

Diseño de hospitales o edificios de nivel primario de atención frente a huracanes: operatividad y resiliencia

RODRIGUEZ LOPEZ, FERNANDO ¹
BATISTA GARCIA, FRANCISCO DE JESUS²

¹ UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID, ESPAÑA fernando.rodriguezl@upm.es

² REPUBLICA DOMINICANA, alfri13gb@gmail.com

1. Introducción

La sociedad del siglo XXI exige que las infraestructuras y construcciones sean capaces de soportar adecuadamente los eventos extremos previsibles a los que pueden verse sometidas. Una de las principales infraestructuras son los centros de salud y los hospitales ya que ellos deben de conservar una operativa adecuada o desempeño suficiente para atender a la población durante y después de los eventos. Una manera tradicional de hacerlo ha consistido en obligarles a soportar mayores niveles de eventos pero olvidándose que una construcción frente a eventos extremos dispone de varias capacidades de respuesta en diferentes niveles de un posible evento que la amenaza. Es decir, que si un hospital puede estar sometido a un evento extremo de un determinado nivel, debería de soportarlo con la condición de que, aun sufriendo daños, las personas y los bienes se protejan de daños.

Realmente un hospital ¹ debería de diseñarse y conservarse en condiciones de ser capaz de soportar unos niveles de eventos, de asegurar su operatividad en atender al perfil de daño que ese evento puede producir en el territorio y de recuperar la normalidad no sólo en los daños posibles que ha sufrido sino en los servicios que normalmente realiza teniendo en cuenta que durante el impacto y la respuesta al evento extremo normalmente perderá operatividad en servicios y también debería de recuperar la normalidad en la atención a los ciudadanos.

Es necesario, por tanto, una estrategia en la atención a los servicios que le va a exigir la atención a los daños por el evento extremo y en la recuperación de la normalidad.

Frente a esta situación, debe de modificarse la estrategia frente a las situaciones extremas². Lo primero es que el edificio debe protegerse para garantizarse, para cada nivel de evento, la atención a los daños que se puedan producir – considerando los pacientes que puedan estar en el centro -, la operación del centro y para ajustar el tiempo de recuperación o su resiliencia. Otro aspecto que debe ser considerado es que una vez superada la intensidad del evento extremo para el se prepara, debiera de adecuarse para unos requisitos de autoprotección que evite el efecto dominó sobre su entorno y una adecuada evacuación y atención a las personas.

Esta investigación que se presenta trata de identificar los factores que deben de considerarse para disminuir la vulnerabilidad de los edificios frente a los huracanes bien por tratar los efectos que se originan bien porque se adaptan medidas mitigadoras de dichos efectos. Todo trabajo de investigación eficiente debería de basarse en metodología científica de manera que su resultado sea independiente de las personas que lo desarrollan. En la Universidad Politécnica de Madrid se ha desarrollado una metodología para la identificación y selección de causas, consecuencias, medidas, etc. que afectan al riesgo de que una construcción no cumpla sus objetivos y, en particular, del objetivo de conservar operatividad y/o recuperarse de un evento extremo. Esta metodología denominada LOGRO permite obtener listas de medidas que mejoren un 80 % el comportamiento de la infraestructura. Se aplica a cualquier infraestructura pues se ha hecho de manera general y debería de complementarse ya con sistemas más específicos que nos aproximen a la máxima de mantener la operatividad y en la recuperación pronta de la normalidad.

Este proyecto se integra en un programa de elaboración de guías profesionales para el diseño y la construcción de infraestructuras frente a eventos ordinarios y extraordinarios. La plataforma elegida es la de la IAEA – Asociación Internacional de la Ingeniería y de la Arquitectura – al objeto de medir la respuesta que a cada riesgo se realiza en los proyectos.

2. Objetivo

El objetivo de esta investigación es la identificación de los principales riesgos de estabilidad y resistencia mecánica que afectan a los hospitales o edificios de nivel primario de atención. Con esto ya se podría plantear un catálogo de medidas preventivas y mitigadoras a implementar en función del nivel de evento que debe soportar, los servicios que debe prestar y la necesidad de recuperación que pueda existir.

El objetivo de este artículo es presentar los resultados del trabajo al objeto de promover un catálogo de riesgos que deben ser considerados o integrarse en los proyectos, construcciones y adaptaciones de las infraestructuras generales sanitarias para disponer de un mejor comportamiento frente a los huracanes.

3. Metodología

La metodología seguida ha sido la LOGRO que permite identificar los riesgos más relevantes de una construcción frente a los huracanes.

Dentro del método LOGRO se utilizarán distintas metodologías de investigación con la finalidad de obtener la mayor cantidad de información, para realizar el catálogo riesgos y posibles soluciones para las estructuras realizadas en zonas afectadas por la influencia de un huracán. La investigación se realizará bajo tres distintos métodos de investigación, los cuales son:

- 1) La Revisión de Documentación,
- 2) Sesión de Brain Storming.
- 3) Encuestas a expertos (Método Delphi)

Para cada método de investigación se realiza el EDR ³ (esquema desagregado de riesgos); se define como un agrupamiento de los riesgos del proyecto orientado a sus fuentes que organiza y define la exposición total del riesgo del proyecto y donde cada subnivel representa una definición cada vez más detallada de las fuentes del riesgo del mismo. Una vez que se elabora la lista para cada método, se hace una integración de las tres listas en una única y posteriormente se hace una priorización de los elementos mediante el método de Pareto que establece que el 80 % de los problemas radica en el 20 %; se ordenan los factores de riesgos por importancia de acuerdo con el sistema de integración y se seleccionan los factores que influyen en el 80 % de la importancia.

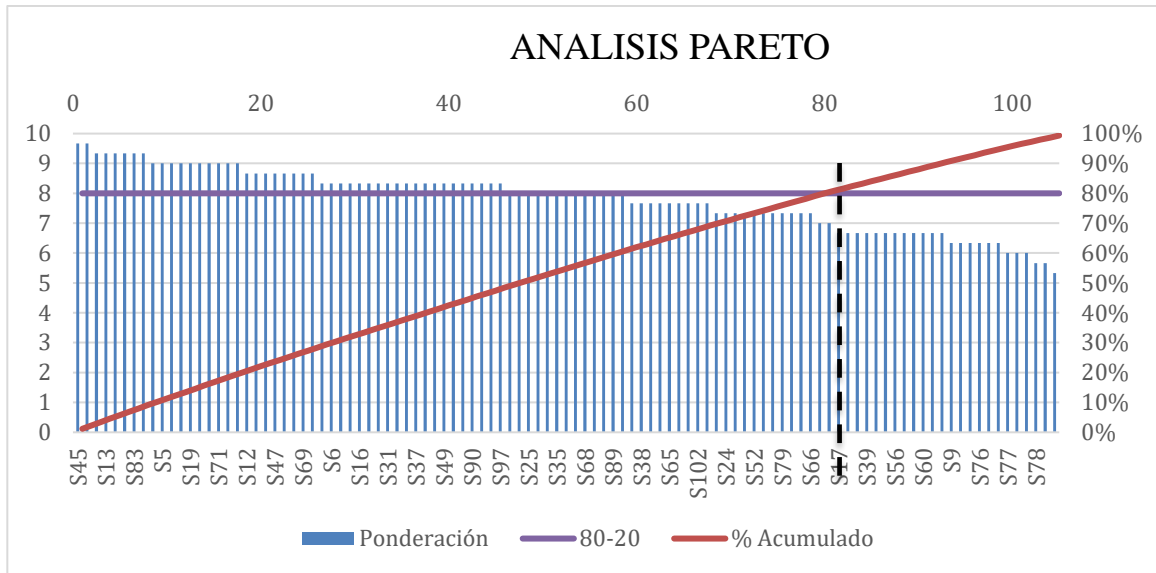


Fig. 1 . ANÁLISIS DE PARETO PARA LOS FACTORES DE RIESGO

Para las metodologías de Tormenta de Ideas y de encuesta Delphi se ha contado con ACIES – Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de España – en la que se convocan a sus Directores Técnicos o expertos a una sesión. Como la sesión de Tormentas de Ideas necesariamente contó con la limitación de asistentes pues se dividió el conjunto de expertos entre los participantes de este método y el siguiente de encuestas DELPHI. Hay que decir que la mayoría de las consultoras miembros de ACIES son empresas consultoras con presencia en Latinoamérica por lo que son empresas que tienen experiencia en el diseño de instalaciones sanitarias.

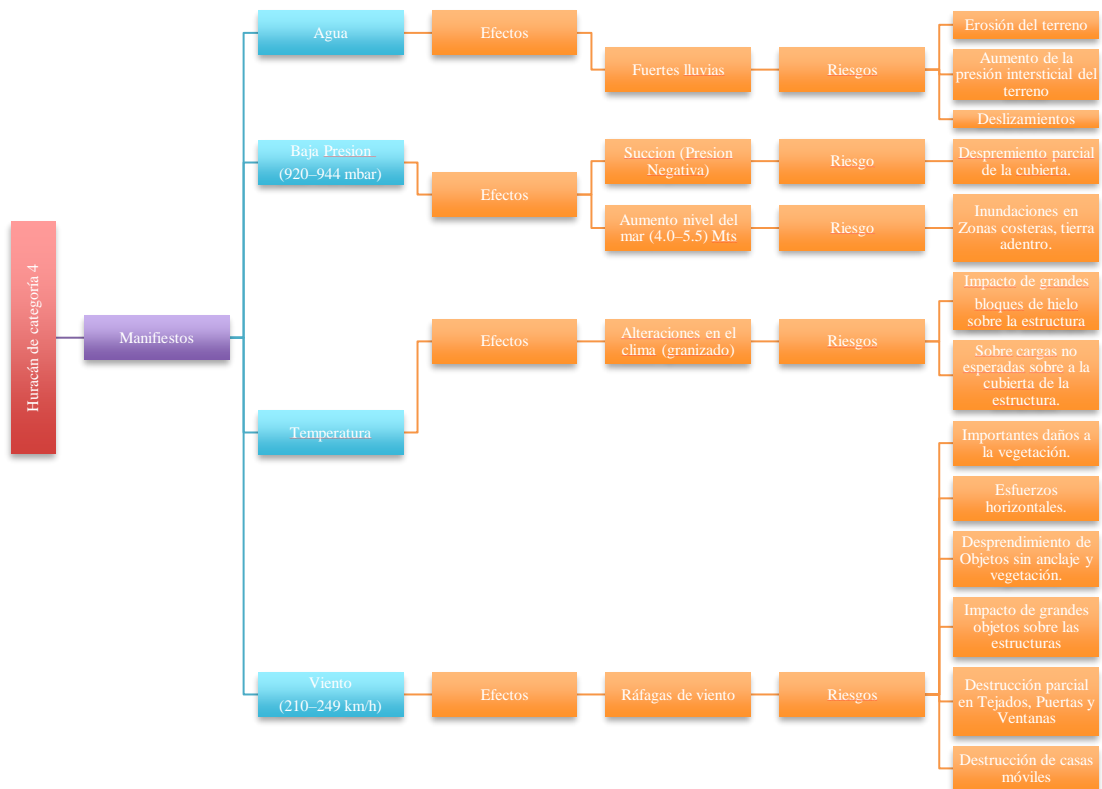


Fig. 2 . ESQUEMA DE CAUSAS DE LOS DAÑOS POR UN HURACÁN NIVEL 4

a. Revisión de la documentación

Esta metodología consiste en seleccionar documentos que tratan sobre la problemática. Es necesario el acceso a las principales bases de datos de información relevante sobre siniestros, normativa, ensayos, guías profesionales, etc. y sobre ellas se identifican los principales riesgos que amenazan a las construcciones bajo estos eventos ⁴. Muchos de los riesgos se tratan de manera directa o indirecta en cada documento. Los documentos se identifican ^{5 6 7 8} y se establece una metodología de ponderación que permite clasificarlos para el conjunto de documentos seleccionados ^{9 10 11 12}. Con todo ello se consigue la lista pormenorizada de riesgos considerada en la literatura. Los criterios de clasificación y ponderación utilizados, fueron:

TIPO DE DOCUMENTO	<i>Códigos y Normativas nacionales e internacionales con algún tipo de relevancia a los efectos de los huracanes.</i>
	Libros, Guías, manuales técnicos, con algún tipo de relevancia a los efectos de los huracanes.
	Tesis, Publicaciones, Artículos, Seminarios., con algún tipo de relevancia a los efectos de los huracanes.
PROCEDENCIA	Se pondera en función de el reconocimiento científico de la fuente
AÑO	Se establece un sistema de ponderación basado en la actualidad de los estudios. Dentro de un determinado periodo la ponderación es equiparable y luego se penaliza la antigüedad.
VERACIDAD	El prestigio de la Institución o de los autores de la fuente.
APLICABILIDAD	El grado de aplicabilidad que muestra la fuente. Se valora el entorno en que se publica y el nivel de aplicación a que ha dado lugar
CONSISTENCIA	Se valora que la publicación facilite la resolución integral o no de la problemática de que se trata.
RELEVANCIA	Las citas o relevancia de la revista, editorial o publicación

Con todo ello se procedió a la obtención del primer SET de factores de riesgo que posibilitaba, además la estimulación de propuestas en la Tormenta de Ideas y en el método Delphi.

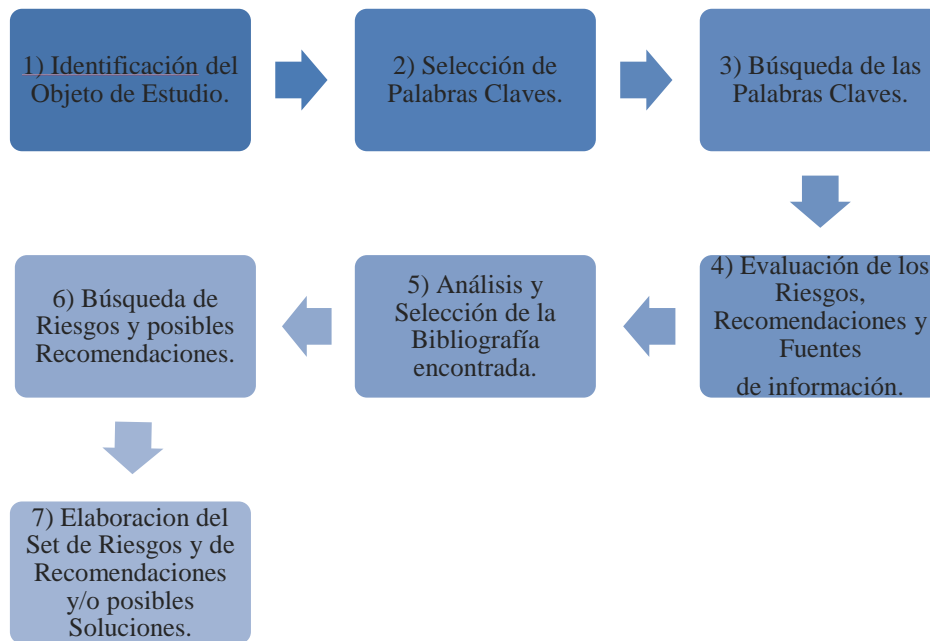


FIG 3 Esquema de trabajo del método “revisión de documentación”

Fuente: Elaboración Propia.

b. Método de Braimstorming o Tormenta de Ideas

En esta método se fomenta dentro de las dimensiones del riesgo que los expertos identifiquen los factores de riesgo para estas construcciones. Partiendo del estudio anterior, se establecían un conjunto de dimensiones del riesgo

DIMENSIONES
ENTORNO
EFEECTO VIENTO. ACCIONES E INFLUENCIA
EFEECTO AGUA. ACCIONES E INFLUENCIA
PROYECTO

Partiendo de las dimensiones, los participantes sugerían riesgos que podrían influir en el comportamiento de la construcción. De esta manera se generaba otra lista de riesgos a considerar. Aunque el método en si mismo no facilita mucho la ponderación de los riesgos, en la misma sesión se ponderaba entre los presentes cada riesgo y para cada dimensión. Con ellos se obtuvo otra lista o set de riesgos a considerar que se integró con las otras de acuerdo con los criterios.

c. Método de la encuesta DELPHI

Consiste en la formulación de una encuesta abierta en una primera fase para que cada experto formule las posibles dimensiones y riesgos; en esta primera fase, los expertos valoran las propuestas de sugerencia y las propias que ellos sugieren. Posteriormente se hace una nueva encuesta a los mismos expertos, en este caso ya cerrada e incorporando todas las sugerencias, para que se pondere el conjunto de los factores. Con todo ellos se consigue una tercera lista de riesgos que pueden darse en un proyecto.

d. Integración y priorización de los SET de riesgos

Una vez obtenidas las tres listas y mediante un sistema de ponderación equitativo entre las tres, podría intervenir un nuevo equipo de riesgo u otro método para establecer una ponderación diferencial de cada lista, se establece una lista única.

Como se comentó anteriormente, una vez que ya se dispone del conjunto de los riesgos con un factor de importancia, se procede a aplicar el principio de Pareto que permite obtener la lista de riesgos a considerar.

4. Resultados

Después del estudio efectuado, los riesgos que deben ser tratados en cada proyecto de infraestructura hospitalaria serían los de la tabla I.

TABLA I.- LISTA DE RIESGO CONSTRUCCIONES EN ZONA DE HURACANES.	
COD	ENTORNO
R1	Riesgo de desprendimiento de techos, rotura de ventanas y puertas, en edificios ubicados en zonas de alta velocidad del viento.
R2	Riesgo de inundación para los edificios ubicados en las costas, cerca de cuencas, sub cuencas, riachuelos, zonas urbanas con registros de inundación.
R9	Riesgo de daños mayores en edificaciones emplazadas en las cumbres de las colinas.
R4	Riesgo de impacto de grandes objetos flotantes arrastrados por la marea en las costas.
R6	Riesgo de inundación para edificaciones localizadas en las vías con desagües mal diseñados, con falta de mantenimiento y/o mal empleo del sistema de desagüe.
R7	Riesgo de inundación en lugares donde la lluvia puede ser tan intensa que la tierra no es capaz de absorber el agua produciéndose grandes encharcamientos.
ACCIONES/ INFLUENCIAS	
COD	VIENTO
R11	Riesgo de succiones devastadoras en techos sin inclinación y con inclinación menor a los 20 grados.
R12	Riesgo de impacto de objetos volantes sobre la edificación.
R20	Riesgo de destrucción total de estructuras móviles, por acciones del viento.
R13	Riesgo de sobreesfuerzos inesperados horizontales, en estructuras con geometrías inusuales.
R14	Riesgo de variación de presiones en el interior por posibles aberturas en la edificación.

TABLA I.- LISTA DE RIESGO CONSTRUCCIONES EN ZONA DE

R19	Riesgo de desgarre de los azulejos y voladura de los mismos, por efectos de la succión.
R17	Riesgo de esfuerzos de succión hasta del doble de lo previsto, en áreas de entrada y salida del viento.
R18	Riesgo de inestabilidad estructural condicionada por la geometría del edificio y las acciones de la alta velocidad del viento.
R22	Riesgo de colapso por presiones causadas por la entrada de viento sin abertura de salida.
CO D.	AGUA
R23	Riesgo de obstrucción del sistema de drenaje en cubierta, estancamiento de agua.
R34	Riesgo de inestabilidad estructural debido a la fuerza boyante del agua que genera un empuje sobre una estructura o elemento estructural sujeto a una inmersión parcial o total; actuando verticalmente en el centro de gravedad del volumen desplazado.
R32	Riesgo de deterioro estructural por gran tiempo de exposición al agua de la inundación.
R39	Riesgo de erosión acelerada por deforestación.
R29	Riesgo de grietas importantes en la planta baja debido al levantamiento de presiones generadas por el agua de inundación.
R40	Riesgo de vuelco total en estructuras ligeras por esfuerzos verticales, generadas por la presión intersticial.
R24	Riesgo de fallo de taludes por erosión.
R28	Riesgo de inundación debido a fuertes lluvias que penetran en la tierra y pueden saturar el suelo. Traduciéndose en un aumento del nivel de agua subterránea que conduce a la inundación por encima del suelo. Estas inundaciones subterráneas pueden llevar semanas o meses para disiparse.
R35	Riesgo de corrosión en los materiales de la construcción debido a un prolongado contacto con el agua.
R41	Riesgo de acumulación de objetos cerca de puentes y compuertas, formando obstáculos para el flujo natural de agua.
R42	Riesgo de levantamiento parcial o total de la fundación.
R31	Riesgo de fallo de la estructura debido al impacto de algún objeto como tronco de árboles, partes de otros edificios, escombros, objetos cortantes, coches, etc. que pueden ser arrastrados por la inundación.
R33	Riesgo de inestabilidad de terraplenes y/o laderas, debido al arrastre de los materiales, por el paso de la inundación.
COD	COMBINACION AGUA/ VIENTO

TABLA I.- LISTA DE RIESGO CONSTRUCCIONES EN ZONA DE

R46	Riesgo de caída de árboles sobre la edificación.
R47	Riesgo de caída de postes eléctricos sobre la edificación.
R48	Riesgo de desprendimiento de barandas, pretilas, cornisas techos ligeros, lucernarios, etc
R43	Riesgo de desprendimiento del revestimiento por saturación, y fuerza del viento.
COD	MATERIALES / CONSTRUCCION
R49	Riesgo de colapso total en estructuras de madera y metálicas no fijadas adecuadamente a la cimentación.
R54	Riesgo de putrefacción de la madera mal tratada o no adecuada, luego de una inundación.
R56	Riesgo de severas deflexiones y/o desplazamientos a causa por cargas ascendentes hidrostáticas no reflejadas en el análisis estructural previo a su construcción.
R58	Riesgo de fallo por fatiga de tornillos de inadecuados en las uniones.
R61	Riesgo de voladura de techos ligeros por mal anclaje a los muros perimetrales.
R63	Riesgo de estancamientos en techos planos o con poca inclinación.
R50	Riesgo de colapso total por rotura del material, por falta de estudio de sus propiedades.
R51	Riesgo de colapso total o parcial en estructuras metálicas con secciones de tamaño insuficiente.
R55	Riesgo de giro en las construcciones mal ancladas.
R57	Riesgo de colapso en estructuras de hormigón no reforzados a empujes horizontales.
R53	Riesgo de destrucción progresiva por fallo de alguna sección de la estructura.
R60	Riesgo de fallo en las conexiones, mal colocadas.
R62	Riesgo de fallo de entramadas de acero mal concebidas.
R52	Riesgo de vuelco en muros por mal dimensionamiento de la cimentación.
R59	Riesgo de colapso total de naves poco rígidas, grandes esfuerzos en el interior, con poca oposición.

5. conclusiones

De acuerdo con el contenido de este trabajo, se puede concluir:

- a. Las infraestructuras sanitarias deben de diseñarse, construirse o adecuarse a una serie de acciones o influencias que los huracanes provocan.
- b. Los edificios sanitarios deben de proporcionar unos servicios durante y posteriormente a los huracanes. Se debe de asegurar este desempeño esperado para cada instalación.
- c. Los edificios sanitarios deben de recuperarse en un tiempo que permita a la sociedad el visibilizar la normalidad. Contribuyen enormemente a ello y su estado debe de permitir ese objetivo para la construcción y los servicios que presta.
- d. Los huracanes se clasifican en niveles. El desempeño adecuado de una construcción frente a un nivel no significa que ante cualquier huracán o evento de menor intensidad el edificio no de una respuesta adecuada. Debe de justificarse la construcción en cada nivel.
- e. Una manera de hacerlo es someterlas a mayores intensidades o niveles del evento esperado pero ello no será una solución adecuada. Los métodos de identificación de causas, factores, medidas preventivas y mitigadoras permiten de una manera científica identificar y priorizar las causas que generan los problemas.

- f. En el presente trabajo se ha hecho un estudio de los riesgos que pueden ocasionar los huracanes sobre las instalaciones sanitarias. Esta propuesta de riesgos permitiría de una manera científica el prevenir los riesgos a los que se ven sometidos este tipo de instalaciones.
- g. Es importante que las infraestructuras sanitarias dispongan de una fiabilidad adecuada. Para ello es necesario en todo momento que las prestaciones de la construcción seña garantizadas y que los vicios ocultos y defectos estén prevenidos en su mayor parte.
- h. Para poder establecer un desempeño adecuado en estos riesgos es necesario establecer los estudios y aportación de información precisa para su análisis, establecer los niveles de aceptación de los riesgos – el riesgo cero no existe – e identificar las comprobaciones necesarias, las medidas preventivas y mitigadoras que se deban de aplicar para que realmente las construcciones sanitarias tengan un nivel de desempeño acorde con el servicio que van a prestar y las necesidades normales de la sociedad.

6. referencias.

1. Cardona, O. (2001). *La Necesidad de Repensar de Manera Holística los Conceptos de Vulnerabilidad y Riesgo "Una Crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión*. Bogotá, Colombia: Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI, Universidad de los Andes.
2. Comisión Nacional de Emergencia. (2006). *Plan Nacional de Emergencias*. Santo Domingo, D.N, República Dominicana.
3. Fernando Rodríguez López, Pavel Hruškovi. (2007). *Estructura De Desglose Del Riesgo (EDR): Introducción Del Modelo Para El Fenómeno Geotécnico*.
4. José Meseguer Ruiz; Ángel Sanz Andrés; José Manuel Perales Perales. (2001). *Aerodinámica Civil. Cargas De Viento En Las Edificaciones*. Madrid, España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
5. National Institute of Standards and Technology. (2002). *Manual de Evaluación Sísmica y de Huracanes de Edificios Existentes de Hormigón para la República dominicana (NISTIR 6867)*. Washington D.C, U.S.
6. Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad en el diseño de nuevos establecimientos de salud*. Santiago, Chile.
7. Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud*. Washington, D.C,U.S. Programa de Prevención de Desastres y Gestión de Riesgos. (2012).

8. Amenazas y Riesgos Naturales de la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana.
9. Quality and Standards Authority of Ethiopia (QSAE). (2009). ET ISO 4354: Wind actions on structures. Ethiopia.
10. Villagran, J. C. (1999.). *Experiencias y contribuciones para la preparación antes los desastres naturales en América Central: Reforzamiento de estructuras locales y sistemas de alerta temprana de alta temperatura*. Guatemala.
11. Secretaria de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones. (1980). *Recomendaciones provisionales para el análisis por viento de estructuras*. Santo Domingo, República Dominicana.
12. Federal Emergency Management Agency, FEMA. (1989.). *Guía para la construcción de viviendas resistentes a huracanes en Puerto Rico*. San Juan.