Aunque el mercado demandante da la pauta para determinar las dimensiones y características que esta infraestructura debe de poseer, las condiciones hidrometeorológicas son fundamentales para diseñar cada una de las áreas de la obra.

El concepto de resiliencia dentro del ámbito de la ingeniería portuaria podría entenderse como la capacidad que un sistema vulnerable tiene de generar las condiciones que le permitan funcionar, recuperar en un lapso relativamente corto de tiempo su operación eficiente y adaptarse al impacto de futuros peligros.

Para lograr la resiliencia es recomendable identificar y analizar los factores que permitan su evaluación, mejorar e incluir en el marco técnico y normativo de la planeación, construcción, diseño y mantenimiento de las obras portuarias, medidas sustentables que integren los nuevos parámetros tanto para la adaptación de infraestructura actual como para el diseño de las obras futuras.

Introducción

Debido a su exposición, la situación geográfica de México propicia que sea una de las zonas más vulnerables a nivel mundial ante los fenómenos hidrometeorológicos. Asociando esta condición con el cambio en las condiciones climáticas consecuencia del calentamiento global, aumentan las afectaciones que se presentan principalmente a lo largo de la línea de costa.

La infraestructura se ve afectada continua y directamente por los eventos climatológicos y al estar asentada en zonas costeras incrementa su vulnerabilidad.

Gran parte de la infraestructura portuaria mexicana sigue funcionando bajo condiciones críticas aún después de haber cumplido con su vida útil. Ante esta situación, surge la necesidad de generar la capacidad de resiliencia de las obras existentes que permita adaptarse a las nuevas condiciones, continuar con su función y estar prevenida para los eventos futuros, además de integrar los factores oportunos para el diseño de las nuevas dentro del marco normativo y político de regulación, diseño, construcción, planeación y operación portuaria.

Génesis de la resiliencia

El concepto de resiliencia que presenta diversos significados y que se ha desarrollado en diversas ciencias. [Woods, 2015]. En ingeniería se comenzó a emplear en la década de los 70s refiriéndose a la capacidad que tiene un cuerpo para recuperarse después de ser deformado por la acción de un esfuerzo [Paredes, 2016].

Refiriéndose a la infraestructura, se involucraron conceptos e ideas como la incertidumbre en las estructuras y su comportamiento, la confiabilidad, las fallas y el riesgo, deduciéndose el objetivo principal como el estudio y relación entre estos términos para evitar los colapsos de dicha infraestructura [Casagrande, 1965].

En psicología la resiliencia surge para identificar los factores que faciliten a las personas recuperarse ante dificultades emocionales y circunstancias adversas [Tujillo, 2006]. Dentro del ámbito ecológico se concibe como una forma de comprender cómo los ecosistemas se automantienen ante cambios y situaciones perturbadoras [Susuki, 2010].

Como se puede percibir es un concepto que puede ser visto desde diversos enfoques y sin embargo comparte una misma idea: superar la adversidad.

Aplicando esta idea en la realidad de los recintos portuarios, es necesario saber de antemano que la infraestructura en general se ve afectada continua y directamente por los eventos climatológicos, y al estar asentados los puertos en zonas costeras se incrementa su vulnerabilidad.

Cada lugar tiene condiciones específicas, pues cada área presenta una historia, riesgos y exposiciones particulares, sin embargo el objetivo de aprender a vivir en buenas condiciones con los peligros recurrentes es universal.

Planteando líneas de acción

Para lograr la capacidad de resiliencia de la infraestructura portuaria ante las variaciones climáticas, es indispensable contar con una metodología dinámica y multidisciplinaria que permita determinar pasos sencillos y cuantificables que ayuden en la toma de decisiones. Si bien esta propuesta es un primer acercamiento en la integración de una guía, existirán diversas alternativas con el mismo objetivo.

Esta metodología se divide en 2 niveles principales: El primero de reconocimiento establece cuatro componentes que permiten identificar las causas, efectos, soluciones y valoraciones. Si bien de forma general puedes reconocerse como causa, efecto, solución y valoración, aplicado a las variaciones climáticas que actúan sobre la infraestructura portuaria se refieren a la identificación de los eventos hidrometeorológicos, los diagnósticos de vulnerabilidad, propuestas sustentables de adaptación y por último a la operacionalización de variables. Se presenta de forma esquemática el Nivel: 1 Reconocimiento, en la figura 1:

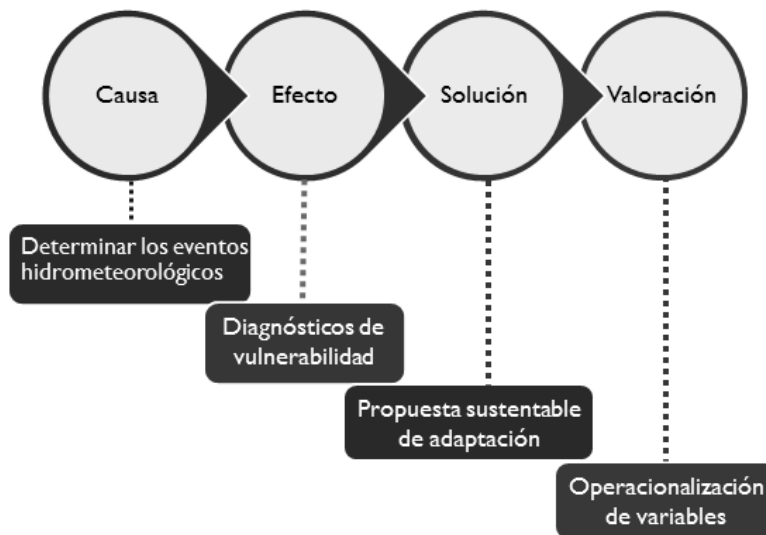


Figura 1: Nivel 1: Reconocimiento.
Imagen de elaboración propia.

El segundo nivel hace referencia a algunos criterios que en cada uno de los 4 componentes es pertinente tomarse en cuenta. En la figura 2 se muestra una síntesis de las mismas.

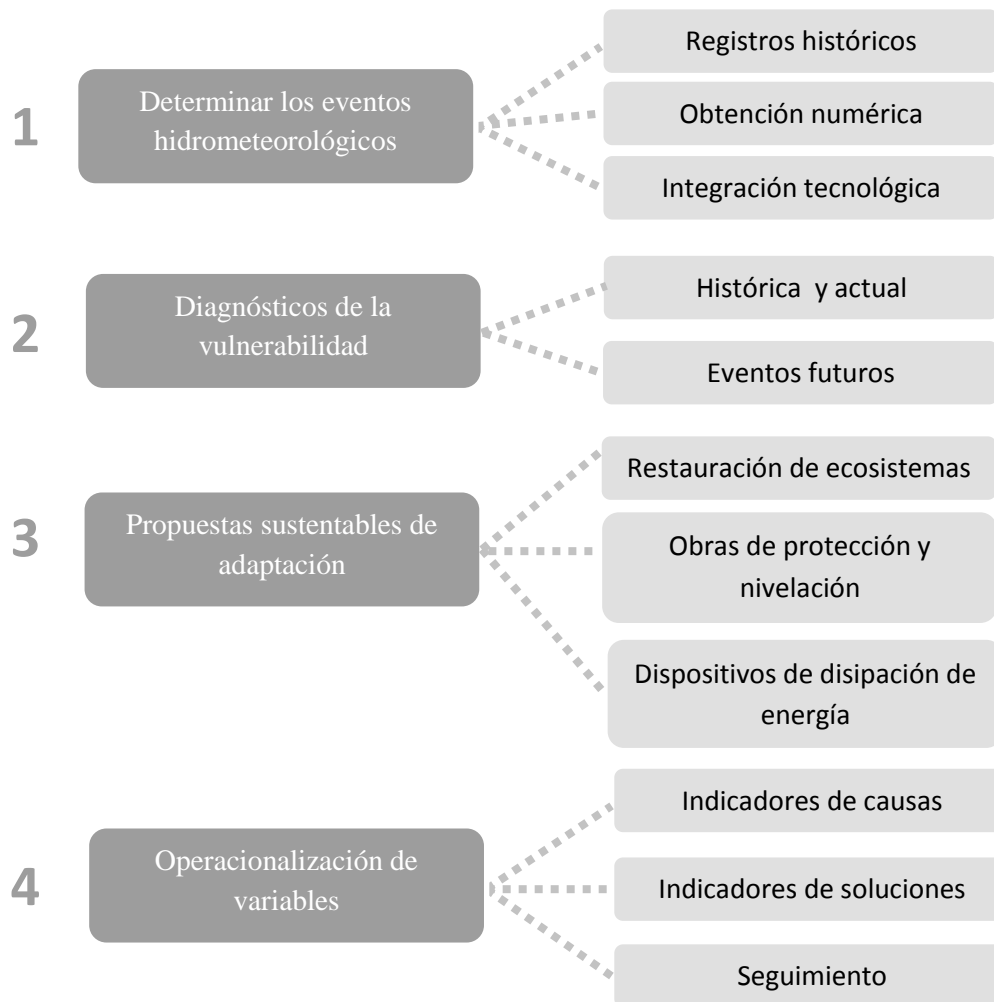


Figura 2: Nivel 2: Criterios
Imagen de elaboración propia.

Para establecer mejor estas sugerencias, es necesario comprender cuales son las causas, desde cuando han empezado y que pronósticos se tienen referentes a la evolución en su magnitud y recurrencia para poder implementar medidas preventivas y correctivas.

1. Determinación de las Variaciones climáticas

En relación con los tiempos preindustriales, se está produciendo una alteración climática debido al aumento del promedio global de la temperatura de la superficie terrestre generada por el incremento de la concentración de ciertos gases en el ambiente. Éstos son emanados principalmente por las actividades antropogénicas como lo es la quema de combustible fósil.

El sistema climático depende del equilibrio de varios factores externos como la radiación solar, e internos como la composición química de la atmósfera. Los gases que alteran la constitución de ésta, se conocen como Gases de Efecto Invernadero (GEI) [Greenpeace, 2010].

La energía solar llega a la Tierra en forma de rayos de onda corta donde una parte de esta energía es absorbida por la superficie terrestre y otra, los rayos de onda larga, son redirigidos al espacio.

Debido a la opacidad que algunos GEI poseen, los rayos infrarrojos no pueden ser redirigidos al espacio, lo que genera un fenómeno conocido como Efecto Invernadero (EI), en el cual estas ondas revotan y aumentan la temperatura, provocando el calentamiento global [IPCC, 2014]. Ver figura 3.

A nivel internacional el sistema climático está siendo estudiado y sus cambios están científicamente fundamentados, de acuerdo con el IPCC en todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI [INEC, 2012].

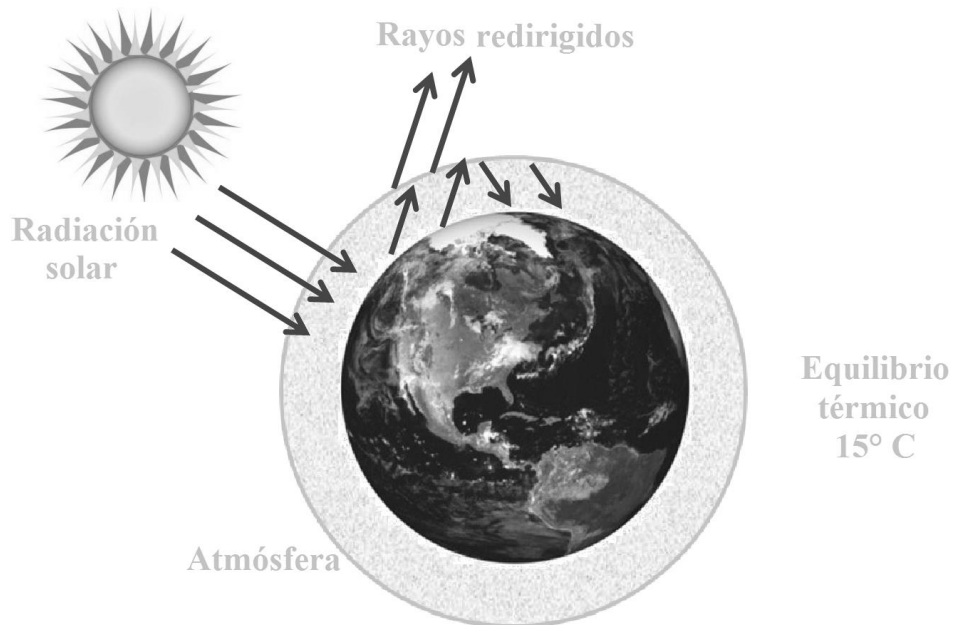


Figura 3: El Efecto Invernadero
Imagen de elaboración propia.

Aun manteniendo el límite acordado del incremento de la temperatura, el cambio climático representa cambios en los impactos, e incluso algunas regiones y poblaciones están ya siendo afectadas debido a una mayor incidencia de tormentas extremas.

Si bien son numerosos los eventos que se ven afectados por el cambio climático, se considerarán solamente los fenómenos hidrometeorológicos de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que sean relevantes por su acción sobre la infraestructura portuaria y costera.

Las costas son áreas de congregación social, económica y ambiental. Es el sitio donde se encuentran el medio marino y el medio terrestre, es donde están presentes e interactúan en distintas escalas espaciales y temporales: variables ecológicas, fuerzas físicas locales y globales, fenómenos periódicos y episódicos, sistemas con alta variabilidad y procesos complejos [Rivera et al., 2004].

Los huracanes ocurren en periodos de tiempo cortos que pueden ocasionar cambios abruptos que afectan la estructura, equilibrio, funcionamiento de la costa y que han ido aumentando en las últimas temporadas. El registro del Servicio Meteorológico Nacional del año 1997 manifiesta incrementos en el número de eventos y el aumento en su intensidad.

Debido a que las trayectorias e intensidades no tienen un patrón repetible ni una duración predecible, es conveniente obtener periodicidades comparables a nivel regional generando mapas de las condiciones promedio de alturas de oleaje, vientos ciclotrónicos y presiones mínimas para todos los huracanes que afectan una región [Rivera et al., 2004].

Un problema derivado de las precipitaciones intensas es la erosión y el arrastre de sedimentos, mientras que el oleaje originado por los vientos huracanados podría modificar el régimen del oleaje, la altura de las olas e incluso la dirección y la magnitud del flujo de energía.

Es prácticamente seguro que la elevación del nivel medio global del mar continuará durante muchos siglos después de 2100; la magnitud de la elevación dependerá de las futuras emisiones de GEI. La elevación del nivel del mar de hasta 7 m asociada a la

pérdida de hielo se deberá a la reducción de la extensión del permafrost con el aumento continuo de las temperaturas globales [IPCC, 2014].

Las inundaciones provocadas por esta situación podrían verse en las zonas de tierra de un puerto bajo y los muelles queden sumergidos, por lo que no sería posible desembarcar.

Las herramientas que serán indispensables para determinar los eventos representativos pueden clasificarse en registros históricos, de obtención numérica y una combinación de los dos donde por medio de los registros sean modelados y calculados por medio del uso de la tecnología como fotos de satélite y software permita realizar simulaciones y presentaciones reales de los cambios a través de los años, e incluso proyecciones futuras.

2. Diagnósticos de Vulnerabilidad

De acuerdo con el IPCC, se refiere a las condiciones por las que un sistema es susceptible a los adversos climáticos y al ser multifactorial y dinámica requiere ser monitoreada y proyectada. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la acción de los eventos climatológicos a los que se encuentra expuesta la infraestructura, así como su capacidad de adaptación [López, 2009].

En el planeta existen zonas más vulnerables que otras, sin embargo los países en vías de desarrollo con costas amplias y bajas serán los más afectados pues ya se presentan efectos como inundaciones y daños en el entorno marítimo costero.

La falta de información certera y confiable aumenta la vulnerabilidad de estas zonas. El registro histórico marca los antecedentes de los eventos presentados, y es mediante este registro que es posible calibrar los modelos numéricos que permitirán determinar proyecciones futuras.

Dentro del diagnóstico de la situación actual del puerto es recomendado el análisis de daños y fallas existentes en la estructura, el aumento en los niveles del dragado y en los niveles de referencia, pérdida del terreno para el desarrollo portuario, exposición de muelles, etc.

Para evaluar la vulnerabilidad es necesario plantear cuáles son las zonas más expuestas, a qué y por qué. Y para poder valorarla será necesario integrar las características geomorfológicas y climáticas de la región con las propias de las condiciones que se presentan en la infraestructura [López, 2009].

Algunas de las causas de la vulnerabilidad hacen referencia a la incertidumbre, información insuficiente de los eventos hidrometeorológicos y características estructurales de las obras y la cultura de la prevención en vez de la corrección.

Existen acuerdos globales entre los gobiernos para reducir la vulnerabilidad mediante políticas y medidas de acción referentes a gestión de riesgos, seguridad social y económica y a la implementación de programas que impulsen las adecuaciones en la infraestructura y servicios que afronten los impactos de los fenómenos presentados [López, 2009].

El Plan Nacional de Desarrollo en el objetivo 11 donde se menciona que para enfrentar de forma óptima los efectos del cambio climático será necesario desarrollar capacidades preventivas y de respuesta ante los impactos adversos previstos.

Es importante resaltar que los estudios de vulnerabilidad deben reflejarse en 2 periodos, uno de los sucesos pasados y la condición actual, y otro referente a la que la infraestructura podría presentar con las condiciones esperadas y así establecer los puntos críticos que requerirán de un mayor énfase al momento de la toma de decisiones.

3. Propuestas de Adaptación Sustentable

El IPCC define la adaptación como el ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a las consecuencias climáticas esperadas o reales, para moderar los riesgos o aprovechar las oportunidades que representan estos cambios. La mayoría de los proyectos de adaptación aportan beneficios locales tangibles, en tiempos reducidos.

La mejor visión que los gobiernos pueden adoptar para promover la adaptación es mediante el desarrollo sustentable. En la Estrategia Nacional del Cambio Climático Visión 10-20-40 se manifiestan criterios para las medidas de adaptación, y en documentos como en el Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático se estipulan compromisos del país para cuidar el medio ambiente y buscar disminuir los daños.

La integración de la adaptación dentro del marco político y normativo puede impulsar al desarrollo y sobre todo buscar la reducción de los riesgos, sin embargo su eficacia es limitada, debido al ritmo del cambio climático, por esto la importancia de realizar diversos análisis que permitan mejorar la toma de decisiones.

Si bien es necesaria la intervención en las infraestructuras se recomienda iniciar con propuestas amigables con el ambiente como o es la restauración de los hábitats naturales como lo es la conservación o restauración de las dunas, humedales y deltas que permitir amortiguar o disipar la energía. Si estas medidas no son suficientes contemplar la adaptación artificial por medio de obras de protección o la reubicación del sistema [Farrag – Thibault, 2014].

Para lograr la sustentabilidad es importante analizar, comprender y evaluar los cambios que sufre la morfología litoral como resultado de las fuerzas y procesos ambientales y las acciones humanas que afectan su actividad natural [Rivera et al., 2004], y proponer soluciones que permitan el cuidado del ambiente.

La experiencia ante los fenómenos pasados permitirá mejorar las propuestas de adaptación con base en criterios de vivencias particulares a cada región.

4. Valoración

Por medio de la operacionalización de variables es posible generar indicadores que representen bajo una misma escala, rangos de información que compartan diversas características susceptibles a ser analizados, comparados y relacionados de diversas formas.

Al recopilar información es necesario unificar el periodo de tiempo durante el que los fenómenos serán estudiados, la representación de las variables (porcentajes o variaciones) y sentido de la información haciendo referencia a beneficios o afectaciones.

Una variable es una característica, cualidad o propiedad de un hecho o fenómeno que tiende a cambiar, los valores de esta deben de poder ser medidos o evaluados [Gutiérrez, 2016], y si bien pueden ser cualitativas o cuantitativas, existe una estrecha relación de una con otra pues al final se debe justificar una propiedad cualitativa en un análisis cuantitativo y establecer una relación.

Por medio de diversos instrumentos y operaciones de probabilidad y estadística es posible generar indicadores tanto de las causas como de las soluciones. En general, el número obtenido por sí solo no significa nada, pero por medio del análisis de la información y de la interpretación del investigador es posible reconocer, proyectar e incluso representar de forma gráfica la relación existente entre cada uno de los términos utilizados y de los resultados obtenidos.

Dentro de este análisis es importante integrar las escalas temporales y espaciales tanto de la región o sistema afectado como de las acciones hidrometeorológicas que repercuten sobre estos, ya que cada una tiene su tiempo y extensión y al no existir homogeneidad no sería posible una interpretación lógica y real de lo esperado.

Existe una diferencia entre los trabajos de investigación y predicción con lo que suceda en la realidad por lo que para poder ir calibrando los modelos e ir redirigiendo las líneas de acción es necesario implementar el monitoreo contante de lo que ocurre en el entorno ambiental y en la infraestructura con la finalidad de crear una base de datos que sirva como antecedente a las primeras decisiones tomadas y puestas en acción en el ámbito de la resiliencia.

Conclusiones

Un plan de acción si no es medible y comparable, no es funcional. Aquí radica la importancia de la integración multidisciplinaria de parámetros de diversa naturaleza, temporalidad y acción en un instrumento que permita homogeneizar y valorar la información que justificará la toma de decisiones.

Si bien las escalas de los eventos tanto en temporalidad, en espacialidad, en magnitud y recurrencia representan incertidumbre no significa que no se implementen medidas de acción dinámicas que puedan irse redireccionando en busca de la resiliencia de la infraestructura.

Es importante destacar también que las mejoras en el ordenamiento territorial y la implementación de los sistemas de alerta y prevención significan gran parte del éxito que se tenga en disminución de los daños ante los eventos climáticos, sin embargo es recomendable actualizar y mejorar el marco técnico, político y normativo referente a regulación, diseño, construcción, planeación y operación portuaria incluyendo los términos y parámetros que han cobrado importancia.

Referencias

D. D. Woods, Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering. Reliability Engineering and System Safety. United States, 2015.

A.J. Paredes, Resiliencia de la infraestructura. Colegio de Ingenieros Civiles. México, 2016.

A. Casagrande, Segunda conferencia Terzaghi. Estados Unidos de América, 1965.

M. A. Trujillo, La resiliencia en la psicología social. Facultad de estudios superiores Iztacala, 2006. Consultado en Abril del 2017. http://www.psicologia-online.com/articulos/2006/resiliencia_social.shtml

D. Susuki, ¿Qué es la resiliencia? PermaCultura-es, 2010. Consultado en Abril del 2017. <http://www.permacultura-es.org/permacultura/1992-que-es-la-resiliencia.html>

Greenpeace, México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. D.F., México, 2010.

Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza, 2014.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). D.F., México, 2012.

E. Rivera Arriaga, G. J. Villalobos, I. Azuz Adeath, y F. Rosado May (eds.), El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p., 2004.

Servicio Meteorológico Nacional, Ciclones tropicales, 2017. Consultado en Mayo de 2017. <http://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales>

V.M. López L., Cambio climático y calentamiento global. Editorial Trillas. Capítulos varios. D.F., México, 2009.

Gobierno de la República, Diario Oficial de la Federación. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México, 2013.

Gobierno de la República, Diario Oficial de la Federación. Estrategia Nacional del Cambio Climático Visión 10-20-40. México, 2013.

A. Farrag-Thibault, Cambio Climático: Implicaciones para el Transporte. Hallazgos Claves del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Instituto de Liderazgo en Sostenibilidad de la Universidad de Cambridge (CISL, por sus siglas en inglés), 2014.

C.A. Gutiérrez V., Definición operacional de variables, 2016. Consultado del repositorio del Instituto Nacional de Salud. Perú. Consulta realizada en Febrero de 2017. <http://www.ins.gob.pe/repositorioaps>