

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE CIVIL**

**Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido y su  
relación con Sociedades Resilientes**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Realizado por

Goncalves R, María Cristina

Profesor Guía

Ing. Ricardo Rivas V.

Fecha

Junio de 2013

*“El Hombre recibe de Dios su dignidad esencial y con ella la capacidad de trascender todo ordenamiento de la sociedad hacia la verdad y el bien. Sin embargo, está condicionado por la estructura social en que vive, por la educación recibida y por el Ambiente”*

*“Caritas in Veritate”* (2010) del Sumo Pontífice Benedicto XVI

# ***SUMARIO***

**INTRODUCCIÓN** X

## **CAPÍTULO I**

### **Convenios en los Fundamentos Conceptuales**

#### **I.- Convenios en los Fundamentos Conceptuales** 1

Estudios Fundamentales para predecir el comportamiento del sistema. 2

Confiabilidad y Resiliencia Estructural. 7

Resiliencia como aspecto Social. 8

Características geográficas y socioeconómicas de Venezuela. 9

¿Qué tanto influye la cultura en un estudio de Riesgos? 11

Glosario de primer orden. 13

## **CAPÍTULO II**

### **¿Cómo trabajar sin hipótesis conocidas?**

#### **II.- ¿Cómo trabajar sin hipótesis conocidas?** 15

Diversidad de fuentes de información 15

Compilando el material de apoyo. 15

¿Cómo lo organizamos? 16

## **CAPÍTULO III**

### **Consideración de “El Riesgo”**

#### **III.- Consideración de “*El Riesgo*”** 17

Posible aproximación al tema central. 17

Concepciones distintas, bases del diseño. 20

Raíz etimológica de la palabra Riesgo. 20

Creencias actuales, misma palabra, diversidad de acepciones. 20

Más ingenieros, menos sociólogos	22
Constructores del Riesgo.	22
Dilemas éticos en la profesión del Ingeniero Civil.	26
Reflexión del riesgo involucrado en el progreso	26

## **CAPÍTULO IV**

### **Riesgos Diferentes para cada Esfera de Acción**

<b>IV.- Riesgos Diferentes para cada Esfera de Acción.</b>	<b>28</b>
La Ingeniería, el Riesgo y la Real Academia Española.	28
Tolerabilidad de los Riesgos	34
Por considerar, las Normas, ¿significa que la estructura está completamente segura?	39

## **CAPÍTULO V**

### **La Incertidumbre en el Desempeño de Ingeniería Civil**

<b>V.-La Incertidumbre en el Desempeño de Ingeniería Civil</b>	<b>45</b>
Incorporación del pensamiento incierto en las Normas	45
¿El Factor de Seguridad contempla del todo la Incertidumbre?	47
A mayor conocimiento, mayor incertidumbre.	52
La Incertidumbre en la concepción de obras de ingeniería civil.	53
Algunos propuestas y avances normativos	53
Incetidumbre aleatoria e Incertidumbre epistemológica.	57
La Incertidumbre en las aulas de clase.	57

## **CAPÍTULO VI**

### **Valoración Científica del Riesgo y Propuestas para Análisis de Consecuencias**

<b>VI.- Valoración Científica del Riesgo y Propuestas para Análisis de Consecuencias</b>	<b>60</b>
Confiabilidad del sistema.	63
¿En la Lógica está la Clave?	64

Modelación estocástica, un salto al futuro desde el pasado.	67
La ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano	69
Simulación de Monte Carlo, herramienta de toma de decisiones.	75
Un análisis probabilístico subjetivo.	77

## **CAPÍTULO VII**

### **¿Es la casuística parte del aprendizaje considerado?**

<b>VII.- ¿Es la casuística parte del aprendizaje considerado?</b>	<b>80</b>
Nadie goza de ganancias infinitas. Todo tiene precio.	81
Una vida cuenta.	83
Consecuencias de la desatención.	88
¡A pesar de todo! Seguimos dudando en actuar.	89
Impacto de eventos naturales en Venezuela	92
¿Somos susceptibles a la amenaza?.	94
El problema no es la amenaza, sino la desatención.	97
Existen las herramientas, solo falta la disposición.	99

## **CAPÍTULO VIII**

### **La Sociedad, componentes y sus convivencias con el Riesgo**

<b>VIII.- La Sociedad, componentes y sus convivencias con el Riesgo</b>	<b>101</b>
La caracterización de la Sociedad enmarca distintos Riesgos.	102
La Prevención de Desastres en Venezuela.	107
Pobreza y Cultura, términos que deben ser considerados por los Ingenieros Civiles.	109
Ética profesional vs Política.	112
Sociedad en Riesgo.	113
Herramientas para alertar a las comunidades.	114
Diseño de Alertas Tempranas.	116
¿Una Sociedad Resiliente en Venezuela?	117
Sociedad Resiliente como Sistema Estructural.	119

Seres Humanos detrás del Desastre Natural. 122

**REFLEXIÓN FINAL 125**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 129**

**GLOSARIO 133**

**APÉNDICE A**

**Funciones Probabilísticas y Procesos Estocásticos**

**APÉNDICE B**

**Oferta Académica Estudios en Gestión Integral del Riesgo en Infraestructuras en el Hemisferio Latinoamericano.**

**APÉNDICE C**

**Programa de Maestría de Gestión Integral de Riesgo en Infraestructuras.**

**APÉNDICE D**

**Transcripción de Entrevistas y Conversaciones con Profesionales.**

## Índice de Figuras

<i>Figura 1:</i> Comparación entre las Curvas de Fragilidad para dos Sistemas Aporticados de Concreto Reforzado .....	8
<i>Figura 2:</i> Marco general de tolerancia del Riesgo en cuanto a los TDR .....	18
<i>Figura 3:</i> Criterios para la definición del riesgo aceptable. ....	34
<i>Figura 4:</i> Definición cuantitativa de la región ALARP .....	35
<i>Figura 5:</i> Riesgo por rotura de presa. Tomado de “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses .....	36
<i>Figura 6:</i> Criterios de tolerabilidad USACE, para presas existentes. ....	37
<i>Figura 7:</i> Criterio de tolerabilidad, para optimización de inversión. ....	38
<i>Figura 8:</i> Aceptabilidad del riesgo individual y social.....	39
<i>Figura 9:</i> Descripción de la seguridad en función del riesgo aceptable.....	40
<i>Figura 10:</i> Clasificación de fallas de acuerdo con su origen .....	42
<i>Figura 11:</i> Proceso GIR(Gestión Integral de Riesgo en infraestructuras). ....	44
<i>Figura 12 :</i> Taxonomía de la incertidumbre en el análisis de riesgos. ....	52
<i>Figura 13:</i> Descripción de la participación de la incertidumbre de los parámetros y del modelo en la descripción del comportamiento del sistema.....	53
<i>Figura 14:</i> Diagrama de Análisis de Riesgo.....	61
<i>Figura 15:</i> Ejemplo de diagrama de influencia. ....	65
<i>Figura 16:</i> Ejemplo de árbol.....	66
<i>Figura 17:</i> Ejemplo de árbol de fallo detallado.....	72
<i>Figura 18.</i> Riesgo por rotura de presa. ....	73
<i>Figura 19.</i> Riesgo por rotura de presa, expresado a través de un punto.....	74
<i>Figura 20.</i> Riesgo por rotura de presa, análisis de tolerabilidad. ....	75
<i>Figura 21:</i> Ejemplos de Funciones de Densidad Probabilidades Subjetivas.....	77
<i>Figura 22:</i> IDD y la pérdida máxima probable en 500 años (2008).....	82
<i>Figura 23:</i> IDD y la pérdida máxima probable en 100 años (2008).....	82
<i>Figura 24:</i> IDD y la pérdida máxima probable en 50 años (2008).....	83
<i>Figura 25:</i> IDL <sub>k</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007. ....	84
<i>Figura 26:</i> IDL <sub>A</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007 .....	84
<i>Figura 27:</i> IDL <sub>L</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007 .....	85
<i>Figura 28:</i> IDL (total agregado) para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007 .....	86
<i>Figura 29:</i> Tendencia de los desastres en período 1975-2005 .....	87
<i>Figura 30:</i> IVP por fragilidad socio-económica IVP <sub>FS</sub> .....	88
<i>Figura 31:</i> IVP por exposición y susceptibilidad IVP <sub>ES</sub> .....	88
<i>Figura 32:</i> IVP por falta de resiliencia IVP <sub>FR</sub> .....	89
<i>Figura 33:</i> IGR en identificación de riesgos IGR <sub>IR</sub> .....	90
<i>Figura 34:</i> IGR en reducción de riesgos IGR <sub>RR</sub> .....	90
<i>Figura 35:</i> IGR en manejo de desastres IGR <sub>MD</sub> .....	90
<i>Figura 36:</i> IGR en protección financiera y gobernabilidad IGR <sub>PF</sub> .....	91

*Figura 37: Porcentaje de distribución de registros a lo largo del territorio venezolano, por tipos de eventos desde 1990-2012.....92*

*Figura 38: Propuestas científicas para la consideración del Riesgo en el Desarrollo de Planes de Sustentabilidad .....103*

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1:</i> Valores del coeficiente $K_1$ .....	55
<i>Tabla 2:</i> Valor medio mínimo de diseño de la resistencia del concreto ( $F_{cr}$ ) según la Norma COVENIN-MINDUR 1753, versión 1985 .....	56
<i>Tabla 3:</i> Factor de mayoración de $\sigma_o$ .....	56
<i>Tabla 4:</i> Distribución de probabilidad recomendable en función de la máxima entropía .....	67
<i>Tabla 5:</i> Algunos símbolos de eventos primarios, auxiliares y representativos de tipos de puertas lógicas .....	71
<i>Tabla 6:</i> Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el número de fallecidos. ....	92
<i>Tabla 7:</i> Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el número total de personas afectadas .....	93
<i>Tabla 8:</i> Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el costo de daños económicos. ....	93
<i>Tabla 9:</i> Total de Hogares según entidad federal y Municipal, Censo 2001-2011 .....	94
<i>Tabla 10:</i> Total de Hogares Pobres según entidad federal y Municipal, Censo 2001-2011 .....	94
<i>Tabla 11:</i> Total de Hogares Pobres Extremos según entidad federal y Municipal, Censo 2001-2011 .....	95
<i>Tabla 12 :</i> Total de Hogares Pobres No Extremos según entidad federal y Municipal, Censo 2001-2011 . ....	95
<i>Tabla 13:</i> Total de Hogares No Pobres según entidad federal y Municipal, Censo 2001-2011 .....	95

## Agradecimientos

“Dios no manda cosas imposibles, sino que, al mandar lo que manda, te invita a hacer lo que puedas y pedir lo que no puedas y te ayuda para que puedas” (San Agustín). Durante la realización de este trabajo tuve que pedir ayuda varias veces para poder completar la meta final, la incertidumbre y el miedo muchas veces se apoderaron de mí pero Dios, que todo lo sabe, puso en mi camino gente valiosa que logró ayudarme y darme fuerzas para continuar. Su mandato fue claro, sabiendo mis virtudes y deficiencias introdujo en mis pensamientos la palabra “Riesgo” sin saber yo, el mundo con el cual me iba encontrar. Un mundo lleno de retos y sorpresas, es por ello que comienzo este agradecimiento nombrándolo, “con Dios todo sin Dios nada”, porque fue Él quien me ayudo a encontrar este reto y a lograr superarlo. ¡GRACIAS DIOS MIO!

Mi familia también tuvo una enorme influencia en mí, es gracias a Todos ellos que mi sueño está a punto de cumplirse, supieron cuando frenarme para que no me estrellara, cuando alentarme para que no me quedara atrás, y cuando alertarme para que no me desviara.

El agradecimiento hacia mis padres va más allá de las palabras, mi papá Antonio Carlos de Ascencao y mi mamá María Salomé de Goncalves con su ejemplo, amor, cariño y comprensión me alentaron en los momentos más difíciles, a ellos todo mi respeto y cariño. Esta tesis es suya, se las dedico porque representa el principio de mi vida profesional, que se la debo a ustedes. Mis hermanos no se quedan atrás, Carlos Elías Goncalves R. y Juan Antonio Goncalves R. con su apoyo, cariño y maneras para hacerme reír se convirtieron en mi vía de escape, a ellos mi eterno agradecimiento. Mi abuela Custodia Rodríguez también jugó un papel fundamental, con sus chucherías, relatos, amor y sabiduría, me dio fuerzas para continuar mi tarea, a ella mil veces gracias. De igual forma, mis agradecimientos a Jimmy Nunes, quien a lo largo de todo este proceso supo escucharme, alentarme, darme fuerzas y entenderme, logró hacerme ver que las cosas iban bien a pesar de las dificultades.

Además le debo un profundo y eterno agradecimiento a mi tutor y padrino, el Ing. Ricardo Rivas, que con su ejemplo, apoyo y enseñanzas me llevó de la mano en toda la elaboración del Trabajo Especial de Grado. Supo despertar en mí un interés por las artes de la ingeniería que no conocía, convirtiéndose así en mi mano derecha, A él, GRACIAS por haber aceptado esta aventura conmigo y haberme ayudado a seguir adelante.

De igual forma, mis más sinceros agradecimientos a todos los profesionales que aportaron conocimientos, experiencias, ideas, comentarios y relatos para la elaboración del presente trabajo, profesores como: José Grases, Roberto Centeno, Mario Paparoni, Arnaldo Gutiérrez, María Barreiro, María Viana, Ángel Rangel, Adelmo Sandoval, Luis Gutiérrez, José Miguel Divassón, Carlos Griffin, Ignacio Escuder, Sara Perales y Patricia Pereira, a todos ellos, gracias.

Por último, a mis amistades, sin ellos la tarea hubiese sido aún más difícil, gracias a todos por estar conmigo en esos momentos de locura, ansiedad, y presión. Manuel Petit, Raymond Baladí, Alice Murillo, Daniel García, Dany Ramírez, Freddy Díaz, Claudio Del Pino, William Zambrano, Marhec Lira, Isabella Arellano y finalmente a mi fiel compañera y amiga de toda la vida Claudia Mena, a todos gracias.

# INTRODUCCIÓN

Friedrich Wilhelm Nietzsche<sup>1</sup>, filósofo y filólogo alemán, considerado uno de los pensadores modernos más influyentes del siglo XIX dijo “*Nuestro destino ejerce su influencia sobre nosotros incluso cuando todavía no hemos aprendido su naturaleza; nuestro futuro dicta las leyes de nuestra actualidad*”. El deseo de la humanidad por predecir el futuro y así anteponerse ante una consecuencia negativa, ha estado enmarcado desde sus comienzos. La naturaleza incierta de muchas de las variables influyentes en la toma de decisiones no había sido tomada en cuenta a pesar de estar conscientes de que existían, pero sencillamente por falta de conocimientos o herramientas, el destino se convertía en el controlador del presente.

Los ingenieros civiles se han catalogado como personas conscientes capaces de visualizar el futuro para proteger el presente. Quizás la incertidumbre desde sus comienzos, ha sido considerada en la toma de decisiones relacionada con la construcción de estructuras más seguras. Eso podría ayudar a comprender a los ingenieros actuales, la fuerza creadora detrás de eventos considerados como “espectaculares”, como por ejemplo, las pirámides egipcias en el 2.686 (a.c.) que hoy día, todavía sean dignas de admiración.

Sin embargo, a pesar de todas las herramientas y conocimientos, en el Mundo actual los desastres naturales cada día son más notorios con afectaciones importantes sobre las infraestructuras, la sociedad y hasta sobre la misma Academia<sup>2</sup>, sufriendo consecuencias negativas que, quizás, pudieran haber sido ser mitigadas.

Una combinación de observaciones y análisis más precisos de la *naturaleza incierta* del Ambiente y de la activación de Amenazas Naturales, apoyados en los avances de la ciencia, podría ser una postura ingenieril más apropiada para nuestros días. La aparición de términos como *Ingeniería Forense* y *Estudios de Sitio*, dan cuenta de cambios en el paradigma de las responsabilidades de los ingenieros civiles. La consideración para el aseguramiento y calidad en las actuaciones de los Ingenieros, guiados solamente por alcances contenidos en Guías o Normas, podrían estar sustentados de manera incompleta.

El presente trabajo, organizado por partes y elaborado a manera de monografía de investigación, es decir, irá agrupando información de distintas fuentes bibliográficas, informativas, vivenciales, etc., para así presentar aspectos que se han evaluado como *relevantes* a considerar en el desempeño ingeniería de nuestros tiempos.

---

<sup>1</sup> Friedrich Nietzsche (1844-1900) realizó una crítica exhaustiva de la cultura, la religión y la filosofía occidental. Meditó sobre las consecuencias del triunfo, de como la razón humana combate la ignorancia. Expuso la tesis del *Übermensch* (traducido como Superhombre) que se refiere a su poder creador.

<sup>2</sup> Academia: del latín *academia*, y del griego *Ακαδημία* –*Akademía*, es un término que identifica a muy diferentes instituciones culturales y educativas. El DRAE la define como sociedad científica, literaria o artística establecida con autoridad pública.

La palabra *Riesgo* y su significación serán el punto de partida, y cómo la misma se relaciona frente a los eventos naturales relacionados con Amenazas<sup>3</sup>. Luego dentro de la valoración *Riesgo*, se enfrentan dos esferas que debemos conciliar, una científica y otra de componentes sociales, supeditados por la cultura de organizaciones de distintas índoles, las cuales poseen distintas percepciones del Riesgo. Se presentan a su vez aspectos para la discusión fundamental con el fin ulterior de motivar una concepción u aceptación del *Riesgo Verdadero o Más Probable* y así aproximarse a las llamadas *Alertas Tempranas* con la finalidad de identificar la sociedad ideal o *Sociedad Resiliente*<sup>4</sup>.

El perfil del Ingeniero Civil moderno apunta cada vez más a su participación hacia una sociedad más sustentable y de mejor calidad de vida. En su rol tradicional de planificador, proyectista, constructor, operador de infraestructuras y académico se introduce ahora, la necesidad de formar individuos que puedan actuar como Gestores del Riesgo. (Rivas, Grases, et al. 2010)

Adicionalmente esto es refrendado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE).

*“El Ingeniero Civil está involucrado con la sociedad para crear un mundo sostenible y mejorar la calidad global de vida; los ingenieros civiles se desempeñan con maestría, en forma competente, colaborativa y éticamente: (a) como planificadores, diseñadores, constructores y operadores de infraestructura; (b) conductores responsables del medio ambiente natural y sus recursos; (c) innovadores e integradores de ideas y tecnologías en los campos públicos, privados y académicos; (d) **Gestores para el riesgo e incertidumbre provocados por eventos naturales, accidentes y otras causas**; y (e) líderes en las discusiones y decisiones de las políticas públicas ambientales y de infraestructura”.*(ASCE,2006)

Por ello, el marco legal en muchos países, establece carácter vinculante a la realización de estudios que regulen la Gestión Integral de Riesgos (GIR) en proyectos financiados por organismos multilaterales. Preocupados por esta situación, la disponibilidad de herramientas de GIR cobra especial interés particularmente en grandes urbes de nuestro Sub continente, con crecientes niveles de vulnerabilidad. La evaluación e implantación de medidas de reducción de riesgos son urgentes para mitigar los efectos de las amenazas naturales o antrópicas, a menudo agravado por la falta de planificación o de recursos en comunidades de nuestra región.

Tal es el caso de la actual “Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos”, Gaceta Oficial N° 39.095 del 09 de Enero de 2009, de la República Bolivariana de Venezuela , la cual tiene por objetivo conformar y regular la gestión

---

<sup>3</sup> Los fenómenos de la naturaleza no constituyen amenazas por sí mismo. Fenómenos de ocurrencia esporádica, como las inundaciones, no serían una amenaza sino fuera por la ocupación por parte del hombre de áreas inundables, así como los temblores de tierra no pueden considerarse destructores en áreas deshabitada (GRASES,J. (1994). *Venezuela, Amenazas naturales: Terremotos, maremotos y huracanes*, pp. 5-6.

<sup>4</sup> Sociedad organizada, capaz de actuar antes durante y luego de un evento.

integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional, hacia la armonía y ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal, en materia de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.

De tal manera, en la primera parte de este trabajo se presentan las dos esferas influyentes en la aceptación del Riesgo. Es decir, a la sociedad en sí y a la comunidad científica con sus logros, avances y aspectos que se deban resaltar. En principio el riesgo será analizado de manera general, siempre advirtiendo que es una palabra de muchas connotaciones y por lo tanto, difícil de enmarcar en un solo aspecto; la convolución entre la vulnerabilidad y la amenaza será los puntos de partida y el análisis de la sociedad venezolana se enmarcará a manera de reflexión. Venezuela hoy en día podría ser catalogada como *un país de vulnerabilidades*, con una diversidad socioeconómica notable que muchas veces aporta impresiones de constituirse en *varias venezuelas*, concentradas en una sola región geográfica y geopolítica.

Luego de presentada la importancia de conocer cada esfera de *Visiones del Riesgo*, se procede a precisar objetivos, alcance y limitaciones del trabajo, conjuntamente con la documentación del por qué los ingenieros civiles deben ser “gestores de riesgo”, constituyendo así la Parte Segunda de este trabajo. A este punto, se visualizará la brecha actual entre el “riesgo evaluado y el percibido por la sociedad”, pero puntualizando que existen metodologías para disminuir esa brecha y que es a través del lenguaje; la información oportuna y la valoración adecuada de los estudios respectivos, que nos aproximamos al encuentro de esas dos *Visiones del Riesgo*.

La presente monografía abarca distintas áreas del conocimiento, la falta de hipótesis abre un campo de discusión para los profesionales debido a la importancia y amplitud del tema, donde las notas a pie de página aclaran y profundizan puntos importantes enmarcados durante el trabajo. En el Capítulo II estos campos de conocimientos son explicados y profundizados. El conocimiento incierto a su vez abre senderos a las distintas visiones del riesgo para llegar así, a acuerdos entre los profesionales.

La palabra riesgo a lo largo de la lectura va a ir surgiendo como una necesidad de análisis y de introducción a la academia y a la sociedad, es por ello que en el Capítulo IV se analizará la palabra *Riesgo*, en diversos aspectos, presentando varias maneras o metodologías para interpretarla. La tolerabilidad del mismo, será primordial para realizar estudios de mitigación y control. La parte ingenieril será fundamental, ya que se señala cómo los ingenieros perciben el riesgo, cuáles son sus avances y planteamientos en función de la seguridad y el resguardo de los bienes y vidas humanas. A lo largo de este Parte del Trabajo, se muestra como el riesgo está profundamente vinculado con la palabra incertidumbre y a la poca certeza.

Es por ello, que el capítulo V o Quinta Parte, se plantea como principio fundamental de la ingeniería, la *Incertidumbre*. Aquí se ratifica la importancia de incluirla y cómo se relaciona, bien sea con factores de seguridad, con márgenes de seguridad y con probabilidades. En este capítulo surge como Valor de la investigación

testimonios de destacados ingenieros relacionados con esta temática en Venezuela, Colombia y USA.

Para el capítulo VI, una vez considerada adecuadamente la importancia de la *incertidumbre* se presentan distintos estudios y valoraciones académicas referentes al riesgo. De igual forma, se señalan los avances más importantes y cómo son planteados en los estudios de riesgo. La valoración del riesgo es fundamental para visualizar las posibles consecuencias negativas a futuro y en función de eso trabajar en el presente. Hasta este momento el lector se verá involucrado con una serie de cálculos y propuestas enlazadas a la parte probabilística, todo visto desde una perspectiva ingenieril.

Ahora bien, para entender el propósito y posibles consecuencias de estos números, metodologías y algoritmos, se muestran las consecuencias de NO analizar lo que en las estimaciones fundamentadas en estudios precisos, pareciera estar considerado, analizado y concluido. Por ello, el capítulo VII, muestra las consecuencias de no valorar el riesgo en su justa medida, cuáles serían sus impactos sobre la caracterización de las posibles respuestas del sistema (vulnerabilidades). Es importante mencionar en este aspecto, que actualmente existe gran preocupación por la cantidad de desastres que a nivel mundial están ocurriendo, y su repercusión en torno a pérdidas humanas, económicas y sociales que se está registrando, pero por otro lado, lo poco que se estaría realizando como respuestas al respecto. En este sentido el Banco Mundial<sup>5</sup>(BM) en su artículo “Confusiones, Complacencia” señala lo siguiente en torno a este tema, tan preocupante:

*Aun en las personas que consideran que el cambio climático es una prioridad, la falta de comprensión del proceso de saldos y flujos favorece los enfoques que implican “esperar a ver qué pasa”, lo que limita la presión pública y la voluntad política para adoptar medidas activas que procuren estabilizar el clima. Estas percepciones erróneas pueden corregirse mediante estrategias de comunicación en las que se empleen analogías (...)* (Sternman y Sweeney, 2007; Moxnes y Saysel, 2009, BM.)

El Capítulo VII entonces, se refiere a la *casuística* y su importancia fundamental para el abordaje multidisciplinar de las consideraciones del Riesgo.

Por último el Capítulo VIII, confluyen todos los planteamientos científicos para considerar cuál sería la percepción en la cual se enmarca la Sociedad, *¿Cómo actúa la misma?* y *¿Cuál es la repercusión del ingeniero civil, como participante, o como líder en una comunidad, qué aspectos debería conocer?* Esto con el fin de transmitir un lenguaje sencillo a la comunidad, que todos los planteamientos comentados en los capítulos anteriores logren su finalidad de una manera eficaz. Es decir, pasar todos esos conocimientos científicos a palabras sencillas para poder abarcar el tema de alertas tempranas. El tema cultural, la pobreza<sup>6</sup> y la situación particular actual del país, son de

---

<sup>5</sup> Banco Mundial (BM), es uno de los organismos especializados de las Naciones Unidas. Su propósito fundamental es ayudar a reducir la pobreza y funciona como una cooperativa integrada por 187 países miembros, fundado el 27 de Diciembre de 1945.

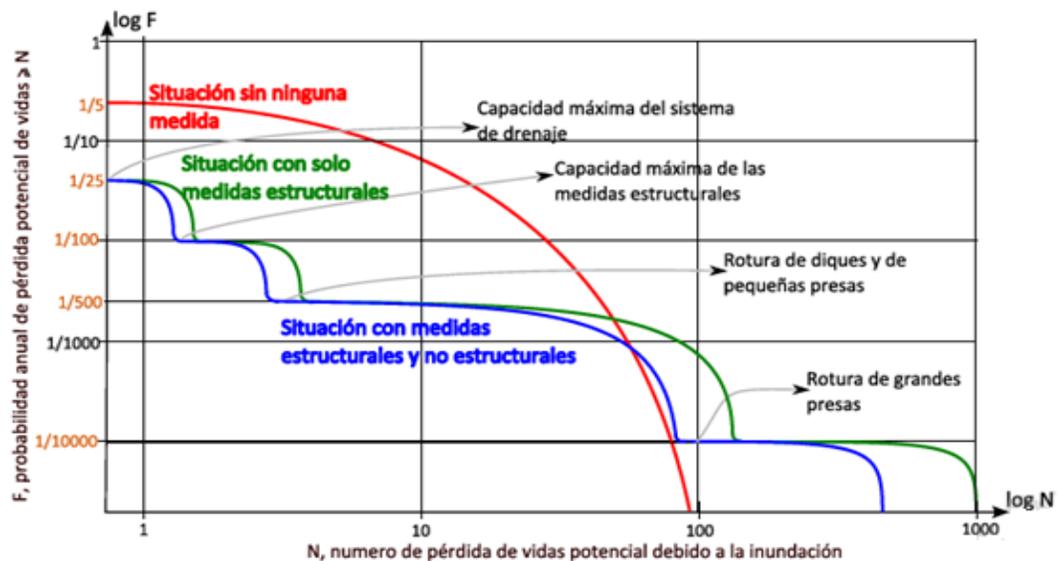
<sup>6</sup> Pobreza: forma de vida con dificultad de acceso o carencia de los recursos para satisfacer las necesidades básicas humanas.

suma importancia en este aspecto y serán reflejados en este capítulo donde el ingeniero concientiza, que para lograr sus objetivos debe conocer y participar en propuestas concretas o como líder de comunidades o sociedades, todo esto con el fin de plantear las características de una sociedad más activa o presentando las bases para la constitución de UNA Sociedad Resiliente.

Pareciera entonces, que el motivo transversal en todos los capítulos, es considerar y evaluar si estamos en la capacidad de desarrollar herramientas para la toma de decisiones, en función de disminuir eventos de consecuencias catastróficas. El reto sería identificar protagonistas para la acción (Sociedad Resiliente) que permitan las propuestas para el inicio de gestiones concretas para mitigar daños (Alertas Tempranas).

La tarea de evaluación de riesgo, una vez analizado y cuantificado en los términos establecidos en las áreas de conocimiento anteriores, consiste en la comparación de los valores estimados con recomendaciones y estándares de tolerabilidad.

Un ejemplo se puede observar en los sistemas de evaluación del riesgo de inundación mediante la utilización de curvas F-N<sup>7</sup> como herramienta para caracterizar el “riesgo de inundación en zonas urbanas de una forma completa y cuantitativa, asistiendo a la gestión y planificación de entes de gobernanza, frente al riesgo de inundación”. En la siguiente gráfica se representa un ejemplo de curva F-N para tres escenarios de estudio (situación sin medidas; con solo medidas estructurales y el escenario con medidas estructurales y no estructurales) para un caso de estudio hipotético.



Efecto de Medidas Estructurales y No Estructurales en una Curva F-N, Riesgo Sociales. (Gráfico desarrollado específicamente para la tecnología SUFRI<sup>8</sup>) Infografía para la toma de decisiones de una entidad de gobierno

<sup>7</sup> Las curvas FN son una representación gráfica de la probabilidad de que sucedan eventos que causen efectos indeseados a una determinada población.

<sup>8</sup> SUFRI, Strategies of Urban Flood Risk Management. Universidad Politécnica de Valencia. I. Escuder Bueno, A, Morales Torres, J. Castillo Rodríguez, S. Perales Momparler. Diciembre 2010. El proyecto

De alguna manera la tarea de este trabajo estaría planteada, en cómo transformar las *conclusiones* que se puedan inferir de una *gráfica* como la señalada, y convertirla en un *energético silbato que pueda salvar vidas*.

---

SUFRI se ha centrado en la investigación de nuevos sistemas de aviso y desarrollo de nuevas metodologías de análisis y comunicación del riesgo, con el objetivo de mejorar la gestión del riesgo de inundación en zonas urbanas.

## I.- Convenios en los Fundamentos Conceptuales

“Gustaba, sobre todo de las matemáticas por la certeza y evidencia de sus razones; pero aún no conocía su verdadero uso, y al pensar que sólo servían para las artes mecánicas, me extrañaba que, siendo sus cimientos tan firmes y sólidos, no se hubiese construido sobre ellos nada más elevado”. Descartes, Rene.<sup>9</sup> (1596-1650).

La ocurrencia de un evento para muchos puede significar sufrimiento, angustia, miedo. Sin embargo, cuando se analiza en detalle la situación ocurrida se llega a la conclusión de que es solo un evento natural, que antes de intentar hacer daño, sólo representa la continuación del ciclo natural de la vida. En este trabajo se presentarán, entre otras cosas, una manera organizada de analizar el **Riesgo**, una propuesta para incorporar la **Incertidumbre** en los proyectos de ingeniería civil y de intentar transmitir que esta labor, no es solo de los profesionales o de los entes responsables, sino de todas y cada una de las personas que desean un **Desarrollo Sostenible**. La participación ciudadana es fundamental, pero el trabajo científico será la base de una pirámide que se llamará **Resiliencia**, para ello los conocimientos en torno a **probabilidades, metodologías, simulaciones y análisis de valoración**, para la estimación de ocurrencia de eventos deberán estar presentes en torno a toda esta disciplina.

El riesgo como se verá en los capítulos subsiguientes, puede ser definido de distintas formas. Sin embargo, cada una de las maneras de representarlo se fundamentan en la concomitancia de la **Amenaza** y la **Vulnerabilidad**. Para comprender el riesgo primero hay que estudiar una serie de aspectos que van desde lo social hasta lo científico, lo importante en todo este proceso de aprendizaje, es mantener lenguajes aptos que sean del control y entendimiento de todas las partes involucradas, llámese comunidades, gobiernos, municipios, científicos, etc. Todos y cada uno cumplen un rol importante, y es el lenguaje preciso en lo interdisciplinar, la *clave* para poder plantear soluciones a la problemática existente.

Los ingenieros ante la grave situación presente hoy en día en relación a los desastres, utilizando su ingenio y la ayuda de la ciencia, han involucrado una serie de variables dentro de los estudios referentes a riesgos, que pudieran ser las causantes de las consecuencias negativas. “Vulnerabilidad” y “amenaza” dejaron de ser analizados como *conceptos no relacionados* y empezaron a ser estudiados desde el punto de vista de sus efectos por acciones combinadas, incluyendo las caracterizaciones correspondientes con sus valoraciones probabilísticas adecuadas.

---

<sup>9</sup> (Descartes René, “*Discurso del Método para Dirigir Bien la Razón y Buscar la Verdad en las Ciencias*”, ARENAS, L. Ed.) . René Descartes filósofo, matemático y físico francés. Fundó el álgebra moderna, impuso una nueva notación que se sigue empleando actualmente, inventó las coordenadas algebraicas, creando así la geometría analítica, (llamada en su honor “geometría cartesiana”) . También presentó una teoría general de las ecuaciones.

En principio es importante mencionar que a lo largo de los años, el conocimiento de los expertos y sus perspectivas se han convertido en las herramientas de muchos. Este conocimiento nunca puede ser desconsiderado, todo lo contrario, debe integrarse a cualquier gestión de riesgo, por las limitaciones que pudieran existir en los datos iniciales para las estimaciones y cálculos relativos de vulnerabilidades y amenazas.

### **Estudios Fundamentales para predecir el comportamiento del sistema.**

La teoría de las probabilidades y la estadística, requieren del conocimiento de conceptos matemáticos, como por ejemplo, los *axiomas derivados de probabilidad*, que representan las condiciones mínimas que deben verificarse para que una función definida sobre un conjunto de sucesos, determine consistentemente sus probabilidades. De igual forma, el conocimiento de las *variables aleatorias* como fundamento estadístico, cuyos valores se obtienen de mediciones en algún tipo de experimento aleatorio.

En muchos casos es importante analizar en forma conjunta dos o más variables aleatorias, es decir, puede interesar conocer las probabilidades de que las variables tomen conjuntamente determinados valores, o la forma en que dos o más variables se relacionen, para ello se utilizan las *variables distribuidas conjuntamente*. Sin embargo, si se requiere derivar la distribución de probabilidad de una función, de una o más variables aleatorias, se recurre al método de *transformación de variables aleatorias*. De igual forma, los *momentos de una variable aleatoria*, consisten en obtener los valores esperados de X hasta el orden r, donde X es la variable aleatoria y r, el r-ésimo momento.

Los *momentos de funciones con distribución de probabilidad conjunta*, son procedimientos matemáticos útiles para hallar las distribuciones de probabilidad y otras propiedades de las variables aleatorias. Por su parte, la *distribución normal bivariada*, tiene muchas propiedades importantes estadísticas y otras matemáticas, y es representada en forma matricial.

De igual forma los **análisis de confiabilidad** contra el tiempo, entendiendo confiabilidad como la probabilidad de que el sistema resista ante la convolución<sup>10</sup> de la amenaza y la vulnerabilidad durante un periodo de tiempo, son fundamentales para cualquier estudio de riesgo.

Muchos conceptos básicos son clave para el análisis de riesgo, algunos ya han sido mencionados anteriormente, otros a considerar son: (a) Distribuciones probabilísticas de valores extremos, (b) Histogramas de frecuencias, (c) Funciones de frecuencia y de

---

<sup>10</sup> Convolución: concepto matemático que se refiere a concomitancia y mutuo condicionamiento de la amenaza y la vulnerabilidad. (Cardona, O.D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. *Una crítica y una revisión necesaria para la gestión*. Artículo y Ponencia para International Work-Conference On Vulnerability in Disaster Theory and Practice, Holanda)

probabilidad, (d) Funciones de densidad y funciones de distribución, (e) Teorema del límite central, (f) Parámetros estadísticos, (g) Distribuciones de probabilidades de variables continuas, uniforme, exponencial, lognormal, gamma y beta.

Todas estas herramientas están contempladas en el *Apéndice de Valor de Funciones Probabilísticas y Procesos Estocásticos*.

Es importante destacar lo siguiente, toda gestión de riesgo enmarca el estudio de distintas variables relacionadas con las amenazas, y con el sistema que está expuesto. Cada una de ellas presenta un nivel de incertidumbre, que puede ser muy alto, mediano o bajo. Cuando una variable dependa de otra, se habla de variables estocásticas o aleatorias, puede depender por ejemplo del tiempo, pero cuando la variable adquiere un valor, en una determinada ocasión, sin estar conectada a otra, se refiere a variables probabilísticas.

El problema que se presenta, entonces, es determinar el tipo de variable que se estaría midiendo (Capítulo VI) ya que podría ser del tipo continuo o discreto. Las variables continuas miden situaciones en un intervalo de variación, mínimo y máximo; por su parte las variables discretas son aquellas que toman valores puntuales, por ejemplo, *número de defectos*, *número de artículos malos*, etc. Para los procesos estocásticos, el estudio demanda más información, y aporta mayores resultados, ya que, no solo se debe determinar el *tipo* de variable, sino modelar cómo la misma *cambia* en el tiempo y espacio y si tienen o no *relaciones entre ellas* (si son independientes o no).

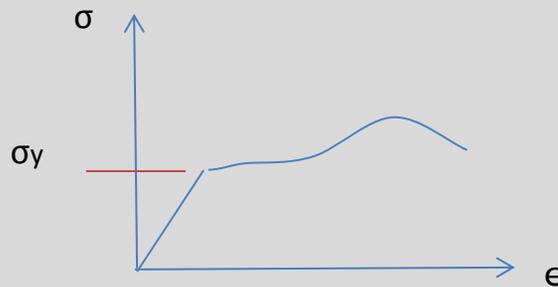
Matemáticamente un proceso estocástico es una sucesión de variables aleatorias, si esa sucesión, el índice de esa sucesión, es finito entonces se llama “proceso estocástico discreto”. Ejemplo:  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ . En cambio, si el parámetro de variación es continuo con el tiempo, es decir,  $X_{1,8}; X_{1,85} \dots X_{n,w}$  resultaría un poco más complejo su análisis, porque varía en un intervalo. Este tipo de estudios son fundamentales para predecir el comportamiento del sistema<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Steiner (París, 23 de abril de 1929), conocido como George Steiner, es un profesor, crítico y teórico de la literatura y de la cultura, y escritor. Es profesor emérito del Churchill College de la Universidad de Cambridge (desde 1961) y del St Anne's College de la Universidad de Oxford. Señala como hechos eminentes de nuestro tiempo la preocupación por la naturaleza y la ecología, y el prodigio de desarrollo de las ciencias –la matemática y las ciencias naturales principalmente – que han ido revelando dimensiones insospechadas de la vida humana, del mundo natural, del espacio, y creando técnicas capaces de alterar y manipular el cerebro y la conducta humana. (Steiner, 2006). La parte más polémica del ensayo de Steiner sostiene que la cultura posmoderna exige del hombre culto un conocimiento básico de las matemáticas. (Llosa, V. 2012, p.22)

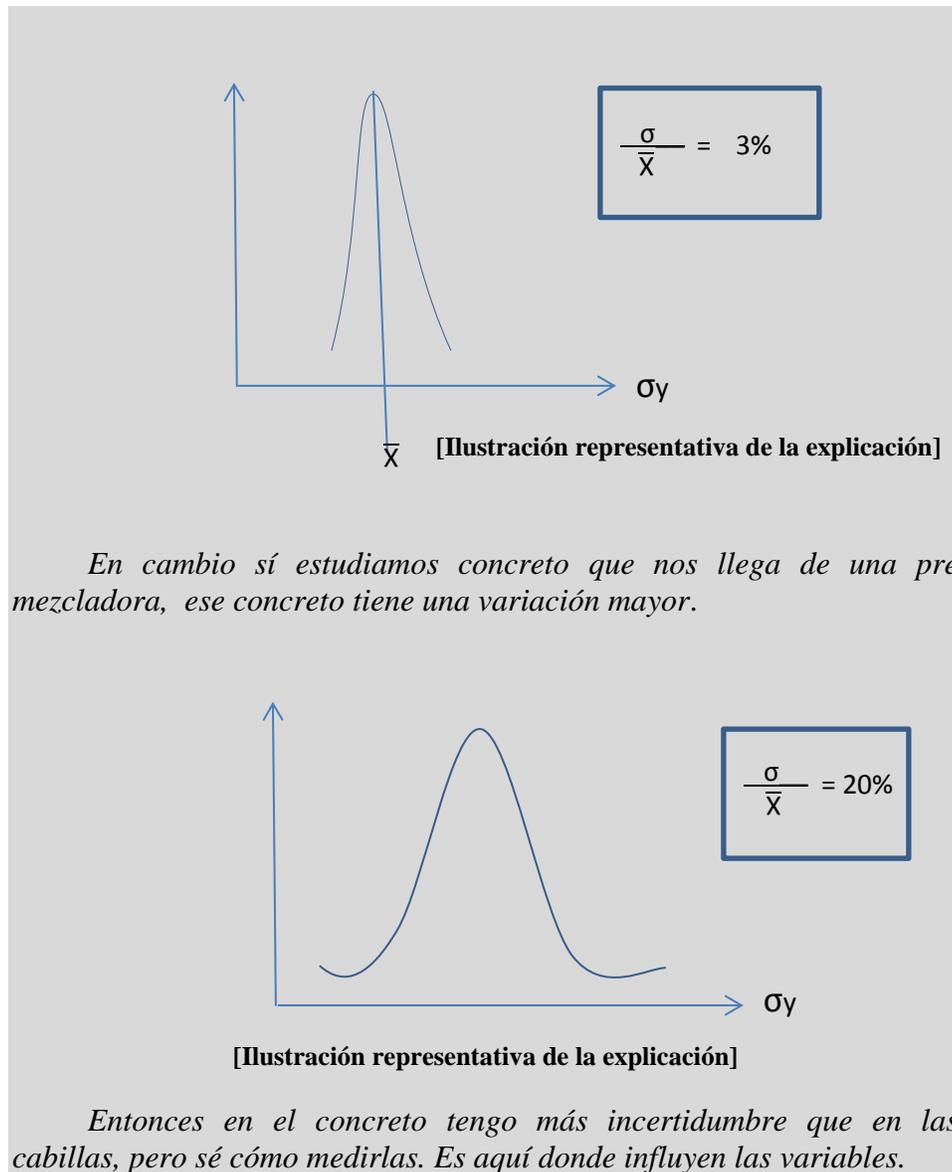
Por ejemplo José Grases<sup>12</sup> señala lo siguiente: (comunicación personal, Marzo 13, 2013)

*Para el caso de las variables probabilísticas y estocásticas, es más complejo, ya que hay variables que tiene una alta incertidumbre y hay otras, que tienen poca incertidumbre. Lo más sencillo es, sí nosotros tomamos un lote de cabillas y nos encontramos que el diagrama promedio de esas cabillas es este:*



*Si ensayo 100 cabillas y analizamos lo que se llama el esfuerzo cedente contra función de densidad de probabilidades, la variación va a ser muy pequeña su desviación estándar va a ser muy pequeña.*

<sup>12</sup> José Grases: Ingeniero Civil, opción Estructuras, Universidad Central de Venezuela (UCV) 1959, con pasantía en *Technische Hochschule München*, 1960-1961 y Doctorado en Ciencias de la Universidad Central de Venezuela en 1974, institución donde ejerció la docencia en la Facultad de Ingeniería hasta alcanzar la categoría de Titular. Grases ha sido Profesor visitante de la Universidad Metropolitana (Venezuela); *Imperial College, London University* (Inglaterra); y la Politécnica de Barcelona, (España). Además ha sido coordinador y docente de cursos de ingeniería Sísmica UNESCO-RELACIS (1990-1997) en Guatemala, República Dominicana, Panamá, Jamaica, El Salvador, Trinidad y Ecuador. Coordinador y miembro de la Comisión ponente de las nuevas Normas para el diseño de edificaciones sismorresistentes (COVENIN - MINDUR: 1982; 2001) Coordinador del Proyecto CONICIT para la actualización de la nueva Norma para el Diseño de Edificaciones de Concreto Armado (COVENIN 1753-2003). Director del International Association for Earthquake Engineering (IAEE, Tokyo), 1977-1981. Executive Vice-president (1992-1996); reelecto (1996-2000). - Individuo de número de la Academia de Ciencias, Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas (1988-). Miembro fundador de la Academia Nacional de La Ingeniería y el Hábitat, Caracas (1998- ). Miembro de la Comisión de Normas MINDUR-COVENIN, 1981-1999. Presidente de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Sísmica (SOCVIS). (1985-2003). Presidente de la Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica (RELACIS) (1989- )



Por su parte Roberto Centeno<sup>13</sup> expone como ejemplo lo siguiente: (Comunicación personal, 18 de Marzo de 2013):

<sup>13</sup> Roberto Centeno: Ingeniero Civil U.C.A.B. (1958). Alumno Fundador de U.C.A.B. Matemática U.C.V. (1967 -1969) Geotecnia Vial, Geomorfología Vial, Riesgos Geológicos, Siniestro de Obras Civiles, Instrumentación Geotécnica y Estructural, Fundaciones de Estructuras, Estabilización de Laderas, Gerencia de Proyectos e Inspección. Secretario del Dr. Meyerhoff en la mesa de discusión de trabajos presentados al V Seminario de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones celebrado en Caracas y auspiciado por UCAB en el año 1977. Relator General de la Mesa de Trabajo sobre Métodos de Análisis de Interacción Suelo Estructura del VIII Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, celebrado en Cartagena Colombia, 1987. Presidente (Chairman) de la Sesión 22 del décimo segundo Congreso Internacional de Mecánica de los Suelos e Ingeniería de Fundaciones, celebrado en Rio de Janeiro Brasil, 1989.

*Las variables estocásticas, son aquellas variables que se miden en función del momento, del tiempo. Entonces, sí a mí me va creciendo la solicitud y yo no tengo método estadístico de poder decir, esta solicitud va a llegar hasta “cierto valor”, entonces yo no sé cómo se va a comportar el sistema, tengo una incertidumbre muy grande porque no he podido evaluar hasta dónde va a crecer la solicitud. Esto se da mucho en el aumento del tráfico pesado, porque no hay control de cargas. Por ejemplo, en el aumento notable del tamaño de la familia que en un apartamento viven diez personas, en vez de cuatro y son solicitudes que por necesidad, van aumentando, pero con el uso de la estadística y con la interpretación física de las mismas, es posible que tengamos en cuenta ese aumento de la solicitud, en función del tiempo o del momento de medición, como por ejemplo, podría ser la resistencia de los suelos tomando en invierno o tomando en verano.*

Los dos ejemplos anteriores, demuestran que dependiendo de las variables influyentes en el estudio, la incertidumbre puede ser mayor o menor. Sin embargo, se ven obligados los ingenieros civiles a actuar, a través del uso de la estadística y de la interpretación física.

La estimación de consecuencias negativas se caracteriza con la **Probabilidad de Falla**, la cual está vinculada con la **Confiabilidad**. El término confiabilidad está relacionado con una medida del estado de un sistema, en cuanto a la posibilidad de cumplir su función.

María Barreiro<sup>14</sup> menciona lo siguiente con respecto a este término (comunicación personal, 18 de Marzo de 2013):

*Confiabilidad es [un factor] dedicado específicamente a la estructura que vamos a diseñar, porque actualmente con los factores que se tienen, son factores generales para cualquier tipo de estructura y la norma no puede cubrir casos específicos, entonces los mismos factores de reducción y mayoración no me van a dar la misma probabilidad de falla en una estructura que en otra. El futuro es trabajar ya con “confiabilidad”.*

Pareciera entonces que la confiabilidad abarca mejor los conocimientos del ingeniero, ya que requiere del estudio y análisis de la estructura de una manera profunda y detallada. La consideración de la Norma en cualquier proyecto es fundamental, sin embargo, no puede cubrir casos específicos lo que la convierte en un material de apoyo para continuar los análisis de la estructura en estudio.

De igual forma María Barreiro aborda el tema en el capítulo VII titulado “Cambios de Normas Sísmicas y confiabilidad estructural” en el libro de J. Grases “Ingeniería Forense y Estudios de Sitio Guía para la Prevención de Gestión de Riesgos”:

<sup>14</sup> María Barreiro: Ingeniero Civil. Especialista en Sistemas de Información. Profesora Asociada en la UCAB. Directora de Postgrado de Ingeniería Estructural, UCAB.

*Los conceptos de la teoría de confiabilidad son usados en realidad para cuantificar la probabilidad de falla de la estructura en un lapso de tiempo determinado. El objetivo del diseño, basado en criterios de confiabilidad, es tomar en cuenta la incertidumbre de las variables involucradas y dimensionar los miembros usando los principios de la teoría de las probabilidades; se acepta así un riesgo de falla en su respuesta, el cual se limita a valores suficientemente pequeños. (Barreiro, 2006).*

### **Confiabilidad y Resiliencia Estructural.**

El término confiabilidad es mencionado con mayor profundidad en el capítulo VI, debido a la importancia que el mismo tiene. Por otro lado, modernamente, los métodos probabilísticos se han convertido en una herramienta importante, pero una de las cosas más importantes de definir es el ***Diseño Por Desempeño***, es decir, *¿Cuál es el comportamiento esperado del sistema, según la jerarquización de uso?* Naturalmente si es un hospital la estructura debe quedar intacta, una estación de policía o de bomberos puede tener grietas, pero no puede colapsar.

El diseño por desempeño está caracterizado por las ***Curvas De Fragilidad***, las cuales se construyen a partir de cálculos de probabilidades de excedencia para distintas aceleraciones máximas del terreno y para diferentes estados límites. Arnaldo Gutiérrez<sup>15</sup> se refiere a esto de la siguiente forma (Comunicación personal, 21 de Marzo de 2013):

*Existe el término resiliencia que es recuperar el sistema a su operatividad lo antes posible, pero ahorita mientras tanto con la filosofía que tenemos, nos estamos manejando con los estados límite. Esta es la única prueba que tenemos de que estamos haciendo las cosas más o menos bien, porque, ¿cómo yo me planteo la pregunta y me doy la respuesta?, tengo que tener un mecanismo que me diga si lo estoy haciendo bien o no.*

Arnaldo Gutiérrez, en su comunicación personal, pareciera estar invitando a los ingenieros a trabajar con el término “resiliencia”, sin embargo, y debido a los avances en el tema, explica que hoy en día se trabaja con los estados límites ya que parecieran ser la única forma de comprobación del trabajo realizado.

Un ejemplo de las curvas de fragilidad es presentado en la figura 1. En la misma se realiza una comparación entre las Curvas de Fragilidad para dos sistemas apertados de Concreto Reforzado, con Detalles de Armado según la Norma MOP 1955 y la Norma

<sup>15</sup> Arnaldo Gutiérrez: Co-autor de la Norma COVENIN 2003:1986 Acciones del Viento sobre las Construcciones. Profesor de las Universidades Católica Andrés Bello, Central de Venezuela y Centro Occidental Alvarado; Venezuela

COVENIN 2006. Se ilustra también el Desempeño de una Edificación hecha a Base de Grandes Paneles de Concreto Reforzado con Uniones Insuficientemente Reforzadas.

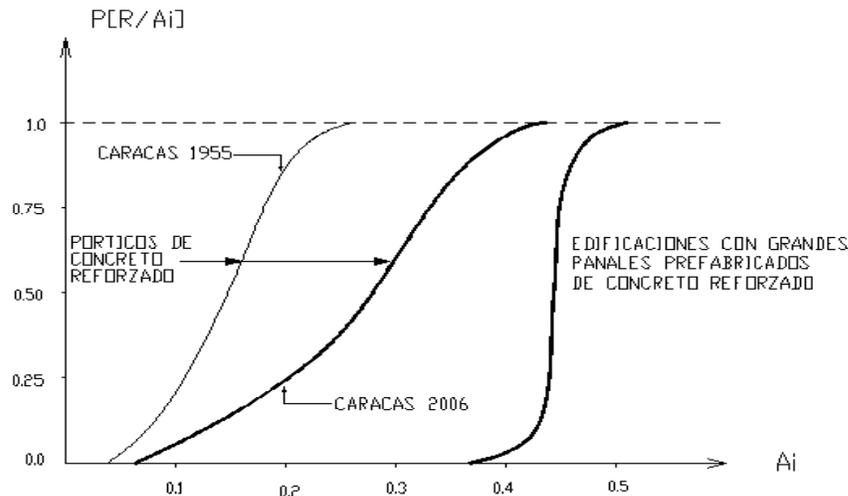


Figura 1: Comparación entre las Curvas de Fragilidad para dos Sistemas Aporticados de Concreto Reforzado, con Detalles de Armado según la Norma MOP 1955 y la Norma COVENIN 2006. Se ilustra también el Desempeño de una Edificación hecha a Base de Grandes Paneles de Concreto Reforzado con Uniones Insuficientemente Reforzadas. Tomado de “Maestría en Gestión Integral Riesgos en Infraestructuras” por J. Grases, 2011, Borrador.

De lo anterior se desprende un punto importante, la ratificación de la existencia de resiliencia estructural. Arnaldo Gutiérrez comentaba que la resiliencia es la capacidad de “recuperar el sistema a su operatividad lo antes posible” (Gutiérrez, 2013) ante la ocurrencia de un evento. Si bien es cierto las curvas de fragilidad hoy en día son el mecanismo más innovador planteado en las Normas, el diseño por condiciones de fragilidad no permite que la estructura se deforme en un cierto porcentaje ya establecido<sup>16</sup>.

### Resiliencia como aspecto Social.

El término Resiliencia es también incorporado en la sociedad como la capacidad de recomposición, adaptación y mantenimiento antes, durante y luego de un evento. Aquí se evidencia lo importante del lenguaje, de tal manera que dependiendo del contexto, una misma palabra, en este caso “resiliencia”, puede ser considerada de distintas formas. Una sociedad resiliente se considera *ideal* ya que se supone cuenta con una serie de características que la convierten en *sostenible*, (Capítulo VIII). Sin

<sup>16</sup> Numerosos trabajos buscan llegar a acuerdos con respecto a la mejor manera de diseño de fragilidad y a su vez de la incorporación de la resiliencia estructural, entre ellos se encuentran: (a) Paparoni, M. (2009) “Definiciones aplicables a las transformaciones afines en estructuras”; (b) Coronado, O. & Peña, O. (2011). “Configuraciones estructurales extremas. Una búsqueda de variables sistemáticas definitorias, las elipses plantares”. (Trabajo especial de grado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela; (c) Kabir, M; kalali, A., Shahmoradi, R. “Cyclic behavior of perforated masonry walls strengthened with fiber reinforced polymers”. Artículo presentado en 15 WCEE, Lisboa 2012.;etc.

embargo es importante mencionar que para construir una sociedad resiliente primero hay que analizar una serie de aspectos, entre ellos, la sociedad en sí misma y la cultura respectiva.

La *Sociedad* juega un papel importante en todo proceso de evaluación de riesgo, principalmente porque es la afectada, de allí la necesidad de estudiarla y transmitirle todos aquellos conocimientos que deban poseer para lograr un nivel de tolerabilidad del riesgo aceptable. Para los efectos de este trabajo se considera a “*Una Sociedad de diferentes jerarquías y niveles*”.

En tal sentido la Sociedad de este trabajo está conformada por: (a) entes multilaterales, (b) organizaciones hemisféricas, (c) comunidades geopolíticas, y por último (d) el Individuo en sí mismo. Estas dos últimas expresiones de La Sociedad, representan el principal objetivo del trabajo y pueden tener distintas expresiones como lo son: organizaciones académicas, comunidades y entes de gobiernos locales, municipales o estatales o nacionales. Cada organización es UNA Sociedad que posee distintas formas de percibir el riesgo, y consecuentemente de estar preparada para incorporar sistemas adecuados de alertas.

### **Características geográficas y socioeconómicas de Venezuela.**

Venezuela por su parte cuenta con una población total de 28.946.101 habitantes para el año 2011 (Instituto Nacional de Estadística (INE); 30/10/2011), y desde sus inicios como país moderno se ha caracterizado por tener un desarrollo dependiente del petróleo con un crecimiento enfocado en las principales ciudades del país, donde las condiciones en materia de construcción y planificación urbana, no son las más favorables. Los Asentamientos Urbanos No Controlados están representados en su mayoría por construcciones precarias con un déficit importante en los servicios básicos, más de 14 millones de habitantes se encuentran en esta situación con vulnerabilidades notorias.

Innumerables planteamientos en torno a este tema se han dado, sin embargo, los gobiernos han intentado desarrollar sus políticas, pero los habitantes siguen en situaciones precarias. Este tema ha sido reconocido por distintos profesionales en su afán de hacer de Venezuela un país sustentable, pero a pesar de los esfuerzos, las políticas en torno a este tema han sido débiles y las sociedades parecieran ser inmunes ante los llamados de alerta de parte del gremio científico y profesional. Esto, quizás, se deba a la poca percepción del riesgo que se contempla dentro de la sociedad. De esta manera se ha configurado el concepto de una Sociedad del Riesgo<sup>17</sup>. Ejemplo de ello es referido en el artículo de *Avances y retrocesos de la gestión urbana para el ordenamiento territorial en Venezuela* de Marta Vallmitjana, quien expresa lo siguiente:

---

<sup>17</sup> Sociedad del riesgo: denotación moderna para referirse a una sociedad donde los riesgos sociales, políticos, económicos e industriales tienden cada vez más a escapar de las instituciones de control y protección (Beck, Ulrich. 2002. *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Ediciones Paidós Ibérica)

*(...) los planes especiales de habilitación física para las zonas de barrios, iniciados por el actual gobierno [Presidente actual en ese momento (2006), Hugo Chávez Frías] (...) hoy lamentablemente son historia. De este programa, solo quedan algunas experiencias que tímidamente sobreviven gracias a las iniciativas de algunas municipalidades y comunidades organizadas. Es incomprensible el abandono de dos programas clave que estaban en el Decreto con Rango y Fuerza de Ley que regula el Subsistema de Vivienda y Política Habitacional de 1999: El programa N°2 de Habilitación Física de Barrios y el N°5 de Habilitación Urbanística de Tierras o Nuevas Urbanizaciones y Viviendas de Desarrollo Progresivo (Vallmitjana, M. 2006)*

A pesar de existir planes de habilitar espacios físicos que de alguna manera controlan el riesgo, los mismos quedan solo en una hoja de papel y no se mantiene su implementación. Hay expertos que mencionan que esta actitud está sujeta a la cultura del venezolano, sin embargo y no dejando a un lado esta hipótesis, la percepción acerca de este tipo de planes debe cambiar, si Venezuela quiere llegar a ser un país sostenible y menos vulnerable.

La geomorfología de Venezuela, debe estar presente dentro del marco de toma de decisiones para la disminución del riesgo. Por ejemplo, la Cordillera Andina, de La Costa y la Serranía del Interior poseen pronunciadas laderas y riscos, la ubicación de poblados en estas zonas presenta un riesgo notorio, si no son asentamientos controlados. De igual forma, los Llanos venezolanos, con sus extensas sabanas y estaciones marcadas de lluvia y sequía, deben ser consideradas en los planes de urbanización.

El Instituto Geográfico de Venezuela es citado en el “Informe de análisis de pérdidas por desastres” para Venezuela y reitera lo siguiente:

*En esta ocupación del territorio, los actores políticos, sociales, económicos y técnicos, nos hemos convertido en cómplices de la construcción de la vulnerabilidad ante amenazas de origen natural como los sismos, aludes torrenciales, inundaciones y movimientos en masa entre otros. Solo la ocurrencia de los desastres nos recuerdan el papel que cada uno de los actores de la sociedad tienen en las etapas preventivas del problema: la construcción de la vulnerabilidad y la gestión de riesgos”. (Instituto Geográfico de Venezuela, 2003)<sup>18</sup>*

---

<sup>18</sup> Uno de los rasgos de la poscultura es no creer en el progreso, el eclipse de la idea según la cual la historia sigue una curva ascendente, el predominio del *Kulturpessimismus* o nuevo realismo estoico (p.94). Curiosamente, esta actitud coexiste con la evidencia de que en el campo de la técnica y la ciencia nuestra época cada día produce milagros. Pero el progreso moderno, tiene a menudo un precio destructivo que pagar, por ejemplo en daños irreparables a la naturaleza y a la ecología, y no siempre contribuye a rebajar la pobreza sino a ampliar el abismo de desigualdades entre países, clases y personas. (Vargas Llosa, 2012, p.20, citando a George Steiner, “En el Castillo de Barba Azul. Aproximación a un Nuevo Concepto de Cultura”)

## ¿Qué tanto influye la cultura en un estudio de Riesgos?

La cultura pareciera jugar un papel importante dentro de la toma de decisiones que se realizan en un país determinado, pero qué es la cultura y por qué juega un papel importante. La cultura está relacionada con el conocimiento, bien sea de las artes, ciencia, religión y valores. En principio la cultura solo se relacionaba con la religión pero luego de los avances del hombre con respecto a la ciencia, la cultura fue enmarcando distintos puntos de vistas, hasta llegar al hoy en día, que igual que la palabra riesgo, puede llegar a tener distintos significados dependiendo de los avances de la humanidad.

En el mundo actual los campos del conocimiento han logrado una expansión considerable. La cultura, sin embargo, se pierde entre todos estos conocimientos y se considera atípica, coloquial y muchas veces poco útil. Vargas Llosa<sup>19</sup> en su discurso sobre la *Cultura* en la Universidad de Granada menciona lo siguiente:

*La noción de cultura se extendió tanto que, aunque nadie se atrevería a reconocerlo de manera explícita, se ha esfumado. Se volvió un fantasma inaprensible, multitudinario y traslativo. Porque ya nadie es culto si todos creen serlo o si el contenido de lo que llamamos cultura, ha sido depravado de tal modo que todos puedan justificadamente creer que lo son.*<sup>20</sup> (Vargas, L., 2006)

A pesar de que el término *cultura* está expuesto en los grandes libros y posee un sinnúmero de definiciones de orden académico, Vargas Llosa menciona el hecho de la pérdida o exclusión del significado de la misma.

En el Mundo de hoy donde la humanidad ha pasado por tantos cambios y se ve rodeada de una cantidad enorme de conocimientos, pareciera entonces, que ha logrado superar a las épocas pasadas, y por lo tanto catalogarse, todos y cada uno, como *cultos*, esto debido a la extensión moderna de la palabra “*cultura*”, que no tiene un significado único. Sin embargo, cuando se expande el horizonte y se enfrentan los problemas de la humanidad actuales, problemas como la pobreza extrema, los desastres, la corrupción, la falta de atención, la desatención, etc., pareciera entonces, encontrarse con esa exclusión del significado de la palabra “*culto*” que enmarca falta de conocimiento, de valores, y de religión.

Esta es la razón por la cual la mayoría de las decisiones enmarcadas en el ámbito de riesgo no se logran llevar a cabo, sencillamente, porque muchas veces la humanidad

---

<sup>19</sup> Mario Vargas Llosa (1936): escritor peruano, uno de los más importantes novelistas y ensayistas contemporáneos. Entre los premios que se le han otorgado, destacan Príncipe de Asturias de las Letras (1986) y el Nobel de Literatura (2010), Premio Cervantes (1994), El Planeta (1993), entre otros. Es miembro de la Real Academia de Lengua Hispana.

<sup>20</sup> La cultura, son todas las manifestaciones de la vida de una comunidad: su lengua, sus creencias, sus usos y costumbres, su indumentaria, sus técnicas y, en suma, todo lo que en ella se practica, evita, respeta y abomina. (Llosa, M. 2012,p.35)

se cree superior ante algo, un evento, un programa, una acción, etc., o por el contrario, ante la negativa de aceptación de falta de conocimientos, por esa expansión de la cultura, sencillamente atribuyen sus males a *lo divino*. (Pedro España, 2009). Esta es una discusión que va más allá de este trabajo. Sin embargo, lo importante en todo este aspecto es tomar en consideración que muchos de los proyectos que se logren plantear pueden quedar en el abandono sencillamente por falta de valores y esto es un aspecto enmarcado dentro de la cultura, por ello, la importancia de estudiar a la sociedad y cuál es su perspectiva con respecto a los problemas que la aquejan.

Por su parte, Venezuela no queda fuera de todo este ambiente de discusiones. Por el contrario, la cultura también ha sido parte fundamental para la toma de decisiones, o por el contrario la exclusión de la misma.

La *sociedad venezolana* está ante una fuerte crisis donde sus sistemas de organización social, comunitaria y de gobierno, no contemplan, por lo general, políticas para el análisis de riesgo y la incorporación de **Alertas Tempranas**. Esto a pesar, que dentro de las comunidades existen mínimas incógnitas formales y preocupaciones para crear sociedades que tiendan a la organización. El desconocimiento<sup>21</sup> de los planes para la mitigación del riesgo y las alertas tempranas, crea un ambiente propicio para la construcción de vulnerabilidades, que si bien es cierto, aleja a la sociedad de convertirse en resiliente.

Como posibles iniciativas en este sentido, valdría mencionar los aportes contemplados en el libro “Lecciones Aprendidas de Vargas”<sup>22</sup> de José Luis López Sánchez:

- Lecciones de la Reconstrucción del Estado Vargas posterior al Desastre de 1999: en el estado Vargas, mientras la institucionalidad gestionaba la recuperación, la población con la necesidad creciente de respuesta por parte del estado, propiciaba su propia reconstrucción, dando paso a las vulnerabilidades presentes antes del desastre y por lo tanto reconstruyendo las condiciones del riesgo. (Jiménez, V. 2010)

---

<sup>21</sup> El conocimiento está siempre filtrado por los sistemas de valores, configurados a su vez por factores psicológicos, culturales y económicos que determinan si las personas actúan o no. La idea que se intenta transmitir aquí no es que seamos irracionales, sino que debemos comprender mejor el modo en que tomamos decisiones. (BM,2010)

<sup>22</sup> A 10 años de la tragedia de Vargas el libro intenta responder a las interrogantes: *¿Por qué ocurre la tragedia? ¿Qué hemos aprendido en estos 10 años sobre el tema de las amenazas torrenciales y fenómenos relacionados? ¿Qué hemos hecho en materia de prevención y mitigación? ¿Cuáles han sido las experiencias y los conocimientos adquiridos? ¿Cuáles las medidas y acciones ejecutadas? ¿Cuáles han sido las obras construidas y como se han comportado? ¿Se ha reducido el riesgo de un nuevo desastre? ¿Qué falta por hacer y qué debemos hacer para mejorar la seguridad de las comunidades de Vargas?* Para ello se ha realizado un trabajo minucioso de recopilación, integración y organización de los conocimientos y experiencias adquiridas, abarcando actividades como la descripción fotográfica de los hechos, la investigación teórica y el desarrollo de modelos matemáticos de simulación, enfoques probabilísticos, el tratamiento normativo del riesgo, el diseño de redes instrumentales de monitoreo y alerta, el desarrollo de mapas de amenaza, la conducta social en eventos extremos, la participación de las comunidades y la descripción y evaluación crítica de las obras ejecutadas.

- El Sistema de Alerta Temprana para Catia La Mar: la Experiencia del Proyecto Prederes: el sistema se propone tomar en cuenta la amenaza por inundación de agua, movimientos en masa en laderas y aludes torrenciales en los cauces principales. Varios tipos de alerta se han definido conjuntamente con los organismos de protección civil, quienes tienen en última instancia la responsabilidad de activarlos, en base a los avisos que les envía una Sala Técnica. (Courtel, F. López, L. & Salcedo, A. 2010).
- Programa Prederes (programa de prevención de desastres y reconstrucción social en el estado Vargas): el proyecto de cuatro años de duración tuvo como objetivo reducir el nivel de riesgo ambiental y desastres de origen hidrometeorológico en la población de la parroquia Catia La Mar, en el estado Vargas. (Amaya, B. Dávila, A. Hernández, J. Prado, J. & Rodríguez, L. 2010)
- El Proyecto Iniciativa Científica del Milenio: en el marco de la estrategia de ayuda al país financiada por el Banco Mundial, se plantea este proyecto que tenía por objetivo fortalecer la capacidad de investigación y desarrollo de Venezuela a través del apoyo de la formación avanzada del capital humano y la puesta en marcha de actividades de investigación para alcanzar niveles de excelencia internacional. (Por razones políticas el proyecto fue abandonado después de dos años de haberse iniciado). (García, R. López, J. & Méndez, E.2010)

### **Glosario de primer orden.**

A los efectos de presentar un glosario de referencia, a continuación se incluyen diversos conceptos que son importantes conocer de antemano. Por otra parte, hay una serie de definiciones que surgirán a lo largo del trabajo, que por conveniencia del desarrollo del trabajo se conceptualizarán a lo largo del mismo, ya que las definiciones de esas palabras, fuera del contexto de lo que se quiere explicar, podrían ser estériles.

- *Alertas Tempranas:* es el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Amenaza:* Los fenómenos de la naturaleza no constituyen amenazas por sí mismo. Fenómenos de ocurrencia esporádica, como las inundaciones, no serían una amenaza sino fuera por la ocupación por parte del hombre de áreas inundables, así como los temblores de tierra no pueden considerarse destructores en áreas deshabitadas. (Grases, 1994).
- *Curvas de fragilidad:* para la generación de estas curvas de fragilidad es importante tener un entendimiento sobre los mecanismos de respuesta de una estructura para diferentes estados de demanda sísmica, los cuales varían entre movimientos frecuentes de baja intensidad hasta movimientos fuertes poco frecuentes. Estas curvas son de gran utilidad para los ingenieros de diseño, investigadores, expertos de fiabilidad, expertos de compañías de seguros ya administradores de sistemas críticos,

tales como hospitales y autopistas, entre otros. Son esenciales para estudios de evaluación de riesgo sísmico de los sistemas estructurales.

- *Desarrollo Sostenible*: relativo al interés público, en que se permita el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales a nivel mundial, pero teniendo muy en cuenta los aspectos medioambientales y sociales globales, para que a largo plazo no se comprometa ni se degrade.
- *Factor de seguridad*: es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.
- *Incertidumbre*: concepto o situaciones que podría estar relacionada con el azar, la duda o la indecisión.
- *Probabilidad*: método mediante el cual se obtiene la frecuencia de un suceso determinado mediante la realización de un experimento aleatorio.
- *Resiliencia*: La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Riesgo*: Es la asociación simultánea de distintos sucesos, con consecuencias de pérdidas directas e indirectas. Por tanto, el riesgo es proporcional a la peligrosidad y a la vulnerabilidad. Los efectos pueden ser: pérdidas humanas o materiales, necesidades hospitalarias, costo social u otros (Grases, 1994)
- *Riesgo de desastres*: Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Riesgo Intensivo*: El riesgo asociado con la exposición de grandes concentraciones poblacionales y actividades económicas a intensos eventos relativos a las amenazas existentes, los cuales pueden conducir al surgimiento de impactos potencialmente catastróficos de desastres que incluirían una gran cantidad de muertes y la pérdida de bienes. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Riesgo Extensivo*: El riesgo generalizado que se relaciona con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas o persistentes con una intensidad baja o moderada, a menudo de naturaleza altamente localizada, lo cual puede conducir a un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Riesgo residual*: El riesgo que todavía no se ha gestionado, aun cuando existan medidas eficaces para la reducción del riesgo de desastres y para los cuales se debe mantener las capacidades de respuesta de emergencia y de recuperación. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Vulnerabilidad*: La vulnerabilidad mide el grado de susceptibilidad a la acción que puede generar una determinada amenaza, en términos de pérdidas de una determinada exposición u obra. (Grases, 1994).

## II.- ¿Cómo trabajar sin hipótesis conocidas?

(...)Pero Newton no escribe la historia de la materia; él da cuenta, en el lenguaje riguroso de la matemática, de fenómenos que pueden ser observados por todos: la gravedad, las mareas, el movimiento de los planetas... y todo esto sin recurrir al menor postulado de orden metafísico. «Hypotheses non fingo», proclama Newton: «No tengo necesidad de fingir hipótesis». Isaac Newton<sup>23</sup> (1642-1727)

### Diversidad de fuentes de información.

La peculiaridad de las fuentes bibliográficas y recursos de referencia, obliga a un estilo abierto en la redacción para la incorporación adecuada y oportuna de fuentes bibliográficas de multi-origen. Fuentes bibliográfica de multi-origen, corresponden a lo siguiente: i) referencias bibliográficas de la ingeniería civil; ii) las relacionadas a estudios de valoración estadística, sistemas probabilísticos y procesos estocásticos ; iii) aquellas relacionadas con la estructura del pensamiento racional; iv) aportes de las entrevistas a profesionales especializados o con interés en la temática del riesgo y la incertidumbre en la ingeniería; y por último, v) la importancia en el aprendizaje sobre la casuística registrada a nivel mundial.

El estudio de estas fuentes bibliográficas y el componente empírico de entrevistas y casuística, advierte de un mundo de cambios, donde pareciera existir posturas más inclinadas a la preservación de la infraestructura existente, que a la construcción de nuevas obras, con excepción de algunos paraísos petroleros donde la política económica y la administración de los recursos naturales responden a sistemas autocráticos de gobierno. Pero es importante mencionar, un caso particular como el de la República de China, un país que a pesar de encontrarse en pleno desarrollo en estructuras de construcción, en las ciudades más importantes, brindó las bases para la primera reunión del EIRD<sup>24</sup> en Shangai, octubre 2011.

### Compilando el material de apoyo.

De esta manera, en la redacción del trabajo se insertan frecuentes notas a pie de página para sustentar o aclarar fundamentos de propuestas presentadas.

En los temas de **ingeniería y los temas de evaluación estadística**, los contenidos referidos no ameritan mención especial, porque resultan de alguna forma familiar al dominio de información del autor. Por otra parte, hay referencias de *Valor*, relacionadas con la estructura del pensamiento racional, que motivan, en definitiva la consideración del conocimiento incierto, el fundamento de la duda, para ir más allá del conocimiento racional. Esta ventana de duda sobre el **conocimiento incierto**, está relacionado, con la

<sup>23</sup> Isaac Newton (1642-1727) filósofo, inventor y matemático inglés. Autor de Principia, donde describió la Ley de la gravitación Universal y estableció las bases de la mecánica clásica mediante las leyes que llevan su nombre.

<sup>24</sup> Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Su lema principal: Disaster Risk: Integrating Science & Practice ( Riesgo de Desastres: Integrando ciencia y práctica).

*duda en la validez* de un proceso de análisis fundamentado únicamente en lo determinístico y racional. Para el apoyo en esta delicada disciplina, relacionada con la forma de pensar, se presentan referencias, desde algunas conclusiones contenidas en la valiosa obra de “*El discurso del Método de René Descartes*”, hasta otras obras de nuestros días.

El gran movimiento universal de dudas o incertidumbre que nos ha incentivado el cambio climático y la ocurrencia desproporcionada de desastres naturales, nos han obligado a formular preguntas hoy, que hasta hace poco, parecían impensables.

Como el otro componente de este trabajo resulta ser la **sociedad**, a quien debemos llegarle con propuestas claras, sencillas e inteligibles (**alertas tempranas**) es pertinente acotar, que se ha tenido sumo cuidado en la consulta de la bibliografía, proveniente de las organizaciones, centros académicos investigadores sociales, redes sociales, activadas en su mayoría, como consecuencia de daños recibidos.

Por otra parte, como la caracterización vertical de la sociedad es muy variada este trabajo propone, tal como se ha dicho, entender a *la sociedad* encargada de realizar la alerta temprana cualquiera de sus niveles, entre los cuales hay toda una gama desde un Centro de Riesgo de la UN hasta la comunidad o Individuo en su papel de Comunidad, en contraste con la interpretación de uso frecuente, para definir a la sociedad en términos generales.

En tal sentido el lector podrá sentir por momentos un juego de información interdisciplinar, lo cual a juicio de este trabajo, es el enfoque recomendado para la identificación de Riesgos y el manejo de la Incertidumbre en la Ingeniería civil

### ¿Cómo lo organizamos?

Una vez reunida la información, que se consideraba fundamental, se fue configurando el *sendero hacia las incertidumbres* sobre el tema central de El Riesgo, en base a la concepción de un grupo de preguntas sobre el tema central<sup>25</sup>

- ¿Qué es el riesgo?
- ¿Cómo se representa el riesgo ingenierilmente?
- ¿Cómo se hace un análisis de riesgo?
- ¿Tenemos información y herramientas para el análisis?
- ¿Cómo lo calculamos?
- ¿Se puede evaluar dicho riesgo?
- ¿Se puede gestionar dicho riesgo?
- ¿Podemos estimar el impacto de tipo de inversiones?
- ¿Para qué sirve gestionarlo?

---

<sup>25</sup> Sócrates se comparaba voluntariamente con su madre, que era partera: él no enseña nada, sino que se contenta con asistir al parto de los espíritus, a ayudar a sacar a la luz lo que sus interlocutores llevan ya dentro de sí mismos. Tal es la mayéutica socrática. (“*Discurso del Método para Dirigir Bien la Razón y Buscar la Verdad en las Ciencias*”, ARENAS, L. Ed.)

### III.- Consideración de “*El Riesgo*”

Nietzsche desconfía de la lógica, sospecha que nuestras «razones» suelen esconder a menudo estrategias que nos protegen frente a nuestros temores. Nuestras «verdades» suelen expresar a menudo algunas maneras más eficaces de «mentirnos». Friedrich Nietzsche (1844-1900)

#### Posible aproximación al tema central.

Según la ASCE (American Society of Civil Engineers)<sup>26</sup>, el Ingeniero debe poseer conocimientos para entender las teorías principales y fundamentos de: matemática, física, química, biología, mecánica y materiales, que son la base de la ingeniería. También señala como fundamento de la formación de los ingenieros civiles, el diseño, y la sostenibilidad. Estos últimos tres aspectos son los que en principio se atenderán con más énfasis en el trabajo de grado, de manera de resaltar su importancia y vincularlos con los aspectos generales de los ingenieros venezolanos de hoy en día.

En términos generales se considera que se podrían presentar situaciones extraordinarias como consecuencia de desastres, que podrían no estar bajo el control ni dirigidas por profesionales, lo cual, en algunos casos, tenderían a concluir en inadecuada programación y ejecución de obras que podrían afectar la seguridad de infraestructuras y de las personas que en ellas habitan o trabajen.

Según la literatura disponible, se ha podido percibir que existe un distanciamiento entre *Riesgo Percibido* y *el Riesgo Evaluado*, lo cual impide la toma de decisiones consensuada (entre Comunidad, entes de gobernanza y la comunidad científica) para el desarrollo de una adecuada Gestión ante el riesgo al que pudiesen estar expuestas las infraestructuras. Pero una adecuada caracterización de vulnerabilidades, junto con la consulta de la literatura disponible referente a terminología especializada, registro de casuística y metodologías convenientes para análisis de consecuencias evaluadas, podrían aportar soluciones para disminuir la *brecha* ante la percepción del riesgo entre comunidades y la sociedad científica.

De tal manera que este trabajo tiene como objetivo principal, documentar los dos puntos de vista, en cuanto a la concepción del Riesgo, para identificar zonas de entendimientos y acuerdos entre la Sociedad Científica y las Estructuras Sociales.

---

<sup>26</sup> ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles), (2006) “Como alcanzar la Visión para la Ingeniería Civil en 2025”, Preparado por el Comité. Directivo de la ASC para planificar Cumbre sobre el Futuro de la Profesión de la Ingeniería Civil en 2025.

Este entendimiento debería estar orientado por el concepto de disminuir los *Niveles de Ruina*<sup>27</sup> de las infraestructuras mediante acciones concretas. Dentro este grupo de acciones, están medidas estructurales y no estructurales. De este último grupo pertenecen las se encuentran las *Alertas Tempranas*.

En esta forma, y a lo largo de este trabajo se propondrán las fronteras relacionadas con la aplicación de los Factores de Seguridad (Fs.) en el diseño de las obras de ingeniería civil y los enfoques relacionados con la consideración de la *Incertidumbre* o la adopción de *Márgenes de Seguridad* en el diseño de esas obras. Puede que en esta diferencia de enfoque se encuentre parte del distanciamiento percibido entre el *Riesgo Verdadero* y el *Riesgo Percibido*, bajo la premisa que el Riesgo Verdadero debería estar caracterizado por los enfoques científicos adecuados

La definición de los niveles aceptables de ruina<sup>28</sup>, la consideración de los niveles tolerables al riesgo en función de las caracterización de vulnerabilidades y los términos de referencia del proyecto (o de una situación de riesgo en particular) son los fundamentales para llegar a la *zona de coincidencias* para la estimación y consideración del riesgo como variable de diseño o de consideración de proyecto.

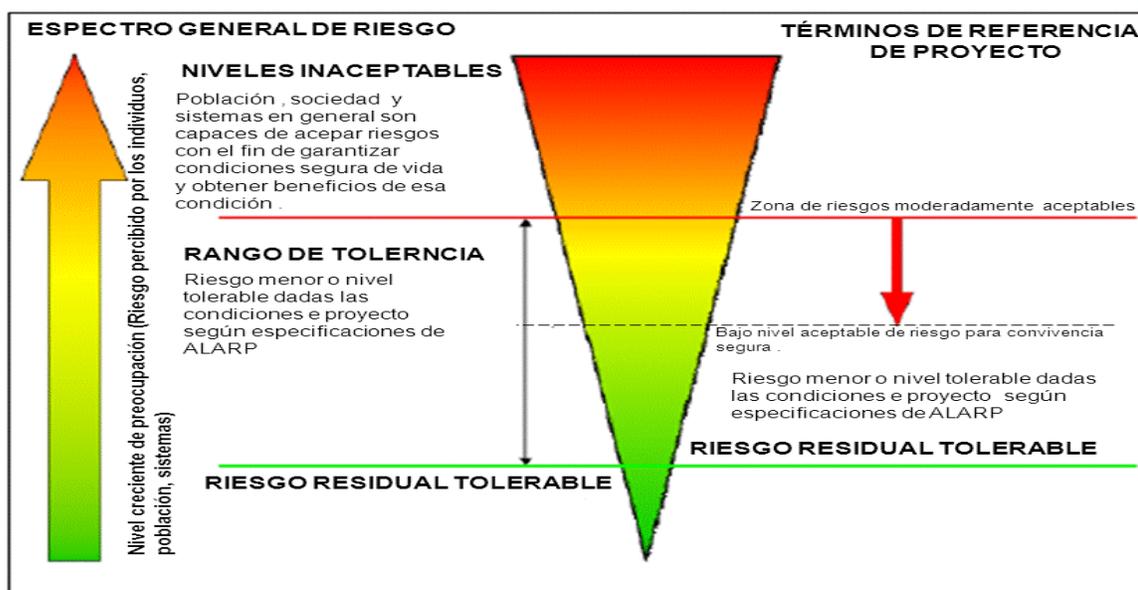


Figura 2: Marco general de tolerancia del Riesgo en cuanto a los TDR (Términos de referencia de un Proyecto) (Adaptado de HSE 2001 por Muger et al., 2009). Tomado de "Tolerable risk guide lines for dams: Principles and Applications" Bowles, D., "Risk Analysis, Dam Safety and Security and Critical Infrastructure Management", pag. 215, CRC Press Taylor & Francis Group AK Leiden, The Netherlands.

<sup>27</sup> Ruina: acción de caer o destruirse algo (RAE, 2009). En términos ingenieril, la ruina se puede clasificar en: "ruina incipiente" presenta síntomas en sus elementos constructivos que indican que, de seguir su evolución, se produciría la caída (se puede reparar); "ruina" los movimientos en los elementos constructivos indican caída, salvo que se adopten las medidas oportunas de contención; y "ruina inminente" la caída se producirá en breve. (Grases, J. 2011-2012).

<sup>28</sup> Niveles aceptables de ruina: convención lingüística para referirse a los síntomas que presenta el elemento constructivo de posible reparación.

La determinación de las consecuencias, una vez se ha materializado la amenaza y el sistema ha respondido a dichas amenazas, se requiere de una cuantificación en términos de variables de muy distinta naturaleza (vidas, economía, medio ambiente, bienes culturales, etc.).

Esta cuantificación es necesaria para poder establecer estimaciones, cualitativas y cuantitativas en términos de riesgo y para la definición posterior de gestiones que permitan priorizar actuaciones (inversiones, planes de gobierno, planificación de proyectos).

Por ejemplo, David Bowles señala lo siguiente refiriéndose a los riesgos por rotura de presa:

*(...) El riesgo por rotura de presa está asociado con las opciones para mitigar la severidad de pérdidas humanas, reduciendo la probabilidad de falla. Aunque existen desafíos en la estimación tanto de la probabilidad de rotura como en la magnitud de pérdidas de vidas, el valor de la mejora que se obtiene sobre la evaluación de riesgos de seguridad de presas ha demostrado ser un valioso complemento al enfoque tradicional que se basa en análisis de ingeniería y normas. (D. Bowles, 2012)*

Hoy en día, existen distintas metodologías y herramientas para la estimación de consecuencias en términos de vidas humanas, impactos económicos, daños al patrimonio artístico, etc. Esta metodología resulta aún más compleja con el encadenamiento de consecuencias negativas, resultado de un evento. Por ejemplo, puede haberse producido un sismo en una zona urbana y haberse registrado el colapso de unos edificios sí, otros no; unas infraestructuras estar operativas y otras no. Estas acciones son las consecuencias en cadena que se producen una vez el evento se desate. La disposición de medios de acción en emergencia concretos (militares, protección civil, hospitales) y de unos ciertos protocolos de actuación (planes de gestión de emergencias etc.) son los facilitadores que pueden disminuir las consecuencias negativas en cualquier sociedad.

Ante todo esto, el presente trabajo pretende proponer enfoques o sistemas de evaluación para zonas de coincidencias entre el **Riesgo Percibido vs Riesgo Evaluado** para lograr bases de consideración en el diseño de ciudades resilientes, capaces de diseñar sistemas de alarmas tempranas ante la eventual ocurrencia de eventos catastróficos.

De igual forma, como sustento al objetivo principal, se han identificado objetivos específicos que enmarcan los siguientes aspectos:

1. Presentar conceptos que puedan mejorar la respuesta ante acciones imprevistas.
2. Consideraciones entre el Factor de Seguridad y la consideración de la *Incertidumbre* o establecimiento de *Márgenes de Seguridad* en el diseño de obras de Ingeniería civil.
3. Identificar tendencias y visiones estratégicas mundiales relacionadas con la reducción de desastres.

## **Concepciones distintas, bases del diseño.**

Todos los países en el Mundo actúan de una manera distinta ante la preventiva de riesgo, esto puede estar ligado a la cultura, a la enseñanza, a las gobernanzas, etc. o a la mezcla de todas. En el caso de Venezuela, sorprende como la mayoría de los venezolanos perciben el riesgo, y el nivel de exposición que los mismos se someten sin observar y atender las vulnerabilidades que pueden tener en sus propias casas o alrededor de ellas, o incluso, las vulnerabilidades fuera de su hogar. Esta exposición ante los “peligros” es impulsada o promovida por muchos factores, como lo son, la crisis económica, la falta de “conciencia activa” hacia el desarrollo sostenible, la mala disposición para crear bases de organización social, la cultura, etc. Sin embargo, no deben ser freno para ningún ingeniero al momento de evaluar, controlar, mitigar y dar respuestas.

Entender el riesgo es fundamental, pero más primordial es lograr qué lo que los expertos entienden como riesgo en función de la vulnerabilidad y la amenaza, la sociedad lo entienda como precaución, alerta y resiliencia, pero, ¿Cómo llegar a esto sin parecer alarmista o peor aún fatalista? La respuesta está en la percepción del riesgo que la población pueda tener, ahora, ¿Cómo saber si su percepción del riesgo es la adecuada? Esto va a depender de los canales de comunicación entre los expertos y los afectados o involucrados. Una vez que la concepción del riesgo entre las partes sea la correcta, las vulnerabilidades deberán disminuir y la amenaza deberá ser conocida por todos.

## **Raíz etimológica de la palabra Riesgo.**

La palabra riesgo surgió en el ámbito de la religión islámica con la denominación de “rizq” y era utilizada cuando el creyente debía realizar un largo viaje y le pedía a su Dios prudencia y resguardo a él y a sus pertenencias. Estos largos viajes dieron cuenta de grandes encuentros entre los cuales se produjeron intercambios y empezaron a resonar los llamados “commanda”, es decir contratos, para el siglo XIV aparece por primera vez la expresión “ad meum risichum et fortunam maris”<sup>29</sup>. Esta expresión da comienzo no sólo a la palabra *riesgo*, sino a las pólizas de seguro, donde el asegurador resguarda las embarcaciones y las cargas, dando cierta garantía y confort al cliente. Si bien es cierto, ya desde esa época el riesgo se refería a algo que “podría existir” y que causara a su vez consecuencias negativas, estaba relacionado con eventos futuros de los cuales no se tenía certeza.

## **Creencias actuales, misma palabra, diversidad de acepciones.**

Hoy en día el riesgo, tiene innumerables clasificaciones que van a depender del contexto pero todas surgen ante la interrogante ¿Qué sucedería si...? y ante la poca certeza<sup>30</sup> que se tiene de eventos futuros. Desde sus principios ya se trabajaba el riesgo

<sup>29</sup> Traducción del autor: Arriesgar mi fortuna en el mar. .

<sup>30</sup> Certeza: conocimiento seguro y claro de algo; firme adhesión de la mente a algo conocible, sin temor de errar. (RAE,2009).

como una manera de mitigar posibles consecuencias negativas y para el resguardo de sus intereses. Aquí surge una de las primeras clasificaciones del riesgo, que es el utilizado en las aseguradoras, las cuales introdujeron no solo el tema de “resguardo de intereses” sino a los conceptos como “seguridad<sup>31</sup> y confiabilidad<sup>32</sup>”, para sus clientes. Una vez que los estudios y la humanidad se fue desarrollando, los estándares de seguridad fueron aumentando y las exigencias con respecto a los niveles de confiabilidad, también. De tal manera que el riesgo se fue diversificando hasta el punto que hoy en día, se habla de riesgo empresarial, financiero, laboral, etc.

Por su parte, el conocido como Riesgo Empresarial, enmarca un estudio exhaustivo que conlleve a una toma de decisiones acertadas con la mínima probabilidad de generar efectos negativos a los objetivos de la empresa, es decir

*(...) el riesgo se presenta como un fenómeno complejo, de carácter objetivo y a la vez subjetivo que incluye: la situación de incertidumbre como contexto y condición objetiva del riesgo; el acto de tomar decisiones sobre la base de información incompleta; la vivencia de vacilación motivada por la probabilidad de pérdida o fracasos como resultado de la realización de la alternativa privilegiada. (Bratoy Koprinarov, 2005, para. 11).*

El riesgo empresarial es el impacto y probabilidad de que una amenaza pueda afectar de manera adversa la obtención de los objetivos. El objetivo general de una empresa, es proteger el valor de sus activos existentes y crear nuevos activos para el futuro.

Por otra parte, el Riesgo Financiero se define como la variabilidad que puede existir en los rendimientos esperados o la incertidumbre en las operaciones financieras. Se relaciona con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, esencialmente para los inversores o prestamistas o en general para cualquiera que mantenga posiciones largas o cortas sobre cualquier instrumento financiero derivado o subyacente.

El riesgo financiero se expresa en términos de pérdidas potenciales, con una cierta probabilidad de ocurrencia. También está asociado con las compañías de seguro, las cuales introdujeron el término de “comprar riesgo”, correspondiente a la idea es pagar para traspasar el riesgo a otra persona en este caso a una compañía, bien sea con un carro, un inmueble, un negocio, salud, etc.

Hasta ahora la definición de riesgo empresarial, financiero y riesgo en el campo de seguros y de reaseguros se fundamentan en amenaza, vulnerabilidad y consecuencia, ¿Qué las diferencia? Las variables que controlan el estudio, por su parte, para el riesgo empresarial, resguarda los objetivos de la empresa; el financiero resguarda al individuo y sus bienes, mientras que la aseguradora compra el riesgo. Este análisis comparado

---

<sup>31</sup> Seguridad: en el contexto aquí señalado, se refiere a agente de seguridad, es decir, su fin es el de velar por la seguridad de los ciudadanos. (RAE,2009)

muestra que dependiendo del contexto, el riesgo se puede contextualizar de una manera u otra.

**“Más ingenieros, menos sociólogos<sup>33</sup>”**

El Mundo entero, pero en especial Latinoamérica, necesita de ingenieros capaces de afrontar, dirigir, organizar y sobrellevar cualquier tipo de suceso que pueda ocurrir y que de una manera u otra, afecte la vida humana y sus pertenencias. Es por ello que los ingenieros abarcan grandes conocimientos y teorías que son sus herramientas principales para afrontar los problemas y buscar soluciones. Ahora bien, debido a los cambios climáticos, las crisis económicas, las diferencias culturales, la corrupción, etc. el ingeniero debe interpretar con más amplitud la incertidumbre y tenerla presente en todos sus proyectos, ya que se ha demostrado que pareciera ser la clave para controlar y disminuir el riesgo.

Otra de las características primordiales que debe poseer cualquier Ingeniero Civil<sup>34</sup> es de servir, ¿Servir a quién?, servir a su ciencia hoy. Muchos de los grandes problemas que se presentan en la sociedad, en las comunidades, en las barriadas, en los condominios, en las grandes urbanizaciones, vienen dadas por falta de información acerca de las posibles amenazas y sobretodo de las vulnerabilidades que se presentan. Es aquí donde la disciplina de ciencia de la ingeniería civil, viene a jugar un papel de *servidor*, empieza a unir las piezas, conseguir fallas, armar el rompecabezas y presentar una discusión entre las personas involucradas, ya sean gobierno, comunidad, científicos, etc., para finalmente entregar un proyecto bajo en incertidumbres, alto en calidad y comprensible para todos los involucrados.

**Constructores del Riesgo.**

Constructores del riesgo se refiere a la convolución entre la amenaza y vulnerabilidad, donde no importando el escenario o contexto, el riesgo es susceptible de ser “*construido*” y el Ser Humano lo construye, ejemplifica y no trata de erradicarlo, solo de subsistir con esa consecuencia negativa. Los grupos principales de esos Constructores del Riesgo, se presentan a continuación

*El Ocio y la Cultura.*

El ocio pone al descubierto la imaginación humana, libre de las ataduras de las necesidades prácticas. Pero el ocio es también un importante negocio. Las vacaciones anuales constituyen un ritual para la mayor parte del mundo. Donde los cielos y las carreteras se colman de personas en busca de inspiración y placer, por ello, se trasladan a distintos lugares para ver, oír o experimentar algo nuevo.

---

<sup>33</sup> Andrés Oppenheimer en su libro “*¡Basta de Historias!*” le ofrece al lector una reflexión en cuanto a la crisis de la educación que se vive en América Latina, en especial en las Universidades. Resalta también los problemas del conformismo y sugiere carreras como Ingeniería para lograr el desarrollo.

<sup>34</sup> ASCE(2006): “Con el mandato de la sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como maestros”

Sea cual sea el lugar escogido por el individuo o grupo de individuos, siempre suelen dejar una marca característica, qué muchas veces sin querer u otras queriendo, repercute directamente en la cotidianidad del lugar o zona en la cual se encuentran. Muchas veces se pueden encontrar con un peligro inminente y a veces se topan hasta con la misma muerte. Esto debido a esa concomitancia entre una posible amenaza, que no es conocida por el turista, y vulnerabilidades presentes en el sistema que abordan<sup>35</sup>.

### *La Fuerza de la Naturaleza.*

Las inundaciones, los terremotos y los volcanes causan cada año más muertes. Nuestro planeta cada vez más poblado, expone a un peligro constante a sus habitantes. Son muchos los que viven, por ejemplo, en áreas costeras desprotegidas frente a las inundaciones. Algunos incluso se han instalado en zonas por debajo del nivel del mar, confiando, como los habitantes de Nueva Orleans, en la protección de las defensas marítimas. Las regiones volcánicas suelen contar con terrenos extraordinariamente fértiles, enriquecidos por las corrientes de lava, y por ello atraen a la población. Y lo que resulta aún más triste, es que en muchas ciudades suele ser los pobres quienes acaban viviendo en zonas propensas de inundaciones y los desprendimientos de tierras. Incluso en algunos casos, en zona de elevada actividad sísmica, se han registrado diseños deficientes para atender las solicitudes de eventos sísmicos, inclusive de baja intensidad.

El Hombre, a pesar de las amenazas, suele situarse en lugares no aptos para su existencia, obligado por condiciones socio económicas, poniendo en peligro a sus futuras generaciones.

### *La Transformación del Territorio.*

La humanidad ha explotado la tierra desde que dejó sus primeras huellas en el planeta. Durante miles de años hemos arado prados, talado bosques, extraído minerales de la tierra e irrigado desiertos. Pero en los últimos siglos, desde el inicio de la Revolución Industrial, nuestra impronta sobre el planeta se ha vuelto indeleble, Y los impactos se han producido en general en un periodo de tiempo minúsculo en comparación a los últimos cincuenta años<sup>36</sup>.

Además de todas estas consecuencias directas sobre la tierra, hoy encontramos enormes presas en importantes ríos como el Éufrates en Turquía, El Colorado en Estados Unidos y el Yangtsé en China. Todo para generar

---

<sup>35</sup> Turistas extremos en su afán de escalar la cadena montañosa denominada Annapurna (Himalaya), han encontrado la muerte en su ascensión, pero aun así los alpinistas la escalan sabiendo la amenaza latente y la vulnerabilidad del sistema representando un riesgo para el osado.

<sup>36</sup> Por ejemplo, la madera, es una de las mercancías más importante del mundo y se utiliza en la construcción, en la fabricación de papel, de muebles, etc. La mayor parte de los bosques del mundo son hoy explotaciones de maderas.

electricidad y conseguir agua para el riesgo del algodón, el trigo e incluso el arroz en los campos de secano<sup>37</sup> del mundo. El caudal de estos ríos y de muchos otros, está hoy bajo control humano, un control que no siempre se aplica con prudencia. El mar de Aral, en el centro de Asia, que en su momento fue el cuarto del mundo en extensión, se ha convertido en tres sumideros salinos rodeado de una vasta zona de desiertos tóxicos.

La transformación del territorio se ha convertido en un riesgo latente para la humanidad, ya que se agrava la amenaza y consecuentemente, las vulnerabilidades son cada vez más notorias. Se suele culpar a la Naturaleza, cuando en realidad ella solo sigue su camino y el hombre se interpone con sus sistemas vulnerables y poco convencionales.

### *Las Guerras y los Conflictos.*

Posiblemente las guerras hayan desfigurado más al mundo que la destrucción por eventos naturales. Tal vez un día se recuerde, sobre todo el siglo XX, por las terribles matanza de sus guerras. El impacto físico de la aniquilación a gran escala de las personas, ha tenido una repercusión con consecuencias negativas terribles en el mundo. Pero también, las labores subsiguientes de reconstrucción y conmemoración han jugado un papel importante.

Las guerras en general matan a las personas, pero a veces, en ellas se ataca directamente el medio para conseguir una ventaja estratégica. Las armas nucleares destruyen indiscriminadamente el territorio y la humanidad y muestran también la esperanza y capacidad del espíritu humano para curar heridas, ya que escenarios como el de Caen<sup>38</sup> y Dresde<sup>39</sup> que fueron bombardeados, hoy en día, y debido a sus avances, es difícil imaginar ante el peligro que estuvieron verdaderamente expuestas.

El riesgo ante el cual los seres humanos se exponen solo por Poder, codicia o ambición, son muchas veces más representativos que los cambios climatológicos en el presente. Sin embargo, el Espíritu del Ser Humano ha demostrado sobreponerse. El fundamento está en aprender la lección.<sup>40</sup>

---

<sup>37</sup> Agricultura de secano es aquella en la que el ser humano no contribuye con agua, sino que utiliza únicamente la que proviene de la lluvia.

<sup>38</sup> Caen: es la capital y ciudad más grande de la región de Baja Normandía, en Francia.

<sup>39</sup> Dresde: es la capital del estado federado de Sajonia, en Alemania.

<sup>40</sup> Habían creencias que las bombas atómicas que arrasaron Hiroshima y Nagasaki era el más innovador armamento de guerra. Pero el 1 de noviembre de 1952, Estados Unido hizo estallar un temible artefacto: la bomba de hidrógeno. La nube en forma de hongo de la explosión desplegó una energía de 10,4 megatones de la Ivy Mike, que tuvo lugar en la Isla de Elugelab, en el Océano Pacífico. Creó un cráter de 1.900 m diámetro y 50 m de profundidad, al tiempo que destruía la isla.

### *El Cambio Ambiental.*

¿Dónde acaba la ira de la Naturaleza y empieza la influencia de la Humanidad? No queda tan claro mientras se contempla cómo se ensanchan los desiertos y se derriten los casquetes polares. La naturaleza está siempre en movimiento; nunca es un espectador pasivo. En los últimos treinta años, por ejemplo, el cambio climático ha duplicado la extensión del planeta que sufre sequías. Si a eso le añaden malas prácticas ambientales sobre el terreno, se provocaría una crisis de envergadura. En África Occidental, el descenso de las precipitaciones y la extracción de agua para el riego casi han secado el río Chad. En el Norte de China, las sequías y las malas prácticas agrícolas, erosionan la tierra y crean grandes tormentas de polvo que infectan la capital y siguen su camino hasta Canadá. En la zona del extremo oriental de Rusia la sequía ha convertido los bosques en un polvorín.

Todos estos cambios son espectaculares. El impacto más reciente y dominante sobre la humanidad, es el cambio climático del planeta. Hoy ya nadie duda de que el globo terráqueo *se caliente*. Pocos, aparte de un puñado de escépticos, niegan ya que los miles de millones de toneladas de gases de efecto invernadero, que atrapan el calor, y que los seres humanos hemos emitido a la atmósfera, son en gran medida los culpables de este calentamiento<sup>41</sup>.

### *Asentamientos Urbanos No Controlados.*

En la década actual, por primera vez en la historia, la mayor parte de la humanidad vive en ciudades. Las zonas urbanas siguen ocupados solo un dos por ciento de la superficie terrestre, pero en ellas vive la mitad de la población. Las inauditas migraciones desde el campo, implican que casi todo el crecimiento de la población mundial se registre hoy en las ciudades. Incluso para los pobres, las ciudades representan la buena vida.

Los productos (y la contaminación) de las ciudades se extienden más allá de sus fronteras así como sus demandas. Los centros urbanos consumen tres cuartas partes de los recursos que extraemos de la Tierra. Se ha calculado que el mantenimiento de Londres exige un territorio 120 veces mayor que el de la propia ciudad. Son incontables, las consecuencias de las exigencias de las urbes al mundo, por ejemplo a las selvas pluviales de Brasil; a los cultivos de trigo de América del Norte; a los campos de algodón de Asia Central; a las minas de

---

<sup>41</sup> El Yangtsé, al Sur de China, es más conocido por sus catastróficas inundaciones, pero en verano del 2006 su principal afluente, el Jialing, se secó. La sequía del río se debe en parte a la falta de precipitaciones en la cabecera, Una importante zona del sur de China ha sufrido la peor sequía en un siglo. Sin embargo, los agricultores también han extraído más agua del río para regar sus arrozales. Como consecuencia, el caudal del río, antes bajo, ahora ha desaparecido.

cobre de Chile y, en última instancia, a las capas de hielos de las regiones polares. La huella humana en el siglo XXI es verdaderamente global.<sup>42</sup>

### **Dilemas éticos en la profesión del Ingeniero Civil.**

Muchas son las interrogantes y la búsqueda de las respuestas que tienen que estar enmarcadas en un lenguaje interdisciplinario, con profesionales capacitados y conscientes. El presente trabajo tendrá el siguiente alcance debido a la amplitud del tema: (a) Resaltar la importancia de la participación del Ingeniero Civil para la optimización de los proyectos a través de políticas de investigación, (b) Brindar herramientas para la creación de respuestas adecuadas ante un peligro o amenaza que afecte a la sociedad, y (c) Destacar la importancia de involucrar a todos los entes encargados del resguardo de la sociedad, es decir, ingenieros, estudiantes, gobernaciones y comunidad. Sin embargo y por la novedad del tema, la información disponible es escasa siendo una limitante para la elaboración del trabajo.

En consecuencia y resaltando todo lo anterior mencionado, *estamos ante un Mundo de incógnitas con percepciones totalmente distintas de lo que significa estar en riesgo y ante la polémica con respecto a los dilemas éticos de la ingeniería y su verdadero alcance en la construcción de una “mejor sociedad sobre infraestructuras cada vez más seguras”*. La concepción del riesgo nace desde su contexto y se amplía hasta llegar a sus soluciones.

Con respecto a los Ingenieros Civiles su percepción del riesgo es práctica y tiene como fin único salvar vidas y mitigar pérdidas económicas, todo esto bajo la consideración de la amenaza natural que pudiese convertirse en catastrófica, junto con una vulnerabilidad del sistema.

### **Reflexión del riesgo involucrado en el progreso**

Con el cambio profundo en la configuración del universo social que se gestó tras la llegada de la modernidad a Europa y la casi inmediata emergencia, sociabilidad y expansión de dichos cambios al contexto mundial, especialmente durante los siglos XVII y XVIII, se comenzó a cuestionar las concepciones que habían imperado hasta entonces alrededor de la casualidad de los desastres. Un elemento que disparó estas discusiones entre los intelectuales de la época fue el terremoto que azotó a la ciudad de Lisboa, Portugal, en el año 1755.

En aquel entonces Lisboa era una de las ciudades más importantes de Europa, en su seno se desarrollaba una significativa actividad comercial y cultural y, como ocurría en la mayor parte de las capitales europeas, se gestaban corrientes importantes de

---

<sup>42</sup> Sao Paulo. En poco más de una generación ha pasado de ser un lugar de poco desarrollo de Brasil a una de las tres principales ciudades del país. En ningún otro lugar se ve tan claramente el abismo entre los ricos y los pobres que existen en nuestro nuevo mundo urbano. A su sombra, sin embargo, mucho más ciudadanos se aferran a la parte inferior de la revolución urbana: se trata de los 60.000 habitantes de la favela de Paraisopolis.

pensamiento modernista. Es en este contexto que se presenta un potente terremoto que acabó con buena parte de la infraestructura urbana de aquel entonces y, como era de esperarse, de inmediato surgieron voces que señalaban que la tragedia vivida no era más que un *castigo divino* provocado por la aptitud irreverente y contestataria de las corrientes ideológicas que se gestaban por aquellos días.

Algunos de los documentos más hermosos que describen estas discusiones son una serie de cartas que se enviaron los pensadores franceses Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) y François Marie Arouet (1694-1778), mejor conocidos por el nombre de Voltaire. En esta discusión Voltaire sostenía el carácter providencialista del terremoto y acusaba a la Naturaleza de lo ocurrido. Sin embargo Rousseau dudaba de estos argumentos y sugería en su lugar, “que lo ocurrido era producto de la forma irresponsable como el Hombre había procedido a urbanizar los espacios en que se había asentado la ciudad”.

## IV.- Riesgos Diferentes para cada Esfera de Acción.

“Los límites de mi lenguaje son los límites de mi mundo”. Wittgenstein, Ludwig<sup>43</sup> (1889-1951)

### La Ingeniería, el Riesgo y la Real Academia Española.

El hombre desde sus principios se ha expuesto a una serie de eventos y estados de la naturaleza que de una manera u otra lo han expuesto al riesgo. La palabra riesgo, al igual que el hombre, se ha ido desarrollando de tal manera, que hoy en día tener una sola definición de ella es muy difícil, por no decir imposible. Cada persona, cada profesional, cada comunidad clasifica y define el riesgo de distintas maneras, pareciendo el mismo muchas veces como algo irreal y extraño que no se puede controlar. Es el caso que la Real Academia de la Lengua Española define el riesgo como: “*contingencia o proximidad de un daño; estar expuesto a perderse o a no verificarse*”

Esta es la definición general del riesgo que envuelve ese *misterio* dentro de la palabra, es decir, puede o no suceder algo que produzca a su vez una acción, un efecto. Sin embargo, dentro de las mismas ramas de la ingeniería, el riesgo se expresa de distintas formas donde las acciones y efectos varían dependiendo de la situación o contexto.

El ingeniero se orienta a analizar situaciones determinadas, para luego establecer cuáles serían las consecuencias. Dada esta secuencia, de una manera u otra está definiendo el riesgo cualitativo. Es así como, en la Guía Técnica De Explotación De Presas y Embalses, Tomo 1<sup>44</sup> se refiere al riesgo como: “*la combinación de tres conceptos: qué puede pasar, cómo de probable es que pase y cuáles son sus consecuencias*”.

En las definiciones anteriores se han involucrado términos como probabilidad de que algo ocurra, consecuencia y exposición. Existen diversas formas de representar el riesgo pero hay una en específico que tal vez involucra todo lo anterior mencionado de una manera sencilla, y se representa en la ecuación (1)<sup>45</sup>:

$$R = V \times A \quad (1)$$

<sup>43</sup> Ludwig Wittgenstein (1889-1951). Filósofo, matemático y lógico austríaco. En vida sólo publicó el libro “Tractatus logicophilosophicus”, que influyó en gran medida a los positivistas lógicos del Círculo de Viena.

<sup>44</sup> Coedita: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y el Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD). SPANCOLD tiene como principales misiones el favorecer la difusión de los avances tecnológicos en materia de presas, la promoción del proyecto y la construcción de presas de forma segura, el garantizar que se mantienen y conservan en adecuadas condiciones y que el control de su seguridad se realice de forma efectiva, garantizando una gestión sostenible

<sup>45</sup> Formulación para identificar el riesgo, “R”.

donde “R” es el riesgo, “V” la vulnerabilidad “A” la amenaza y “X” representa la relación. Esta expresión enmarca ahora una necesidad de convolución entre la vulnerabilidad y la amenaza para que ocurra el riesgo. Omar Darío Cardona<sup>46</sup> menciona que la convolución *“es un concepto matemático que se refiere a la concomitancia y mutuo condicionamiento...”* de igual manera expresa que: *“...el riesgo corresponde al potencial de pérdida que pueden ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad...”* (Cardona, 2011)

Es así como Omar Darío Cardona pone en evidencia la necesidad de trabajar el concepto de vulnerabilidad y amenaza de manera conjunta, por ser situaciones mutuamente condicionantes, pero resalta a su vez la importancia de estudiarlas independiente para efectos metodológicos y de comprensión del riesgo.

En el contexto ambiental, el riesgo se define *“en función de la probabilidad de que un suceso adverso ocurra, como resultado de la exposición a la contaminación existente en el medio subterráneo y de la magnitud de las consecuencias o impactos de dicho suceso, sobre los objetos a proteger o receptores.”* (Grases, G.2006, p.369). De igual forma Gabriel Grases<sup>47</sup> menciona lo siguiente con respecto a la convolución de elementos: *“El riesgo se compone de tres elementos fundamentales: el foco u origen de la contaminación, los receptores u objetos a proteger y los mecanismos de transferencia que los unen. La ausencia de cualquiera de estos tres elementos suprimiría el riesgo, ya que entonces no sería posible que el receptor se viese afectado”*

En términos generales, el riesgo atiende a tres características explicadas por José Grases, en su libro *“Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos”* las cuales son:

1. *Que hayan ocasionado numerosas víctimas y/o elevadas pérdidas materiales, o que, en un futuro, pudieran conducir a situaciones comparables,*
2. *Que haya generado o puedan generar una súbita simultánea demanda de atención de emergencias, que exceda la capacidad instalada del país;*

---

<sup>46</sup> Omar Darío Cardona: es Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Doctor de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) del programa de Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural, realizó especializaciones, Prevención de Desastres y Mitigación de Riesgos en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología IZHS de la Universidad "Kiril & Metodij" de Macedonia 1985. Es profesor catedrático de Gestión Integral de Riesgos y Desastres de la Maestría de Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto de Estudios Ambientales [IDEA] de la UNC sede Manizales. Ha sido profesor de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Los Andes en Bogotá y creador del Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, CEDERI, del cual fue su primer Director Académico. Creó la Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres en la misma universidad. Ha recibido varios reconocimientos entre los cuales se destaca el premio ‘Lámpara de Diógenes’ de la AIS, 2005. En el 2004 fue Laureado por la Organización de las Naciones Unidas en Ginebra con el Premio ‘Sasakawa’ de Prevención de Desastres, en reconocimiento por sus ‘contribuciones sobresalientes, prácticas innovadoras e iniciativas destacadas en la evaluación y gestión del riesgo a nivel mundial.

<sup>47</sup> Gabriel Grases F. Master en Mecánica de Suelos, Imperial College, London. Especialización en Tratamiento de Suelos y Control de Contaminación de Aguas Subterráneas.

3. *Que representen un riesgo de contaminación o un impacto ambiental negativo de larga duración, asociado a pérdidas humanas o económicas del país.*

Ahora bien, el riesgo puede ser definido cualitativamente en principio para obtener un panorama de la situación a afrontar, es decir, obtener una probable distribución de pérdidas. Sin embargo, el riesgo no puede evaluarse simplemente mediante la multiplicación de la vulnerabilidad y la amenaza porque implicaría una independencia entre ambas, que no ocurre.

Si en un sistema cualquiera se evalúa por separado la amenaza y la vulnerabilidad, sería acertado pensar, que entre mayor sea el evento mayores van a ser las pérdidas ¿Qué pasa cuando se evalúa de una manera más profunda, tomando en cuenta las probabilidades de ocurrencia de dicho evento?

La herramienta principal en la valoración del riesgo es la adecuada estimación de ocurrencia de eventos, basado en la consideración estadística, que incluye la teoría de las probabilidades y procesos estocásticos. Por ejemplo, existen Normas que establecen por ejemplo, para el diseño de plataformas de costa afuera, que una vez concluida la ejecución de la obra, la probabilidad de ruina  $P(R)$  no debe exceder el valor  $4 \times 10^{-4}$  si se encuentra habitada y no debe exceder el valor  $1 \times 10^{-3}$ , si no está habitada permanentemente (ISO 19901-2, 2004, Tabla 2, p.11).<sup>48</sup> Para obtener estos valores se debe recurrir a una evaluación cuantitativa del riesgo. Es así como para el caso de los sismos, José Grases obtiene una aproximación de la siguiente manera:

*Una aproximación se puede obtener sumando las contribuciones a esa probabilidad de ruina, de las acciones externas (...) la ruina (R) como el estado de desempeño (ED) indeseable, un estimador de la probabilidad de ruina  $P(R)$  viene dado por la siguiente suma de productos, para todos los valores ( $A_i$ ) desde los más pequeños a los más grandes concebibles:*

$$P(R) = \sum P[(R)/A_i] \times P(A_i) \quad (2)$$

*donde: la probabilidad  $P(A_i)$  representa la amenaza y  $P[(R)/A_i]$  la vulnerabilidad.*

Es evidente cómo para evaluar y tener una noción más *precisa* del riesgo, es necesaria una visualización integral de todos los factores que representan o contribuyan a pérdidas o daños en el sistema. Por ello D.S. Bowles<sup>49</sup> menciona que “*el riesgo puede definirse como la probabilidad de consecuencias indeseables*”.(Bowles, D.S. 2012)

<sup>48</sup> ISO: Organización Internacional de Normalización; ISO-19901-2 referida a “Procedimientos de Diseños Sísmicos y Criterios”

<sup>49</sup> David Bowles es Profesor de Ingeniería Civil y Ambiental y ex director del Laboratorio de Investigación del Agua Utah. Su investigación incluye la gestión de la seguridad de la presa de riesgos, operaciones de inundación de yacimientos en tiempo real, la estimación de inundación extrema y seguridad de los sistemas de agua. Imparte cursos de postgrado en gestión de riesgos y modelos

El análisis de riesgo resulta de estudios para la toma de decisiones precisas, que logren disminuir, controlar y mitigar los daños y pérdidas. Es evidente que una primera etapa sería la evaluación cualitativa del riesgo donde la vulnerabilidad y la amenaza se estudien independientemente, con la finalidad de obtener el por qué y el cómo de la investigación del análisis de riesgo.

A continuación se sugiere una definición del *cuál, dónde, cuándo y cuánto*, lo que corresponde a una evaluación cuantitativa. Esta evaluación cuantitativa involucra una cantidad de factores y metodologías que dependiendo del estudio y las respuestas a las preguntas del porqué y el cómo pueden surgir diferentes enfoques de cómo evaluar el riesgo.

Anteriormente se había mencionado que para la Guía Técnica De Explotación De Presas y Embalses, Tomo 1, el riesgo era combinar tres conceptos, los mismos representan lo siguiente:

*(...) el qué puede pasar se refiere al fallo de la presa (...) El cómo de probable es que pase es la combinación de la probabilidad de que se presenten unas determinadas cargas y la probabilidad condicional de rotura de la presa dadas dichas cargas (...). Por último, las consecuencias son aquellas que se derivan del fallo de la presa, incluyendo entre otras las consecuencias económicas y pérdidas de vidas.*

Aquí se evidencia el trabajo en etapas respondiendo a las interrogantes que de una manera u otra afectan o son determinantes a la hora de tomar decisiones. También se evidencia en los trabajos de José Grases por ejemplo, para la ecuación (2) cómo dependiendo del contexto a estudiar la ecuación del riesgo se torna más compleja ya que se empieza a trabajar de una manera holística. Por su parte Mauricio Sánchez, define el riesgo de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo} = E[L] = \sum_{i=1}^n [\sum_{j=1}^m p(L_i | A_j) p(A_j)] L_i \quad (3)$$

donde  $L_i$  representa el nivel de pérdidas  $i$ ;  $p(L_i | A_j)$  es la probabilidad de que se presente un nivel de pérdidas  $L_i$  dado que ocurrió el escenario  $A_j$ , los eventos  $A_j$  están determinados por el contexto del problema y pueden describir diferentes intensidades de un mismo fenómeno o diferentes situaciones (para el caso de funciones de pérdidas continuas, la ecuación debe expresarse como integrales con la definición apropiada de los límites de integración); y  $p(A_j)$  es la probabilidad de que se presente dicho evento.

---

hidrológicos. Es Consejero de la Sociedad de EE.UU. de Represas y activa en la Comisión Internacional de Grandes Presas y de la Comisión Nacional Australiana de Grandes Presas. Él es un ingeniero profesional y miembro de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles y American Water Resources Association. Ha sido consultor en todo el mundo incluyendo el Cuerpo de Ingenieros, Bureau of Reclamation, Proyecto de Agua del Estado de California, la Agencia Internacional de la Energía Atómica, el Banco Mundial y numerosos propietarios de presas y los reguladores.

Otra forma de representar el riesgo según Luis Altarejos en su Tesis Doctoral “Contribución a la Estimación de la Probabilidad de Fallo de Presas de Hormigón en el Contexto del Análisis de Riesgos”, es la siguiente:

$$\text{Riesgo} = E[P(\text{eventos de solicitud}) \times P(\text{respuesta} \mid \text{solicitud}) \times P(\text{consecuencias} \mid \text{respuesta})] \quad (4)$$

donde *eventos de solicitud* se refiere a las acciones que se puedan desencadenar por un determinado evento; “ $\mid$ ” representa la probabilidad condicional; y las *consecuencias* representan las pérdidas de vidas humanas, económicas, etc.

En las fórmulas (2), (3) y (4) los autores expresaron de manera distinta el riesgo, a pesar de estar involucrados prácticamente los mismos conceptos, es decir, vulnerabilidad, amenaza, consecuencias y contexto. De una manera probabilística lograron encontrar una expresión que cuantifica el riesgo, pero lo importante en realidad es el cómo llegaron a esas expresiones son referidos como ejemplo para ratificar que el riesgo es una expresión que no tiene una sola significación y que está íntimamente ligada con el futuro, con aquello *que no ha ocurrido*.

Realizar una evaluación de riesgo es un proceso complejo donde la herramienta más importante para la toma de decisiones, pareciera ser, la incertidumbre.

David Bowles (2012) plantea cuatro principios para poder evaluar el riesgo que son:

- Percepción del riesgo: se refiere a las decisiones que se convierten en juicios de valor y que se fundamentan en información técnica, señalan también algunas características del riesgo que son afectadas por la percepción.
- Preocupación individuales y sociales: señala que a partir de los riesgos percibidos, la preocupación de la población se ha agrupado en dos grandes categorías por HSE<sup>50</sup> (2001), que se resumen en ICOLD<sup>51</sup> (2005): (a) preocupaciones individuales, referente a cómo los individuos perciben el riesgo de una amenaza particular que los pudiese afectar a ellos y a las cosas que valoran personalmente. (HSE,2001); (b) preocupaciones sociales, como los peligros que tiene la sociedad debido al riesgo por amenaza<sup>52</sup>, que si se concretasen, podrían tener repercusiones negativas para las instituciones responsables,( de gobierno) de poner en práctica las medidas para proteger a las personas. Las preocupaciones consideran aspectos como (i) víctimas mortales, (ii) exposición de grupos especialmente sensible; y (iii) la distribución desigual de riesgos y beneficios. La aparición de múltiples víctimas mortales en un solo

---

<sup>50</sup> HSE: Salud y Seguridad, es una gerencia integrada por las direcciones de salud ocupacional, seguridad industrial y protección ambiental. La dirección de salud ocupacional desarrolla en los grupos, el programa de salud ocupacional y los planes de vigilancia epidemiológica.

<sup>51</sup> ICOLD: Comisión Internacional de Grandes Presas, es una ONG internacional que provee un foro para el intercambio de conocimientos y experiencias en ingeniería de presas. Esta Organización dirige sus acciones a asegurar que las presas sean construidas de manera segura, económica y sin provocar efectos perjudiciales al medio ambiente.

<sup>52</sup> Para la elaboración de este trabajo, es importante señalar que la amenaza natural, es solo un evento. Para que se produzca el riesgo debe haber una concomitancia entre la amenaza y la vulnerabilidad.

evento se conoce como “Riesgo Social” que es por lo tanto, un subconjunto de preocupaciones de la sociedad. (HSE,2001).

- Equidad y eficiencia: dos principios fundamentales, de los que la tolerabilidad de las pautas en riesgo se derivan, se describe como sigue en ICOLD (2005): (a) equidad, es el derecho de los individuos y de la sociedad a ser protegidos, y el derecho que los intereses de todos los miembros de una población, sean tratados con justicia y eficiencia; y (b) eficiencia: la necesidad de la sociedad de distribuir y utilizar los recursos disponibles con el fin de lograr el mayor beneficio. No puede haber conflicto en el logro de la equidad y la eficiencia.
- Aplicación de criterios “pure”<sup>53</sup>: Morgan y Henrion (1990) clasificaron los criterios de evaluación de riesgos en tres grupos de la siguiente manera: (a) criterios rights-based<sup>54</sup> o equity-based<sup>55</sup>, (b) criterios utility-based<sup>56</sup> or efficiency-based<sup>57</sup>, y (c) criterios technology-based<sup>58</sup>. La HSE (2001) adoptó estos criterios refiriéndose a ellos como criterios “pure”. Aplicar criterios de evaluación o directrices de riesgo, requiere de una mezcla de los grupos de criterios “pure”.

El término “risk informed” se refiere a las decisiones tomadas basadas en muchas aportaciones y consideraciones, incluyendo el análisis tradicional en ingeniería, las normas y las buenas prácticas en las decisiones en materia de adiciones a los resultados de una evaluación de riesgos. En cambio el término “risk based” se refiere a la toma de decisiones basadas únicamente en una evaluación.

Aplicando el enfoque de Vrijling (2001) a las presas, D.S. Bowles menciona que se podría argumentar que el grado de voluntariedad con lo que las personas están expuestas a los riesgos por rotura de la presa, depende de los beneficios directos por la construcción de la misma. Por ejemplo, una presa de control de inundaciones protege una comunidad de las frecuentes inundaciones y proporciona beneficios directos a la comunidad. Mientras que una represa hidroeléctrica privada, que proporciona energía a una región lejana y pocos puestos de trabajo a la comunidad afectada, no otorga beneficios directos a la comunidad. Sobre esta base, se podría argumentar un menor nivel de riesgo en el caso de la presa hidroeléctrica, que en el caso de la presa de control de inundaciones.

De igual forma, Mauricio Sánchez en su libro “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos”, introduce el término *riesgo aceptable*, guardando cierta similitud con lo expresado por D.S. Bowles, señalando lo siguiente:

*En principio, la ocurrencia de cualquier nivel de pérdida es inaceptable. Sin embargo, la sociedad considera que ciertos niveles de riesgo, son “tolerables”. Un nivel de seguridad adecuado no exige que todos los riesgos se eliminen, sino que exista un balance apropiado entre costos,*

---

<sup>53</sup> Puro, traducción del autor.

<sup>54</sup> Basada en los derechos, traducción del autor.

<sup>55</sup> Basada en la equidad, traducción del autor.

<sup>56</sup> Basada en la utilidad, traducción del autor.

<sup>57</sup> Basada en la eficiencia, traducción del autor.

<sup>58</sup> Basada en la tecnología, traducción del autor.

*riesgos y beneficios. Puesto que el riesgo es una herramienta para la toma de decisiones, para la definición de un “nivel de riesgo aceptable” debe considerarse, por lo menos, los siguientes aspectos: 1) percepción del riesgo, 2) estrategia de decisión, y 3) regulación dentro de la cual se enmarca la decisión.* (Mauricio Sánchez, 2005)

El autor remite a una figura (fig. 3) en la cual comenta: “... permiten [la figura 3] concluir que los juicios de valor son un elemento fundamental en la definición de la aceptabilidad”.

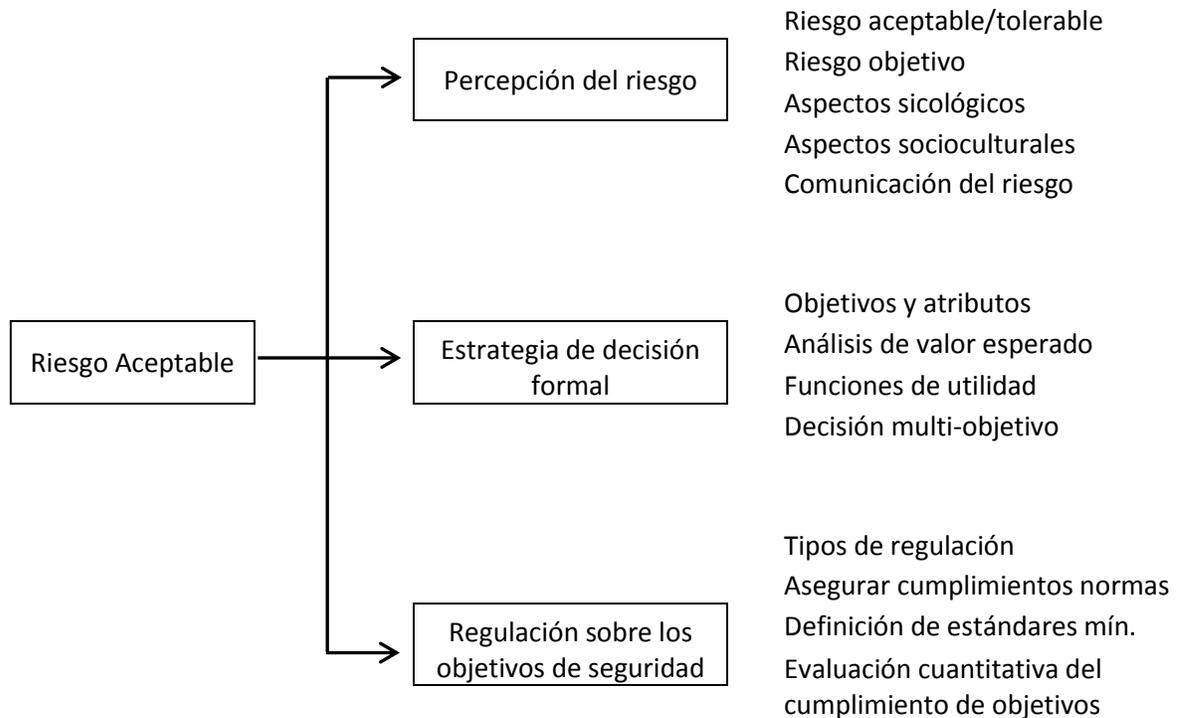


Figura 3: Criterios para la definición del riesgo aceptable. Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p.82.

Los juicios de valor, son una manera de una percepción acerca del nivel de tolerabilidad, donde el individuo se plantea interrogantes cómo: *¿Es el riesgo voluntario o no? ¿Está familiarizado con la situación?, ¿Cuántas personas están involucradas?, ¿Cuál es la forma de muerte? ¿Cuál es el contexto cultural? ¿Cuál es el contexto personal? ¿Cuál es la naturaleza de la comunicación? Y por último ¿Cuáles son las consecuencias inmediatas?.*

### **Tolerabilidad de los Riesgos**

En un mundo *ideal o perfecto*, el nivel de pérdidas a considerar debería ser cero. Sin embargo sabemos que eso es imposible, existen muchos factores como dinero, tiempo, beneficios, cultura, etc., que hacen improbable considerar un nivel de *pérdida cero*. Es por ello que la sociedad y los mismos científicos, catalogan o jerarquizan el

riesgo para poder tomar decisiones en base a ello. En el capítulo I del presente trabajo se introdujo un esquema que representa esta jerarquización (Fig. 2)

En la figura 1, D.S. Bowles muestra los diferentes niveles de riesgo y los cataloga como riesgo residual tolerable, inaceptable y en un rango de tolerancia. El *riesgo residual tolerable* abarca la zona de la punta del triángulo y representa aquellos riesgos con los cuales la población interactúa a diario y se hacen imperceptibles o controlados; en el medio del triángulo se tiene un *rango de tolerancia* en cual la sociedad convive con el riesgo siempre y cuando esto le traiga beneficios sociales netos. Este riesgo se mantiene en constante revisión y es reducido con los medios que estén al alcance de la sociedad; en la parte superior del triángulo se encuentra *el riesgo inaceptable* representa aquellos riesgos con los cuales la sociedad debe interactuar, son perceptibles y no reciben ningún beneficio, y solo puede ser justificado en situaciones extraordinarias.

La interpretación para cada una de las zonas descritas en la figura 1, debe ser desde el punto de vista cualitativa. En el caso de la región central, es decir, el rango de tolerancia se conoce como ALARP<sup>59</sup> (As Low As Reasonably Practicable) y se considera que para el riesgo sea tolerable, debe cumplirse lo siguiente: “*no se puede reducir el riesgo o la inversión requerida para reducir el riesgo es desproporcionada con respecto al beneficio*”. Sin embargo, la interpretación cuantitativa de esta figura se puede observar en la figura 4.

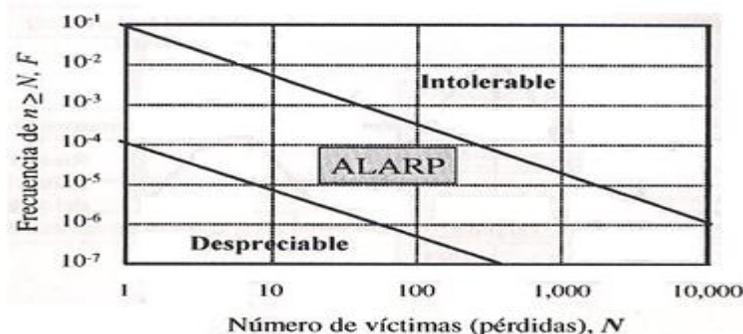


Figura 4: Definición cuantitativa de la región ALARP. (Sánchez, Mauricio; 2005).

Otro tipo de herramienta cuantitativa son las curvas F-N, estas curvas representan la relación entre la probabilidad de ocurrencia de una amenaza y el número de víctimas que producen en una determinada área de estudio. De esta forma el área debajo de la curva es el riesgo social total en el área estudiada. Estas curvas muestran la distribución de la probabilidad de ocurrencia de un número de víctimas de una forma clara y sencilla, aunque no permiten un análisis directo de la distribución espacial del riesgo, como los

<sup>59</sup> ALARP: en ingeniería significa: Tan bajo como sea razonable. Para considerarse un riesgo ALARP debe ser posible demostrar que el costo de continuar reduciendo ese riesgo es desproporcionado en comparación con los beneficios que se obtendrían.

mapas de riesgo<sup>60</sup>. Ejemplo de la gráfica de curvas F-N se encuentra en la figura 5 representando el riesgo por rotura de presa. En el capítulo de “Valoración Científica del Riesgo y Propuestas para el Análisis de Consecuencias” esta figura es explicada de una manera más detallada, basado en la presentación de Ignacio Escuder (2013)

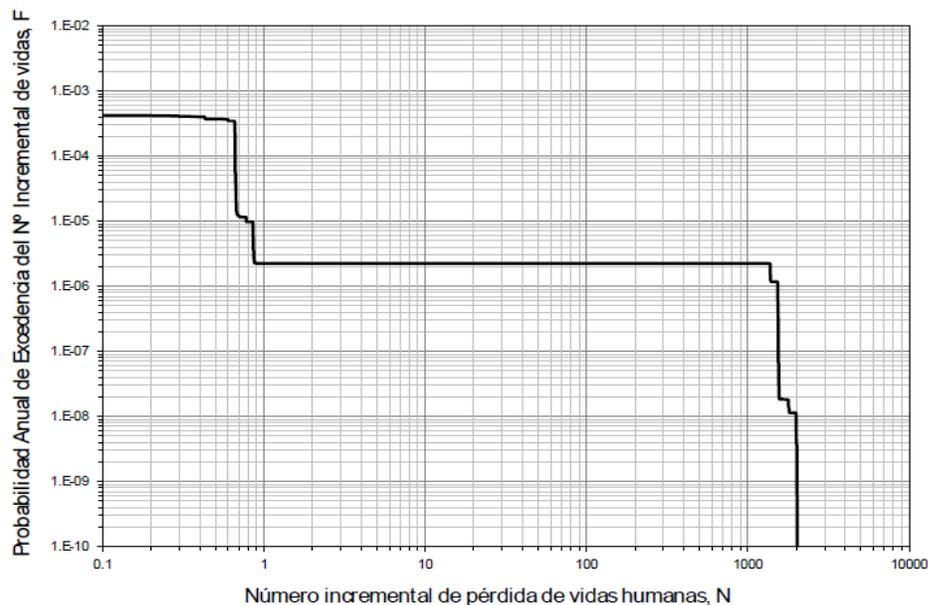


Figura 5. Riesgo por rotura de presa. Tomado de “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses” por I. Escuder, 2013, Presentación de conceptos claves para alumnos de la UCAB.

Ignacio Escuder<sup>61</sup> (2013) en su presentación “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses” define lo siguiente:

*La probabilidad de que suceda un determinado evento se suele representar en el eje Y, en términos anualizados. Si en el eje X representamos las consecuencias asociadas a cada nivel de probabilidad tenemos las denominadas curvas F-N, si las consecuencias se representan en términos de vidas, o F-D, si se representan en términos económicos. (Escuder, I. 2013)*

También señala que el área bajo esa curva (fig. 5) que se forma, es el riesgo social o económico. Estas curvas representan una cuantificación del riesgo, que refleja lo que

<sup>60</sup> Los mapas de riesgo es un gráfico, un croquis, o una maqueta, en donde se identifican y se ubican las zonas de la comunidad, las casas o las principales obras de infraestructura, que podrían verse afectadas si ocurriera un inundación, o un terremoto, o un deslizamiento de tierra, o una erupción volcánica. (EIRD. Guía de trabajo para la elaboración de los mapas de riesgos comunales. Obtenido el 16 de Junio de 2013 en <http://www.eird.org/fulltext/Educacion/gu%EDa-mapas-riesgo.pdf>)

<sup>61</sup> Ignacio Escuder, actual Presidente en Comité Internacional de ICOLD sobre los aspectos computacionales de análisis y diseño de las presas Socio Fundador de iPRESAS, en iPRESAS Secretario general en club Europeo de ICOLD (Comisión Internacional de Grandes Presas) Profesor (Profesor Titular) en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Ignacio Escuder llama un, “*sí, yo puedo*”, es decir se puede ofrecer información de riesgos para aquellos que necesitan tomar decisiones.

Para los diferentes criterios de tolerabilidad, de igual forma y como ejemplo para el caso de riesgos incremental por rotura de presas, D. S. Bowles presenta un ejemplo donde se distingue entre riesgo individual, que es equivalente a la probabilidad anual de fallo, y riesgo social, que requiere de contrastar con qué probabilidad anual se produciría un cierto número de víctimas.

En la figura 6 se muestra los criterios de tolerabilidad de USACE, donde la figura (a) representa la directriz utilizado por USACE<sup>62</sup> para el riesgo individual de las presas existentes, en cambio, la figura (b) representa la directriz utilizada por USACE para el riesgo colectivo o social.

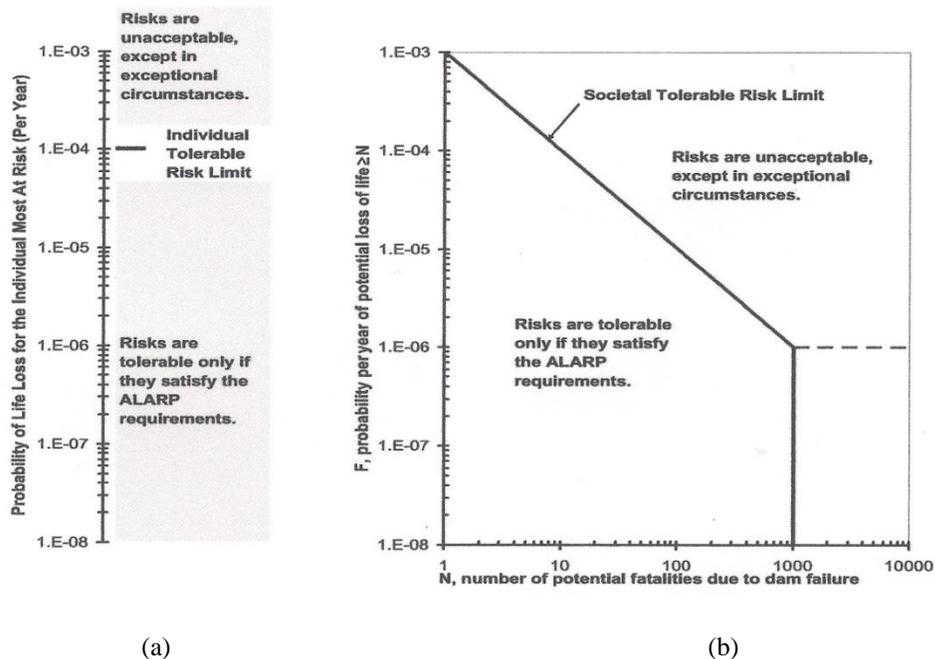


Figura 6: Criterios de tolerabilidad USACE, para presas existentes. (D. S. Bowles, 2012).

Existen otras formas subjetivas de obtener la tolerabilidad del riesgo, ejemplo de ello hace mención José Grases asegurando que los valores de diseño asociados a la estrategia preventiva de las normas vigentes, pueden ser excedidas (Fig. 7). De igual forma comenta:

*En el análisis de la estrategia(...), esencialmente dirigida a optimizar las inversiones, debe tenerse presente que la resistencia de las estructuras con la aplicación estricta de los códigos, aún posee una cierta reserva a*

<sup>62</sup> USACE, Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, es el cuerpo más grande del mundo de la ingeniería de diseño público, y la agencia de gestión de la construcción. Es generalmente asociada con las presas, canales y protección contra las inundaciones en los Estados Unidos

*ser considerada (...).*(Grases, J. Incorporación de incertidumbres en el cálculo de la confiabilidad de estructuras)

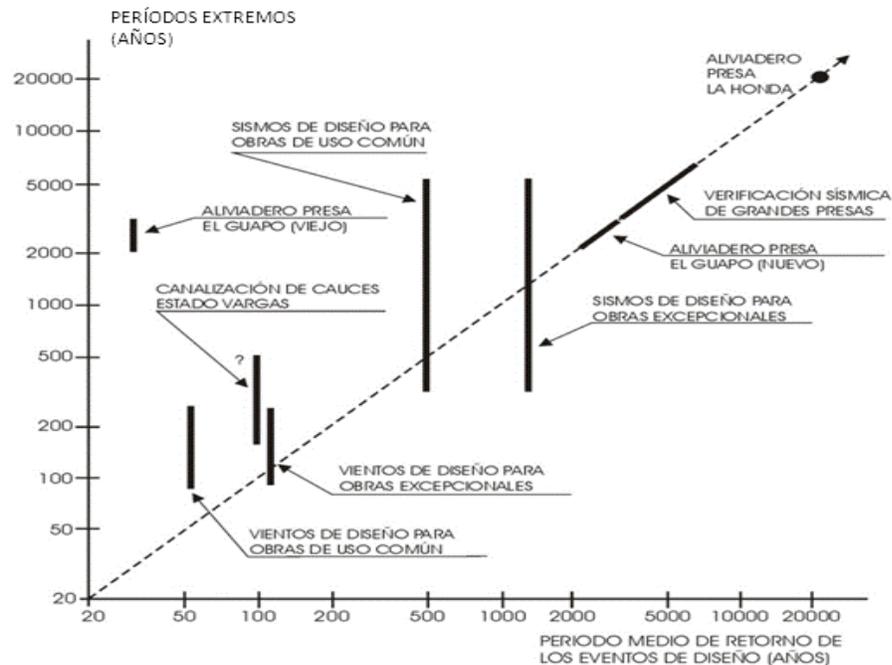


Figura 7: Criterio de tolerabilidad, para optimización de inversión. (Grases, *Incorporación de incertidumbres en el cálculo de la confiabilidad de estructuras*).

La figura 7 representa los criterios de tolerabilidad para la optimización de la inversión, donde el eje de abscisas son los valores de diseño que se establecen en las Normas o se emplean en los proyectos de Ingeniería y las ordenadas, corresponde a la evaluación, o más bien percepción, por parte del experto, o de aquellos que ya lo hayan evaluado, sobre cuán alejados se encuentran los eventos extremos que se esperan. Por su parte, en el caso de la figura 7, representa el análisis para el caso de los embalses señalados, según postulados de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLL). Finalmente, la barra vertical, que cruza la bisectriz, en cierto modo representa el rango de incertidumbre de la apreciación. (Grases, 2011-2012).

De lo anterior se deduce que el lenguaje<sup>63</sup> en todo proceso de análisis de riesgo es fundamental. La comparación de riesgos en diferentes actividades de la sociedad, no es fácil de establecer y su aceptabilidad va a depender de muchos factores. La implantación de fórmulas y gráficos adecuados son la principal herramienta en la toma de decisiones con respecto a la evaluación del riesgo científico.

<sup>63</sup> Wittgenstein pretende librarnos de todo ese bagaje innecesario al sostener que el significado del lenguaje reside en el *uso* que hacemos de él, dando un fuerte impulso a un proyecto que resultará esencial para el pensamiento analítico: la naturalización del significado. (Navarro, 1974). De igual forma, Navarro, profesor de Filosofía en la Universidad de Sevilla. Identifica como uno de los grandes problemas de la filosofía del lenguaje y de la mente: la palabra instrumento de comunicación, la intencionalidad de la conciencia y la *diferencia* como aspectos constitutivo de todo texto.

Los ingenieros tienden de manera natural, dada su actividad, a convertirse en *líderes coyunturales*. Es por ello que sus decisiones repercuten directamente en la sociedad y en el individuo. Un individuo actúa en función de sus necesidades, preferencias y estilo de vida. En cambio, una sociedad la define su cultura, sus características socioeconómicas, nivel de educación, etc. Esta diferencia entre individuo y sociedad es fundamental para definir la aceptabilidad del riesgo (Fig 8).

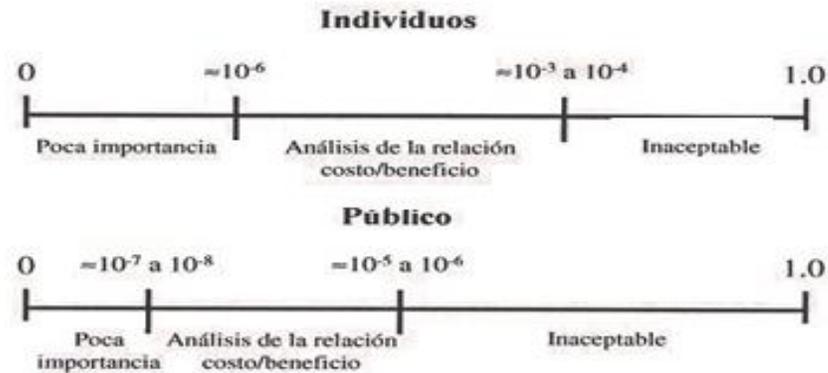


Figura 8: Aceptabilidad del riesgo individual y social. (Sánchez, Mauricio; 2005)

En la figura 8 muestra un ejemplo concreto de evaluación cuantitativa para definir la aceptabilidad del riesgo, donde a nivel individual el riesgo cobra mayor valor que a nivel social.

**Por considerar, las Normas, ¿significa que la estructura está completamente segura?**

Si bien es cierto la palabra *riesgo* desde sus principios representaba cierta inseguridad ante el comportamiento de un sistema, pero que significa *¿Estar seguro?* La palabra seguro proviene del latín “securus” y representaba estar alejado de cuidados y preocupaciones, proporcionando tranquilidad.

Para ingeniería este término a pesar significar de una manera genérica lo mismo se refiere a : “*la distancia entre el riesgo asociado a la función de estado del sistema,  $R_S(t_i)$ , y el riesgo aceptable,  $R(t_i)$*  ” (M. Sánchez). Con este enfoque se plantea la siguiente ecuación:

$$S(t_i) = \text{Max} (R(t_i) - R_S(t_i), 0) \quad (6)$$

Ejemplo de esto, se ve reflejado cuando una persona compra una vivienda y debe tener claro que existe una probabilidad de que se presente una falla como sistema estructural. Esa probabilidad de falla, que debe ser mínima, está estipulada en las Normas y se considera como un “riesgo aceptable para la sociedad”. Pero si la norma cambiara, los criterios de aceptabilidad o tolerabilidad podrían variar. Ver figura 9.

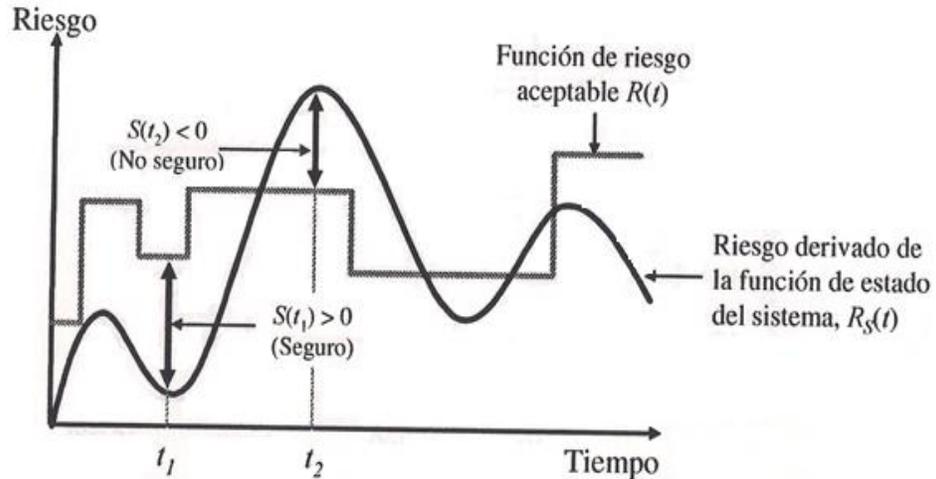


Figura 9: Descripción de la seguridad en función del riesgo aceptable. Tomado de “ Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p. 88.

“Una de las maneras para verificar la seguridad es relacionarla directamente con la probabilidad de falla”. (M. Sánchez, 2005). Uno de los planteamientos es:

$$S(t_i) = -\ln(P_f(t_i)) \quad (7)$$

donde  $P_f(t_i)$  es la probabilidad de falla del sistema en un instante en el tiempo. Para  $P_f(t)=1$  la seguridad es 0, entonces la falla ya ha ocurrido, mientras que para valores de probabilidad de falla muy pequeños, la seguridad crece dramáticamente.

“La seguridad es una medida derivada del riesgo y usualmente se define en términos de la confiabilidad, que es el inverso aditivo de la probabilidad de falla ( $R = 1 - P_f$ )” (M. Sánchez, 2005).

Por su parte José Grases en su “Nota sobre la Incorporación de Conocimiento Incierto en la Ingeniería Estructural Venezolana”, introduce la verificación de la seguridad, señalando lo siguiente:

*En los algoritmos de verificación de la seguridad, las resistencias nominales son minoradas, pues subsisten incertidumbres sobre los valores en obra de los parámetros recién mencionados [dimensiones de sección, ubicación de refuerzos, resistencia del concreto y otros.] Las resistencias debidamente minoradas, son finalmente comparadas con las solicitaciones debidamente mayoradas.(J. Grases, 2011-2012)*

Sin embargo para el caso particular de los sismos añade:

*En el caso particular de los sismos, las acciones debidas a los temblores no son mayoradas. Esto es consecuencia de hipótesis implícitas en el cálculo según las cuales, bajo la acción de eventos relativamente*

*infrecuentes, las secciones críticas alcanzan sus valores cedentes, con posibles y moderadas incursiones en deformaciones inelásticas del acero en su rama de endurecimiento, lo cual es incorporado en el cálculo. Incursiones moderadas, asociadas a daños reparables, implican demandas de ductilidad limitadas. Incursiones importantes, cercanas a las ductilidades disponibles, pueden representar daños irreparables.*( J. Grases, 2011-2012).

En ese mismo orden de ideas , y para la evaluación de seguridad geotécnica, Roberto Centeno expresa lo siguiente: *“la evaluación acertada de la seguridad geotécnica de una determinada obra de Ingeniería Civil, depende de la calidad de los datos que tenga a mano el ingeniero especialista para representar las condiciones del terreno y las características de las solicitaciones a las que está sometido el mismo”* (Centeno, R. 2006, p.107)

La probabilidad de falla en algunos casos sirve para medir la seguridad en un sistema. La modelación de una falla, por lo tanto es fundamental para cualquier análisis de riesgo ya que identifica todos los posibles escenarios que representen consecuencias negativas. Entre los principales aspectos que se deben considerar para la modelación de una falla se encuentra: (a) Definición y caracterización del sistema, (b) contexto del sistema, (c) determinación de las consecuencias, y (d) manejo y consideración de la incertidumbre.

*“La modelación del riesgo debe considerar todos los posibles escenarios que se puedan presentar y las consecuencias que se pueden derivar directamente de cada uno. Dentro de un análisis de escenarios futuros la incertidumbre juega un papel muy importante, pues es imposible, conocerlos con total certeza”* ( M. Sánchez, 2005).

Para la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1<sup>64</sup>, un modo de fallo es considerado como : *“la secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado del sistema de presa-embalse o a una parte del mismo. Esta serie de sucesos se asocia a un determinado escenario de solicitud y tiene una secuencia lógica, la cual consta de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culmina con el fallo de la presa”* (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Comité Nacional Español de Grandes Presas; s.f.).<sup>65</sup>

---

<sup>64</sup> la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, es una monografía que se apoya en más de 100 referencias científicas, técnicas y prácticas publicadas en los últimos años. El hilo conductor que da estructura al texto es la concepción e implantación de modelos de riesgo para el análisis, evaluación y gestión de la seguridad de presas. (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos & SPANCOLD)

<sup>65</sup> La metodología incluida en la siguiente tesis doctoral fue utilizada por EDELCA y Banco Mundial para el desarrollo de la gestión integral de riesgo de las presas del bajo Caroní.:Membrillera, O. (2007) *“Contribución a la Aplicación del Análisis y Declaración de Riesgos en Presas Españolas, Incluyendo Priorización del Inversiones”* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Se puede clasificar el origen de una falla en: (a) fallas estructurales, (b) fallas ocasionales por el factor humano, y (c) fallas de diseño y operación. En la figura 10 se representa la clasificación de acuerdo a su origen<sup>66</sup>.

La **falla estructural**, está relacionada con la vida útil de la estructura y con las características de su funcionamiento a través del tiempo; Como falla temprana se reconoce como la imposibilidad para cumplir con su vida útil, antes del tiempo estipulado (comúnmente debido a la falta de cumplimiento de los procesos de construcción); la falla aleatoria ocurre en procesos de producción en serie (comúnmente debido a la combinación del entorno y la variabilidad de construcción); la fallas asociadas a la edad, se refieren al deterioro por el paso del tiempo (comúnmente por falta de mantenimiento o la obsolescencia).

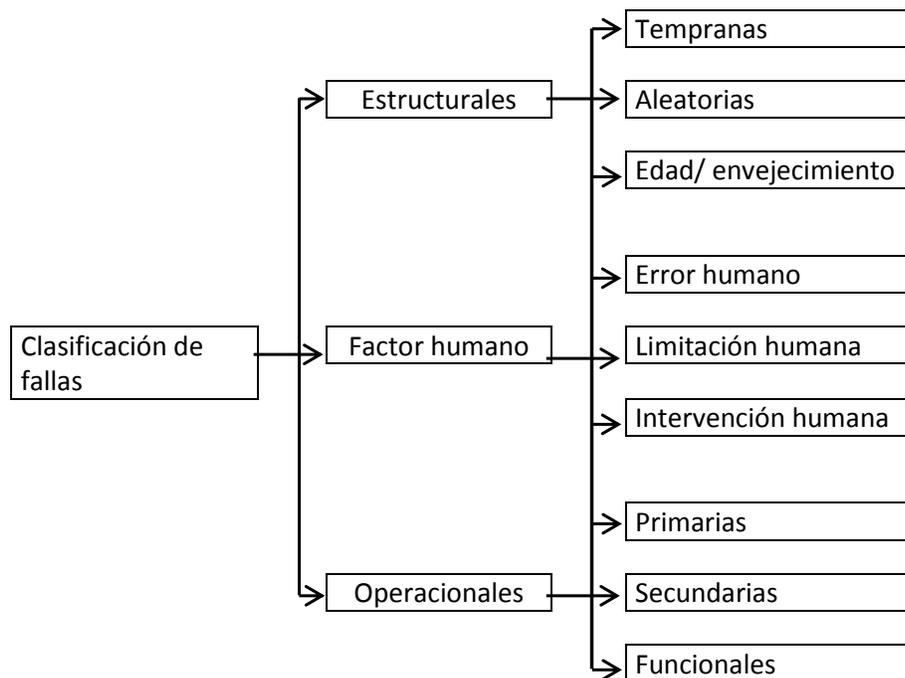


Figura 10: Clasificación de fallas de acuerdo con su origen. Tomado de “ Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p. 39.

La **falla por el factor humano**, esta relacionado con lo metafísico ( asigna las causas a “cosas fuera de este mundo”), los factores comportamentales ( forma de actuar del individuo, los aspectos psicoanalísticas , accidentes subconscientes de los individuos sobre las cuales no existe ningun control posible) y los problemas ergonómicos (relación hombre máquina)

Por su parte la **falla por diseño y operación**, se refiere al cumplimiento mínimo para los cuales fue diseñado el sistema. Las fallas “primarias” están relacionadas al incumplimiento de las normativas mínimas ( relacionado a la obtención de diseños

<sup>66</sup> Se podría considerar una combinación de cualquiera de ellas, pero en todo caso siempre habría un origen primigenio en una falla combinada y estaría cubierta por la clasificación anterior.

defectuosos, construcciones paupérrimas o mantenimiento inadecuado); las fallas “secundarias”, son cuando el elemento sobrepasa su capacidad; y por su parte, las fallas “funcionales”, corresponden a una falla oculta que no es evidente por sí misma.

Hasta ahora, la clasificación de la falla ha servido como marco referencial donde una vez planteado el escenario se deberá proceder al modelo de falla. La Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1, señala lo siguiente: “ *Dentro del proceso global del análisis de riesgo, la identificación de modos de fallo es el paso previo a la realización del modelo de riesgo... Es un paso muy importante ya que si un modelo de fallo relevante no es capturado en las sesiones de identificación de modos de fallo, el modelo de riesgo no lo capturaría y el riesgo calculado, podría estar muy alejado del real*” (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Comité Nacional Español de Grandes Presas; s.f.). Los modelos existentes difieren en la manera de interpretar los procesos anteriores y posteriores a la falla, y se pueden agrupar de la siguiente forma: (a) resultado de una acción única, (b) modelos de eventos conducentes a la ocurrencia de la falla, (c) recolección de evidencia y evaluación del entorno, y (d) acumulación de eventos en el tiempo. (ver Capítulo VI).

La concepción del riesgo integral involucra analizar el comportamiento y capacidades de respuesta de un sistema, este comportamiento se encuentra de alguna manera entre dos modelos, el cualitativo y el cuantitativo.

Un modelo cualitativo utiliza formas de medición imprecisas que por lo general son opiniones de expertos y aplicación de lógica difusa. Por su parte, un modelo cuantitativo, requiere el conocimiento exacto de todas las variables involucradas y de sus relaciones. Sin embargo, hay factores que no son considerados ya sea por recursos, falta de conocimiento o simplemente por ser tan complejos y aleatorios que es imposible diseñar modelos cuantitativos que pudiesen conducir a resultados confiables. Esta confiabilidad va a depender de la evaluación y manejo de la incertidumbre, implícita dentro de estos modelos. Para obtener decisiones concretas sin caer en *lo fatalista o extremista* es importante el enfoque de la sociedad y del individuo en torno al riesgo, por ello el conocimiento acerca de la percepción individual y colectiva se debe profundizar investigando aspectos culturales, socioeconómicos, de desarrollo y de organización que favorezcan o impidan la prevención y mitigación del riesgo.

Es importante destacar que las fórmulas para la estimación del Riesgo, tratan de disminuir la incertidumbre presente en todos los procesos y en su análisis posterior. Los ingenieros en su afán de proteger la vida humana y sus proyectos, suelen- o deben - considerar una serie de variables que son factores importantes en la toma de decisiones, ya que modificarían o disminuirían las consecuencias que se pueden desencadenar por un evento. Por ello, el énfasis de involucrar y tener presente la incertidumbre en todas las etapas de un proyecto, inclusive en el desarrollo de las obras de infraestructura civil.

Esta actividad forma parte importante de la metodología para la Gestión Integral del Riesgo en Infraestructuras (GIR). (Ver figura 11)

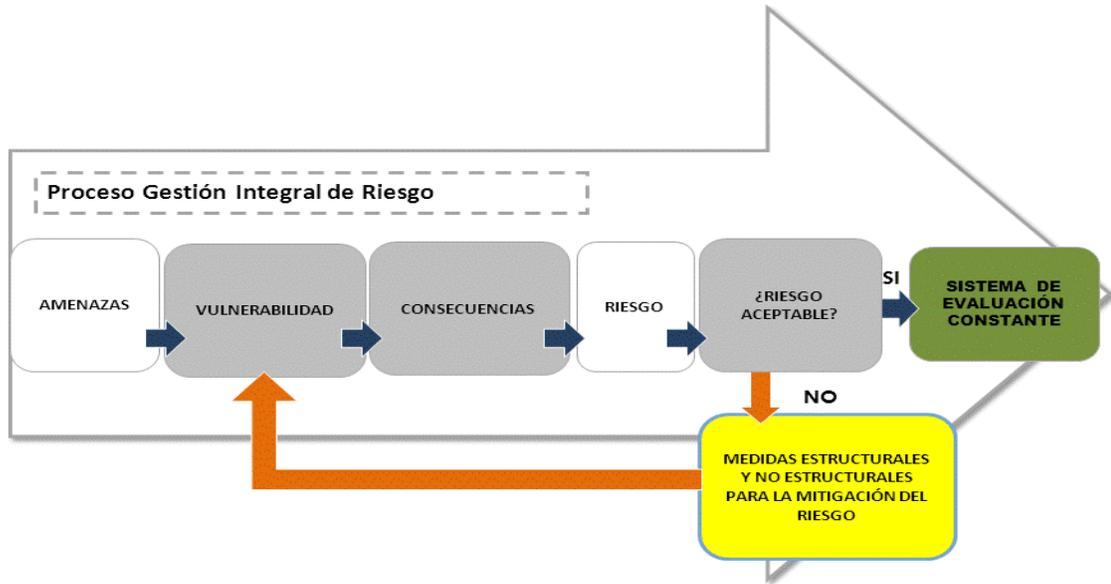


Figura 11: Proceso GIR (Gestión Integral de Riesgo en infraestructuras). Proyecto de solicitud de autorización para Programa de Maestría en gestión Integral de Riesgos en Infraestructura. Tomado de “Proceso GIR”: Universidad Católica Andrés Bello, 2010.

Este capítulo conviene finalizarlo con un relato o reflexión de José Bolívar, en el cual reconoce la metodología ingenieril pero advierte la desconsideración de aspectos como vulnerabilidad y amenaza:

*A pesar del atractivo que poseen los cálculos estructurales como elementos de base para cualquier estudio de falla, sin restarles importancia creemos que debe incorporarse criterios menos excluyentes. Con esto se evitaría la generación de conclusiones relativamente superficiales, fenómenos que podríamos llamar urianismo metodológico en honor a la sufrida población de Carmen de Uria, cuyo dramático caso es de todos conocido. Como lo es el hecho de que unos atribuyan la tragedia a la crecida del río, mientras otros prefieren culpar a los desperfectos en los mecanismos de alerta; otros, a la insuficiencia de las labores de salvamento y, así sucesivamente. Pocos aluden a que la verdadera causa, quizá pueda también buscarse en la propia concepción de ese desarrollo urbano y a un inadecuado estudio de la vulnerabilidad del sitio escogido para implantarlo. Esta falta de rigor procedimental en la obtención de conclusiones se remata con algunas proposiciones que hemos visto aflorar, algunas muy loables, planteando la reurbanización del sitio, posiblemente con edificaciones más sólidas, sustentadas quizá por las satisfechas operaciones numéricas características de cálculo ingenieriles especializados. Estudios realizados con el aporte de muchas y valiosas opiniones técnicas, pero... ¡sin consultar al río! (BOLÍVAR, J. (2006). Metacálculo estructural. Casos. J. Grases (Ed.), Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos, Volumen I. BANESCO SEGUROS, C.A).*

## V.-La Incertidumbre en el Desempeño de Ingeniería Civil.

“Bueno... ¿Cuál puede ser la seguridad, que seguridad puedo tener yo de algo? Puedo dudar de lo que me han dicho, puedo dudar de lo que veo y de lo toco, puesto que existen los espejismos y las alucinaciones. Si puedo dudar de todo, ¿de qué cosa estar seguro? De la única cosa que puedo estar seguro-llega a la conclusión- es de mi duda misma, de que yo estoy aquí dudando, y si dudo, existo”  
René Descartes (1596-1650)

En efecto se conocen existen diversas herramientas utilizadas por los especialistas para evaluar el riesgo y determinar si es tolerable o no para la sociedad. Sin embargo y a pesar de los mecanismos nombrados en el Capítulo, los ingenieros y científicos en general nunca pueden ofrecer certeza absoluta en sus estudios.

En la actualidad se considera un factor para la mejor caracterización de amenazas o la protección de las vulnerabilidades de un sistema. Este sistema de corrección *a priori* se conoce como el *Factor de Seguridad*, que de una manera u otra involucra la incertidumbre surgen incertidumbre. Sin embargo interrogantes y discusiones por la falta de información en torno a este tema. Numerosos especialistas han señalado<sup>67</sup> que los ingenieros no están familiarizados con el manejo de la incertidumbre, y ven con preocupación la falta de información considerada en los programas académicos para la formación de ingenieros civiles.

Este capítulo tiene como objetivos presentar una estrategia de análisis óptima basándose en el factor de seguridad y en el manejo de la incertidumbre, indagando en cada uno de los conceptos, sus avances y cómo los mismos son percibidos por los ingenieros, respondiendo a interrogantes como: *¿Es el Factor de Seguridad en las fórmulas de diseño de ingeniería civil una “garantía en la gestión integral del ingeniero civil”, ¿Las normas venezolanas son realmente un aliado para los ingenieros?, ¿Sabemos que significa “manejar la incertidumbre”?* Hay que tomar en cuenta que las herramientas utilizadas por los ingenieros para diseñar, construir, reparar y controlar repercuten directamente en la sociedad, en la vida civil, por ello, la necesidad y la importancia de este capítulo, que con información oportuna de distintas fuentes busca llegar a consensos con respecto a la elaboración de modelos más confiables.

### **Incorporación del pensamiento incierto en las normas**

En Venezuela al igual que en el resto del mundo la ingeniería ha ido avanzando y aceptando la incertidumbre en las variables que se consideran. Este avance ha sido paulatino, tal es el caso que José Grases en sus “Notas sobre la Incorporación de

<sup>67</sup> Es notoria la preocupación de los profesionales entrevistados en este trabajo con respecto a la familiarización de expertos y estudiantes con el tema de la incertidumbre.

Conocimiento Incierto en la Ingeniería Estructural Venezolana” realiza una introducción a los antecedentes de la incertidumbre en la norma venezolana, donde argumenta que para el año 1945 se elaboran las Normas para la Construcción de Edificios, MOP 1945, la cual acepta la discrepancia en función de la elaboración del concreto y coloca un criterio dependiendo del uso del mismo. También hace mención a los materiales de alfarería, que dependiendo de su carga de ruptura a la compresión estarían clasificados de distintas maneras. Para el año 1947 se publica la Norma de Cálculo del MOP reafirmando el interés de los profesionales en organizar, optimizar, controlar y profundizar en el manejo de las variables.

No es sino para el año 1962 que Víctor Sardi<sup>68</sup>(1911-2001) en sus trabajos empieza a proponer y a profundizar acerca de la naturaleza incierta y de los fenómenos naturales, destacando: “*También es corriente encontrar personas que, olvidándose de las grandes incertidumbres involucradas en la determinación de las solicitaciones, valores característicos de los materiales y de las estructuras, pretenden lograr una gran precisión en los cálculos*” V. Sardi (citado en Grases, Incorporación de Conocimiento Incierto en la Ingeniería Estructural Venezolana, 2011-2012)

Es para este momento donde, quizás, se inicia la conciencia en los ingenieros, la aceptación de una incertidumbre y aceptación de la relativa certeza que en realidad se obtendría en los proyectos de no considerar un grupo adicional de variables. Sin embargo, una de las maneras que los profesionales podía usar para enfrentar esta “nube de dudas” era, y sigue siendo, ciertamente a través de los llamados “factores de seguridad”, los cuales eran establecidos por un experto o varios expertos, que valiéndose de sus experiencias<sup>69</sup> asumían un número de corrección de datos, dimensiones, solicitaciones, capacidades, etc., que podría garantizar- o alargar- la vida útil de la obra.

Para el año 1967 ocurre en Caracas un terremoto<sup>70</sup> para que no solo *sacudió* el suelo venezolano sino todos aquellos planteamientos y conocimientos adquiridos durante los años anteriores, puso en manifiesto una serie de errores y lecciones para los profesionales que valieron de enseñanza para aclarar ciertos puntos de la ingeniería.

---

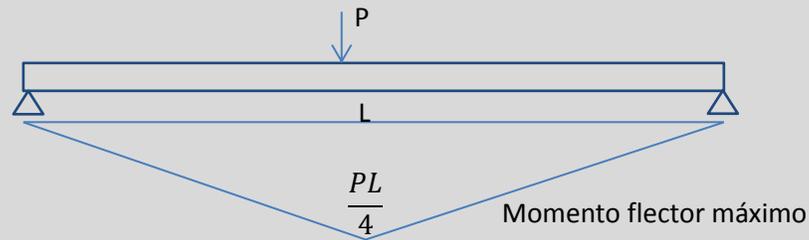
<sup>68</sup> Víctor Sardi (1911-2001) hizo sus estudios en la Universidad Central de Venezuela graduándose de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas el año 1936. Fue autor de variados informes técnicos y trabajos relacionados con sus investigaciones en los campos de la hidráulica y de la ingeniería estructural. Su última contribución titulada *Inundaciones del litoral central de Venezuela. Escala de magnitudes*, escrita el año 2000, puede considerarse equivalente a la escala de Mercalli en sismología ya que incorpora al registro cuantitativo de precipitaciones torrenciales el historial de eventos naturales ya sucedidos. Le fue otorgado el Premio Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela (1960) y condecorado con las órdenes Andrés Bello y Francisco de Miranda, ambas en Primera Clase.

<sup>69</sup> John Locke (1632-1704) Representante del empirismo inglés en su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Locke se propone “mostrar por qué medios nuestro entendimiento se forma las ideas que tiene de las cosas, marca las fronteras de la certeza, y define los límites que separan la opinión del conocimiento”.

<sup>70</sup> Terremoto de Caracas de 1967: el 29 de Julio de 1967 se produce en Caracas, Venezuela un movimiento sísmico que duró 35 segundos. El mismo afectó mayormente las zonas de Altamira, Palos Grandes y el Litoral Central. Su magnitud estuvo comprendida entre 6.5-6.7  $M_w$  y dejó un balance de 236 muertos, 2000 heridos y daños materiales de más de 10 millones de dólares estadounidenses.

## ¿El Factor de Seguridad contempla del todo la Incertidumbre?

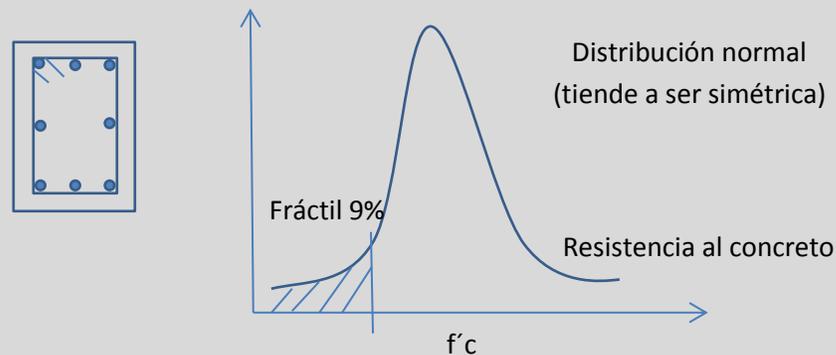
Luego del terremoto de Caracas en 1967 los factores de seguridad y la incertidumbre se han abierto paso en el conocimiento de los expertos, así lo expresa J. Grases (comunicación personal, Marzo 13, 2013) con un ejemplo, refiriéndose a una viga:



[Figura representativa de la explicación]

*La pregunta está en, ¿Cuánto va a aguantar esta viga? Hace 40 años cuando nosotros estudiábamos ingeniería nos decían: mira esta viga tienen que diseñarla de manera tal, que pueda aguantar una carga  $2P$ , tienes que tener un  $FS=2$ , ósea, que la  $P_{\text{máx}}$  de aguante de la viga tiene que ser de  $2P$  actuante.*

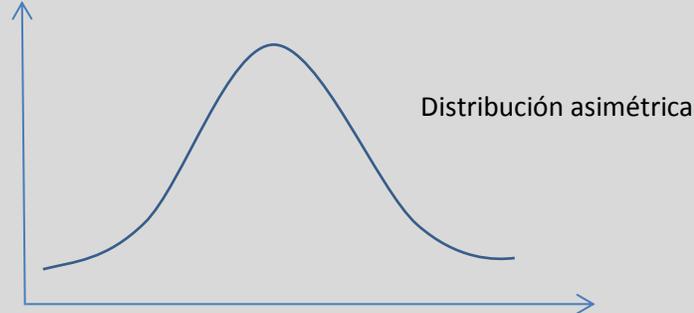
*Hoy en día esto se acabó, hay una nueva manera de ver el problema porque la resistencia a la flexión de una viga va a depender de:*



[Figura representativa de la explicación]

- 9% de la resistencia al concreto sea menor a  $f'c$  y un 91% de que sea mayor.*
- La ubicación de cabillas en obra no es la que coloca el ingeniero en el diseño, puede quedar un poquito más abajo o un poquito más arriba, entonces, la altura útil de la viga es incierta. El acero también presenta cierta incertidumbre por su resistencia.*

*Por tanto la resistencia a la flexión, momento flector resistente no es un número cómo suponíamos hace 40 años, sino que también tiene sus variaciones.*



**[Figura representativa de la explicación]**

*Por eso cuando diseñamos una viga contra una carga “P” decimos que hay un factor de mayoración de las acciones y hay un factor de minoración de la resistencia. De manera que:*

$$(\phi_{\text{mayorado}})(M_{\text{actuante}}) \leq (M_{\text{resistente}})(\gamma_{\text{minorado}})$$

*Ya no es un factor de seguridad del momento resistente sobre el actuante, sino que ahora tenemos estas combinaciones para reconocer, que la resistencia de los materiales y la resistencia de la sección son fenómenos inciertos. Ahí está la separación de lo que es conocimiento formal, certidumbre total, del conocimiento que reconoce la incertidumbre.*

Esta entrevista refleja algo muy importante para el mundo de la ingeniería y es la aceptación de parte de uno de los integrantes honorables del Colegio de Ingenieros de Venezuela, que el factor de seguridad ya no se representa como una simple división entre la capacidad y la demanda sino que involucra algo más, que pudiera estar relacionado con la consideración de la incertidumbre. También pone de manifiesto la importancia de lo *incierto* a través de un simple ejemplo, que es fácil de comprender y que además, se verifica a través de la implementación de ejes cartesianos y gráficas.

Es evidente como el conocimiento de los profesionales ha ido evolucionando y aceptando de una manera u otra la incertidumbre dentro de sus procesos y objetivos. Sin embargo, Grases hace énfasis que el factor de seguridad de hace 40 años ya no es el mismo al de hoy en día. Esto se debe, entre otras cosas, a que ya ni siquiera se calcula de la misma forma, por su parte María Barreiro menciona lo siguiente con respecto a la evolución de este factor (comunicación personal, Abril 3, 2013):

*El factor de seguridad es un concepto que se ha venido usando ya desde hace tiempo y que relaciona la capacidad máxima del sistema contra lo que está actuando “realmente” sobre el sistema, entonces, hablamos de un factor de seguridad porque hay un excedente en la resistencia.*

*Este factor de seguridad ha evolucionado en el tiempo desde la época de Mesopotamia con el código de Hammurabi donde le decían al constructor: si la casa se le cae a la persona a la cual le estas construyendo, te vamos a tumbar tu casa, entonces bueno, yo me imagino que ahí el factor no era seguridad sino más bien de vida. Luego en la Edad Media la gente construía, que era más que nada los maestros, los artesanos que construían con lo que veían, (...) era mucho de ensayo y error.*

*Luego ya las normas fueron incorporando esos conceptos más que nada por eso, porque se quería tener lo que unos le llaman “factor de almohada” y otros le llaman “factor de sueño”... dormir tranquilos. La idea era que la estructura se mantuviera en pie no colapsara, no generara daños y no hubiese problemas. Ese factor de seguridad en las normas se refleja un poco como los factores de reducción y los factores de mayoración de las cargas y no son tampoco valores determinísticos, aunque la norma los ponga como valores determinísticos, realmente han sido producto de investigaciones estadísticas de cuanto es más o menos el valor que pudiera exceder, lo que sería un promedio estipulado.*

*Lo que pasa es que tiene el inconveniente, de que es para todas las estructuras por igual, para todos los casos por igual y no todas las estructuras son iguales.*

*Por otra parte, hay autores que explican que el factor de seguridad es un poco arbitrario, o sea no tiene invarianza, de repente yo puedo tener en una estructura el factor de seguridad si tomo en cuenta es los momentos resistentes, por ejemplo, en el otro para la misma estructura tomo los momentos resistentes más la fuerza axial. Dependiendo del tipo de factor que utilizamos, para determinar el factor de seguridad, nos pueden dar valores diferentes para la misma estructura, es decir, no tiene invarianza (...).*

En la entrevista con M. Barreiro, se “asomó” una de las posibles respuestas a la pregunta planteada al comienzo de este capítulo, ¿Es el Factor de Seguridad garantía de protección? Según lo aquí planteado pareciera que no, ya que, existe la posibilidad de que no existe la *invarianza*, es decir, para una misma estructura se puedan presentar varios factores de seguridad, dependiendo de las variables que se asocien al cálculo.

Mario Paparoni<sup>71</sup> por su parte comenta: (comunicación personal, Mayo 5, 2013):

*El factor de seguridad es siempre un balance entre lo que la sociedad está dispuesta a pagar, contra los bienes que quiere preservar. Por otra*

<sup>71</sup> Mario Paparoni: es experto en contenido y tutor de la materia “Patología estructural” de la especialización Ingeniería estructural en modalidad mixta, postgrado que oferta la unidad de postgrado y el Centro de Estudios en Línea de la Universidad Católica Andrés Bello.

*parte el factor de mayoración y minoración se pueden ver con cosas inanimadas, ya no estamos hablando de vidas, sino ¿por qué razón antes era carga viva=1,7 y carga muerta= 1,4 y hoy en día estos se bajaron? Esto significa que tienen más confianza a las fórmulas, los materiales, etc., tiene que haber una buena razón para eso, porque no tenemos por qué aumentar el riesgo, lo que tenemos es que saber aprovechar lo que hemos ganado.*

Es evidente que el factor de seguridad si ha evolucionado en el tiempo, se obtiene a través investigaciones estadísticas y encierra a su vez, de una manera u otra, cuanta incertidumbre se puede medir, puedo medir a pesar de que pueda darse el caso, que para una misma estructura, se obtengan varios resultados con respecto al factor de seguridad. Ahora bien, Roberto Centeno comenta lo siguiente (comunicación personal, Marzo 12, 2013):

*Los factores de seguridad son cifras que están derivadas por expertos que por lo general son foráneos, que vienen de otros países. Venezuela tiene condiciones climáticas diferentes de otros países, para empezar no tiene cinco estaciones sino dos, por lo tanto los factores de seguridad creados para países que tienen cinco estaciones al año no pueden ser iguales a Venezuela que tiene dos. Es posible que en Venezuela los factores de seguridad tengan que ser más grandes, porque de hecho, fíjate, que hay muchas obras públicas que fallan y que o es por falta de mantenimiento, que ponemos una interrogación, o es porque se utilizaron factores de seguridad mucho más bajos.*

*Yo diría lo siguiente, existe otra manera de medir la incertidumbre mediante el margen de seguridad, es algo más sencillo, porque el factor de seguridad es una división entre la resistencia y la sollicitación. La resistencia debe ser mayor que la sollicitación, o sea, que la capacidad (la resistencia) debe ser mayor que la demanda. Pero expresada en términos de un cociente es más complicado, que expresándolo mediante una sustracción que la capacidad menos la demanda me da lo que tengo de sobra. Sí lo que tengo de sobra va disminuyendo, quiere decir que la seguridad va disminuyendo.*

Roberto Centeno, ya no se refiere a un factor de seguridad sino a un *margen de seguridad*. Muchos dirían que es lo mismo, y sí podría ser. Se diferencian es en cómo considerarlos, para así darle más sentido a la *definición del factor de seguridad*, es decir, transformarlo en algo más transparente, más comprensible y práctico para el Ingeniero.

Roberto Centeno ratifica su posición en el Discurso de Incorporación a la Academia de la Ingeniería y el Habitat<sup>72</sup> en calidad de Miembro Honorario:

<sup>72</sup> La Academia de la Ingeniería y el Hábitat es una institución llamada a elevar la discusión permanente de los asuntos más importantes del país, en especial los de carácter científico y tecnológico vinculado a la

*Los ingenieros estamos acostumbrados a utilizar el “factor de seguridad” para transmitir a nuestros clientes la cuantía de seguridad que esperamos para la obra que proyectamos. Sin embargo, muy pocos entendemos realmente el significado de este “factor” e ignoramos que procede de la “experiencia de alguien” quien ha observado la relación entre la Capacidad y la Demanda de un sistema foráneo para atribuirle el calificativo de “seguro” o de “inseguro”.*

*Pocos se detienen a considerar que significa un factor de seguridad contra la “falla funcional” y por ello no es frecuente que se analice el significado de un factor de seguridad de 1,05 para determinar si se ha movilizadado tal cantidad de la resistencia que resulte en una deformación excesiva de la masa de suelo, que pueda afectar el funcionamiento de lo que está construido en la cresta o en el pie del talud. Los análisis que se realizan por el método de los elementos finitos demuestran que en taludes cuyo factor de seguridad llega a estar ubicado entre 1,05 y 1,10 ocurren deformaciones incompatibles con el funcionamiento de lo que está construido en la cresta del mismo.*

*Es por esta razón que el ingeniero debe preguntarse que se entiende por “factor de seguridad” y cuando es posible que dicho factor sea representativo de una “falla funcional”, es decir de una obra exitosa.*

De igual forma Roberto Centeno recurre a ejemplos para explicar esa *presunta sencillez* de conceptos del margen de seguridad sobre el factor de seguridad: (a) un recipiente cuya capacidad es conocida, suponiendo que sea 1.000 litros., se vierten 750 litros. Si se divide 1.000 litros entre 750 litros, se obtienen como resultado 1,333 lo cual representaría un factor de seguridad de 1,333 contra la posibilidad que su capacidad sea colmada y que comience a derramarse el líquido. Si se resta 750 litros de 1.000 litros se obtiene 250 litros, lo cual significa un margen de seguridad de 250 litros para seguir vertiendo líquido en el envase antes que comience a derramarse; (b) un suelo es capaz de resistir una presión de  $40 \text{ t/m}^2$  sin mostrar deformación mayor de un centímetro en sentido vertical, y es solicitado por una presión de  $35 \text{ t/m}^2$ , el factor de seguridad contra la ocurrencia de una mayor deformación es 1, 142 mientras que el margen de seguridad para el mismo propósito es  $5 \text{ t/m}^2$ .

Ante los ejemplos antes mencionados, Roberto Centeno comenta lo siguiente: *“Posiblemente parezca algo muy simplista decir que la mayoría de las personas entienden mejor el significado práctico del margen de seguridad que el correspondiente al factor de seguridad. Por ello es más fácil entender que disponemos de una cantidad de 250 l, o de una presión de  $5 \text{ t/m}^2$  antes de copar la capacidad de los sistemas escogidos como ejemplo”* (R. Centeno, 2006)

### A mayor conocimiento, mayor incertidumbre.

Hasta ahora se ha tratado el tema del cómo cierta incertidumbre logra ser representativa para los ingenieros; la relación que tiene con los factores de seguridad y su importancia en la toma de decisiones para gestionar y mitigar el riesgo, pero, **¿Qué es la Incertidumbre?** El diccionario de la Real Academia Española, define la incertidumbre como: “falta de certidumbre”. Por su parte en la tesis Doctoral de Luis Altarejos García se menciona lo siguiente: “*la incertidumbre es un concepto amplio que incluye la variabilidad, y se aplica a cualquier situación o hecho del cual no se posee certeza, esté o no descrito por una función de probabilidad*”. Dentro del proceso de toma de decisiones, el manejo de la incertidumbre juega un papel fundamental puesto que no se conoce con antelación el resultado.

Por su parte, la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1 señala que el término incertidumbre engloba principalmente dos conceptos de naturaleza distinta: variabilidad natural e incertidumbre epistémica. Se entiende por variabilidad natural a la aleatoriedad inherente a los procesos naturales, que se manifiestan como la variabilidad a lo largo del tiempo, de fenómenos que tienen lugar en un punto concreto del espacio (variabilidad temporal) o como la variabilidad a lo largo del espacio de fenómenos que tienen lugar en distintos puntos pero de forma simultánea (variable espacial). En cambio, la incertidumbre epistémica es la derivada de la falta de conocimiento, bien sea por escasez o por ausencia total de datos, o por ignorancia en la capacidad de comprensión de mecanismos que operan sobre un determinado fenómeno, esta incertidumbre es difícil de cuantificar. Ver figura 12.

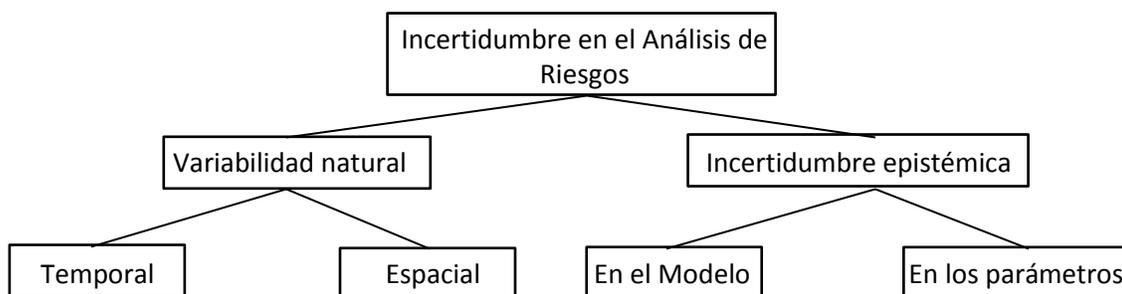


Figura 12 : Taxonomía de la incertidumbre en el análisis de riesgos. Tomado de “Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalses” por Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Comité Nacional Español de Grandes Presas; s.f.

*“Aunque no exista una interpretación única de las causas de la incertidumbre, es fundamental identificar correctamente sus fuentes y su naturaleza. La evaluación y el manejo del riesgo no pretenden distinguir entre categorías de incertidumbre, sino identificar su origen para entenderla mejor y estar en capacidad de desarrollar modelos apropiados”* (M. Sánchez, 2005). Ver figura 13.

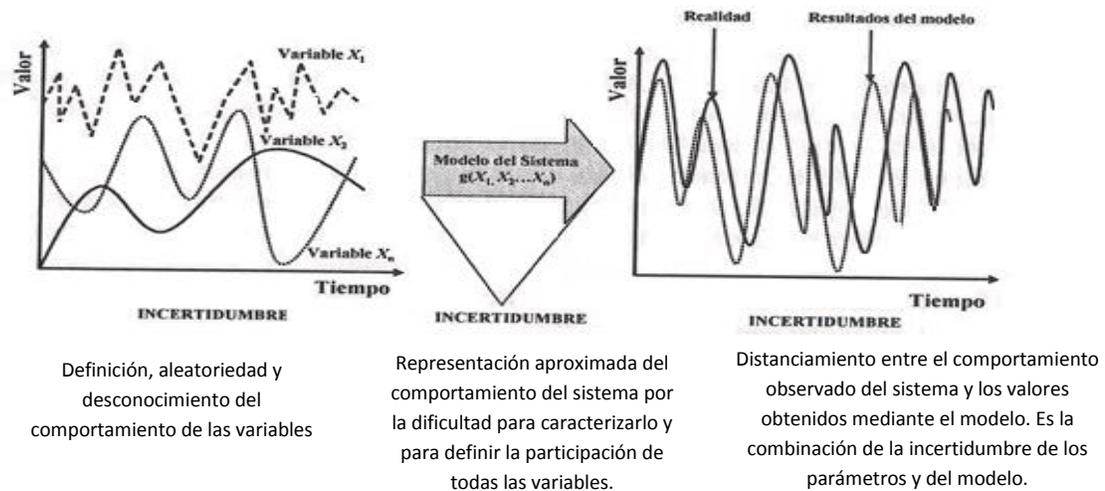


Figura 13: Descripción de la participación de la incertidumbre de los parámetros y del modelo en la descripción del comportamiento del sistema. Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p. 99.

### La Incertidumbre en la concepción de obras de ingeniería civil.

La toma de decisiones radica en la concepción y manejo de la incertidumbre, pero, ¿Cómo estarían trabajando los ingenieros con esto? Actualmente existen actividades que obligan a la toma de decisiones bajo el concepto de incertidumbre, con el fin de optimizar el sistema. Entonces, el problema básico es de optimización de una función objetivo,  $F(\vec{X})$ , expresada en términos de las variables de decisión  $\vec{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ ; entonces, el valor óptimo se obtiene de la solución del sistema de ecuaciones que satisface:

$$\frac{\partial F(\vec{X})}{\partial X_i} = \frac{\partial F(X_1, X_2, \dots, X_n)}{\partial X_i} = 0, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

donde  $F(\vec{X})$  es la función objetivo.

### Algunas propuestas y avances normativos

Por ejemplo en el proceso de la evaluación de seguridad de una presa, requieren de una comprensión y manejo de incertidumbre muy complejo. Es el caso que Altarejos (2012) menciona lo siguiente:

“De todas las estructuras de obra civil cuyo fallo puede producir consecuencias catastróficas, las presas se encuentran entre aquellas cuyo comportamiento se conoce con mayor grado de incertidumbre”. (Altarejos, 2012. (tesis doctoral), p. 5). Debido a la complejidad que requiere el manejo de la incertidumbre esta misma tesis doctoral presenta varias fórmulas que están involucradas con la misma, como por ejemplo:

- Coeficiente de seguridad parcial: esta metodología permite ponderar las variables que intervienen de diversas formas, introduciendo correcciones en función de la incertidumbre. Su uso está dentro del campo de las estructuras de concreto armado y de las estructuras metálicas.

$$\sum_i \gamma_i R_i > \sum_j \lambda_j S_j \quad (9)$$

Se definen unos coeficientes  $\gamma_i$  ( $\gamma_i < 1$ ) que se asocia a las resistencias,  $R_i$ , y unos coeficientes  $\lambda_j$  ( $\lambda_j > 1$ ) que se asocia a las solicitaciones,  $S_j$ , de modo que la ecuación de comprobación de seguridad es (9).

- Probabilidad total de rotura: se incorpora la incertidumbre de cualquier variable  $X$ , que intervenga en el problema, se puede definir mediante su función de densidad de probabilidad  $f(x)$ , que se supone continuo y no negativa, ecuación (10)

$$P(X = x) = f_X(x) \quad (10)$$

El valor obtenido corresponde a una probabilidad puntual, correspondiente al valor considerado, a partir de la función de densidad de probabilidad se puede definir la probabilidad acumulada, utilizando la distribución de probabilidad  $F_X(x)$ . Para efectos de este capítulo, solo se ejemplificará la probabilidad puntual para más detalle ir a capítulo IV.

- Resistencia a corte en superficies rugosas. Modelo de Barton: la incertidumbre entra en juego al momento de analizar por ejemplo una superficie de contacto con ondulaciones a gran escala, mediante el ángulo de inclinación de las mismas,  $i$  ( $^\circ$ ), ecuación (11).

$$\tau = \sigma_n \tan \left( \phi_b + JRC \log_{10} \left( \frac{JCS}{\sigma_n} \right) + i \right) \quad (11)$$

El criterio de resistencia al corte queda definido por cuatro parámetros:  $\phi_b$ ,  $i$ ,  $JRC$  y  $JCS$ ; los mismos se estiman bajo condiciones de incertidumbre y su repercusión cae en los valores obtenidos para el coeficiente de seguridad al deslizamiento.

- Análisis sísmico: en el análisis sísmico de una presa participan múltiples factores: (a) acción sísmica, (b) modelo estructural, (c) propiedades de los materiales, (d) método de análisis dinámico, (e) criterios de seguridad. Dentro de cada uno de estos grupos podemos encontrar distintas variables, cada una de ellas con una incertidumbre asociada.

Por su parte J. Grases en su “Nota sobre la incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana” menciona cuales son algunas de las incorporaciones de la incertidumbre en las normas venezolanas:

- En la Norma COVENIN 1753:2006 vigente, se emplean valores constantes de desviación estándar ( $\sigma$ ) para cuatro niveles de control de calidad. Grases (1964) sin embargo, propuso un método para diseñar mezclas de concreto para alcanzar una resistencia media superior a la supuesta por el proyectista, donde la resistencia media ( $x_m$ ) a usar en el diseño de la mezcla, se estableció igual a  $K_1 x f'_c$ , donde  $f'_c$  era la resistencia del proyecto. Los valores de mayoración  $K_1$  se establecieron con arreglo a los criterios que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.  
Valores del coeficiente  $K_1$ .

Tipo de Control	$K_1$
Estricto: dosificación por peso, control metódico de humedad y granulometrías	1.15
Deficiente: dosificación por volumen, ningún control de humedad y granulometrías	1.30

Nota. Tomado de “Nota sobre la incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana”, 2011-2012 Grases, Jose.

- La Norma COVENIN 1753 del año 1981, estableció que si la desviación estándar ( $\sigma_o$ ) estaba sustentada al menos por 30 ensayos, ninguno de los cuales tuviese valores inferiores a  $f'_c$  en más de 70 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia media mínima requerida ( $F_{cr}$ ) debía cumplir lo siguiente:

$$F_{cr} \geq f'_c + 1.6 \sigma_o \quad (12)$$

En caso de que  $\sigma_o$  excediese 40 kgf/cm<sup>2</sup>, aplicaba el siguiente criterio:

$$F_{cr} \geq f'_c + 85 \text{ kgf/cm}^2 \quad (13)$$

El requisito establecido por la fórmula (12) podía obviarse cuando se cumpliesen las tres condiciones siguientes: (a) la probabilidad de obtener resistencias inferiores a ( $f'_c - 35 \text{ kgf/cm}^2$ ) no excediesen 0,01 (1 en 100); (b) la probabilidad de que la media de los resultados de tres ensayos consecutivos fuese menor que  $f'_c$ , no excediese 1 en 100; y (c) para exposiciones a condiciones especiales se cumpliesen los dos requisitos siguientes: (i)  $a/c < 0,5$ ; (ii)  $f'_c \geq 250 \text{ kgf/cm}^2$ .

- En la actualización de la Norma COVENIN 1753 del año 1985, el sustento del valor de la desviación estándar ( $\sigma_o$ ) fue resultado de al menos 30 ensayos, en ese caso se permitía emplear el mayor de los siguientes valores de  $F_{cr}$ :

$$F_{cr} = f'_c + 1.34 \sigma_o \quad (14)$$

$$F_{cr} = f'_c + 2.33 \sigma_o - 35 \quad (15)$$

donde  $F_{cr}$  representa la resistencia media requerida. Si el número de ensayos fuese menor de 15, según ese documento el cálculo de  $\sigma_o$  no se consideraba

confiable. De ser así, la selección de la resistencia media mínima  $F_{cr}$  se regiría por la tabla 2.

Tabla 2.

Valor medio mínimo de diseño de la resistencia del concreto ( $F_{cr}$ ) según la Norma COVENIN-MINDUR 1753, versión 1985.

$F'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$F_{cr}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
< 200	$\geq f'_c + 70$
de 200 a 350	$\geq f'_c + 85$
>350	$\geq f'_c + 100$

*Nota.* Tomado de “Nota sobre la incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana”, 2011-2012.

Cuando el registro de ensayos consecutivos variase entre 15 y 30 en un período no mayor de 45 días, se puede estimar  $\sigma_o$  a partir del registro disponible con el factor de mayoración que se da en la tabla 3.

Tabla 3.

Factor de mayoración de  $\sigma_o$ .

Número de Ensayos	Factor de Mayoración de $\sigma_o$ <sup>(1)</sup>
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

*Nota:* Tomado de “Nota sobre la incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana”. 2011-2012.

- Norma de Diseño Sismorresistente: para 1982 se aprueba la Normas Antisísmica, en este documento por vez primera se incluyen resultados obtenidos por métodos probabilísticos, los resultados son: (a) la zonificación sísmica se establece con base en los resultados de estudios de probabilidad de excedencia de los movimientos máximos del terreno; (b) las ordenadas de espectros normalizados para diferentes tipos de sub-suelo.  
Se aplicó también el criterio según el cual las estructuras debían estar en condición de resistir acciones sísmicas con una probabilidad de excedencia de 10% en horizontes de tiempo de 50 años (ATC-3-05,1978).  
De igual forma, la aplicación de factores de importancia ( $\alpha$ ) mayores que la unidad incrementaba las acciones de diseño para el caso de hospitales y otras instalaciones esenciales.
- Acciones del viento: la Noma COVENIN 2003:1986 incorpora de igual forma para el diseño contra acciones del viento, resultado de un análisis probabilista con la información disponible para el año 1984, al igual que factores de importancia ( $\alpha$ ) menores que los de la norma sísmica por la forma de las

distribuciones, que implican cambios pronunciados en los períodos medios de retorno.

Sin embargo Grases, en su Nota, refiriéndose a la Norma Antisísmica, señala: “Hoy, a la luz de normativas más recientes como por ejemplo la ASCE 7:2010, el documento COVENIN citado requiere actualización para lograr diseños más confiables”(Grases, 2011-2012). De igual forma y citando a Arnaldo Gutiérrez<sup>73</sup> (2006), Grases apunta, con respecto al Mapa Base disponible para 1984 lo siguiente. “... no es representativo de lo que hemos aprendido este último cuarto de siglo sobre los vientos huracanados que han afectado nuestro país”. Por último también se refiere a los Deslaves, mencionando que no pueden dejarse a un lado y que los profesionales deben tomarlos en consideración al momento de estudiar e implementar soluciones.

### **5.6 Incertidumbre aleatoria e Incertidumbre epistemológica.**

En su concepto más amplio y general la incertidumbre se puede clasificar en aleatoria y en epistemológica. La incertidumbre aleatoria es inherente al problema o tema que se esté considerando. Por ejemplo: los eventos naturales, y la variabilidad de la carga viva sobre una viga. Mientras que la epistemológica se relaciona con el conocimiento y puede reducirse mediante la obtención de datos o información adicional.

No existe una interpretación única de la incertidumbre, es así que se habla de: i) incertidumbre asociada a la decisión, proviene de la dificultad para precisar si un evento ha ocurrido realmente; ii) incertidumbre sobre la modelación, está relacionada con la selección de relaciones simplificadas entre las variables básicas para la representación de las relaciones reales o del fenómeno de interés; iii) incertidumbre por la predicción, revela la dificultad para elaborar modelos que describan escenarios futuros, etc. A pesar de las infinitas interpretaciones, la descripción de las fuentes de incertidumbre busca mejorar la información en un análisis de riesgo para permitir la elaboración de modelos más confiables que conduzcan a la toma de decisiones apropiadas.

Ignacio Escuder (comunicación personal, Abril 4, 2013) expresa lo siguiente, refiriéndose a todas estas interpretaciones de la incertidumbre: “*en el coeficiente de seguridad no se tiene en cuenta la variabilidad natural. La incertidumbre epistémica está ahí escondida y arbitraria, pero no está explícitamente reconocida*”. Esta cita contempla varios puntos en principio, directa o indirectamente, el factor de seguridad envuelve la incertidumbre, pero él va un poco más allá y se enfoca en la incertidumbre epistémica, diciendo que “*está ahí escondida, pero no está explícitamente reconocida*”. Esto es exactamente lo que muchos ingenieros pudieran no estar contemplando.

### **La Incertidumbre en las aulas de clase.**

La incertidumbre de una manera u otra está en nuestro día a día y es reconocida por muchos expertos que intentan adherir esta pieza fundamental en las universidades.

<sup>73</sup> Co-autor de la Norma COVENIN 2003:1986 Acciones del Viento sobre las Construcciones. Profesor de las Universidades Católica Andrés Bello y Centro Occidental Lisandro Alvarado.

El tema de “la incertidumbre” en las universidades es aun vagamente comentado y es por ello que Gutiérrez expresa lo siguiente (comunicación personal, Marzo 21, 2013):

*No hay un conflicto, hay es un desconocimiento del manejo de las herramientas y de los conceptos porque si hubiera conflicto daría la idea que conocen del tema. Pero aquí no hay suficiente dominio de la herramienta por parte de la gente que maneja proyectos de ingeniería civil. Este desconocimiento parte, porque en la formación del ingeniero no se le da el peso.*

Por su parte Mario Paparoni hace mención a la formación de los actuales ingenieros y realiza hasta recomendaciones al respecto (comunicación personal, Mayo 10, 2013):

*(...) los ingenieros los formamos equivocadamente. La mayor parte de los profesores ( y yo me incluía) piensan que hay que resolver muchos problemas en el pizarrón y que los exámenes son todos con problema Y hay que corregir sólo los resultados, pero porqué se hace eso, porque no hay discusión. Otro mucho más difícil, evaluar por concepto, uno tiene que hacer un juicio de valor y tiene que considerar muchas cosas. Yo me fui por lo extremo y eliminé todos los parciales, vamos a dedicarnos a la discusión, y puedo decir que los alumnos lo han tomado bastante bien ya que sus inquietudes son tomadas en cuenta.*

Ahora bien, se ha definido la incertidumbre sus interpretaciones y relación con el factor de seguridad, de igual forma, se ha puesto en duda la garantía de protección del factor de seguridad y se ha mencionado que para obtener un análisis de riesgo apropiado es necesaria la elaboración de modelos más confiables, pero, **¿ A qué se refieren con más confiables? ¿No es el factor de seguridad garantía de confiabilidad?**

José Grases hace mención a las interrogantes antes planteadas en su “Nota Sobre La incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana” , resaltando lo siguiente: “Desde hace ya unas cuantas décadas el viejo concepto de Factor de Seguridad fue sustituido por el de 'confiabilidad', entendido este como el complemento de la probabilidad de ruina...” (Grases, J. 2011-2012)

En su forma más básica, el problema de confiabilidad considera solamente la relación que existe entre la resistencia del sistema y la sollicitación a la que éste se encuentra sometido. Debido a la naturaleza incierta de la resistencia y la sollicitación se describen como variables aleatorias, que deben ser caracterizadas por funciones de probabilidad. Si se designa como (X) una determinada variable aleatoria y (x) un valor particular, la probabilidad de que (X) esté comprendida entre dos valores ( $x_1$ ) y ( $x_2$ ), expresándolo como  $P[x_1 \leq X \leq x_2]$ , es el área bajo la curva que caracteriza la distribución de densidades de probabilidad [8]. Para Grases [8] esta ecuación se designa de la siguiente forma:

$$P[x_1 \leq X < x_2] = \int_{x_1}^{x_2} f_x(x) dx \quad (5)$$

Pareciera que el factor de seguridad presenta problemas con respecto a su interpretación determinística, debido a la invarianza, que no es bueno para modelos que están ligados a una naturaleza incierta. El manejo probabilístico de la incertidumbre, surge como la mejor alternativa en este proceso y la confiabilidad como el inverso aditivo de la probabilidad. ( ver Capítulo VI de este Trabajo para mejor comprensión. )

Es evidente la importancia del conocimiento con respecto a estos conceptos y su interpretación para el diseño, sin embargo, es de suponer que las normas venezolanas deberían contemplar o por lo menos introducir esa naturaleza incierta dentro de los proyectos de ingeniería ya que es la “biblia”<sup>74</sup> de los ingenieros.

De igual forma José Bolívar<sup>75</sup>, proyectista y consultor, invita a los ingenieros a ir más allá de solo aplicar la norma, y se refiere a esto como el Metacálculo estructural:

*El problema de diseño estructural debe acometerse desde una óptica que vaya más allá de la simple aplicación de Normas, fórmulas y números. Que vaya más allá de lo que suele llamarse: cálculo. Algo que, para diferenciarlo de las convenciones prácticas, hemos osado denominar, sin ánimo de inquietar a los puristas de la terminología: Metacálculo. (Bolívar, 2006)*

---

<sup>74</sup> En busca de la certeza, y además expresada en gráficos, en el argot de la Ingeniería venezolana, se conoce como la “biblia” al Manual Mindur para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones” editado por la comisión de normas venezolanas y preparado por los ingenieros Henrique Arnal y Salomón Epelboim. (1984)

<sup>75</sup> José Bolívar: Ingeniero Estructural. Director-Fundador de la empresa José Bolívar y Denis Rodríguez, Ingenieros Estructurales.

## VI.- Valoración Científica del Riesgo y Propuestas para Análisis de Consecuencias.

En su Ensayo sobre el entendimiento humano, Locke se propone «mostrar por qué medios nuestro entendimiento se forma las ideas que tiene de las cosas, marca las fronteras de la certeza, define los límites que separan la opinión del conocimiento»<sup>76</sup> John Locke (1632-1704)

En el Mundo entero es cada día más notoria y documentada, la exigencia de parte de la sociedad por niveles de seguridad y confiabilidad en las estructuras de cualquier índole. Esta exigencia ha avivado el análisis de riesgo y por lo tanto, los avances con respecto a este tema son importantes, a juzgar por la postura científica internacional hace a apenas 15 años<sup>77</sup>. En el caso de Venezuela la situación es un poco más complicada y compleja, debido a la cultura y forma de organización científica, académica y geopolítica del país, en la cual, a pesar de querer incorporar criterios de seguridad y confiabilidad, en algunas oportunidades, los adelantos en materia de seguridad y resguardo a la sociedad son dejados de lado. A pesar de ello, sí se registra una tendencia en considerar avances significativos utilizados para evaluar y comprender el riesgo.

Es tarea de los ingenieros venezolanos incluir y crear conciencia en cuanto a la importancia del cumplimiento de los avances en función del riesgo, pero para ello hay ciertas incógnitas que surgen como lo son: *¿Cómo evaluar el riesgo? ¿Qué factores se deben estudiar? ¿Cuántas vidas están en peligro y a cuántas puedo salvar?, ¿Considerar el Riesgo, es Inversión o Pérdida económica?* Estas incógnitas empezarán a ser determinadas, con la incorporación de análisis adecuados y convenientes de probabilidades de ocurrencia y cuantificación de las consecuencias de esos eventos.

Los estudios presentados en este capítulo involucran temas estructurales, hidráulicos, sociales, económicos, etc., poniendo en manifiesto la interdisciplinariedad necesaria entre las disciplinas de la ingeniería para lograr un conjunto de soluciones enfocadas en salvar vidas, bienes materiales y proyectos.

Todo proceso de toma de decisiones en la vida presenta un reto para cualquier individuo pero en ingeniería, no es solo un reto, sino un compromiso con la sociedad debido al alcance que puede tener. Una de las consideraciones que debe incluir todo

---

<sup>76</sup> John Locke (1632-1704) fue un pensador inglés representante del Empirismo Inglés y del liberalismo moderno.

<sup>77</sup> A partir del año 2009 la academia Pontificia de la Ciencia, antigua Academia Nacional de los Linceos (1603) ha incorporado en la reunión de sus miembros la consideración de la relación del Hombre y su Ambiente. Ante la aparición de desastres naturales y sus consecuencias de estos trabajos, ha elevado la consulta a la comunidad científica internacional en el sentido de identificar responsabilidades éticas en el aporte de soluciones para mitigar las consecuencias de dicha convivencia que pareciera estar fuera de control.

ingeniero es la realización de un proyecto, un diagrama similar al mostrado en la figura 14, describe los pasos de un Análisis Integral de Riesgo

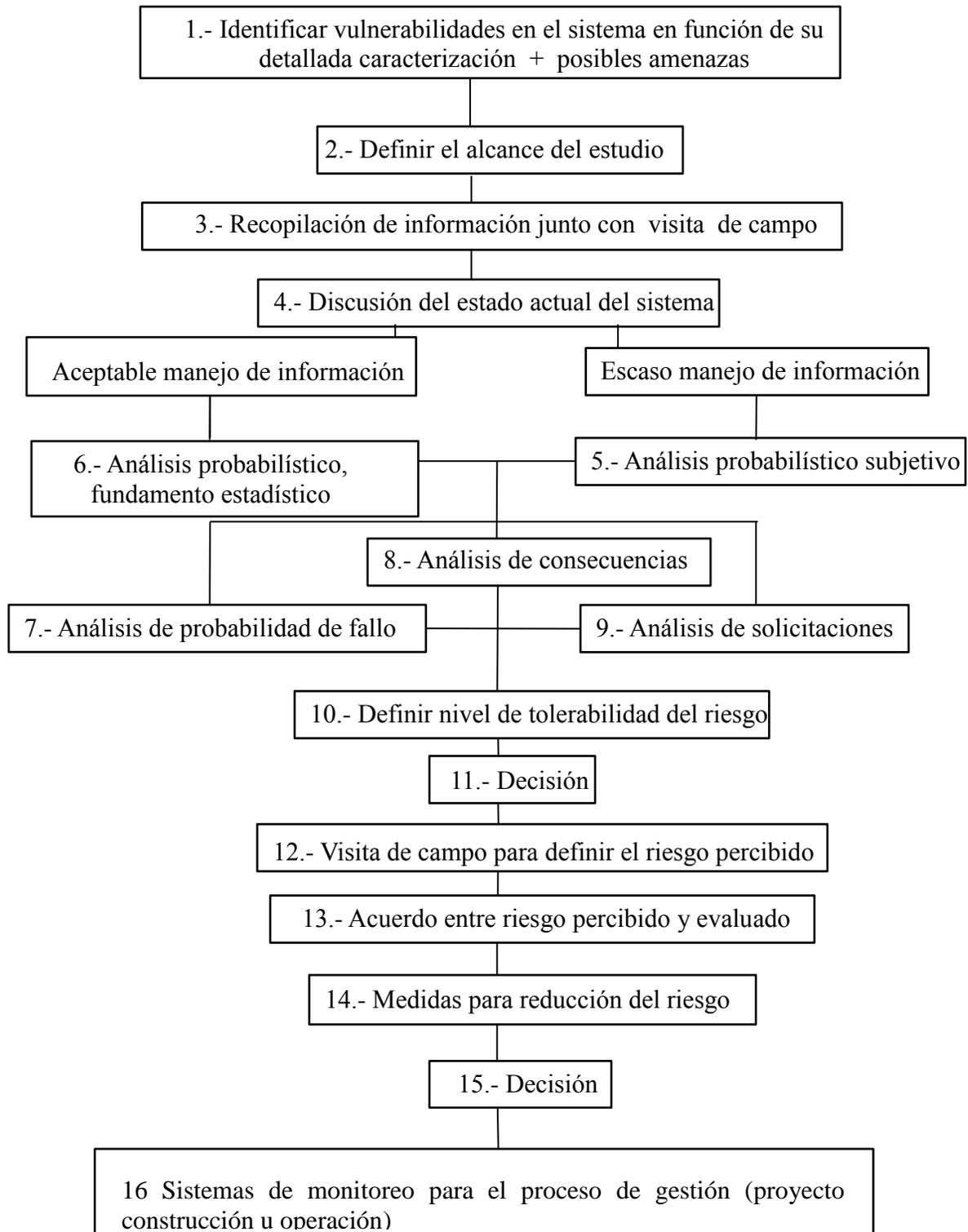


Figura 14: Diagrama de Análisis de Riesgo

1. Identificar las vulnerabilidades en el sistema junto con las posibles amenazas: en este primer nivel del diagrama se evidencia la dependencia de ambos aspectos a través de la expresión  $(1) R = V \times A$ ; se definen, así, los elementos componentes y sus relaciones.
2. Recopilar información junto con visitas a campo: a través de la data recolectada se identifican los problemas más graves en el sistema, junto con la visita al sitio para la verificación o ampliación de la información obtenida
3. Definir el alcance del estudio: determinar su alcance, objetivos y plazos, abarcando problemas más graves en el sistema.
4. Discusión del estado actual del sistema: una vez recopilada la información y verificada con la visita a campo se plantean los criterios bajo los cuales se va a estudiar el comportamiento del sistema.
5. Análisis probabilístico subjetivo: se realiza cuando es limitado el registro de información, su incertidumbre es mayor.
6. Análisis probabilístico: se realiza cuando los registros se consideran suficientes.
7. Análisis de probabilidad de falla: identificar, describir y estructurar todos los escenarios posibles de falla.
8. Análisis de consecuencias: descripción de las consecuencias por escenario, están limitadas al alcance del estudio.
9. Análisis de solicitaciones: identificar todas las solicitaciones presentes en el sistema.
10. Cálculo de riesgo: con los análisis respectivos determinar el nivel de tolerabilidad del riesgo.
11. Decisión: esta es la primera decisión del grupo de trabajo científico, la cual se basa en el nivel de tolerabilidad, si es aceptable o no para el sistema.
12. Visita al campo para definir el riesgo percibido: una vez que ya se sepa cuál es la situación del sistema y su comportamiento, se procede a ubicar el nivel tolerabilidad de los afectados.
13. Acuerdo entre riesgo evaluado y riesgo percibido: la parte científica y la social incluyendo a los sistemas de gobierno, deberán llegar a un acuerdo para entender y actuar contra el riesgo.
14. Medidas para reducción del riesgo: una vez entendido y llegado al acuerdo se procede a proponer las medidas para la reducción del riesgo que están contempladas dentro del alcance del estudio.
15. Decisión: esta es la última y principal decisión ya que una vez estudiado el comportamiento del sistema y llegado a un acuerdo con todos los responsables y afectados, se proponen las soluciones más viables tanto en aspectos económicos, sociales y culturales que respondan directamente al problema bajo consideración.
16. Sistemas de monitoreo para el proceso de gestión (proyecto construcción u operación)

El análisis de riesgo requiere la completa identificación de todos los escenarios posible, donde la implementación de los cuatro principios que plantea D.S. Bowles (ver Capítulo IV) sean comprendidos y llevados a cabo; la percepción del riesgo, las preocupaciones individuales y colectivas, el principio fundamental de equidad y eficiencia, y la aplicación de criterios de aceptabilidad (D.S. Bowles, 2012) son

fundamentales para realizar una buena gestión de riesgos. En la figura 7 (p. 17) se plantea una estrategia para integrar todos los principios antes mencionados de manera de realizar toma de decisiones bajo un escenario de poca certeza.

El riesgo es una herramienta para la toma de decisiones, que debe incluir la evaluación de las amenazas y la evaluación de las vulnerabilidades. Anteriormente en el capítulo IV, se indicaba la “concomitancia entre la amenaza y la vulnerabilidad y de la necesidad de estudiarlas a su vez; independientemente para efectos metodológicos”. Corresponde de esta manera, la primera etapa en todo proceso de análisis de riesgo; el identificar vulnerabilidades en el sistema y las posibles amenazas que pueden generar consecuencias negativas. La definición del alcance del estudio es fundamental, y se deben plantear objetivos y plazos reales, de acuerdo a las necesidades en el sistema. La Guía Técnica De Explotación De Presas y Embalses, Tomo 1, menciona lo siguiente: *“No siempre es recomendable realizar un análisis de riesgo con el máximo nivel de detalle. En ocasiones, un proceso iterativo en el que la primera vez que se analiza el riesgo... se hace con un menor grado de detalle puede ser más eficiente al identificar aquellos aspectos que deben ser estudiados con mayor detalle”*. (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica, Tomo 1).

### **Confiabilidad del sistema.**

Para el capítulo V, se realizaron comparaciones y se expusieron una serie de comentarios acerca de los factores de seguridad, margen de seguridad, incertidumbre y su relación con la confiabilidad. Por su parte la confiabilidad se encontraba enmarcada como una sustitución o reforzamiento de los factores de seguridad, donde José Grases expresaba que ya desde hace unas cuantas décadas, el factor de seguridad había sido sustituido por el de confiabilidad, pero resaltaba que la misma era el complemento de la probabilidad de ruina para la determinación de estructuras más seguras o menos vulnerables.

El tema probabilístico empieza a surgir de esa gama de preguntas, donde la mejor forma o metodología para garantizar de alguna manera “*comfort*” es a través de los estudios probabilísticos. Pero, ¿Cuál es la razón de utilizar este tipo de estudios? Roberto Centeno en su capítulo titulado *Significado del Factor de Seguridad en Geotecnia. ¿Cuán Confiables resultan los Diseños Geotécnicos a Comienzos del Siglo XXI?* menciona lo siguiente:

*En la actualidad, cuando la competencia entre quienes practican la consultoría geotécnica es tan influenciada por los altibajos de la economía y cuando las técnicas de venta de servicios profesionales buscan impactar favorablemente a los clientes potenciales, se observa una tendencia a la utilización de modelos probabilísticos para incluir en la asesoría geotécnica lo que se ha dado por llamar en idioma inglés “Reliability Analysis”, lo cual equivale a lo que se conoce en idioma español como un Análisis de Confiabilidad.* (Centeno, R. 2006).

De igual manera, José Grases explica que el término confiabilidad está relacionado con la seguridad y aclara lo siguiente: “*El Ingeniero Estructural se encuentra ante la necesidad de evaluar las diferencias en la seguridad de sus obras; es decir, requiere evaluar la denominada: “confiabilidad estructural”*” (Grases J., 2006).

Por su parte, María Barreiro complementando la idea de José Grases comenta:

*Los conceptos de la teoría de la confiabilidad son usados en realidad para cuantificar la probabilidad de falla de la estructura en un lapso de tiempo determinado. El objetivo del diseño, basado en criterios de confiabilidad, es tomar en cuenta la incertidumbre de las variables involucradas y dimensionar los miembros usando los principios de la teoría de las probabilidades; se acepta así, un “riesgo de falla” en su respuesta, el cual se limita a valores suficientemente pequeños.* (Barreiro, M. 2006, p. 129).

Para el caso de presas, la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1, señala el término Fiabilidad al cual refiere lo siguiente:

*Cualquier probabilidad de un modo de fallo que sea modelable mediante un modelo numérico determinista, es candidata a ser evaluada numéricamente mediante técnicas de fiabilidad. Las técnicas de fiabilidad (o análisis de fiabilidad) consisten en propagar las incertidumbres de las entradas a un modelo hasta su resultado, de tal manera que en lugar de un valor determinista, se obtiene una probabilidad.* (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica, Tomo 1, p. 54)

Entonces, la confiabilidad está relacionada con: incertidumbre, variables, probabilidad, probabilidad de falla y modelos que involucren la incertidumbre. Todos y cada uno de ellos son analizados para cada sistema, y todo sistema representa un reto distinto para el ingeniero, convirtiéndose entonces, en un análisis sustentado con fundamentos probabilísticos notables.

### **¿En la Lógica está la Clave?**

Para determinar la confiabilidad de un sistema es primordial la lógica y el orden de trabajo. En principio se debe trabajar de forma genérica el sistema a través de los llamados “Diagramas de Influencia” o “Diagramas de Bloque”. Los mismos tienen la finalidad de relacionar los posibles eventos, estados de entorno, estados del sistema o subsistemas, y consecuencias. Para cada caso existe una información de entrada que pasa a través del sistema y se transforma produciendo una información de salida. Ver figura 15.

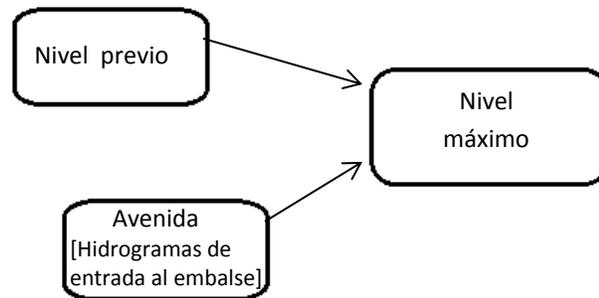


Figura 15: Ejemplo de diagrama de influencia. Tomado de “Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalses”,2012.

Los diagramas de bloque o de influencia se utilizan como modelación y análisis del sistema, a partir de este modelo de riesgo se construye o formula el *árbol de eventos*. Un árbol de eventos “*es una representación de un modelo lógico que incluye todas las posibles cadenas de eventos que se derivan de un evento inicial*” (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica, Tomo 1, p. 11).

Un árbol de eventos (Ver figura 16) permite identificar secuencias lógicas de eventos que conducen a la ocurrencia de un evento indeseado. De igual forma, realiza una evaluación cualitativa y una cuantitativa de cada evento.<sup>78</sup>

La evaluación cualitativa corresponde a la identificación de escenarios potenciales (descritos por una secuencia de eventos) hacia los cuales puede evolucionar el sistema a partir de un evento inicial (modo fallo). Por su parte, el análisis cuantitativo consiste en asignar probabilidades de falla a cada uno de los posibles escenarios<sup>79</sup> de cada nodo del árbol de fallo.

<sup>78</sup> El *Discurso del método* consta de seis partes, la primera de las cuales se presenta una especie de autobiografía intelectual. Consta allí la decisión de seguir un método que impida a la razón todo extravío. En la segunda parte expone dicho método, que se resume en cuatro reglas. La primera es la de no aceptar nada que no fuese evidente a la propia razón; la segunda, la de dividir cada problema en tantas partes como se pudiese; la tercera, la de pensar ordenadamente desde lo más simple a lo más complejo y la cuarta regla, finalmente, la de hacer revisiones exhaustivas para verificar que nada fuese olvidado. (Descartes, René)

<sup>79</sup> Los posibles escenarios son producto del evento. ¿Qué pasa si se produce un sismo? ¿Qué pasa en un día cualquiera?, etc. Por ejemplo para el caso cotidiano, el escenario podría ser vandalismo, mantenimiento, etc.

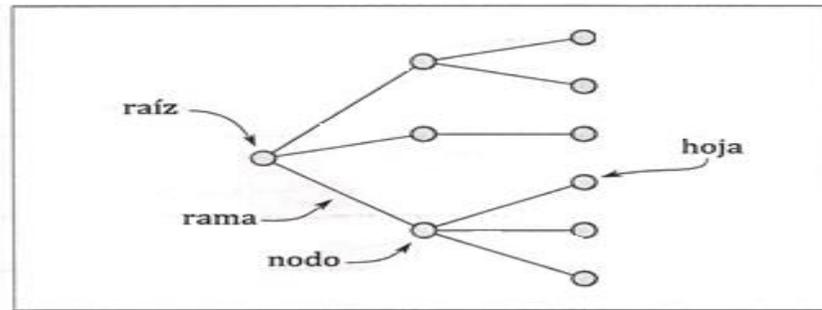


Figura 16: Ejemplo de árbol. Tomado de “Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalses”, 2012.

Para generar un árbol de eventos se debe partir de un modo de fallo, los mismos tiene consecuencias que van desde pérdidas de vidas humanas, causas dañinas, hasta mecanismos que provoquen algún tipo de daño.

Cuando se empieza a analizar un modo de fallo<sup>80</sup>, por los llamados árboles de eventos, se pueden presentar dos situaciones. Una primera situación donde la incertidumbre está presente, pero su probabilidad se puede determinar en términos de 1 a 0 (modelo determinista). En cambio, si el modelo presenta una incertidumbre muy grande, las probabilidades ya no serán de 1 a 0, y las variables tendrán dependencia entre sí (modelo estocástico<sup>81</sup>).

Algunas incertidumbres con las cuales se puede tratar, tomando como ejemplo la probabilidad de rotura de una presa, son las siguientes: (a) el escenario (niveles de agua, terremotos, etc.); (b) la manera en que las cargas deben actuar (subpresión, presiones efectivas, etc.); y (c) las propiedades de los materiales. (p. 54. Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, tomo 1)

Un modelo determinístico supone que las variables toman valores únicos predeterminados y que los modelos mecánicos describen fielmente el comportamiento del sistema. Sin embargo, a pesar de poder comenzar el análisis del árbol de eventos de manera determinística, en la mayoría de los eventos de la vida real, las variables están atadas o involucradas con otras variables aleatorias. Por lo tanto, la naturaleza de los resultados que aporte el análisis, generalmente será de índole estocástico.

<sup>80</sup> La identificación de modos de fallo establece el alcance y la robustez del modelo de riesgo. Metodologías como FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis) estudian todos los modelos de fallo identificando todos los componentes del sistema, posibles peligros, posibles maneras en que algún elemento deje de funcionar junto con sus efectos y por último realizan un estudio cualitativo de la probabilidad de ocurrencia.

<sup>81</sup> Modelo cuyo comportamiento es no determinista, en la medida que el subsiguiente estado del sistema este determinado tanto por las acciones predecibles del proceso como por elementos aleatorios.

### Modelación estocástica, un salto al futuro desde el pasado.

La modelación estocástica representa estadísticamente el inicio y fin de un sistema apoyándose en la distribución de probabilidades. Es así que Roberto Centeno comenta lo siguiente: “*Este tema [refiriéndose a Distribución de Probabilidades] es muy tratado en los textos de ingeniería y tiene que ver con la eficiencia de las distribuciones de probabilidades para adaptarse al caso que analiza el ingeniero*” (Centeno, R. 2006).

Cuando Roberto Centeno se refiere a la “*eficiencia de las distribuciones*”, es debido a la dificultad que enmarca caracterizar las distintas variables presentes en un sistema para un tipo de distribución probabilística. Dada esta dificultad, y gracias a los años de experiencia, Roberto Centeno, de igual forma introduce un cuadro con las Distribuciones de probabilidad recomendables en función de la máxima entropía, referida ésta a la incertidumbre. Ver tabla 4

Tabla 4

*Distribución de probabilidad recomendable en función de la máxima entropía.*

CASO	DATOS DISPONIBLES	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD RECOMENDABLE
1	Rango: $V_{\min}$ y $V_{\max}$	Uniforme
2	Valor medio esperado como único dato	Exponencial
3	Valor medio esperado y desviación estándar $N > 200$	Normal
4	Valor medio estimado y desviación estándar muestral insesgada $N > 10$	t Student
5	Valor medio esperado, desviación estándar, rango ( $V_{\min}$ y $V_{\max}$ ) para desviación estándar conocida	Beta
6	Ratio medio de ocurrencia entre varios eventos independientes.	Poisson

*Nota.* Tomado de “Significado del factor de seguridad en geotecnia. ¿Cuán confiables resultan los diseños geotécnicos a comienzos del siglo XXI?” por R. Centeno, 2006, p.121

Por su parte José Rafael Córdova<sup>82</sup>, en su artículo “Estimación de Hidrogramas de Crecidas Extremas” recurre a la distribución de probabilidades tipo *banana* para caracterizar los estudios hidrológicos, y a su vez, menciona los errores del pasado con los cuales se realizaban los estudios ya mencionados.

<sup>82</sup> José Rafael Córdova: PhD en Hidrología y Recursos Hidráulicos (MIT). Maestría en Ingeniería Civil (MIT). Maestría en Ingeniería Hidráulica (UCV). Profesor Titular USB (Jubilado) y UCV. Director CGR Ingeniería, especializado en Ingeniería Hidrológica. Asesor del USAID

*En la mayoría de los estudios hidrológicos realizados en el pasado, la distribución de probabilidades que se usaba en la estimación de caudales extremos, fue la distribución Tipo 1 o distribución Gumbel. Esta distribución la deriva Gumbel analizando la cola de valores extremos de la distribución Normal, es decir, que la distribución parental de la población original es una Normal. Mientras más grande es la cuenca tributaria de los ríos, por ejemplo la cuenca tributaria del río Orinoco hasta el Delta o la del río Amazonas, por el teorema del límite central, la distribución parental tiende a una distribución Normal y, por lo tanto, la distribución de extremos tiende a una distribución Gumbel. Por otra parte, mientras más pequeña es la cuenca, la distribución de sus valores extremos se aleja más de una distribución Gumbel, teniendo a distribuciones tipo logarítmicas como Log-Gumbel, Log-Pearson o Log-Normal. En el caso de ajustársele una Log-Gumbel, lo que se concluye es que los logaritmos de la variable original siguen una distribución Gumbel. Estas distribuciones tipo banana, que en un gráfico cuya abscisa se coloque el período retorno en escala logarítmica y en la ordenada el caudal máximo en escala lineal, su forma tiende a ser similar a una banana, mientras que la distribución Gumbel resulta en una línea recta, por lo tanto, en cuencas pequeñas, esta última distribución tiende a subestimar los valores extremos. (Córdova, J. 2006,p.59).*

De igual forma José Rafael Córdova junto con Marcelo Gonzáles (Universidad Simón Bolívar) reseñan lo siguiente por lo ocurrido en Vargas en 1999, en el libro “Lecciones Aprendidas de Vargas” de José Luis López Sánchez.

*Otra de las cuestiones controversiales en este trabajo fue la decisión de usar distribuciones de extremos para la lluvia del tipo Gumbel, LogNormal o Pearson, tratando a las lluvias de 1999 como valores fuera de los ajustes probabilísticos (outliers). Se mantuvo el uso de los ajustes tipo Gumbel a las lluvias máximas aunque los valores de 1999 se usaron para el estimado de los parámetros y sobre todo de las varianzas de dichas distribuciones. Los resultados de las estimaciones de caudales máximos sin deslaves en todas las cuencas del litoral Central, desde Maya hasta Chuspa, indican que, en general, esta zona produce importantes magnitudes de caudales instantáneos. Es interesante observar como el módulo de los mismos para períodos de retorno de 100 años varían entre  $12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  hasta  $20 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .*

De igual forma la importancia de las distribuciones probabilísticas es reseñada por Arnaldo Gutiérrez en el libro “Ingeniería Forense y Estudio de Sitio Guía para la Prevención de Gestión de Riesgos” de José Grases, señalando lo siguiente:

*Un problema largamente debatido en la literatura especializada es cuál es la distribución de probabilidades más adecuada para reflejar las*

*características del viento en una determinada estación. Uno de los problemas reconocidos es que la incertidumbre es proporcional a la velocidad  $V^2$  en lugar de  $V$ , lo cual se corrige usando valores de la Función de Distribución Acumulativa por encima de 0,90.*

*(...)Para cada estación meteorológica debe estudiarse cuál es la mejor distribución. (...) Como la distribución de probabilidades de velocidades de vientos en zonas propensas a ser afectadas por huracanes y tormentas tropicales obedece al Tipo III (Weibull) a diferencia del Tipo I (Gumbel) para el resto de las zonas, se plantea entonces la necesidad de jugar con el factor de importancia para asegurar la misma probabilidad de excedencia. Estas discrepancias son las que han conducido a (Simiu, 2003;1996) a proponer el uso de una Distribución Tipo III (Weibull reversa) como la más adecuada para la elaboración de los mapas de la Norma SEI/ASCE. (Gutiérrez, 2006,pp.19,20)*

En los casos anteriores se demuestra que dependiendo del estudio, la distribución de probabilidades de ocurrencia pueda cambiar. Esto significa que al momento de realizar un análisis de riesgos, los manuales podrían ya no tener el valor que muchos les asignan, ya que, dependiendo de la variable y su relación con otras variables la distribución y análisis podría variar indefectiblemente.<sup>83</sup>

Ahora bien, hasta los momentos se ha definido el “Sistema y sus posibles modos de falla”. Lo importante en todo análisis de riesgo es obtener la probabilidad de falla total, donde a través de metodologías se plantean las consecuencias finales del sistema, obteniendo así una posible respuesta del sistema a futuro.

### **La ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano (Albert Einstein<sup>84</sup>)**

Una vez más el ingeniero debe recurrir a la lógica<sup>85</sup> para la toma de decisiones, pero esta vez se apoya en el instrumento de los *árboles de fallo* para obtener una aproximación final del comportamiento que pueda tener el sistema. Este estudio es

---

<sup>83</sup> Chacón, J & Vera, J. (2009). “Optimización de diseños de experimentos en ingeniería civil mediante el empleo de las superficies de respuesta y líneas de contorno”. (Trabajo Especial de Grado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela. Ponencia en manifiesto la importancia de la distribución de probabilidad.

<sup>84</sup> Albert Einstein, considerado el científico más importante del siglo XX. Entre sus trabajos destacados se encuentra la Teoría de la Relatividad. Recibe el premio Nobel de Física (1921) Medalla Copley (1925), Medalla Max Planck (1929).

<sup>85</sup> Aristóteles acometió la primera sistematización o clasificación de las ciencias en la Antigüedad. Las dividió en tres clases las productivas, las prácticas y las teóricas. Las ciencias productivas apuntan a la generación de objetos bellos y útiles. Las prácticas se ocupan de la acción humana, la ética y la política, y las teóricas son las que se ocupan del conocimiento por el conocimiento mismo, la física, la matemática y la filosofía primera, que fue lo que luego se llamó metafísica. Fundó la lógica, que es conocida hoy como la “Lógica Aristotélica”.

cualitativo y enmarca solo los eventos que puedan contribuir con consecuencias negativas.

Cada nodo del árbol representa un nodo binario, es decir, debe surgir la incógnita ¿Ocurre, o no ocurre el evento?. La relación de eventos es explicado en la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1, p.87.:

*Los eventos se relacionan entre sí mediante lógicas. Las más simples son las del tipo Y (AND gate) y las de tipo O (OR gate). Si un evento superior A se relaciona mediante una puerta Y con los elementos inferiores B y C, quiere decir que para que el evento superior A ocurriese, deberían ocurrir los eventos B y C (ambos). Por el contrario, si un evento superior A se relaciona mediante una puerta O con los elementos inferiores B y C, quiere decir que para que el evento A ocurriese, debería ocurrir el evento B o el evento C (o los dos). (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica, Tomo 1, p. 87).*

De igual forma M. Sánchez menciona la importancia de los árboles de falla en su estudio cualitativo, destacando lo siguiente:

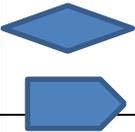
*Mediante el análisis de los árboles de falla se extrae información muy valiosa sobre los mecanismos de falla del sistema. En primer lugar, permite organizar, dentro de una estructura lógica, los procesos que puedan conducir a la falla de un sistema.(...) Además con los árboles de falla se puede determinar la contribución de cada uno de los componentes, o procesos, a la falla del sistema. (...) Por último el árbol define, implícitamente, la relevancia y validez de las decisiones que se van a tomar.(Sánchez, M. 2005)*

Los autores antes expuestos, señalan la importancia que enmarca el árbol de fallo<sup>86</sup>, esto porque es una herramienta que le permite al ingeniero tomar decisiones, basándose en los posibles eventos que puedan generar consecuencias negativas. Si este estudio es realizado de manera oportuna, muchos de los riesgos que puedan presentarse para el sistema serían mitigados de una manera pronta y eficaz, reduciendo así, pérdidas económicas y de vida. No obstante, no se debe dejar a un lado lo complejo de este proceso, ya que involucra el conocimiento, en principio, de todas las variables que acompañan al sistema y sus distintas distribuciones de probabilidades; de todos los posibles modos de fallo dentro del alcance del proyecto; y de una buena evaluación del producto final que deja la elaboración del árbol de fallo. De igual forma, la nomenclatura en este tipo de metodologías es fundamental. En la tabla 5 se introducen los conectores usualmente utilizados para la construcción de un árbol de falla.

---

<sup>86</sup> Durante la elaboración del presente trabajo “árbol de fallo” y “árbol de falla” tienen la misma significación y van a depender de la fuente.

Tabla 5  
Algunos símbolos de eventos primarios, auxiliares y representativos de tipos de puertas lógicas.

	Símbolo de evento primario: Evento Básico (Basic Event)- Fallo básico iniciador que no requiere más desarrollo.
	Símbolo de evento primario: Evento Condicionante( Conditioning Event)- Condiciones o restricciones específicas que se aplican sobre cualquier puerta lógica.
	Símbolo de evento primario: Evento No Desarrollado (Undeveloped Event) – Un evento que no se desarrolla más debido a sus consecuencias insuficientes o debido a que no se dispone de información.
	Símbolo de evento primario: Evento Externo (External Event) Un evento que normalmente se espera que ocurra.
	Símbolos de eventos intermedios: Evento Intermedio (Intermediate Event)- Un evento de fallo que ocurre debido a uno o más antecedentes actuando a través de puertas lógicas
	Símbolo auxiliar: Entrada (Transfer In) – Indica que el árbol se desarrolla adicionalmente en subárbol separado
	Símbolo para representar tipo de puerta: O (OR) – el fallo ocurre si al menos uno de los fallos previos ocurre.

*Nota.* Tomado de “Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalses”,2012. Tabla A.1 y A. 3 de (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica.)

Para demostrar lo complejo que pueden llegar a ser estos modelos, en la figura 17 se observan un árbol de fallo detallado con respecto a la confiabilidad de compuertas de aliviadero. Ejemplo tomado de la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, Tomo 1, p.94.

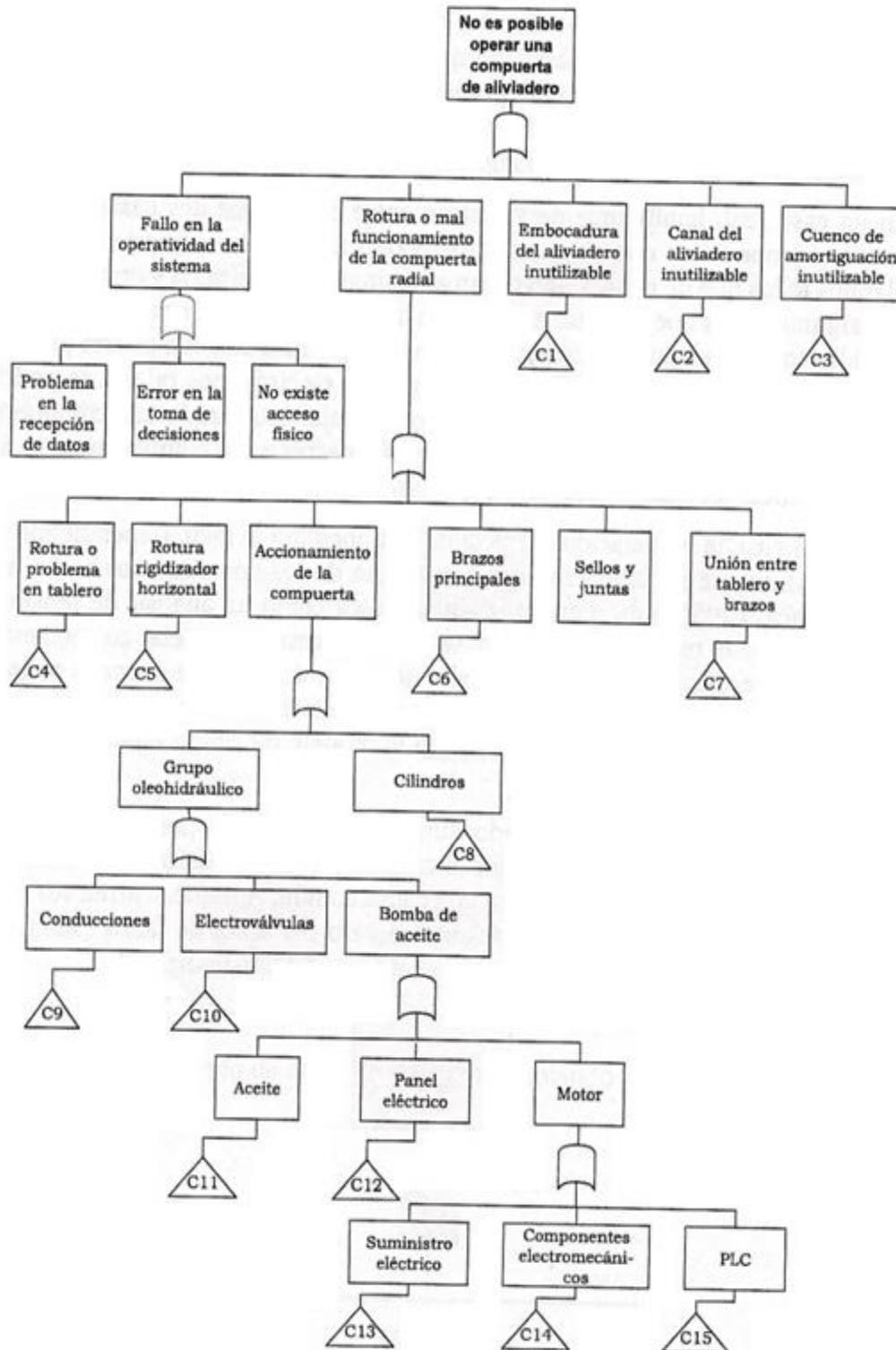


Figura 17: Ejemplo de árbol de fallo detallado. Tomado de “Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalses”,2012. (Colegio de Ingenieros Caminos, Canales y Puertos & Comité Nacional Español de Grandes Presas, Guía Técnica)

*Ejemplo de aplicación de los modos de fallo y la probabilidad de fallo*<sup>87</sup>.

En principio se debe asignar cuál es el escenario, cómo se inicia, cómo se desarrolla y cómo tiene que suceder la rotura. Para realizar esto el lenguaje es fundamental, al igual que la lógica aplicada, aquí entran en juego los árboles de falla y los modos de fallo (anteriormente explicados). Una vez respondidas las preguntas se grafica el riesgo en las llamadas curvas F-N explicados en el Capítulo IV. Ver figura 18.

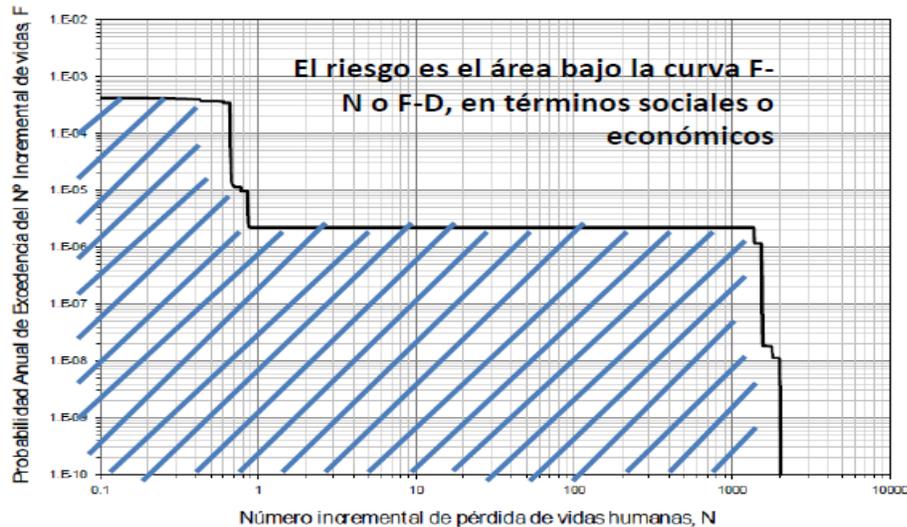


Figura 18. Riesgo por rotura de presa. Tomado de “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses” por I. Escuder, 2013, Presentación de conceptos claves para alumnos de la UCAB.

En el eje de las ordenadas se encuentra la probabilidad de que ocurra el evento, esta probabilidad es anual; por su parte en el eje de las abscisas se representa el número de víctimas, o pérdidas económicas que se pueden generar. Cada quiebre en la curva representa el modo de fallo, donde un primer modo puede estar enmarcado por un evento hidrológico, en el cual la evacuación de los afectados se ha realizado a tiempo. Por su parte, un segundo quiebre puede representar una erosión interna, cuya repercusión sea catastrófica en términos de pérdidas de vida y recursos económicos. La figura 18 es la modelación del riesgo, ya que el área bajo la curva es la cuantificación de las consecuencias negativas por romperse la presa. También es *un vistazo al futuro* para precisar qué podría pasar si la presa colapsa.

Ahora bien, en la figura 19, se representa el riesgo *per se*. Es decir, si se toma el área bajo la curva en la figura 18 y se divide por la probabilidad total, entonces se obtienen las consecuencias promedio a través de un punto, el cual ya no representa los modos de fallo, sino el riesgo en sí. (Ver figura 19).

<sup>87</sup> Caso de *rotura de presa*, presentación de conceptos claves para alumnos de la UCAB, Escuder I. 2013.

### EJEMPLO: RIESGO POR ROTURA DE PRESA

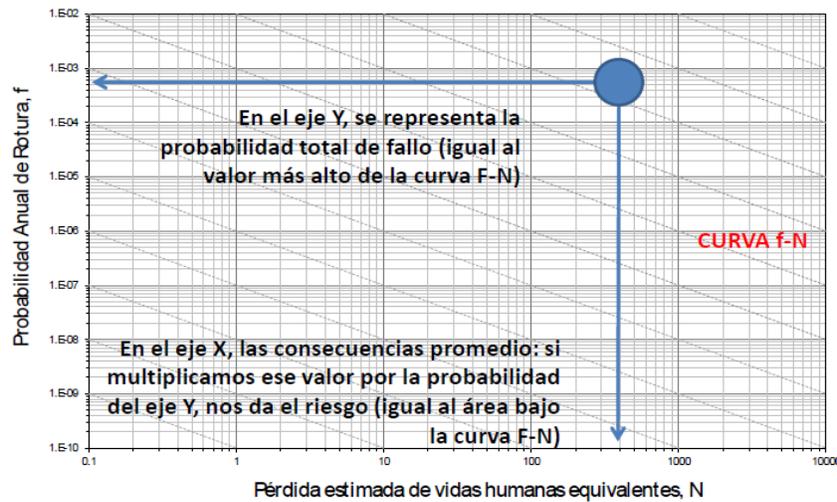


Figura 19. Riesgo por rotura de presa, expresado a través de un punto. Tomado de “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses” por I. Escuder, 2013, Presentación de conceptos claves para alumnos de la UCAB.

Por lo tanto, una vez identificada la cuantificación del riesgo, hay que medir su tolerabilidad para ello se utiliza la figura 20. En la misma se denotan unas líneas entrecortadas, llamadas *iso-riesgos*, y son el producto constante de la Consecuencia y la Probabilidad de Ocurrencia. Para los efectos en la toma de decisiones en base a estudios de este tipo, y una vez ubicado el punto anterior, es decir el de Riesgo, se deseara – o se decidiera - disminuir la probabilidad de ocurrencia, sencillamente se debe mover verticalmente hacia abajo, y desarrollar acciones en ese sentido . Pero si por el contrario se buscara eficiencia, se debe mover perpendicularmente a la recta *iso-riesgo*.

Todas estas actuaciones intencionadas sobre la gráfica, condicionan las decisiones a ser incorporadas en la Gestión de Riesgo, Gobernanza, y sobre un sistema, que en este caso es una presa o conjunto de presas.

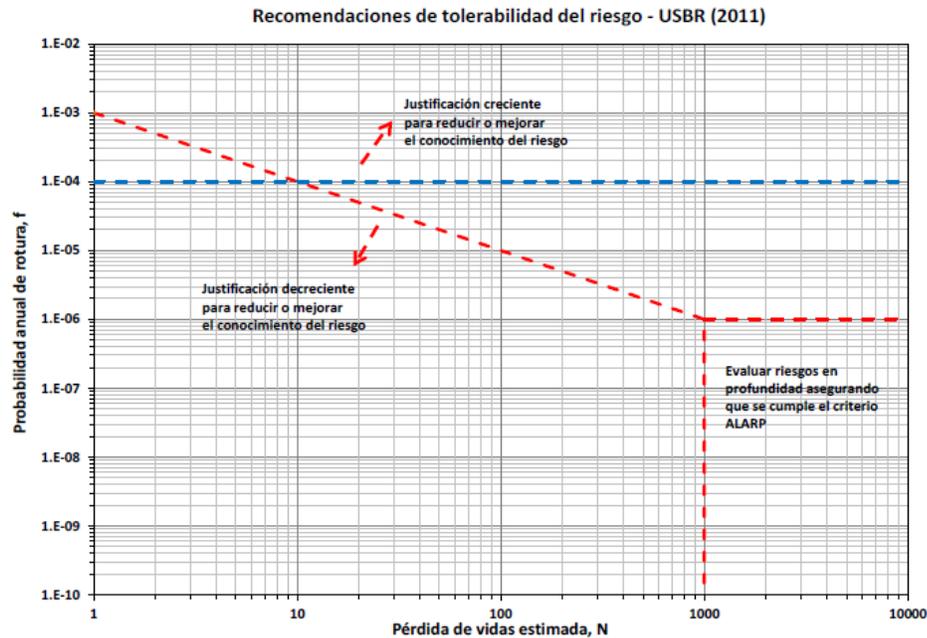


Figura 20. Riesgo por rotura de presa, análisis de tolerabilidad. Tomado de “Análisis de Riesgos y Seguridad de Presas y Embalses” por I. Escuder, 2013, Presentación de conceptos claves para alumnos de la UCAB.

El ejemplo anterior es una muestra de que el riesgo sí se puede valorar, utilizando probabilidad de falla, analizando las variables, encontrando los posibles modos de fallo y creando una lógica aplicable. El objetivo es obtener la tolerabilidad del riesgo para saber si se encuentra en la zona ALARP o no, y en base a ello tomar decisiones.

Por su parte una de las simulaciones más utilizadas por los ingenieros es la Simulación Monte Carlo para obtener cuantitativamente la respuesta más probable de un evento. Esta simulación se considera la más eficiente y requiere experiencia y trabajo computacional. De igual forma, la distribución de probabilidades es fundamental para su aplicación y desarrollo.

### **Simulación de Monte Carlo, herramienta de toma de decisiones.**

*“La simulación Monte Carlo es una técnica cuantitativa, utilizada para obtener la respuesta más probable de un evento, por medio de la simulación de un modelo matemático. Las variables inciertas del modelo se presentan usando rangos de posibles valores denominados distribuciones de probabilidad. Mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden tener diferentes probabilidades de producir diferentes resultados” (G. Vanorio y J.M. Mera, 2012).*

El procedimiento incluye los siguientes pasos (M. Sánchez, 2005):

1. Definir la función Y que describe el problema, en términos de todas las variables aleatorias, es decir,  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

2. Determinar la distribución de probabilidad y los parámetros de cada variable aleatoria  $X_i$ .
3. Generar valores aleatorios  $\hat{x}_i$ , para cada una de las variables  $X_i$ , con base en su función de distribución de probabilidad.
4. Evaluar la función  $Y$  determinísticamente, utilizando las realizaciones de cada variable, es decir,  $\hat{y}_i = f(\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_n)$ , un número  $N$  de veces suficientemente grande,  $j=1 \dots N$ .
5. Extraer información probabilística y estadística de los resultados.
6. Determinar la eficiencia y la precisión de la simulación.

Los pasos 1 y 2 corresponden a cualquier modelación probabilística, incluyendo lo ya expuesto anteriormente. Es importante mencionar que las realizaciones comentadas en el paso 4 hacen mención al valor que toma esa la variable aleatoria en una simulación específica o en un momento en el tiempo.

- La generación de números aleatorios, consiste en definir un *valor semilla* que es el número que utiliza el algoritmo para iniciar la generación. Los números generados por este sistema se denominan “pseudo-aleatorios”, ya que, para un número grande de simulaciones puede que los números se repitan. Los valores aleatorios se determinan por medio de los siguientes procedimientos: (a) transformación inversa, (b) transformación directa, (c) composición, (d) convolución, y (e) aceptación y rechazo.

El método de la transformación inversa es aplicable cuando hay una solución analítica para la inversa de la función de distribución. El método de transformación directa utiliza la composición de funciones de otras variables aleatorias. Por último el método de aceptación y rechazo aquí los resultados se someten a pruebas de verificación en cada iteración.

1. Números aleatorios no correlacionados: el procedimiento más utilizado se conoce como el método de la transformada inversa. Este método permite obtener realizaciones de la variable aleatoria  $X_i$ , a partir de números generados aleatoriamente en el rango  $[0,1]$  como:

$$\hat{x}_i = F^{-1}_X(u_i) \quad (33)$$

- Números aleatorios correlacionados: para la simulación de variables aleatorias correlacionadas las alternativas más viables son: variables con distribución normal y variables con distribución arbitraria.
- Extracción de información estadística: el método Monte Carlo consiste en evaluar el sistema a partir de las realizaciones de las variables aleatorias que lo describen, para  $N$  simulaciones, el comportamiento del sistema se puede caracterizar por su media y desviación estándar muestral como:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i \quad (33)$$

$$S = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n x_i^2) - n(\bar{X}^2)}{n-1}} \quad (34)$$

- Eficiencia y precisión de la simulación: una de las dificultades del método de Monte Carlo es encontrar el número de simulaciones necesarias para que el resultado sea suficientemente preciso. “En la mayoría de los problemas de ingeniería la probabilidad de falla está entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$ , por lo que se requeriría del orden de 100,000 simulaciones para obtener una solución confiable. En general se recomienda por lo menos un número de simulaciones diez veces mayor al mínimo esperado.” (M. Sánchez, 2005)

### Un análisis probabilístico subjetivo.

Un análisis probabilístico subjetivo es recomendado cuando no hay data suficiente a disposición del ingeniero. Requiere del conocimiento de un experto en el tema y es gracias a sus aportes que se estima lo incierto del evento, debido a la poca data que se pueda obtener. Ejemplo de ello, en la figura 8 se muestra la función de “probabilidad de densidad de una falla activa”, de la cual no se tiene casi data y se encuentra en una zona poblada importante. Es conveniente en estos casos consultar al especialista, debido a su experiencia, “¿cuánto considera él que se puede mover esa falla en un sismo?”. Esta pregunta se realiza con la intención de tener un aproximado de la magnitud del sismo, ya que es función del salto que se pueda generar en la falla. Una vez que el geólogo analiza el sistema, se representa su estudio por medio de las tres gráficas que se encuentran en la figura 21, es decir, son las percepciones del especialista.

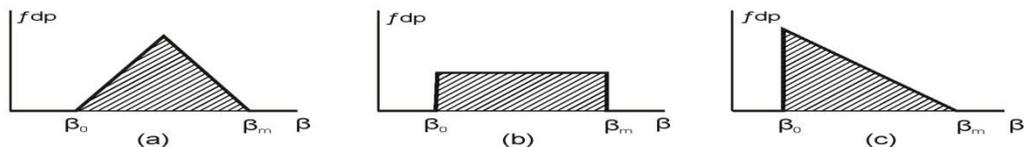


Figura 21: Ejemplos de Funciones de Densidad Probabilidades Subjetivas. Tomado de “Notas Sobre La Incorporación De Conocimiento Incierto En La Ingeniería Estructural Venezolana” por J. Grases, 2011-2012)

Ahora bien, la figura (a) representa que la máxima probabilidad de ocurrencia del salto ( $\beta$ ), se encuentra en el medio de dos valores, hay que tomar en cuenta que el triángulo representa todos los casos posibles dentro del sistema; por su parte la figura (b) representa todos los rangos posibles del salto ( $\beta$ ), no hay preferencias, ni lo puede superar ni puede ser menor a la estimada, en cambio la figura (c) representa que el salto ( $\beta$ ) puede moverse entre un valor muy probable y un valor muy poco probable.

“Este tipo de estudios es muy frecuente”, así lo menciona José Grases en sus notas: “el empleo de distribuciones subjetivas o sustentadas con estadísticas muy limitadas es frecuente, especialmente para reconocer que se trata de una variable aleatoria y es una valiosa información que se incorpora en el diseño de estrategias preventivas”.

Por su parte Roberto Centeno en su calidad de ingeniero consultor, comenta lo siguiente:

*El problema del empleo de estos estudios probabilísticos comienza a presentarse cuando se trata de aplicarlos a condiciones naturales de tipo geotécnico cuya variabilidad es desconocida y en las que por más que se invierta mucho dinero en la ejecución del estudio de las mismas, nunca se puede asegurar que no existan sorpresas inherentes a la heterogeneidad de la masa de suelo o roca estudiados. (Centeno, R., 2006)*

El ingeniero debería aceptar la existencia de cierto grado de incertidumbre dentro de sus proyectos, para poder obtener modelos más confiables, es decir un riesgo aceptable, pero también debe estar consciente que toda obra presenta un riesgo mayor o menor para la sociedad, por ello la importancia de alertar y transmitir de una manera clara y profesional, que a pesar de los modelos y avances, siempre va haber un riesgo latente, la naturaleza del ingeniero es disminuir este riesgo mitigarlo y brindar de alguna manera protección y bienestar a la sociedad a través de las decisiones que se tomen para disminuir las consecuencias.

Las consecuencias comúnmente se evalúan en términos de pérdidas humanas y económicas, sin embargo, los daños al medio ambiente y afectación al patrimonio operativo e histórico de una nación, muchas veces también juegan un papel importante.

Por su parte, en el caso de la definición de la tolerabilidad, ya en el capítulo de Riesgo Diferentes para Cada Esfera de Acción, se hizo mención a cómo calcular cuantitativamente la tolerabilidad del riesgo a través de las llamadas curvas F-N. El procedimiento en principio es obtener todas las probabilidades condicionantes y las variantes que representen las consecuencias. La sumatoria y multiplicación de las mismas, representa el riesgo total. Esto representaría la situación actual del sistema.

Una vez comprendido el riesgo actual del sistema, se ubica en la figura 2 (p 17) con la finalidad de observar el rango de tolerabilidad en la sociedad, esto es subjetivo, ya que dependiendo, entre otras cosas, de la cultura, nivel económico, disposición y organización, la ubicación puede variar.

La visita al campo y acuerdo entre el riesgo evaluado y el percibido, es uno de los puntos en la figura 7 más importantes, ya que dependiendo de los acuerdos entre los científicos y la sociedad el trabajo realizado podría ser o no ser mitigado. Por ello la necesidad de crear consensos y visitar el sitio de estudio para entender la situación *in situ*.

El ingeniero en su rol de líder debería de una manera sencilla y lógica comunicar la situación actual del sitio de estudio, acompañado de entes competentes gubernamentales que de una manera u otra estén comprometidos con la seguridad y bienestar de la sociedad, comunidad o individuo afectado.

Una vez entendido el riesgo actual, se procede a intervenir el sistema de manera de disminuir las incertidumbres y aumentar la confiabilidad. Luego de realizar esto, el proceso deberá repetirse para ver si el riesgo es aceptable o no, dependiendo de los objetivos y alcance del proyecto.

Si luego de intervenir el sistema, el riesgo sigue siendo alto, el sistema puede llegar a considerarse intolerable y las medidas a tomar serán decisión del grupo de trabajo. En cambio, si el riesgo se ubica en la zona ALARP se considera en un rango de tolerabilidad aceptable.

Es importante mencionar que las consecuencias negativas sí ocurren y que para ellas hay soluciones viables, difíciles de comprender y manejar, pero resultan la mejor manera para disminuir el riesgo. Si estas medidas no son tomadas en cuenta o sencillamente su estudio no se lleva a cabo las consecuencias pueden ser terribles al punto de crear miseria y zozobra. Los eventos naturales son como su nombre lo dice, “eventos naturales”, el hombre nunca va a poder eliminarlos, pero sí puede preparar a la sociedad para enfrentarlos de manera más apropiada y salir del evento sin consecuencias que lamentar.

## VII.- ¿Es la casuística parte del aprendizaje considerado?

“La experiencia del mundo no consiste en el número de cosas sobre las que se ha visto, sino en el número de cosas sobre las que se ha reflexionado con fruto”. Gottfried Wilhelm Leibniz<sup>88</sup> (1646-1716)

Unos de los eventos que marcó la vida de los venezolanos debido a su gran impacto económico, político y social, fue el deslave ocurrido en Vargas en 1999. Esto fue un claro ejemplo de que el riesgo es latente y si no es atendido y mitigado a tiempo, puede tener consecuencias catastróficas que repercuten directamente en la sociedad y en su historia individual y colectiva. Ahora bien, el deslave de Vargas sirve como ejemplo para empezar con este artículo de una manera trágica he impactante, pero al mismo tiempo a manera de reflexión<sup>89</sup>.

Hay muchos casos en Venezuela documentados y presentados ante los entes correspondientes alertando acerca de posibles consecuencias negativas, sin embargo estas precauciones o alertas parecieran estar siendo dejadas a un lado, muchas veces por negligencia, otras por falta de políticas serias y otras veces para atender diferentes proyectos que se consideran más importante o simplemente, porque se desconoce el riesgo inminente. El ejemplo de Deslave de Vargas<sup>90</sup> pone en manifiesto que ese “dejar a un lado”, representa poner en riesgo a miles de vidas ante un evento que puede ser mitigado y controlado.

Es evidente los cambios climáticos en el Mundo y su repercusión directa en las comunidades, sin embargo, los eventos naturales no tienen por qué ser sinónimo de desastre, más bien aportan valiosa información de alerta y precaución. Esto es, lo a que se refiere la Casuística.

Con el fin de caracterizar y dimensionar esta *experiencia del Mundo en cuanto a desastres*, existen estudios referentes a este tema, que muestran de una manera alarmante las pérdidas ocasionadas, no solo de vidas sino materiales cuando ocurre un evento. Esto

---

<sup>88</sup> Gottfried Leibniz, (1646-1716), filósofo, lógico, matemático, jurista, bibliotecario y político alemán. Uno de los grandes pensadores del siglo XVII y XVIII, se le conoce como el “último genio universal”. Inventó el cálculo infinitesimal y el sistema binario.

<sup>89</sup> A pesar de la Tragedia en Vargas, José Luis López Sánchez comenta que todavía la lección de que debemos respetar el territorio del río no se ha aprendido en su totalidad, y por ello señala “ Una lección que no hemos aprendido la constituyen la gran cantidad de viviendas que todavía se mantiene o se han reconstruido en las quebradas en las gargantas de los torrentes, y en áreas al pie de la laderas inestables...Muchas viviendas marginales y ranchos han sido construidos nuevamente en las gargantas de las quebradas”(Sánchez, J. L. 2010)

<sup>90</sup> La Tragedia de Vargas es considerada el peor desastre natural ocurrido en Venezuela durante el siglo XX. Las cifras de fallecidos aunque sin carácter oficial se calculan desde centenares hasta miles, mientras que los damnificados tampoco confirmados oficialmente se cuentan en decenas de miles. Este hecho aparece en el libro Guinness de los récords como el mayor número de víctimas mortales por un alud de barro.

se debe, entre otras cosas, a las alertas desatendidas, la desconsideración de análisis apropiados de riesgos, la falta de políticas públicas de gobernanzas orientadas al desarrollo en consideración del riesgo.

Los ingenieros y responsables de mantener a salvo a la sociedad han estudiado este tema y han presentado avances en materia de gestión de riesgo. El capítulo de análisis y consecuencias describe con detenimiento todos los pasos que debe seguir un equipo para determinar el nivel de tolerabilidad del riesgo. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos, estos estudios quedan solo en una hoja de papel o archivados, trayendo como consecuencia que de un momento a otro se dé la situación no deseada, pérdidas de vidas humanas y bienes patrimoniales de gran valor de reposición. En algunos casos de imposible recuperación.

El presente capítulo, pretende extender la visión crítica ante los eventos, en cuanto a que los análisis de riesgo sí cumplen<sup>91</sup> su función y sí salvan vidas y bienes. Muchas veces con una buena gestión de riesgo, *el dinero invertido hoy, es ganancia en el mañana.*

Entre los estudios más relevantes se encuentran los presentados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este programa presenta cuatro índices, son desarrollados para los países que corresponden, no solamente al proyecto de Aplicación y Actualización del Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de riesgos, sino también a los países incluidos en la iniciativa CAPRA y las Evaluaciones de Riesgo Catastrófico. Los cuatro índices son: “Índice de Déficit por Desastre” (IDD), “Índice de Desastres Locales” (IDL), “Índice de Vulnerabilidad Prevalente” (IVP) e “Índice de Gestión de Riesgo” (IGR).

### **Nadie goza de ganancias infinitas. Todo tiene precio.**

El primero índice enmarcado en el estudio del BID es referente a la pérdida económica que se produce una vez ocurrido el evento y cuáles son las posibles inversiones para poder enmendar la situación. Este índice es llamado el “Índice de Déficit por Desastre” (IDD) y corresponde: *“la relación entre la demanda de fondos económicos contingentes o pérdida económica que debe asumir como resultado de la responsabilidad fiscal el sector público, a causa de un Evento Máximo Considerado (EMC) y la resiliencia económica (RE) de dicho sector”* (BID,2010,p.5).

El IDD y la pérdida máxima probable, es representado en las figuras 22,23 y 24 para diferentes períodos de los 17 países que forman parte de este programa. Estos resultados, calculados para el año 2008 indican un IDD muy alto para los tres períodos de retorno. Esto quiere decir, que los eventos extremos representan un gran impacto a la sostenibilidad fiscal de la mayoría de los países.

---

<sup>91</sup> Gestión Integral de Riesgo(GIR) vs Gestión de Riesgo de Desastre (GRD)

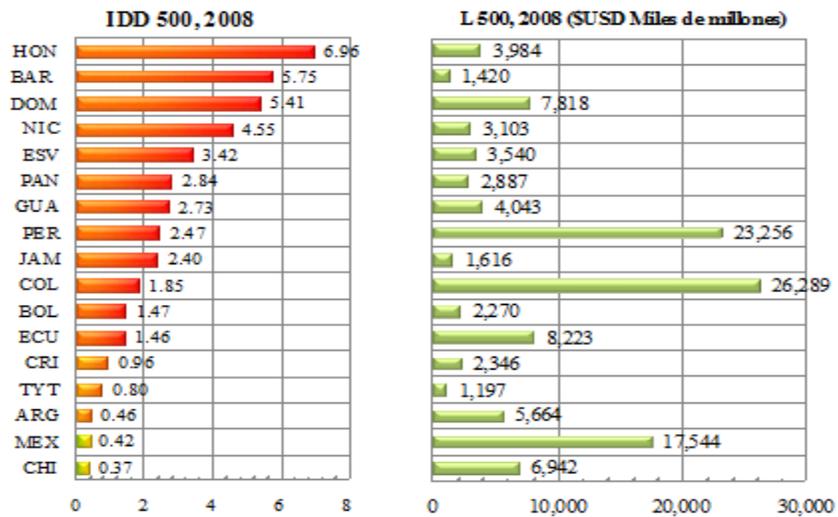


Figura 22: IDD y la pérdida máxima probable en 500 años (2008). Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

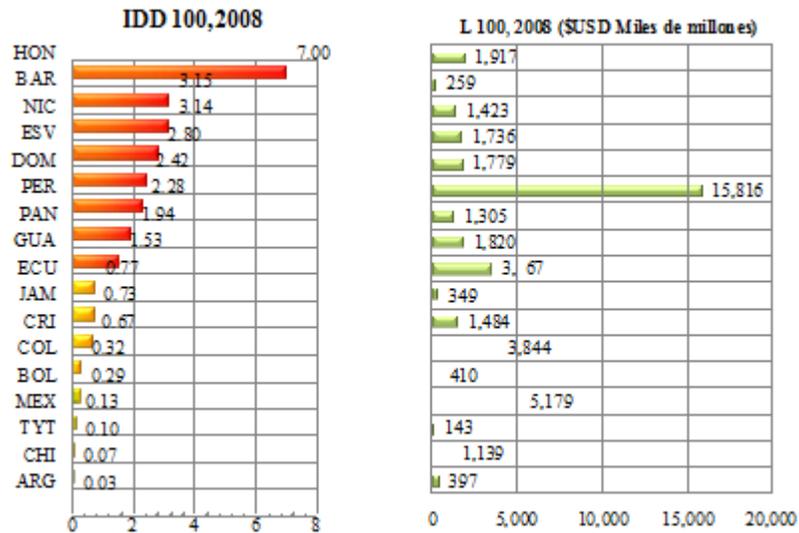


Figura 23: IDD y la pérdida máxima probable en 100 años (2008). Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

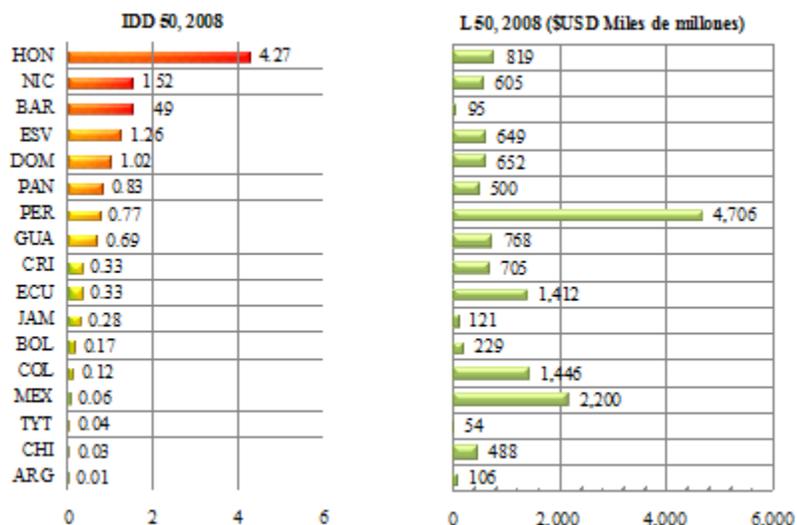


Figura 24: IDD y la pérdida máxima probable en 50 años (2008). Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

### Una vida cuenta.

El segundo índice es referente a la sumatoria de consecuencias dadas por un evento a nivel local, Índice de Desastres Locales (IDL), Estas consecuencias son: personas fallecidas (K), personas afectadas (A) y pérdidas económicas (L) en cada municipio del país. Los eventos considerados son los siguientes: deslizamientos y flujos, fenómenos sismo-tectónicos, inundaciones y tormentas, y otros eventos.

En las figuras 25,26 y 27 se muestran los resultados de los tres tipos de IDL, “un mayor valor relativo del IDL significa una mayor regularidad de la magnitud y la distribución de los efectos entre todos los municipios de un país, debido a los diferentes tipos de fenómenos que lo originan” (BID, 2010, p.10).

El IDL total es sumatoria de todos los componentes o consecuencias, donde valores entre (0-20) representa eventos menores en pocos municipios con baja concentración de desastre; entre (20-50) los eventos siguen siendo menores con mayor intensidad, hay mayor cantidad de municipios afectados y una concentración de desastre intermedio; de 50 en adelante representa una mayor cantidad de municipios afectados por eventos menores y los desastres son muy similares en todos los municipios afectados. Si el valor es muy alto, significa que las vulnerabilidades y las amenazas son generalizadas en el territorio.

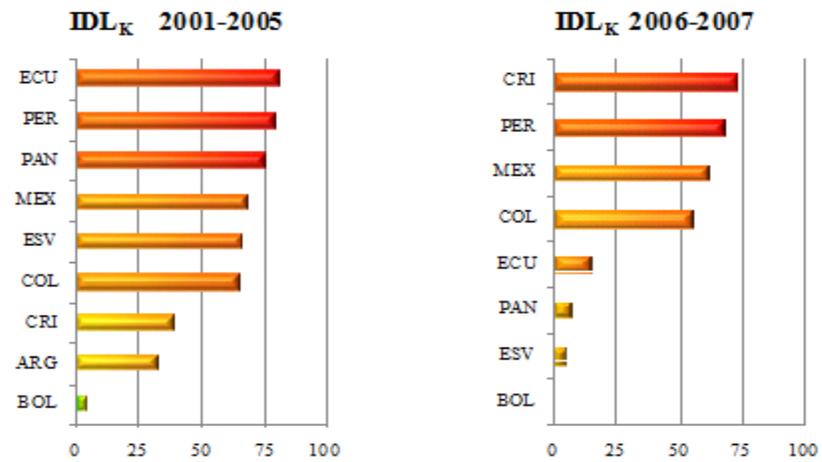


Figura 25: IDL<sub>k</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

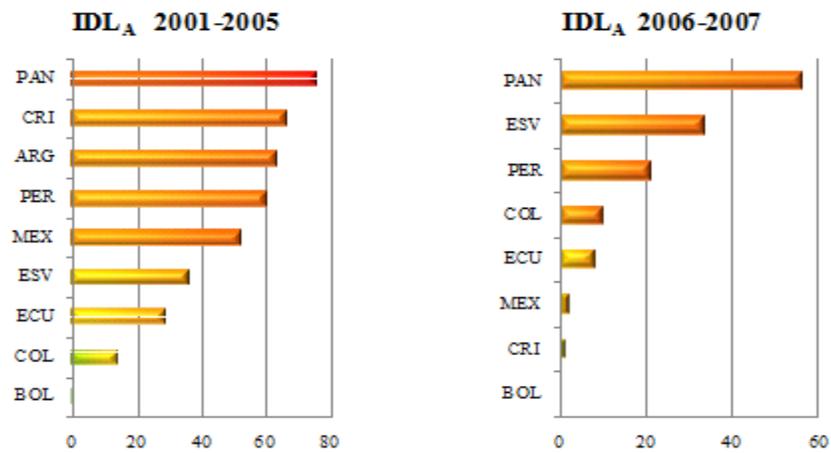


Figura 26: IDL<sub>A</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

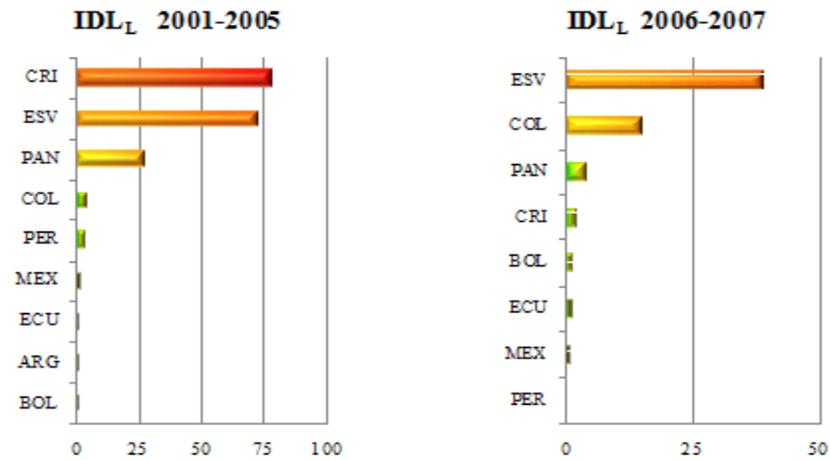


Figura 27: IDL<sub>L</sub> para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

En las figuras 25,26 y 27 se puede apreciar como para diferentes períodos, eventos considerados menores ocasionan consecuencias graves. Este tipo de gráficas son un buen ejemplo de que no hay que menospreciar un evento ni dejar de estudiarlo para lograr avances y mitigaciones eficaces. Siempre que una vida se ponga en peligro o una comunidad quede expuesta, es responsabilidad de los entes organizados aportar soluciones de manera de disminuir el riesgo. El liderazgo coyuntural del ingeniero en aportar Visiones adecuadas que se relacionen con los sistemas de gobernanza pareciera ser el inicio hacia un “Mundo más protegido”<sup>92</sup>

La figura 28 es la representación de la sumatoria de todas las consecuencias, es decir, del IDL total. Aquí el IDL es considerable y por lo tanto, orienta el análisis de los problemas internos en cada uno de los municipios que generan estas cifras, bien sea aumento de vulnerabilidades, deterioro ambiental, falta de resiliencia dirigida a las actividades comunitarias y sus sistemas estructurales

<sup>92</sup>La ASCE en la visión para la ingeniería civil en 2025, menciona que los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como maestros: “ líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras”(ASCE,2010)

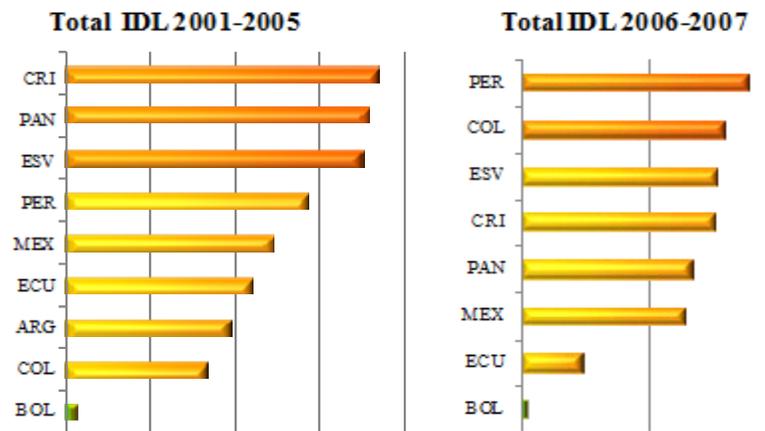


Figura 28: IDL (total agregado) para los períodos: 2001-2005 y 2006-2007. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

Por su parte, en el libro de “Lecciones Aprendidas de Vargas” por Liñayo Alejandro, José Luis López Sánchez (Ed.), muestra una figura que resalta la preocupante creciente en torno a los fallecidos debido a desastres hasta el período del 2005.

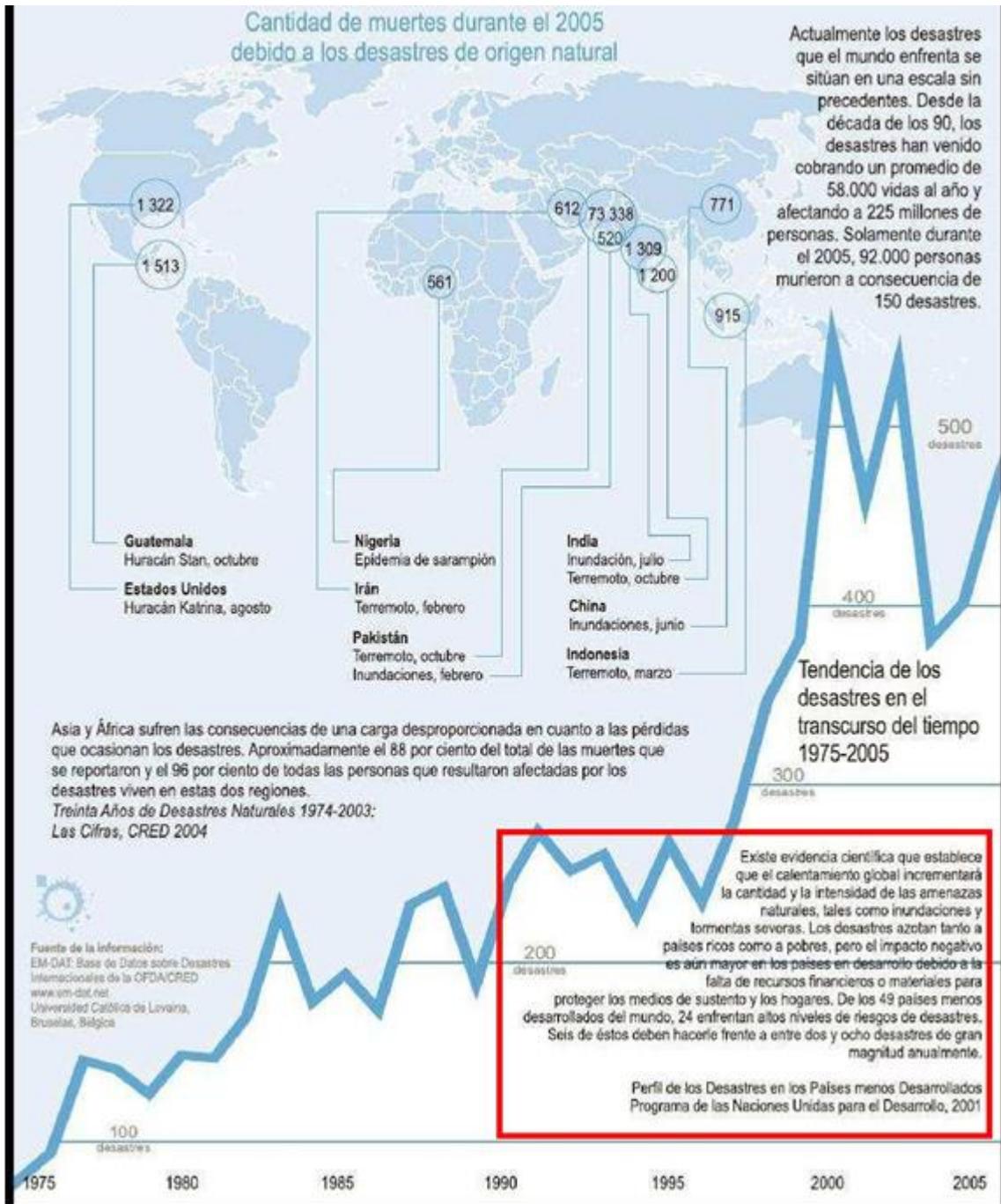


Figura 29: Tendencia de los desastres en período 1975-2005 (fuente: Estrategia Internacional para la Reducción de Los Desastres EIRD). Obsérvese las aseveraciones de la esquina inferior derecha. Tomado de “Lecciones Aprendidas de Vargas” por Liñayo Alejandro, José Luis López Sánchez (Ed.),

*El carácter natural de los “desastres naturales” seguirá prevaleciendo, no porque estos sean fenómenos que se “originan en la naturaleza”, sino porque serán siempre consecuencias “naturales” del modo de concebir nuestro quehacer en el territorio que ocupamos. (Liñayo, A. 2010. Vargas 99: Un punto de inflexión en la conceptualización y*

*el tratamiento normativo del riesgo de desastres en Venezuela. Sánchez, L (Ed.), Lecciones Aprendidas de Vargas. Editorial Gráficas Lauki.)*

### Consecuencias de la desatención.

El tercer índice representativo se denomina “Índice de Vulnerabilidad Prevalente” (IVP), el mismo considera condiciones frecuentes de vulnerabilidad en términos de exposición en áreas propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia.

En las figuras 30,31 y 32 se representa el IVP, donde valores entre (0-20) se considera un valor bajo; de (20-40) un valor medio; de (40-80) un valor alto y de 80 en adelante se considera muy alto.

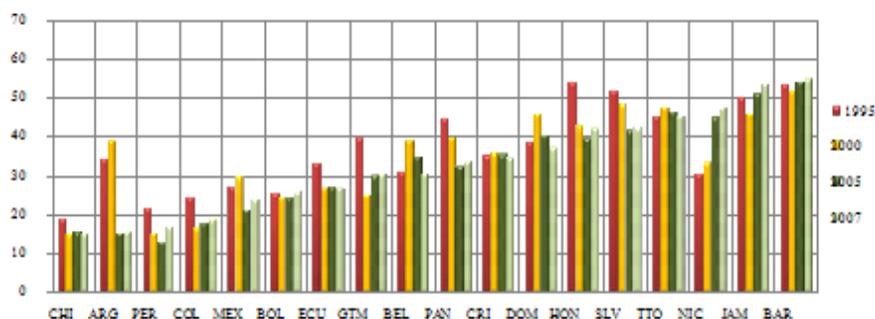


Figura 30: IVP por exposición y susceptibilidad  $IVP_{ES}$ . Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

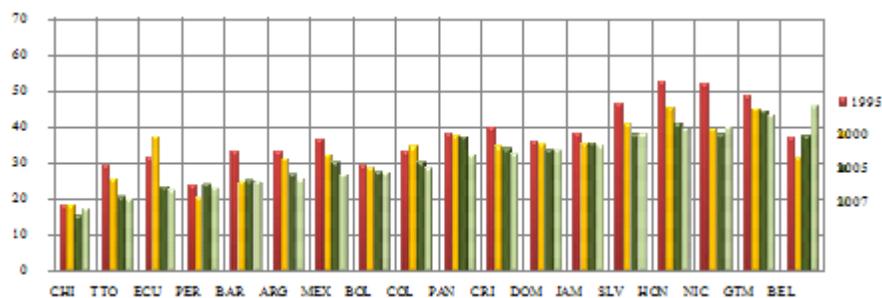


Figura 31: IVP por fragilidad socio-económica  $IVP_{FS}$ . Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

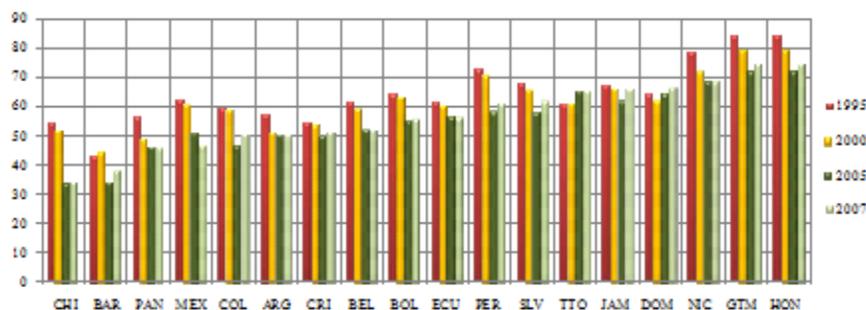


Figura 32: IVP por falta de resiliencia  $IVP_{FR}$ . Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

Hay que considerar la importancia de este estudio. Las tres características estudiadas en cada una de las gráficas, son esenciales para el desarrollo y sostenibilidad de cualquier nación, es importante mencionar que la falta de organización y planificación es el problema más grave. Esto es un llamado de atención directo a los científicos y encargados de establecer un lenguaje propicio, interdisciplinario y eficaz que aumente esta resiliencia.

Como se mencionó en el capítulo III, el riesgo es considerado como la “concomitancia y mutuo condicionamiento de la vulnerabilidad y la amenaza” (Cardona 2012), la interpretación de los anteriores gráficos como un resultado de consecuencias de un “Macro Análisis Virtual de Riesgos del Mundo”, hacen inferir de inmediato, que de no tomar medidas con respecto a estos registros, lo más probable es que se llegue a presentar un “riesgo intolerable”<sup>93</sup> para dicha sociedad, comunidad o sistema.

### ¡A pesar de todo! Seguimos dudando en actuar.

El último índice está relacionado con la gestión de riesgo, de manera de medir cualitativamente el desempeño del mismo y si es o no provechoso para la sociedad. El Índice de Gestión de Riesgo (IGR) va a estar en un rango de (0-100), siendo 0 el nivel mínimo de desempeño y 100 el nivel máximo. A mayor IGR, mejor desempeño de la gestión del riesgo en el país. (Ver figuras 33,34, 35 y 36)

<sup>93</sup> Ver Figura 2 (p.17): Marco general de tolerancia del Riesgo en cuanto a los TDR (Términos de Referencia de un Proyecto) (Adaptado de HSE 2001 por Muger et al., 2009). Tomado de “Tolerable risk guide lines for dams: Principles and Applications” Bowles, D., “Risk Analysis, Dam Safety and Security and Critical Infrastructure Management”, pag. 215, CRC Press Taylor & Francis Group AK Leiden, The Netherlands.

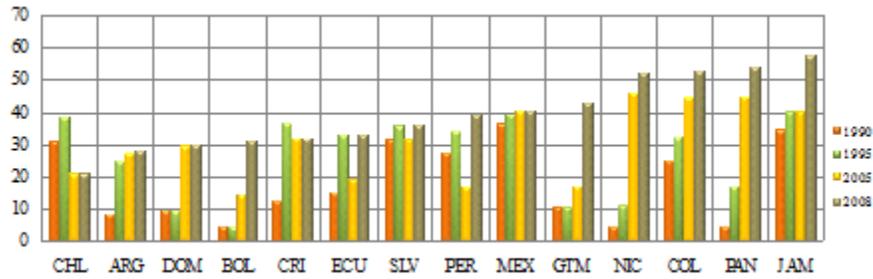


Figura 33: IGR en identificación de riesgos IGR<sub>IR</sub>. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

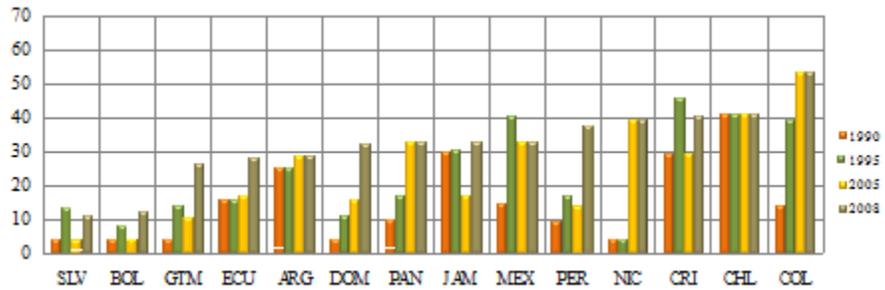


Figura 34: IGR en reducción de riesgos IGR<sub>RR</sub>. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

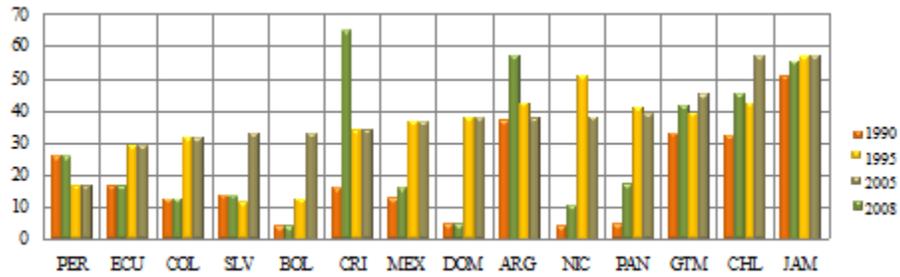


Figura 35: IGR en manejo de desastres IGR<sub>MD</sub>. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

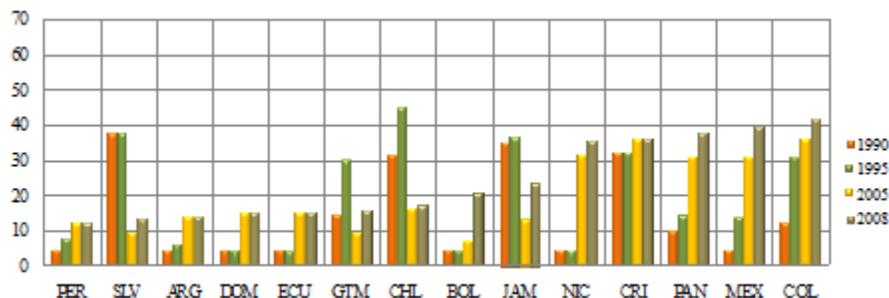


Figura 36: IGR En protección financiera y gobernabilidad IGR<sub>PF</sub>. Tomado de “Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos desarrollado durante el periodo 2003-2005”; 2010.

Las figuras 33, 34, 35 y 36 son un ejemplo de que a pesar de los esfuerzos en materia de gestión de riesgo, el estudio señala una puntuación incipiente, esto repercute directamente en la sociedad, entre otras cosas, por la falta de políticas accionistas en materia de gestión, y también por la poca perspectiva del riesgo dentro de las mismas comunidades. Estudios como estos revelan la importancia de:

*(...) hacer manifiesto el riesgo con el fin de que sea reconocido como un problema al que hay que prestarle atención. Los resultados obtenidos indican, en general, que en los países de la región existen niveles de riesgo significativos, que aparentemente no han sido percibidos en su verdadera dimensión por los individuos, los tomadores de decisiones y la sociedad en general. Estos indicadores son un primer paso en el propósito de medir o dimensionar el riesgo de una manera apropiada, para lograr que se perciba como un problema que amerita ser tenido en cuenta dentro de las actividades del desarrollo. Una vez identificado y valorado el riesgo, el paso siguiente es impulsar acciones preventivas anticipadas para reducirlo o controlarlo. Si el riesgo no se percibe como un problema socioeconómico y ambiental, difícilmente se puede esperar que se concluya que hay algo por hacer al respecto. (BID, 2010)*

Las figuras antes presentadas son un ejemplo de los cambios climáticos que están ocurriendo y de lo vulnerable que es el Mundo ante ellos, de cómo a pesar de los esfuerzos por mitigarlos todavía falta mucho camino de parte de los científicos para lograr sus objetivos de desarrollar planes de alerta y prevención en los países para así disminuir a una manera tolerable el riesgo.

El riesgo percibido en el mundo tiene distintos orígenes que van desde lo extensivo hasta lo intensivo, ambos a pesar de su magnitud pueden ser gestionados. Sin embargo, la tendencia es al riesgo residual, es decir, aquel que debe estar en constante revisión ya que las medidas para su gestión no son puestas en práctica.

## Impacto de eventos naturales en Venezuela

Venezuela por su parte, cuenta con un amplio territorio 916 445 km<sup>2</sup>, las incidencias de diferentes amenazas naturales como inundaciones, deslizamientos, incendios forestales y sismos, son de aparición y frecuencia singulares en el territorio venezolano. En la figura 37 se muestra la distribución de registros por tipo de eventos 1990- 2012.



Figura 37: Porcentaje de distribución de registros a lo largo del territorio venezolano, por tipos de eventos desde 1990-2012. Realizado en <http://www.desinventar.org>.

En las tablas 6,7 y 8 se muestra la afectación que pueden producir los desastres en Venezuela, en las mismas se muestran los eventos más representativos catalogándolo como “Top 10”

Tabla 6

Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el número de fallecidos.

Evento	fecha	N° fallecidos
Deslave	15/12/1999	30000
Terremoto (actividad sísmica)	29/07/1967	240
Terremoto (actividad sísmica)	03/08/1950	100
Tormenta	06/08/1993	100
Inundación	06/09/1987	96
Terremoto (actividad sísmica)	09/07/1997	80
Deslave	07/02/2005	76
Epidemia	01/01/1990	74
Inundación	25/07/1988	63
Inundación	25/11/2010	41

Created on: May-26-2013. - Data version: v12.07  
 Source: "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database  
[www.em-dat.net](http://www.em-dat.net) - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

Nota. Tomado de <http://www.emdat.be/result-country-profile>

Tabla 7

*Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el número total de personas afectadas*

Evento	Fecha	N° Total de Afectados
Deslave	15/12/1999	483635
Inundación	25/11/2010	94800
Terremoto (actividad sísmica)	29/07/1967	81536
Inundación	17/08/1999	59368
Inundación	20/07/2002	55376
Inundación	jun-96	41500
Epidemia	ene-95	32280
Deslave	07/02/2005	25042
Inundación	ago-67	23000
Inundación	oct-00	20004
Created on: May-26-2013. - Data version: v12.07 Source: "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"		

*Nota.* Tomado de <http://www.emdat.be/result-country-profile>

Tabla 8

*Top 10 Desastres Naturales en Venezuela, periodo 1900-2013, ordenados por el costo de daños económicos.*

Evento	Fecha	Pérdidas económicas (000 US\$)
Deslave	15/12/1999	3160000
Inundación	25/11/2010	170000
Inundación	08/05/2012	93000
Terremoto (actividad sísmica)	09/07/1997	81000
Terremoto (actividad sísmica)	29/07/1967	50000
Deslave	07/02/2005	50000
Inundación	06/12/2011	16000
Terremoto (actividad sísmica)	1981	5000
Tormenta	06/08/1993	4500
Inundación	ago-67	4126
Created on: May-26-2013. - Data version: v12.07 Source: "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"		

*Nota.* Tomado de <http://www.emdat.be/result-country-profile>

Es evidente el nivel de repercusión que han tenido los eventos naturales en Venezuela, siendo la tragedia de Vargas la más representativa ya que para el año 1999 fue cuando se produjo la misma.

## ¿Somos susceptibles a la amenaza?.

La vulnerabilidad puede estar enmarcada de varias formas, entre lo político, social, infraestructural y económico. Para el caso venezolano las vulnerabilidades que día a día cobran más vidas son en el aspecto habitacional, esto promovido por el alto nivel de pobreza. En las tablas 9, 10, 11, 12 y 13 está la representación por hogar de los distintos niveles socioeconómicos según el Instituto Nacional Estadístico (INE) que se cataloga así mismo como:

*(...) un Instituto estadístico de referencia nacional e internacional, con alta capacidad técnica y liderazgo para ejercer la rectoría del Sistema Estadístico Nacional, integrado por servidores públicos capacitados, motivados y comprometidos con el desarrollo de la actividad pública estadística, en función de las prioridades establecidas en los planes nacionales. (INE, 2004)*

Tabla 9.

*Total de Hogares según entidad federal y municipios Censo 2001-2011*

HOGARES, SEGÚN ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIOS, CENSOS 2001-2011		
ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIO	CENSO 2001	CENSO 2011
<b>TOTAL</b>	<b>5.243.288</b>	<b>6.913.957</b>

*Nota.* Tomado de

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=95&Itemid=26#](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26#)

Tabla 10.

*Total de Hogares Pobres según entidad federal y municipios Censo 2001-2011*

HOGARES POBRES, SEGÚN ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIOS, CENSOS 2001-2011		
ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIO	CENSO 2001	CENSO 2011
<b>TOTAL</b>	<b>1.730.288</b>	<b>1.698.645</b>

*Nota.* Tomado de

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=95&Itemid=26#](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26#)

Tabla 11.

Total de Hogares Pobres Extremos según entidad federal y municipios Censo 2001-2011

HOGARES POBRES EXTREMOS, SEGÚN ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIOS, CENSOS 2001-2011		
ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIO	CENSO 2001	CENSO 2011
<b>TOTAL</b>	<b>595.516</b>	<b>482.147</b>

Nota. Tomado de

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=95&Itemid=26#](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26#)

Tabla 12.

Total de Hogares Pobres No Extremos según entidad federal y municipios Censo 2001-2011

HOGARES POBRES NO EXTREMOS, SEGÚN ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIOS, CENSOS 2001-2011		
ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIO	CENSO 2001	CENSO 2011
<b>TOTAL</b>	<b>1.134.772</b>	<b>1.216.498</b>

Nota. Tomado de

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=95&Itemid=26#](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26#)

Tabla 13.

Total de Hogares No Pobres según entidad federal y municipios Censo 2001-2011

HOGARES NO POBRES, SEGÚN ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIOS, CENSOS 2001-2011		
ENTIDAD FEDERAL Y MUNICIPIO	CENSO 2001	CENSO 2011
<b>TOTAL</b>	<b>3.513.000</b>	<b>5.215.312</b>

Nota. Tomado de

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=95&Itemid=26#](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26#)

A pesar de que en las tablas 9, 10, 11, 12 y 13 se ve una reducción en los hogares pobres extremos, y pobres. El porcentaje de afectación para el 2012 según la figura 37 sigue siendo alto, por lo tanto, y a pesar de las mejorías en torno a este tema que se considera el más importante y de mayor repercusión, las medidas implementadas para la mitigación y reducción de vulnerabilidades no está siendo del todo efectiva. Es importante mencionar que existe una ley aprobada y colocada en gaceta oficial el 9 de enero de 2009, con el objeto de: “*conformar y regular la gestión integral de riesgos Socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armonía ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos Socionaturales y tecnológicos.*” (Ley de Gestión Integral de Riesgos

Socionaturales y Tecnológicos<sup>94</sup>, 2009). Esta ley es de suma importancia y ratifica la necesidad de mitigar y controlar situaciones de peligro para la sociedad.

La Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, a la cual se le quitó el carácter de “orgánica” por decisión del Tribunal Supremo de Justicia, emanada el 21 de octubre del 2008. Constituye en este momento un instrumento legal pionero en el enfoque y el tratamiento integral, que promueve ante la problemática de los desastres, y esto ha sido reconocido de esta manera por distintos entes nacionales e internacionales. La ley además promueve lineamientos y directrices orientadas a que todos y cada uno de los actores del desarrollo sectorial nacional, incorporen el tratamiento del riesgo como un condicionante obligatorio que debe ser considerado a fin de garantizar la sostenibilidad de sus esfuerzos. En su contenido, se encuentra gran cantidad de disposiciones orientadas a fortalecer las capacidades de la gestión del riesgo de los actores sociales, institucionales, de los entes del conocimiento y de los actores del desarrollo, mediante estrategias centradas en la transversalización.

Si bien es cierto que esta ley constituye un avance fundamental en lo normativo, existen retos muy importantes que deben ser asumidos en los próximos años a fin de poder garantizar la implementación de lo que se establece en su articulado, el cual, por ser justamente tan “transversalizador” y generalista, dificulta la adopción de medidas concretas de acción por parte del conjunto de actores nacionales, a los que ella hace referencia explícita en su articulado. El riesgo que corremos de no hacer este esfuerzo, es que este instrumento quede solo como una declaratoria de “buenas intenciones”, sin mayores implicaciones concretas, y esto es algo que debemos evitar todos y cada uno de los que durante años hemos promovido un tratamiento más sensato del riesgo de desastres en el país. (Liñayo, A. 2010)

Según lo propuesto por el Banco Interamericano de Desarrollo, mientras las medidas de mitigación, control y localización del riesgo sean implementadas, el riesgo será controlado de manera de llegar a la tolerabilidad del mismo. Venezuela, por su parte, al igual que en el resto del Mundo, a pesar de los esfuerzos, las consecuencias negativas por eventos siguen siendo muy altas, y la percepción del riesgo sigue siendo poco acertada. Esta situación es reiterada por el “Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres” (GAR<sup>95</sup>) que menciona lo siguientes: *“Aunque muchos países están potenciando sus capacidades para la gobernanza del riesgo y*

---

<sup>94</sup> Ley Orgánica de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. (2009). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 39035,9-1-13. Artículo 1, Objeto. Para mayor comprensión se recomiendan artículos 3,4, Capítulo I: Disposiciones Generales; artículo 7, artículo 8 (punto 1,6,10), artículo 9; Capítulo II: Institucionalidad de la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos; artículo 12(punto 14 y 17); Capítulo III: De los Órganos Controladores para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales, artículo 22 (punto 4), artículo 30 (punto 4).

<sup>95</sup> Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (2011) Esta segunda edición de las Naciones Unidas es un recurso para comprender y analizar el riesgo global de desastres. Basado en una gran cantidad de información y datos, analiza las tendencias y los patrones en el riesgo de desastres a nivel global, regional y nacional. Al mismo tiempo, más de 130 gobiernos hacen autoevaluaciones del progreso logrado en la implementación del Marco de Acción de Hyogo (HFA), proporcionando así el más completo análisis global de los esfuerzos nacionales hacia la reducción del riesgo de desastres.

*reduciendo su vulnerabilidad, esto es algo que no está sucediendo de una forma suficientemente rápida o efectiva: el aumento en la exposición se traduce en aumento del riesgo.” (GAR,2011)*

Es necesario estar conscientes de que todos los estudios que se realizan en función del riesgo, es para alertar de posibles consecuencias negativas, si los mismos no son tomados en cuenta, se traduce a la ocurrencia de un momento a otro de una situación no deseada, que repercute directamente en la sociedad y en su pérdida económica, no importando si el país afectado, posee o no cierta solvencia económica o poderío económico.

Queda también evidenciado como los riesgos extensivos, es decir, pérdidas de poca gravedad asociadas a eventos de alta frecuencia, son los responsables de la mayoría de los daños a infraestructuras y viviendas especialmente a las ubicadas en zonas no adecuadas o controladas. Venezuela es un claro ejemplo de ello y es lamentable cómo este tipo de situaciones ha puesto en peligro la vida de miles de habitantes.

De igual forma el informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres hace mención a este tipo de casos expresando:

*El análisis del riesgo extensivo deja claramente patente uno de los retos claves para el desarrollo: cómo fortalecer las capacidades en cuanto a gobernanza del riesgo con la rapidez suficiente para abordar la exposición cada vez mayor de la población y los activos que acompañan al crecimiento económico (...). (GAR, 2011).*

### **El problema no es la amenaza, sino la desatención.**

Nueva Orleans y Chile son los casos más impactante y recientes que se han producido. Por un lado, Nueva Orleans, la ciudad más grande del estado Luisiana, en los Estados Unidos, así como el principal puerto del río Misisipi. El 29 de Agosto de 2005, los habitantes de Nueva Orleans se encuentran luchando contra un huracán catalogado Katrina categoría 5, con vientos de más de 240 kilómetros por hora. Las personas buscan refugio y son trasladadas a sitios de resguardo. Sin embargo, una sorpresiva existencia de **colapso estructural total en torno a los diques** que protegían a la ciudad del lado Portchtrain, se dio a luz pública. Unas horas más tarde, la ciudad queda aislada por el colapso sorpresivo de los diques inundándola un 80% por varios metros de agua, sin suministros eléctricos en medio del calor y la humedad. Imágenes perturbadoras de cadáveres flotando y refugiados en los techos de las zonas residenciales, crea caos y desesperación en los habitantes, lo cual se hizo notar con saqueos locales al sector céntrico. El número de muertos se registró en 1.800 muertos.

Un año después de que se produjo el huracán y las posteriores inundaciones, el ***Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos se declaró responsable por la inundación*** en Nueva Orleans. El 1 de Junio de 2006, por medio de un informe, se reporta que los diques fallaron porque fueron construidos por separado y con métodos desactualizados. El informe incluye además detalles sobre las fallas de diseño e ingeniería, que hicieron que la tormenta superara los diques y los muros de encauzamiento de Nueva Orleans. El informe acusa de igual forma a los ingenieros de no haber notificado la mala calidad del suelo y el hundimiento de la tierra. Fallas en los cimientos por cuatro grietas provocaron dos tercios de la inundación de la ciudad.

La afectación originada por Katrina no tuvo límites, pensar que una ciudad que contaba con 343.829 habitantes se redujo a casi la mitad debido a la mala praxis de ingenieros es algo que no se debe repetir en ningún país del mundo. Es importante señalar entonces, que los eventos catastróficos sí ocurren, y que potencias como Estados Unidos, considerado unos de los líderes mundiales, también se ven afectados sino se atienden y mitigan los riesgos.

Otro de los casos que causó impacto a nivel mundial fue el terremoto y tsunami ocurrido en Chile el 27 de Febrero de 2010. El terremoto alcanzó una magnitud de 8,3(M<sub>w</sub>) de acuerdo al Servicio Sismológico de Chile, cerca de 150 kilómetros al noroeste de Concepción y a 63 kilómetros al suroeste de Cauquenes. Tuvo una duración de 2min 45segundos a 30,1 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre.

Producto del terremoto un fuerte tsunami impactó las costas chilenas, destruyendo varias localidades ya devastadas por el impacto telúrico. El caso más impactante con respecto a la afectación del tsunami fue el archipiélago de Juan Fernández, el cual a pesar de no sentir el movimiento telúrico, su único poblado fue arrasado por la marejada. Este sismo se considera como el segundo más fuerte en la historia del país y el sexto más fuerte registrado por la humanidad. Sólo es superado por el terremoto de Valdivia en 1960, su energía liberada fue cercana a 100.000 bombas atómicas como la liberada en Hiroshima en 1945.

El número de viviendas destruidas superó el medio millón y otro millón y medio en viviendas dañadas. La cifra de fallecidos llegó a 799 personas, aunque es una cifra discutida aun por muchos expertos y analistas del desastre. Debido a la localización submarina y su proximidad con la costa, gran parte de los estragos fueron ocasionados por el tsunami, asociado al movimiento telúrico. En torno a este tema se creó una polémica ya que la *alerta de maremoto fue cancelada a pesar de que los estudios enmarcaban un tsunami en curso.*

El encargado para ese momento era *Andrés Enríquez, exjefe de Oceanografía del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA)* quien *fue acusado de “imprudencia temeraria” al cancelar la alerta de maremoto.*

Esta decisión fue tomada por Solange Huerta, una fiscal chilena alegando lo siguiente: “él asume el rol de asesor principal. Participa en la sesión de cancelar la alerta de tsunami, lo que se concreta a las 04.49 hora local (08.49 GMT), acción que es ejecutada con imprudencia temeraria”. De igual forma, la fiscal en el 2011 imputó por *cuasidelito* de homicidio a ocho exfuncionarios, entre ellos el subsecretario del Interior Patricio Rosende y la exdirectora de la Onemi, Carmen Fernández, por no alertar a la población del peligro que existía.

Pese a los estudios y avisos de la naturaleza, en el caso Chileno, las alertas no fueron atendidas y hasta dejadas a un lado. Esto aumentó notablemente el número de fallecidos y pérdidas económicas, ya que cuando se presentó la amenaza (tsunami) la población se encontraba vulnerable y desorientada. Otro caso donde no es la naturaleza la culpable sino el hombre con sus acciones.

José Grases ha expresado que la fundamental labor del ingeniero civil es, “la de evitar que las amenazas naturales se conviertan en catastróficas”, lo cual es reflejado en forma elocuente en el caso anteriormente señalado

### **Existen las herramientas, solo falta la disposición.**

Existen estudios que señalan cómo el mitigar el riesgo y prevenirlo genera ganancia y estabilidad para la población (ver capítulo VI). Sin embargo, la preocupación Mundial es que estos estudios quedan en papel y no sean tomados en cuenta, creando una acumulación de vulnerabilidades que se transforman en desastres cuando se propicia un evento.

Es frecuente escuchar a las personas afectadas por desastres naturales, decir: “mi casa se la llevó la lluvia” y no se dan cuenta que esa consecuencia negativa, no es producto de la lluvia, sino de no tener una percepción adecuada del riesgo.

Las situaciones de riesgo se pueden mitigar a través de información, educación y planes de alerta de temprana, que son las características claves en toda sociedad “resiliente” una sociedad organizada y capacitada para enfrentar situaciones antes, durante y luego del evento. Llegar a esto es solo cuestión de unir a una comunidad científica que plantea soluciones y detecta vulnerabilidades, con la sociedad, porque una vez la sociedad entienda el riesgo real y su percepción sea la adecuada, empezarán a actuar en base a eso y las autoridades encargadas no tendrán más remedio que cumplir su labor y no esperar a que ocurra el evento para actuar.

En el libro “Venezuela Amenazas Naturales” de José Grases se señala lo siguiente, que es de suma importancia:

*No está en las manos del hombre, al menos con las tecnologías actuales, modificar la peligrosidad de la naturaleza. Terremotos, huracanes, maremotos, tormentas tropicales e invernales, son fenómenos sobre los cuales el hombre tiene poco o ningún control. Sin embargo, la capacidad y calidad presente de observación y medición de los fenómenos naturales a escala global, permite: (i) mejorar el pronóstico sobre el desempeño de las obras hechas por el hombre, sometidas a las acciones anteriores, lo cual se traduce en una ingeniería más confiable: (ii) comprobar la validez de modelos analíticos con fines predictivos sobre las acciones a considerar. (Grases, J. 1994)*

Vale la pena también mencionar las opiniones del Secretario General de ONU Ban Ki-moon durante el lanzamiento de un nuevo informe elaborado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), el mismo expresa:

*Hemos llevado a cabo una revisión de las pérdidas que ocasionan los desastres en el ámbito nacional y es evidente que se han subestimado en al menos un 50 por ciento las pérdidas directas a causa de inundaciones, terremotos y sequías. En lo que va de este siglo, las pérdidas directas generadas por los desastres asciende a unos \$2,5 millones de millones (billones) de dólares americanos. Esto es inaceptable, ya que contamos con los conocimientos necesarios para reducir las pérdidas y aprovechar los beneficios.”(Ban Ki-moon,2013).*

Por su parte Ricardo Mena, Jefe de la Oficina Regional para las Américas de UNISDR señala: “...la reducción de riesgo de desastres disminuye la incertidumbre, aumenta la confianza, reduce los costos y crea valor para los negocios” (R. Mena,2013)

## VIII.- La Sociedad, componentes y sus convivencias con el Riesgo

En su *Leviatán* “el terror es la pasión socializadora por excelencia, pues el miedo a la muerte nos hace renunciar a nuestros violentos deseos de predominio y someternos a la autoridad estatal.”  
Hobbes, Thomas<sup>96</sup> (1588-1679).

En los anteriores capítulos se resaltó la importancia del diálogo para llegar a consensos y acuerdos con respecto al riesgo, de que la incertidumbre debe ser disminuida lo menos posible a través de los avances en materia de gestión de riesgo y de que existe una *sociedad en riesgo*, que trabaja individualmente, sin tomar en cuenta sus vulnerabilidades y amenazas. El presente capítulo pretende evaluar todo el conjunto de lo anterior comentado, para presentar bases dirigidas a la constitución de una *Sociedad Resiliente*, una sociedad efectivamente preparada para antes, durante y después del suceso de catástrofe y de cómo la ingeniería en gestión de riesgos de infraestructuras, considera, define y conceptualiza ese término, de *Sociedad Resiliente* en función del *lenguaje inter sociedades* (científica y la sociedad en general).

El comportamiento de la sociedad y su respuesta ante el riesgo, está ligado a cuatro factores que son: i) percepción del riesgo, ii) manejo de información, iii) comunicación y iv) alcance. (Mauricio Sánchez, 2005)

Si estos cuatro factores son correctamente procesados, una posible amenaza ya no sería sinónimo de desastre, sino más bien de estudio, caracterización y para el diseño de organizaciones, para sobrellevarla. Este comportamiento y respuesta está ligado a la sociedad resiliente, pero, ***¿Cómo llegar a una sociedad resiliente? ¿Es esta la única solución para afrontar la materialización del riesgo? ¿Están los venezolanos preparados para absorber y recuperarse después de un impacto?*** Las respuestas a estas interrogantes en su mayoría las tienen los ingenieros y expertos, que a través de sus conocimientos con respecto a las vulnerabilidades, podrían preparar a la sociedad y potenciar sus capacidades y destrezas. Quizás lo que falte, sea la adopción de metodologías para organizar esas herramientas, voluntad institucional y la definición de un lenguaje.

Venezuela ha ido evolucionando en el tiempo, y como cualquier otro país del Mundo, cuenta con innumerables bellezas y beneficios. Pero también posee desventajas y debilidades que la hacen vulnerable a ciertas situaciones. Desde el inicio del desarrollo urbanístico en Venezuela, los asentamientos urbanos se han identificado en dos tipos de desarrollo para el aspecto habitacional. El primero, que responde a un marco de la ley y normas técnicas relacionadas, y otra que subsiste, es decir, que intenta mantenerse en

---

<sup>96</sup> Thomas Hobbes (1588-1679) fue un filósofo inglés, cuya obra *Leviatán* (1651) influyó de manera importante en el desarrollo de la filosofía política. Este epígrafe es mencionado por Fernando Savater en el libro “La aventura de pensar” p. 69.

existencia sin la consideración de un marco técnico legal previo. Esto es lo que hoy se ha denominado como *Asentamientos controlados o regulados* y *Asentamientos Urbanos No controlados*, respectivamente. Ambos han impulsado avances y propuestas en el marco legal y profesional para el desarrollo de la infraestructura respectiva. Pero tomando en cuenta la realidad nacional actual, ***¿Qué pasa si el Estado tiene recursos para aplicar dichas leyes, desarrollar la normativa adecuada para la construcción de Nuevas viviendas, y más aún para la entrega de Viviendas Dignas?*** La respuesta está en el *ingenio de la población y en definitiva del Individuo.*, sencillamente todos esos venezolanos que de alguna forma deben subsistir, construyen *con lo que tienen a mano* basándose muchas veces en las experiencias del otro. Es una sociedad que para vivir el *día a día*, inventa, rebusca y se juegan hasta la lotería para abastecer sus necesidades. Los llamados “ranchos” o viviendas informales o auto-construcción son muestra de ello, pareciera que hay *varias venezuelas* concentradas en una sola nación. Esto se refleja en esa diferencia que se observa entre asentamientos urbanos muy bien organizados, de asentamientos urbanos que no cuentan ni con los servicios básicos, ni consideraciones de la Normativa fundamental para brindar la mínima seguridad estructural.

### **La caracterización de la Sociedad enmarca distintos Riesgos.**

Anteriormente en el capítulo I se mencionó el papel fundamental que juega la sociedad dentro de una evaluación de riesgo, ya que dependiendo del escenario o su percepción, la visión o mitigación del riesgo es analizada de distintas formas. En la figura 38 se muestra la distribución de la *sociedad*, desde el punto de vista integral, relacionada con el desarrollo mundial, en los cuales existe – debe existir- la consideración del Riesgo en el Desarrollo de Planes de Sustentabilidad.

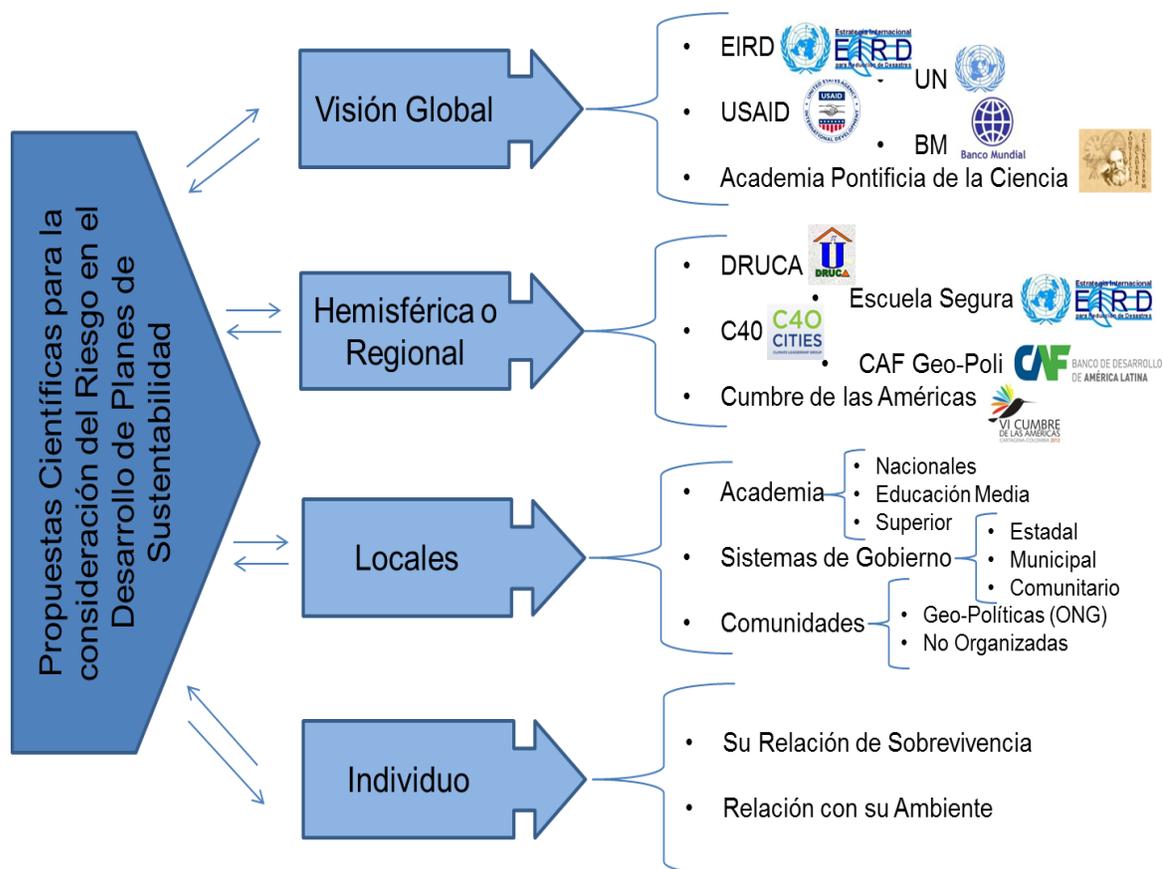


Figura 38: Propuestas científicas para la consideración del Riesgo en el Desarrollo de Planes de Sustentabilidad.

### Visión Global.

El desarrollo hacia sociedades desarrolladas en la resiliencia ante la ocurrencia de desastres, es una de las inversiones más rentables que un país puede realizar, a fin de reducir la pobreza, mitigar daños y crear alertas eficaces, debido a la creciente problemática con respecto a las repercusiones económicas y víctimas fatales.

Distintas organizaciones han surgido con la finalidad de crear consciencia y orientar todos aquellos planes y gestiones tendientes a alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio<sup>97</sup>.

<sup>97</sup> Los Objetivos de Desarrollo del Milenio constituyen un conjunto de indicadores objetivos y una herramienta importante y práctica para la Gestión del Riesgo en distintos niveles. Su fin último no es simplemente reducir los desastres sino incrementar la seguridad humana y al medio ambiente, la calidad de vida y por lo tanto la felicidad humana. Entre sus objetivos se encuentran: (a) erradicar la pobreza extrema y el hambre, (b) lograr enseñanza primaria universal, (c) promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer, (d) reducir la mortalidad infantil, (e) combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades; (f) garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, y (g) fomentar una asociación mundial para el desarrollo.

Incorporaciones como las establecidas en el Marco de Hyogo<sup>98</sup> incorporan una adecuada gestión del riesgo en todos los procesos relacionados con el desarrollo. Contribuyendo a la sostenibilidad de los procesos, no solamente en términos temporales, sino también en términos de evitar que por consecuencias negativas del desarrollo, se generen nuevas amenazas y nuevos factores de vulnerabilidad.

Dada esta necesidad, surge la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (**EIRD**), de las Naciones Unidas. Esta estrategia vincula numerosas organizaciones, universidades e instituciones, en torno a un objetivo común, cuál es la promoción y desarrollo del Marco de Acción de Hyogo.

Sus cuatro objetivos principales son:

1. Incrementar la conciencia pública para comprender el riesgo, la vulnerabilidad y la reducción de desastres a nivel mundial.
2. Obtener el compromiso de las autoridades públicas para implementar las acciones políticas y acciones para la reducción de desastres.
3. Estimular el establecimiento de alianzas interdisciplinarias e intersectoriales, incluyendo la ampliación de redes para reducción del riesgo.
4. Mejorar el conocimiento científico sobre la reducción de desastres.

De igual forma, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (**USAID**), se encarga de planificar y administrar la asistencia económica y humanitaria exterior de los Estados Unidos en todo el mundo. El principal objetivo de la agencia es prestar ayuda fuera de sus fronteras (USA) ante la ocurrencia de un desastre o estudios para la gestión integral de riesgos.

Por su parte organizaciones como el Banco Mundial (**BM**) combaten la pobreza y apoyan el desarrollo. Esta organización está formada por dos *instituciones propiedad* de 188 países miembros: el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y la Asociación Internacional de Fomento (AIF). El objetivo del BIRF es reducir la pobreza en los países de ingreso mediano y en las naciones pobres con capacidad crediticia. Por su parte, la AIF centra sus actividades exclusivamente en los países más pobres. Estas instituciones son parte de un organismo mayor conocido como el Grupo del Banco Mundial.

Las tres organizaciones antes mencionadas sirven como ejemplo para resaltar que mundialmente, sí existe preocupación- y atención efectiva- por el tema de los desastres, que sí hay personas trabajando para buscar soluciones y, sí existen planteamientos de

---

<sup>98</sup> Marco de Acción de Hyogo: en Enero de 2005, durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres (CMRD) 168 países adoptaron un plan de 10 años para lograr una reducción considerable de pérdidas ocasionadas por desastres en términos de vidas humanas y bienes sociales, económicos y ambientales.

salidas de solución. El problema, pareciera estar en transmitir esta preocupación a nivel regional, y *aguas abajo* de toda la estructura de la Sociedad Global <sup>99</sup>.

### *Hemisférica o Regional.*

Cada región presenta características únicas que solo sus habitantes conocen y dominan. Por ejemplo, el comportamiento de un venezolano es totalmente distinto al de un europeo. Bien sea porque uno es más reservado que el otro, o por las maneras de percibir el riesgo. También los componentes culturales influyen en ciertas posturas para atender el desarrollo condicionadas por el riesgo.

Instituciones como la CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) promueven el desarrollo sustentable y la integración regional, mediante la prestación de servicios de apoyo financieros. Son instituciones que estudian las características y culturas de la región para poder, con la ayuda de diversidad de fundaciones, promover el desarrollo sustentable y en condiciones de seguridad para las infraestructuras.

De igual forma, a través de reuniones hemisféricas la Cumbre de las Américas, los jefes de Estado logran reunirse para tratar temas diplomáticos de importancia a nivel continental. En el año 2012 el Presidente de Colombia J.M. Santos en el Acto de Clausura de las Cumbre de las Américas, señaló lo siguiente:

*(...) también entre los Empresarios y los Jefes de Estado, Jefes de Gobierno y el interés que despertó esta iniciativa, nos ha convencido que debemos repetirla hacia el futuro, o sea, esto quedó como una especie de nuevo elemento dentro de las Cumbres y que es algo que además no solamente entre las Cumbres, sino que hacer este tipo de ejercicio de forma periódica. Dentro de los mandatos que se han venido discutiendo, no de ahora, de hace mucho tiempo, a nivel técnico, a nivel de Cancilleres, y también a nivel de Jefes de Estados, identificamos cinco puntos: El primero, los **Desastres Naturales**; ahí se acordó buscar la forma para mitigar su impacto, impacto sobre todo social, impacto ambiental, impacto económico, mediante la asignación de recursos y también el diseño de estrategias que nos permitan adaptarnos mejor, mediante estrategias que permitan mejorar la **Gestión de Riesgo**, y la creación de mecanismos para prevenir los desastres con más efectividad o tener una posibilidad de reaccionar más rápidamente. (J.M., Santos. 2012).*

---

<sup>99</sup> Aun en las personas que consideran que el cambio climático es una prioridad, la falta de comprensión del proceso de saldos y flujos favorece los enfoques que implican “esperar a ver qué pasa”, lo que limita la presión pública y la voluntad política para adoptar medidas activas que procuren estabilizar el clima. Estas percepciones erróneas pueden corregirse mediante estrategias de comunicación en las que se empleen analogías. (BM,2010)

El carácter interdisciplinario de estas organizaciones es fundamental y útil para el logro en los cambios de actitud de gobiernos y empresas, ya que debe existir reciprocidad de los avances en materia de gestión de riesgo. En principio se debe incluir a los Jefes de Estado, ya que a través de políticas de profundo contenido ético y social, y el financiamiento de los procesos de mitigación serían más fáciles de desarrollar. Para ello las organizaciones regionales juegan un papel importante ya que se convierten en transmisoras de información a los Jefes de Estado y distintas organizaciones mundiales.

### *Locales.*

Las organizaciones locales se consideran como todas aquellas que comprenden a la sociedad, y se componen además de sus habitantes de su cultura, tradiciones, organizaciones políticas y situación actual en su desarrollo político, científico, económico y académico. Estos aspectos son fundamentales para cualquier gestión de riesgo, porque se convierten en agentes facilitadores en la caracterización e identificación de vulnerabilidades de la sociedad. La academia, sistemas de gobierno y comunidades organizadas, en su rol de protectores ambientales y sociales descifran los problemas más graves y plantean soluciones. Se convierten en portadores de información y en transmisores de resultados, para apoyar el desarrollo hacia sociedades organizadas.

Las universidades, por ejemplo, como unidades educativas de enseñanza superior e investigación, se convierten en receptoras de información de sus comunidades, al mismo tiempo que crean alianzas para lograr el desarrollo sustentable. Deben servir de ejemplo como comunidades resilientes, organizadas, para así transmitir mensajes de estructuración y bienestar, planteando soluciones a los problemas que más amerita la sociedad.

Es importante señalar que las universidades para poder cumplir su rol o deuda con la sociedad, deben tener presente conceptos como incertidumbre, margen de seguridad, confiabilidad, riesgo, vulnerabilidad, amenaza, gestión, resiliencia, probabilidades, etc., y crear así lenguajes interdisciplinarios entre todas las carreras<sup>100</sup>, para enmarcar soluciones viables y acordes con las problemáticas más graves de su entorno, región, país, etc.

De igual forma, los sistemas de gobierno a través de políticas apropiadas e integradoras, fomentan el crecimiento y disminuyen las vulnerabilidades. (*En los puntos siguientes la búsqueda de acuerdos entre ética y política, será presentado de manera permanente*). La participación de comunidades organizadas es fundamental ya que conocen las percepciones de cada uno de los individuos que habitan en la comunidad y

---

<sup>100</sup> La Fundación Konrad Adenauer y la Universidad Católica Andrés Bello, firmaron convenios en el año 2012 para la instauración de cátedras obligatorias entre grados, que relaciona ética y economía en la búsqueda de un lenguaje interdisciplinario de la ciencia. La Fundación se encarga de promover y fundamentar el desarrollo armónico del Hombre y del Ambiente. Es la segunda fundación política más grande de Alemania, fundada 1956.

pueden ser facilitadores para la activación de soluciones ante la ocurrencia de un desastre.<sup>101</sup>

### **La Prevención de Desastres en Venezuela.**

Una organización emblemática en Venezuela es Protección Civil y Administración de Desastres. Esta organización entre sus funciones, se encuentra la de representar al país ante organismos multilaterales o internacionales en materia de Protección Civil y Administración de Desastres; vela por el cumplimiento de las Planes Nacionales e Internacionales sobre Protección Civil y Administración de Desastres, aprobados y en vigencia; promueve la participación adecuada de los distintos sectores de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, para la preparación, respuesta y rehabilitación ante desastres, así como la coordinación de la atención humanitaria requerida por las comunidades afectadas en caso de emergencias o desastres.

Entre los planes que ejecutan, se encuentra “Plan de Acción frente al Riesgo de Incendios Forestales”, “Municipalización” y “Prevención y Atención en períodos festivos, de asueto y vacacionales”.

El proyecto de “Municipalización de Protección Civil y Administración de Desastres”, resalta lo siguiente:

*Los Gobiernos Municipales (locales), que son los más próximos a la comunidad deben asumir el rol que les corresponde como garantes de la protección a la ciudadanía y crear estructura eficaz, que no sólo permita a la comunidad afrontar con perspectiva de éxito los efectos producidos por los desastres, sino que mitiguen sus riesgos, además de la adopción de medidas que respondan a las necesidades específicas de cada localidad. (Dirección de Protección Civil y Administración de Desastres, Dirección de Planificación y Presupuesto, Enero 2007).*

Protección Civil juega un papel fundamental en la organización y planificación de planes de prevención y mitigación de desastres en Venezuela. Representa la importancia institucional a nivel local, de asumir el compromiso y así afrontar el riesgo para poder transmitir a *nivel individual* los conocimientos y prácticas para enfrentar posibles consecuencias negativas o desastres.

El rol de las instituciones, gobiernos, universidades, y comunidades organizadas es fundamental. Tal es el caso del Municipio Chacao, Caracas, donde más de 20 mujeres

---

<sup>101</sup> En contraposición al supuesto general de que las decisiones en el nivel local se centran en problemas locales, más de 900 ciudades de Estados Unidos se han comprometido a alcanzar o superar las metas establecidas en el protocolo de Kyoto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las ciudades tienen la capacidad única de responder a un problema mundial como el cambio climático a través de medidas concretas en el nivel local. En muchas ciudades se ha legislado para limitar el uso de bolsas de plástico, vasos descartables o agua embotelladas. (BM, 2010)

organizadas en el sector “El Pedregal”, trabajan junto con la Alcaldía, en la recuperación de la cuenca media de la quebrada Chacaíto. Este tipo de tareas deben seguir multiplicándose para poder llegar a un país resiliente.

### *Individuo.*

Cada persona percibe el riesgo de distintas maneras y está expuesto a distintos riesgos. Un obrero, por ejemplo, es más susceptible si está trabajando en una construcción, que una secretaria que se encuentra en una oficina, ante la ocurrencia de una acción de viento extraordinario o precipitaciones en niveles extremos. Esto se debe a la vulnerabilidad de cada individuo. Las maneras de abordar este tipo de inconvenientes sería a través de las herramientas, bien sea, suministrando al obrero la ropa adecuada y los implementos adecuados y a la secretaria, información adecuada para ese tipo de situaciones. Lo importante en todo caso, es que el *individuo* comprenda su posición, su ubicación y cuál es su función.

Si cada persona es consciente de su entorno y lo que implica estar en él, los riesgos para ese individuo disminuyen, si por el contrario, no identifican su nivel de vulnerabilidad sencillamente no atienden el problema, no buscan soluciones, y las consecuencias negativas son inminentes.

Los planes de sustentabilidad contemplan que dependiendo de la esfera de acción el estudio es distinto. Los organismos cumplen funciones de ser receptores y transmisores de información, esto con la finalidad de encontrar soluciones viables y comprensibles para el individuo que es, al momento de un evento, *quien* debe saber actuar y conocer *a quien* puede recurrir. Donde su primera “*mano amiga*” deben ser la organización o institución a nivel local, y posteriormente a nivel regional, para finalmente obtener una visión global. Es decir, todos y cada uno de los participantes en el proceso de desarrollo están relacionados y cumplen sus misiones ambientales de sustentabilidad y de aseguramiento de sus infraestructuras<sup>102</sup>.

Un ejemplo de responsabilidad individual, es el caso de las viviendas no controladas que se construyen en la periferia de las ciudades. Para el caso venezolano este problema es grave, y numerosos estudios al respecto se han realizado. Por su parte, Protección Civil como órgano regulador y mitigador de situaciones riesgosas, el 29 de Mayo de 2013 realizó un llamado a la población “a no construir viviendas en zonas inestables”. Esto fue reseñando en su programa informativo sobre prevención ante eventos adversos, debido a las precauciones de las temporadas de lluvias que cada año cobran la vida de venezolanos, debido a las vulnerabilidades de sus casas.

---

<sup>102</sup> Un concepto importante de la gestión del riesgo climático es el de riesgo compartido por las comunidades, gobiernos y empresas. En Mongolia, los criaderos de ganados, el gobierno nacional y las compañías seguros elaboraron un plan para la gestión de riesgos financieros resultantes de los períodos de frío intenso invierno-primavera (dzuds) que provocan periódicamente una mortalidad generalizada del ganado. En este plan, los ganaderos siguen siendo responsables de las pérdidas menores que no merman la viabilidad de sus empresas u hogares, y muchas veces recurren a acuerdos con los miembros de la comunidad para protegerse frente a las pérdidas de menor importancia.

La responsabilidad individual está relacionada con la percepción del riesgo, si las autoridades a cargo logran enviar un mensaje claro y conciso, la construcción de vulnerabilidades disminuye. Pero, ¿Qué pasa cuando ya las vulnerabilidades existen en el sistema y el evento es próximo a ocurrir? Un caso emblemático es señalado en el libro “Ingeniería Forense y Estudio de Sitio Guía para la Prevención de Gestión de Riesgos”, Ángel Rangel (2006), en el Barrio Santa Ana, Antímano, Caracas. La participación individual fue clave para enfrentar el problema, donde tras el inicio de la temporada de lluvias del año 1999. Posteriormente se elabora para esa misma fecha, un plan denominado “Plan de Prevención y Mitigación de Desastres-temporada de lluvias 1999”, en el mismo se identificaron varias zonas de alta recurrencia a afectación por lluvias. Entre los posibles afectados se encontraba el Barrio Santa Ana.

Una vez que las autoridades percibieron el riesgo en el Barrio Santa Ana, empezó toda una campaña para transmitir la información de una manera clara y concisa. El 30 de Septiembre de 1999 la comunidad organizada logró retirar de la zona a todos los individuos que ahí vivían por el peligro latente que existía. No es sino el 1 de Octubre que ocurre el deslizamiento, dejando un área de 190 metros de afectación con 48 viviendas afectadas, 15 colapsos viales de las calles y 178 personas damnificadas. Pero gracias al esfuerzo en conjunto de los habitantes del barrio (comunidad organizada e individuos) y de las organizaciones a cargo de transmitir la información (Protección Civil, ente local) no hubo ningún fallecido por el suceso. Ángel Rangel, para ese momento Director Nacional de Defensa Civil, menciona lo siguiente con respecto a este caso en el libro de Grases “Ingeniería Forense y Estudio de Sitio Guía para la Prevención de Gestión de Riesgos”.

*(...) no cabe duda que la tarea de los desalojos no es precisamente una acción que cuenta con el respaldo unánime de los involucrados, pero la toma de conciencia que genera en los ciudadanos su implementación como herramienta eficaz para la preservación de la vida, la convierten en un aliado fundamental a tener presente en el momento de planificar futuras actividades de prevención, mitigación y preparación de planes de respuesta ante emergencias a nivel local (...) (Rangel, A. 2006, p. 223).*

El papel que juega el Individuo en cualquier plan de mitigación de riesgos, es fundamental, pero imprescindible es valorar la percepción que tenga con respecto a las vulnerabilidades, bien sea, porque las construye o no. Su participación es fundamental ya que son los primeros afectados ante un evento que puede resultar catastrófico, sino tienen información oportuna y clara. Aquí entran en juego las esferas locales, regionales y globales para la definición de adecuados sistemas de información, de alerta, incluidos en los informes de ingenieros civiles.

### **Pobreza y Cultura, términos que deben ser considerados por los Ingenieros Civiles.**

En todo el Mundo existen divisiones sociales, eso es parte de la humanidad y lamentablemente, un sub-producto del desarrollo de cada nación. Sin embargo, lo

preocupante son los niveles de pobreza que la humanidad está dispuesta a tolerar. Venezuela lamentablemente no se escapa de ello, su grado de pobreza la hace cada día más frágil. Todo esto pareciera un poco *fatalista*, pero por el contrario debería ser motivador para todos aquellos profesionales que tienen un *pacto con su país* y que de alguna manera quieren marcar la diferencia. Pero para lograr esas diferencias se necesita algo más que críticas, se necesita trabajo y unión para crear grupos fuertes y capaces de enfrentar situaciones difíciles y adversas. Ángel Rangel, destacado profesional y director nacional de Defensa Civil<sup>103</sup> señala lo siguiente (comunicación personal, Mayo 21, 2013):

*¡Cuando llueve! Hay unos que sienten que la lluvia es divina, suena bien, provoca hasta descansar, y hay otros que le provoca angustia, y tú sabes por qué, la lluvia es la misma, la diferencia es la vulnerabilidad de la vivienda en la cual se encuentran. Si tú estás en un cerro de la ciudad de Venezuela, que sabes que desliza constantemente y que por supuesto los procesos de precipitación las pueden incrementar, que ya tiene grietas en la mampostería, que has visto desplazar las escaleras y postes alrededor de tu casa, bueno, la angustia de esa lluvia que para unos resulta frescura, para otros puede significar perder la vida. Fíjate la diferencia ¡es la misma lluvia!, el tema es la condición de vulnerabilidad.*

*Para mí lo importante es la identificación de la amenaza, la reducción de la vulnerabilidad, que además pasa por reducir la pobreza porque cuando hablamos de desastre, la pobreza incrementa la condición de vulnerabilidad, y los desastres incrementan la pobreza, se pierden empleos, se pierden oportunidades, vamos hacia atrás en el desarrollo cuando se pierden sistemas importantes de electricidad, de comunicaciones, de vialidad, de estructura, de energía, etc. Entonces atender el tema de la pobreza es una acción que ataca directamente la vulnerabilidad de la sociedad, porque mientras menos oportunidades se tienen, menos recursos, aumenta la condición de vulnerabilidad del ciudadano, de la sociedad.*

La pobreza es un factor importante dentro de cualquier sociedad y es analizada para el desarrollo de planes de gestión de riesgos, de distinta forma por los expertos. Por ejemplo Omar Darío Cardona menciona lo siguiente:

*Si bien es cierto que algunas circunstancias sociales pueden considerarse como aspectos asociados con la vulnerabilidad, desde la perspectiva de los desastres, no siempre dichos aspectos pueden considerarse como la vulnerabilidad misma. Un ejemplo es el caso de la pobreza, la cual puede considerarse como un factor o como una causa de la vulnerabilidad, ante cierto tipo de sucesos, más la pobreza no es la vulnerabilidad a la cual se está haciendo referencia. Por esta razón, es necesario estudiar*

---

<sup>103</sup> Defensa Civil en Venezuela se crea gracias el terremoto de 1812, la emigración a oriente y el paso de los Andes, en la época de la independencia. Es un grupo creado para brindar ayuda, asistencia, búsqueda, salvamento y rescate.

*detenidamente los factores que hacen que las poblaciones sean vulnerables a los fenómenos que caracterizan a las amenazas.*(Cardona,2001)

Independientemente de cómo se atienda la pobreza, es indiscutible su repercusión dentro de la sociedad para convertirla en un sistema más frágil ante una amenaza. Numerosos estudios se han realizado para alertar de una manera u otra la afectación que la misma puede ocasionar cuando se produce un evento. Por ejemplo, el libro de Luis Pedro España<sup>104</sup> “Detrás de la Pobreza”<sup>105</sup> a pesar no ser un estudio referente a riesgo, en sus comentarios e investigaciones, sin darse cuenta, tal vez, se introduce un poco la “concomitancia entre la vulnerabilidad y la amenaza”. En este sentido, se refiere a aspectos que son importantísimos para los ingenieros y para los expertos encargados y preocupados con el tema de gestión de riesgos, y señala lo siguiente, para el año 2007 que fue realizado el estudio:

*En 2007 las personas que creen que sus vidas dependen de la suerte, el destino o el azar pasan de 21% que se registraron en 1997 a 40,78%. Esto es el cambio más brutal que (...) refleja las distintas dimensiones a partir de las cuales fueron evaluados los venezolanos de hoy. Cuatro de cada diez venezolanos creen que su vida depende de factores que están más allá de la realidad social y en sus vidas en particular.*(España, L. 2007)

Esto que señala Luis Pedro España, podría considerarse una de las causas por las cuales los venezolanos no entienden el riesgo, en el cual muchas veces se encuentran, o a pesar de saber su situación, optan por no escuchar y seguir con su vida cotidiana. Todo se resume a esto. “Cuatro de cada diez venezolanos creen que su vida depende de factores que están más allá de la realidad social...” Considerando la ocurrencia de un evento significativo en una sociedad vulnerable, que la suerte de su *vida se la dejan al azar*, las consecuencias negativas son de esperarse. Lamentablemente esto se refleja en el día a día del país como lo mencionó Ángel Rangel:” *una simple lluvia puede ser motivo de muertos en Venezuela*”.

Este tipo de situaciones no se pueden erradicar ya que forman parte de la “cultura del venezolano”. Sin embargo, si se puede crear consciencia y confiar en la ciudadanía a través de la educación y aplicación de lenguajes sencillos y prácticos, es decir, mucho más allá de sus creencias, hay situaciones en el país que marcan la diferencia y vuelve al individuo más fuerte, y con capacidades de liderazgo.

---

<sup>104</sup>Luis Pedro España: destacado profesional posee estudios en Pre-Grado Universidad Católica Andrés Bello. Licenciado en Sociología. 1987. Tesis Mención Publicación – Publicada por Maraven / PDVSA Postgrado Universidad Simón Bolívar. Maestría en Ciencias Políticas. 1993. Tesis Mención Honorífica – Desarrollada en Colegio de México 1991-1993. (Ciudad de México – México) Universidad Católica Andrés Bello.

<sup>105</sup> Libro Detrás de la Pobreza: entre las conclusiones más importantes en materia de infraestructura resalta “En cuanto a la infraestructura, además de la red escolar, ambulatoria y hospitalaria, la provisión de servicios sanitarios a las viviendas y servicios urbanos a comunidades, se constituye en un requisito para superar la pobreza, en lo cual la mano del Estado parece insustituible”(España, P.,2009)

## Ética profesional vs Política.

La situación política en Venezuela, es delicada. La falta de organización y políticas claras han repercutido directamente en la sociedad, al punto de volverla más vulnerable y menos resiliente. Esta falta organización, quizás por falta de interés o de contenido ético, es criticada por muchos sectores profesionales, que intentando ejercer su profesión, se encuentran con obstáculos que muchos llamarían *absurdos*. Es así que los expertos expresan su indignación por eventos que en su vida profesional han ocurrido. Ejemplo de ello el Roberto Centeno comenta (comunicación personal, Marzo 12, 2013):

*“el ordenamiento jurídico de nuestro país es ineficiente por lo tanto manejar la incertidumbre es más difícil, poniendo en riesgo aún más temprano. País desarrollado, respeta leyes; País sub-desarrollado, no.”*

Roberto Centeno evidencia así, una vez más, la importancia de conocer las vulnerabilidades para que, a partir de ello, se logre tomar decisiones fundamentándose en las incertidumbres presentes. Sin embargo, y a pesar del escenario, los ingenieros deben ser capaces de solventar las soluciones con lo que *tengan a mano*, esto también es señalado por el A. Gutiérrez (comunicación personal, Marzo 21, 2013):

*El ingeniero siempre tiene qué, ... de acuerdo a su ética profesional y a sus conocimientos, hacer lo que él pueda, lo mejor posible. Eso es Ingeniería, hacer lo mejor posible con los recursos disponibles y tratar de reducir la incertidumbre, por ejemplo en el uso de los materiales. ¿Qué habría que hacer? Por lo menos ser más riguroso en la inspección.*

Lo importante en todo esto, es que a pesar de las vulnerabilidades y lo mal que se vea el escenario, la ética del ingeniero debe ser tal, que logre implementar medidas capaces de abarcar todas las situaciones posibles de manera de disminuir el riesgo. Esto contribuye a crear sociedades resilientes, porque una vez se planteen los caminos adecuados y se llegue con soluciones sencillas y óptimas, los resultados van a cambiar a positivo. También es importante mencionar que el ingeniero debe estar preparado para enfrentarse a una *sociedad en riesgo*, es decir, una sociedad que no percibe los daños ocasionados por las amenazas sino que sencillamente, ya intenta desconocer las posibles consecuencias negativas. Por el contrario, percibe su situación de riesgo como algo que no tiene solución. Aquí reside el problema principal.<sup>106</sup>

---

<sup>106</sup> Con el mandato de la Sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como maestros: (i) planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motos económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido. (ii) custodios del medio ambiente natural y sus recursos, (iii) innovadores e integradores de ideas y tecnologías en los sectores públicos, privado y académico, (iv) gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales accidentes y otras amenazas y acontecimientos, (v) líderes en debates y decisiones que conforma la política pública ambiental y de infraestructuras. (ASCE, 2010, p. 16)

## Sociedad en Riesgo.

Este término de sociedad del riesgo<sup>107</sup>, es introducido por un sociólogo alemán llamado Ulrich Beck en su libro *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad* (1986). En sus trabajos señala que el riesgo causa daños sistemáticos y los coloca que son algo irreversibles. También señala algo importante que relacionándolo con los ingenieros, la importancia del reconocimiento de la incertidumbre en las sociedades modernas. Esto refleja algo muy interesante, a pesar de que todos pensemos distinto y veamos las cosas de distintas formas, las necesidades de hoy en día han creado un lenguaje común, el cual se debe seguir desarrollando. El hecho de que grandes protagonistas de la ingeniería estén en la misma línea de preocupación de un sociólogo respetado y nombrado a nivel mundial, da cuenta del significado del lenguaje interdisciplinario<sup>108</sup>. Es decir, estamos en una época de buscar cambios y de unificación profesional, para orientarnos hacia sociedades capaces de aguantar el daño ocasionado por un agente externo, disminuyendo así el riesgo y lo más importante, salvando vidas.

Venezuela, se podría considerar una sociedad del riesgo, una sociedad vulnerable que hace caso omiso a ello, el A. Rangel cataloga a la sociedad venezolana como (comunicación personal, Mayo 21, 2013):

*(...) somos una sociedad de alta vulnerabilidad, vulnerabilidad física, económica, social, política, por qué: cuando tenemos una sociedad, (...) que siempre le estamos pensando que las cosas le pasan al otro y no a nosotros, entonces, no tomas medias. Cuando no tienes conciencia de la necesidad de organización local, social para prevenir y para atender siempre pensamos que es responsabilidad de otros, cuando hay un desborde de un río o quebrada a lo mejor la expresión de los ciudadanos es que el gobierno no hizo, es que la alcaldía no hizo el mantenimiento- y no revisamos que nosotros fuimos los que deforestamos o intervenimos la cuenca o lanzamos la basura. Entonces, eso afecta el concepto del manejo de riesgo que debe estar incluido en todos y cada uno de los actores, y actores somos todos en este tema.*

A. Rangel, se refiere a otro punto importante con respecto a las características de la sociedad venezolana. La capacidad de evadir responsabilidades. Es decir, hasta ahora tenemos una sociedad venezolana que se caracteriza por lo mágico, lo vulnerable y por la capacidad de evadir responsabilidades, un escenario bastante trágico pareciera y poco resiliente. Sin embargo son características que debemos *trabajar* y *manejar* para poder diseñar aquellas soluciones científicas que tengan un fin prometedor dentro de la

<sup>107</sup> Sociedad del Riesgo vs Sociedad en Riesgo: ambos términos son utilizados por los especialistas, sin embargo “Sociedad del Riesgo” es un término característico del período moderno y es introducido por el destacado sociólogo Ulrich Beck. Para efectos de este documento ambos términos son utilizados sin distinción ninguna.

<sup>108</sup> Lenguaje Interdisciplinario: en este contexto se refiere a la conexión que deben tener las distintas profesiones. Suponiendo así, el reconocimiento previo de las respectivas disciplinas o ciencias.

comunidad. Por lo tanto, la sociedad venezolana tiene virtudes, no todo puede ser malo. Por ejemplo si el gobierno no les otorga casa y no tienen, ellos construyen y salen adelante; si la casa se les cae las vuelven a construirla, si no tienen trabajo se las arreglan para conseguir dinero (bien o mal pero se las arreglan) si nadie les hace caso, confían en lo místico, y por último, no se andan con rodeos, si algo no les gusta o es demasiado complicado sencillamente no lo hacen.

Pero *¿A qué viene todo esto?* Esta necesidad de entender a la sociedad venezolana, son precisamente los obstáculos que presentan los ingenieros al momento de proponer cualquier tipo de solución o de realizar cualquier tipo de proyecto. De tal manera, que si el ingeniero desconsidera estas condiciones puede estar poniendo a miles de personas en peligro a pesar de estar en cumplimiento de las leyes y el marco normativo técnico. Las leyes venezolanas, deben ser un libro del cual tomar referencia y saber si está dentro de lo establecido. El ingeniero debe ir más allá y comprender que para ser excelentes profesionales debe ir a la raíz de su profesión, es decir, servir a la comunidad ser pioneros en su desarrollo y lograr estabilidad en las infraestructuras, de manera de garantizar la vida de las personas en sus entornos.

La percepción del riesgo es fundamental para elaborar y ejecutar planes de reducción y mitigación del riesgo, y esa percepción está relacionada con la cultura, características y lo que representa a un país para bien o para mal. Si ese conocimiento se deja a un lado, se está a pasos de poner un proyecto en peligro.

### **Herramientas para alertar a las comunidades.**

Entre estos planes de reducción y mitigación se encuentran los llamados *sistemas de alerta temprana* y forman parte de los planes de gestión del riesgo y de los planes de emergencia, a través de cuales, se recolecta y procesa información sobre amenazas previsible, de tal modo que cuando éstas son inminentes, se pueda programar una alerta para asegurar la evacuación o protección de la población, así como para activar un sistema que controle o reduzca su impacto.

La eficiencia de los sistemas de alerta temprana va a depender en principio de la percepción de la sociedad acerca del peligro inminente y de la rapidez en el diálogo entre la comunidad científica y las gobernaciones para implementar los planes de gestión de riesgo y de emergencia.

Una vez que la sociedad esté consciente del riesgo, entra en juego su capacidad de absorber y recuperarse después del suceso. Es por ello, que para no producir *pánico* entre la población, es necesario que la misma esté preparada ante los sucesos que puedan ocurrir, porque no vale de nada tener una alerta temprana, si la sociedad no sabe qué hacer con la misma ni cómo actuar.

Los sistemas de alerta temprana son reconocidos por las distintas instituciones, las cuáles advierten de su importancia y compromiso para educar a las instituciones y comunidades acerca de las posibles amenazas que puedan estar sometidos y a las

vulnerabilidades más comunes en su entorno, para así disminuir la posibilidad de pérdidas de vidas y de bienes materiales.

Uno de los personajes con más experiencia en este tema en Venezuela es el ya señalado A. Rangel. Él señala, que una de sus experiencias más ilustrativas es el caso del sector Piedra Azul en Vargas, que para el año 2000 tuvo una crecida del río significativa y fue gracias a los planes de alerta temprana que se logró salvar a todas las personas de ese sector, ante este acontecimiento se le pregunto, *¿Cómo lo hizo?* Ya sabemos las características de los venezolanos, *¿Cómo llegar a implementar de manera satisfactoria planes de alerta temprana?* Y su señalamiento fue el siguiente (comunicación personal, Mayo 21, 2013):

*(....) le entregamos siendo yo director nacional de Defensa Civil, escogimos esa zona como ensayo, y le entregamos a cada vivienda dos pitos y le explicamos cómo tenían que usarlo, cuantos pitos tenían que dar cortos o largos en caso de emergencia a dónde dirigirse y que responsabilidad tenían los jefes de familia hombres o mujeres para con ese instrumento tan sencillo.*

*Para Julio-Agosto del año 2000 hubo una crecida importante y empezó a sonar el pito cuando la gente se da cuenta del color del fluido del río de Piedra Azul, que ya venía con sedimentos. Cuando empezaron a ver, porque quien conoce más que los habitantes que están ahí, el cambio en el fluido empezaron a sonar sus pitos con un sentido de la responsabilidad y recuerdo que un diario venezolano tituló “Los pitos de Rangel funcionaron” y la gente salió no tuvimos un herido.*

*La gente entendió, hay que confiar en los ciudadanos darles herramientas y responsabilidades, y más cuando se tratan de la vida, por qué quienes responden a una emergencia primero, ¿las autoridades? No, responde el que está en la emergencia.*

*No puede llegar ningún gobierno, ninguna autoridad ninguna organización a imponer unas reglas o a pensar que con tecnología lo va a hacer, tienes que trabajar con lo que tengas ahí. Cuando trabajamos por ejemplo un plan de riesgo, no le vamos a llegar con herramientas de ingeniería, sencillamente nos sentamos y hacemos con ellos el mapa de riesgo, además tienen un registro histórico impresionante, y te vas dando cuenta como se fue construyendo el riesgo a través de sus anécdotas<sup>109</sup>.*

---

<sup>109</sup> La información sobre el cambio climático puede tener el efecto contraproducente de inmovilizar a las personas. En un análisis lingüístico de la cobertura periodística y las comunicaciones emitidas por grupos ambientalistas acerca del cambio climático se observó que, cuanto más se bombardea a la gente con palabras o imágenes de los efectos devastadores y casi apocalípticos del cambio climático, mayor es la probabilidad de que los ignore o pierdas el interés (BM, 2010).

Este relato de Ángel Rangel es una evidencia de que a pesar de la situación, sí hay maneras de llegar a la sociedad, de que comprendan el riesgo y de que los análisis y logros científicos tengan efecto, y todo esto se resume al lenguaje e interacción con los afectados o personas que necesiten de la implementación del plan. De igual forma, A. Rangel resaltó algo muy importante: “confiar en los ciudadanos”. Muchas veces no se cree en la población y esa *desmotivación* es una de las causas por las cuales los proyectos no se llegan a ejecutar. Las alertas tempranas, la ejecución e implementación son características de una sociedad resiliente. Si bien es cierto, Venezuela está lejos de ser una sociedad resiliente, pero mientras haya personas comprometidas, como todos los personajes aquí expuestos, sí es posible llegar a ese ideal y eso debe ser reiterado desde la formación del ingeniero que es fundamental.

### **Diseño de Alertas Tempranas.**

*“Este abordaje diverso adquiere especial importancia frente a las alertas tempranas, cuya eficiencia depende, entre otros factores, de un diálogo de saberes y de percepciones entre la visión que puedan tener científicos y técnicos sobre la posibilidad de que ocurra un evento amenazante, y la percepción que sobre ese mismo hecho tengan la autoridad y la comunidad en general” (EIRD,2012).*

Los sistemas de alerta temprana según la ISDR/EIRD deben comprender cuatro elementos interrelacionados, que son [50]:

- Conocimiento de Riesgos: se refiere a la recopilación y manejo de los riesgos basándose en análisis sistemáticos de información que deben tener en cuenta el carácter dinámico de las amenazas y vulnerabilidades que generan procesos tales como la urbanización, cambios en el uso de la tierra en zonas rurales, la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Las evaluaciones y los mapas de riesgo, ayudan a motivar a la población, establecen prioridades para las necesidades de los sistemas de alerta temprana y sirven de guía para los preparativos de prevención de desastres y respuesta ante los mismos.
- Servicios de seguimiento y alerta: es el componente fundamental del sistema. Es necesario contar con una base científica sólida para prever y prevenir amenazas y con un sistema fiable de pronósticos y alertas que funcione las 24 horas del día. Un seguimiento continuo de los parámetros y los aspectos que antecedieron a las amenazas es indispensable para elaborar alertas precisas y oportunas. Los servicios de alerta para las distintas amenazas deben coordinarse en la medida de lo posible para aprovechar las redes comunes institucionales, de procedimientos y de comunicaciones.
- Difusión y comunicación: las alertas deben llegar a las personas en peligro. Para generar respuestas adecuadas que ayuden a salvar vidas y medios de sustento requieren mensajes claros que ofrezcan información sencilla y útil. Es necesario definir previamente los sistemas de comunicación en los planos regional, nacional y local, y designar portavoces autorizados. El empleo de múltiples canales de comunicación es indispensable para garantizar que la alerta llegue al

mayor número posible de personas, para evitar que cualquiera de los canales falle y para reforzar el mensaje de alerta.

- *Capacidad de respuesta*: es de suma importancia que las comunidades comprendan el riesgo al cual podrían estar expuestas, respeten el servicio de alerta y sepan cómo reaccionar. Al respecto, los programas de educación y preparación desempeñan un papel esencial. Así mismo, es indispensable que existan planes de gestión de desastres que hayan sido objeto de prácticas y sometidos a prueba. La población debe estar muy bien informada sobre las opciones en cuanto a una conducta segura, las rutas de evacuación existentes y la mejor forma de evitar daños y pérdida de bienes.

### ¿Una Sociedad Resiliente en Venezuela?

En Venezuela se han implementado este tipo de sistemas, un ejemplo de ello ya fue citado por Ángel Rangel, el caso de Piedra Azul,. Otros casos son referidos en el “Catálogo de Instrumentos de Gestión Municipal en Reducción de Riesgos y Preparativos ante Emergencias de las Capitales Andinas”, el mismo contempla los siguientes instrumentos:

- *Proyecto de Integración de Desarrollo Endógeno [Pide] localidad de Ojo De Agua. Carretera Vieja Caracas – La Guaira, plan maestro*: contempla incorporar en la comunidad las herramientas necesarias para desarrollar habilidades y capacidades que le permita asumir de manera sostenida, a mediano plazo, la cogestión del proyecto de transformación física de su sector.
- *Sistema de información geográfica y urbanística del municipio Baruta y sistema de información de riesgo y ambiente*: contempla sistematizar la información disponible del municipio, en formato digital, vinculándola a bases de datos dinámicas, que permitan precisar dicha información para la toma de decisiones en temas de crecimiento urbano, amenazas y vulnerabilidades.
- *Automatización de la micro-zonificación de los riesgos socio naturales del municipio Chacao*: su objetivo es generar escenarios a partir del análisis de las variables con la aplicación de MICROZON (sistema de información) para estimar dónde se producirán los daños, qué tipo de problemas asociados habrá y cuáles serán las medidas a tomar por parte de la comunidad y de las autoridades.
- *Reforma de la Ordenanza sobre la creación del instituto municipal de proyección civil ambiente [IPC]*: el objetivo es crear el Instituto Autónomo Municipal de Protección Civil y Ambiente (IPCA) como ente de seguridad ciudadana con carácter de instituto autónomo municipal, con personalidad jurídica y patrimonio propio e independiente del físico municipal. Tiene como objeto la planificación, creación, regulación, coordinación y desarrollo de la organización de protección civil, administración de desastres, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en la jurisdicción del Municipio Chacao del Estado Miranda.

- *Ordenanza de creación del sistema de protección civil municipal de la Alcaldía de Baruta*: tiene por objetivo integrar la variable riesgo en las actividades municipales.
- *Índice de gestión de riesgo municipal*: el objetivo es diagnosticar y valorar las condiciones que presenta la alcaldía entorno a la gestión del riesgo en corto tiempo, enmarcada en un proceso técnico que asegure pertinencia y efectividad.
- *Planificación y gestión para la reducción de riesgos ambientales en municipios urbanos*: su objetivo es implementar el proceso de reducción de riesgos articulando los escenarios de riesgos, la evaluación integral de la vulnerabilidad urbana y la negociación estratégica con diversos actores institucionales y de la comunidad, mediante la capacitación y sensibilización basadas en la evaluación de vulnerabilidad urbana y posterior propuesta de diseño urbano.
- *Ordenanza para la elaboración aprobación de los planes especiales en el municipio sucre del estado Miranda*: tiene por objetivo establecer la normativa legal que regulará lo concerniente a la elaboración, aprobación y ejecución de los planes especiales.
- *Ordenanza que regula las áreas sujetas estudios especiales (18/11/1992)*: su objetivo es regular las variables urbanas fundamentales para el desarrollo de urbanizaciones e inmuebles localizados dentro de las áreas sujetas a estudios especiales (AE).
- *Planes de desarrollo urbano (Municipales o sectoriales)*: tiene por objetivo establecer, definir y regular las variables urbanas, fundamentales para el desarrollo de las propiedades que integran el territorio, total o parcialmente.
- *Decretos regulatorios de las zonas protectoras*: su objetivo es asignar usos y condiciones de desarrollo del sector, bajo un criterio del aprovechamiento racional de los recursos naturales, identificación de áreas con sensibilidad ambiental, la no ocupación de zonas de amenaza y la aparición de áreas de esparcimiento y recreación para los habitantes, bajo un criterio de desarrollo sustentable.
- *Ordenanzas de sectores populares del Municipio Baruta*: tiene por objetivo establecer, definir y regular las variables urbanas fundamentales para el desarrollo de las propiedades que integran el sector popular.
- *Programa de habilitación física e integral de barrios*: su objetivo es mejorar las condiciones de vida de los habitantes mediante la rehabilitación de los servicios básicos, de las estructuras y del ambiente, y a través de la consideración de las amenazas ante eventos naturales y socio naturales.
- *Regulación de la ocupación y tenencia de la tierra*: se fundamenta en garantizar la transferencia de la titularidad a los ocupantes, generando plusvalías, seguridad de la propiedad y minimización de la especulación; bajo un criterio de inclusión al desarrollo urbano de la ciudad.
- *Ordenanza sobre limpieza y conservación de terrenos y parcelas con o sin edificaciones paralizadas o abandonadas*: tiene por objetivo regular las obligaciones a cargo de los propietarios o poseedores, por cualquier título, relacionadas con la limpieza y conservación de terrenos y parcelas sin edificar, o con edificaciones paralizadas o abandonadas, así como con jardines privados en

jurisdicción del Municipio Chacao, con el fin de brindar adecuada protección a los derechos, a la vida, la salud, la integridad, etc.

- *Ordenanza de áreas verdes públicas Municipales*: su objetivo es establecer el régimen de conservación, defensa y mejoramiento de las áreas verdes de carácter público que pertenecen a la municipalidad.
- *Plan especial y ordenanza de zonificación para el sector Petare Norte*: tiene por objetivo reglamentar las acciones públicas y privadas, y establecer la zonificación para el uso del suelo.
- *Sistemas de Alerta Temprana, monitoreo de quebradas*: su objetivo es monitorear constantemente las quebradas para alertar a la población en caso de posibles desbordamientos, capaz de mitigar daños o afectación de vidas y bienes de los habitantes del municipio, esto con el fin de llevar un estricto control, monitoreo y alerta temprana ante las situaciones de lluvias y eventos adversos que se puedan presentar por el desbordamiento de las quebradas en el Municipio Chacao.
- *Programa*: capacitación y seguridad escolar (CEYSE): tiene por objetivo capacitar a la población escolar del municipio en técnicas sencillas de identificación de riesgos, formas de prevenirlos y evacuación de estructuras, con la finalidad de ser entes multiplicadores hacia sus comunidades.

La implementación de las medidas antes mencionadas son avances para una sociedad resiliente, una sociedad capaz de enfrentar eventos naturales de una manera organizada y controlada con suficiente información para saber cómo actuar, donde ir y qué hacer.

### **Sociedad Resiliente como Sistema Estructural.**

Una sociedad resiliente a los desastres según el “Manual para Líderes de los Gobiernos locales”<sup>110</sup> deben tener las siguientes características:

- Es una ciudad, comunidad u organización, en la que los desastres son minimizados porque la población reside en viviendas y barrios que cuentan con servicios e infraestructuras adecuadas, que cumplen con códigos de construcción razonables, y en la que no existen asentamientos informales ubicados en llanuras aluviales o pendientes escarpadas debido a la falta de otro terreno disponible.
- Tiene un gobierno local incluyente, competente y responsable que vela por una urbanización sostenible y destina los recursos necesarios para desarrollar capacidades a fin de asegurar la gestión y la organización de la ciudad antes, durante y después de una amenaza natural.
- Es una ciudad, comunidad u organización en la cual las autoridades locales y la población comprenden sus amenazas, y crean una base de información local

---

<sup>110</sup> Manual para líderes de los gobiernos locales (2012) proporciona a los responsables políticos (alcaldes, gobernadores, concejales y otros profesionales) conocer las herramientas y buenas prácticas que se están aplicando en diferentes ciudades, comunidades y organizaciones, con el fin de reducir el impacto de los desastres naturales. Forma parte de los planes para el desarrollo de sociedades resilientes de las Naciones Unidas, EIRD.

compartida sobre las pérdidas asociadas a la ocurrencia de desastres, las amenazas y los riesgos, y sobre quién está expuesto y quien es vulnerable.

- Es una ciudad, comunidad u organización en la que las personas están comprometidas en participar, decidir y planificar su ciudad conjuntamente con las autoridades locales; y valoran el conocimiento, las capacidades y los recursos locales autóctonos.
- Ha tomado medidas para anticiparse a los desastres y mitigar su impacto, mediante el uso de tecnologías de monitoreo y alerta temprana para proteger la infraestructura, los activos y los integrantes de la comunidad, incluyendo sus casas y bienes, el patrimonio cultural y la riqueza medioambiental y económica. Además, es capaz de minimizar las pérdidas físicas y sociales derivadas de fenómenos meteorológicos extremos, terremotos u otras amenazas naturales o inducidas por el hombre.
- Es capaz de responder, implementar estrategias inmediatas de recuperación y restaurar rápidamente los servicios básicos necesarios para reanudar la actividad social, institucional y económica tras un desastre.
- Comprende que la mayoría de los puntos anteriores también son primordiales para desarrollar una mayor resiliencia a las repercusiones medioambientales negativas, incluyendo el cambio climático, y para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la opinión de Ángel Rangel, refiriéndose a Venezuela como comunidad resiliente, menciona lo siguiente:

*(...) Nadie hace bien lo que no sabe y no vas a tener capacidad de resiliencia sino te preparas para hacerlo, tienes que tener capacidad financiera, recursos, formación, disponibilidad, tecnología, es decir, eso es lo que da resiliencia. Nosotros estamos un poquito lejos de ello, yo creo que los últimos eventos los últimos 15-20 años han abierto un poquito la conciencia, no quiere decir que no hemos avanzado, hemos avanzado(...) hay unas leyes bastantes recientes hay cierta responsabilidad ha habido cambios locales que es importante.*

*Yo estoy convencido de que esto tiene que venir de abajo hacia arriba, desde el nivel local, si tú no fortaleces el nivel local no vas a lograr esa resiliencia deseada.*

Entre los cambios locales mencionados por Ángel Rangel, se encuentra el caso destacado de Chacao donde su actual Alcalde Emilio Graterón es uno de los líderes en la Campaña Mundial ¡Desarrollando Ciudades Resilientes, Mi Ciudad se está Preparando!, esta campaña es impulsada por la Oficina de las Naciones Unidas para Reducción del Riesgo de Desastres, UNISDR. El Alcalde consolidó una alianza entre las gobernaciones globales Groots International<sup>111</sup> y Huairou Commission<sup>112</sup> que permitirá promover el

<sup>111</sup> Groots International, es una red global de organizaciones de base de mujeres por todo el mundo. Enlaza lideresas y grupos en comunidades pobres, urbanas y rurales. Crea y fomenta relaciones de la ayuda

intercambio de experiencias en gestión ambiental y de riesgos entre los vecinos de Chacao y los integrantes de estas reconocidas plataformas internacionales promotoras del desarrollo local y resiliencia comunitaria al cambio climático.

Introducir el término resiliencia en la sociedad no es fácil, ya que implica cambiar muchas metodologías practicadas durante años, y es en cierta parte, enfrentarse a la cultura de la comunidad, si dentro de la comunidad la significación de resiliencia no está presente a pesar de las herramientas y planteamientos su objetivo final no será logrado. De acuerdo con el “Manual para Líderes de los Gobiernos locales” los diez aspectos esenciales para lograr una ciudad resiliente son los siguientes:

1. Establecer la organización y la coordinación necesaria para comprender y reducir el riesgo de desastres dentro de los gobiernos locales, con base en la participación de los grupos de ciudadanos y de la sociedad civil.
2. La comunidad debe poseer un presupuesto para la reducción del riesgo de desastres, de igual forma plantean que los propietarios de viviendas, las familias de bajos ingresos, las comunidades, los negocios y los sectores públicos tengan un incentivo para que inviertan en la reducción de los riesgos que enfrentan.
3. Mantener información actualizada sobre las amenazas y las vulnerabilidades, implementación de evaluaciones de riesgo para crear bases para los planes y decisiones relativas al desarrollo urbano. Esta información debe ser accesible para toda la comunidad.
4. La inversión de infraestructuras que reduzcan el riesgo, tales como *desagüe para evitar inundaciones*.
5. Evaluaciones a la seguridad de todas las escuelas e instalaciones de salud.
6. El cumplimiento de los reglamentos de construcción y principios para la planificación del uso del suelo que contengan aspectos relativos al riesgo.
7. Programas educativos y de capacitación para la ciudadanía sobre la reducción del riesgo de desastres, tanto en las escuelas como en las comunidades locales.
8. Proteger los ecosistemas y las zonas naturales de amortiguamiento para mitigar las inundaciones, las marejadas ciclónicas y otras amenazas a las que la ciudad pueda ser vulnerable.
9. La instalación de sistemas de alerta temprana y desarrollo de las capacidades para la gestión de emergencias en la ciudad.
10. Si ocurre un desastre, se debe velar que las necesidades de los sobrevivientes se sitúen al centro de los esfuerzos de reconstrucción, y que se les apoye y a sus organizaciones comunitarias para el diseño y la aplicación de respuestas, lo que incluye la reconstrucción de sus hogares y sus medios de sustento.

Una sociedad resiliente se asegura su futuro ante un desastre, protege sus intereses y genera cambio a favor de la sostenibilidad. El caso venezolano está un poco lejos de

---

mutua, de solidaridad y de reciprocidad entre mujeres que están trabajando en sus comunidades locales para hacerlas más fuertes.

<sup>112</sup> Huairou Commission desarrolla alianzas estratégicas y vínculos entre las organizaciones de base de mujeres, la promoción de sus capacidades de influir colectivamente en los espacios políticos en nombre de sus comunidades y mejorar las de desarrollo comunitario sostenible y resiliente.

esto, sin embargo el esfuerzo de diversos personajes como todos los aquí mencionados, es garantía de que *sí se puede*.

Josefina Baldó, arquitecto y urbanista, quien se caracteriza por ser líder social en crear un país distinto a través de proyectos de construcción de viviendas, expresa lo siguiente en una publicación del diario La Voz a propósito de la entrevista en el Radar de los Barrios: “*Más de 14 millones de venezolanos viven en barrios, es decir, en espacios deprimidos, sin seguridad y sin calidad de vida. Después de 11 años de gobierno, hoy deberíamos tener por lo menos 60 por ciento de los barrios del país transformados en condominios populares, con servicios públicos, vigilancia policial y vialidad....Cada vez que cae un aguacero el pueblo paga con sus viviendas o con sus vidas...*” (J. Baldó, 2010).

La entrevista con la arquitecto Josefina Baldó muestra una gran preocupación en torno a las condiciones actuales de la mayoría de los venezolanos, donde una simple lluvia para muchos, puede generar una situación de angustia y miedo que aleja a población de llamarse “resiliente”. Las distintas vivencias y experiencias que ocurren día a día, no solo en Venezuela sino en el Mundo entero, ponen en manifiesto que los ingenieros, científicos, servidores públicos, etc. no están tratando solo con números y cifras de afectados, sino con seres humanos que pueden aportar a través de sus vivencias y testimonios, material e información importante para estudios futuros con respecto a la mitigación de los riesgos.

### **Seres Humanos detrás del Desastre Natural.**

Los desastres naturales en el Mundo se han dado por distintas razones, la combinación de la fuerza de la naturaleza con las imprudencias y las vulnerabilidades del sistema, son la “perfecta combinación” para crear un desastre, que más allá de servir de estudio para los científicos y responsables, involucra a seres humanos que se ven afectados por esta concomitancia, y que sufren muchas veces debido a sus propios errores.

Los siguientes testimonios, servirán como ejemplo para resaltar la importancia de mitigar y gestionar el riesgo, ya que un evento natural no puede ser señalado o visto como una catástrofe para la humanidad.

- *1 de Agosto del año 2000, deslizamiento del Barrio Santa Ana, Antímano, Caracas – Venezuela.* Tomado de: Rangel A., 2006. “*Desalojo preventivo por deslizamientos Caso Barrio Santa Ana, Antímano, Caracas*”.

Precipitaciones, consecuente saturación de los suelos y asentamientos urbanos no controlados, aceleran el proceso de deslizamiento de una superficie cercana a los 14.000 metros cuadrados, generando el colapso total de 48 viviendas, 15 viviendas en severa afectación y 178 damnificados, sin ningún registro de heridos ni víctimas fatales.

Inocente Porras vivía desde hace 16 años en este barrio. Su vivienda, en la cual funcionaba una bodega se desplomó esa misma madrugada. Cuenta Porras que en la mañana del sábado ante la insistencia de Defensa Civil, le dijo a su esposa que se fuera con la bebé de 26 días de nacida y su hijo de 3 años para la casa de una comadre mientras él sacaba sus enseres y la mercancía que había en el abasto. Dos horas después de haber culminado con la mudanza, la casa se derrumbó.

“No estaba convencido con lo que me decía la gente de Defensa Civil, porque ni en las paredes ni en el piso había grietas, así que estamos vivos de milagro, dijo Porras”

- 1 de Julio de 2010, huracán Alex, Nuevo León, México. Tomado de: Secretaría de Desarrollo Social NL, 2013. *“Huracán Alex en Nueva León, la memoria. Riesgos, testimonios y acción social. Unidad de Planeación”*.

El huracán llamado Alex llegó a Nuevo León en 2010, tres días antes de su llegada, las autoridades y meteorólogos advertían de su peligrosidad, después de 38 horas continuas de lluvia, Monterrey y su área metropolitana quedaron devastados, dejando damnificadas a 15.800 familias.

Claudia, habitante de Las Arboledas, en García, menciona que se siente “engañada por la constructora”, que les vendió la casa en la que habitan y que fue severamente dañada por la creciente. Señala enfática:

“Si me hubieran dicho que mi casa estaba en medio de este problema de los arroyos, no lo hubiera comprado...fue una compra a ciegas, sí a los ricos los engañan, más a nosotros, ahora mi patrimonio se ha perdido, ya no vale, no lo puedo vender, ni traspasar, y lo que falta pagar, me faltan muchos años para terminar mi deuda...”

- 11 de Mayo de 2011, terremoto de Lorca, Región de Murcia, España. Tomado de Costa, Tania, 2011, para 20minutos.es. *“Afectados por el terremoto de Lorca. “Toda la vida trabajando, para esto: es una catástrofe”*

El principal terremoto tuvo una magnitud de 5,1 (Mw) y ocurrió en tierra el 11 de mayo a las 18:47 hora local (16:47 UTC), aproximadamente a 2 kilómetros al noreste de la ciudad de Lorca. El hipocentro del terremoto fue extremadamente superficial, a unos 1.000 metros de profundidad. El sismo se dejó sentir en todo el sureste peninsular, especialmente en la Región de Murcia.

El terremoto fue especialmente grave debido a la combinación de poca profundidad (un terremoto a un kilómetro de profundidad es muy excepcional) y una magnitud moderada. Dio como resultado un gran temblor que se sintió en toda la región de Murcia. En Lorca, cerca del epicentro del sismo, grandes movimientos de tierra registraron una intensidad de VII en la escala de Mercalli,

mientras que otras zonas cercanas detectaron movimientos de V en la escala Mercalli. En total el evento desarrolló la misma potencia que una explosión de 200 toneladas de TNT, o aproximadamente  $8,4 \times 10^{11}$  julios, dejando a 9 muertos y a unos 324 heridos.

Juan Cáceres caminando desolado por una calle arrasada del barrio de la Avenida Europa de Lorca, localidad que sufrió un terremoto que dejó 9 víctimas. Comenta: "Esto está fatal. Mi casa es una ruina total. Tengo 66 años, toda mi vida trabajando, para esto. No sé qué voy a hacer. Es una catástrofe. Después del primer terremoto, pensé: Esto es una rajaica; se arregla. El segundo... fue un fenómeno".

- Caso Lago de Valencia. Venezuela. Tomado de: Alexis Pérez, Fabiana Renzullo, Daniela González y Andrea Rodríguez P. 2013. *“El Lago de Valencia: crónica de un desastre anunciado”*.

El lago de Valencia o lago de Tacarigua es el segundo lago en importancia de Venezuela después del lago de Maracaibo. En sus orillas se levantan dos de las principales ciudades del país como son: Valencia y Maracay y otros centros urbanos importantes como los son Mariara, San Joaquín, Güigüe, Guacara y Palo Negro.

El Lago de Valencia es uno de los cuerpos de agua dulce más importantes del país que actualmente sufre un proceso de contaminación severo como consecuencia de la acumulación de desechos industriales, las vertientes de aguas negras provenientes de diferentes sectores (Valencia, Maracay, Guacara y San Joaquín) y otros agentes químicos tóxicos que no tienen posibilidad de ser evacuados o circular hacia otros lugares fuera de la cuenca.

La señora Omaira de Velásquez es una de las tantas personas que se han visto afectadas por el rebose del lago de Valencia y por la lentitud en las respuestas de las autoridades regionales y nacionales ante esta situación. Omaira, junto a su esposo y su hija, fueron obligados a desalojar la casa que ellos mismos construyeron hace 20 años, ubicada en la urbanización Mata Redonda, al sur de Maracay, debido a que “la zona está en alto riesgo de inundarse”. Sin embargo, las autoridades del gobierno de Aragua solo permitieron que en el refugio donde los reubicaron permanecieran ella y su esposo, por lo que se vieron en la obligación de dejar a su hija en casa de sus abuelos.

En la actualidad, luego de haber vivido durante seis meses en un hotel que el gobierno de Aragua dispuso para los damnificados, Omaira y su esposo decidieron regresar a su hogar, a pesar del alto riesgo en el que están colocando sus vidas. “Sabemos lo que significa volver a nuestra casa, pero es la única que tenemos. Trabajamos bastante en su construcción y, para el momento en que nos mudamos, vivir cerca del lago no implicaba riesgo alguno...”, indicó Miguel Ángel Velásquez, esposo de Omaira

## Reflexión Final

### Hay herramientas para atender las llamadas de auxilio.

Se ha podido reunir, concentrar y presentar diversas metodologías para la estimación cuantitativa de aquello que se considera *riesgoso* en términos generales. Simultáneamente, se han registrado organizaciones, tanto a nivel global como local, que intentan configurar *preguntas* en relación a “*qué debe hacerse*”. De hecho la organización de estos grupos sociales, entes multilaterales, entes no gubernamentales, etc., se orientan fundamentalmente, hacia la búsqueda de respuestas para cuando el *desastre ocurra*. La expresión GRD, que significa “Gestión de Reducción de Desastres” es de referencia más frecuente que las expresiones relacionadas con Gestión Integral de Riesgo (**GIR ó QRA**<sup>113</sup>). Experiencias exitosas y que sirven de ejemplo y apoyo en la confluencia de *herramientas y preguntas en relación con la exposición al riesgo*, son frecuentes en la industria petroquímica y petrolera, donde la fragilidad en la aparición de riesgos parece ser una constante, así como la convivencia permanente con amenazas en situación de pre-catástrofe (**HAZOP**<sup>114</sup> y **SIL**<sup>115</sup>).

De tal manera, que las organizaciones juegan un papel fundamental como transmisores, facilitadores y protectores de las sociedades, cuando sucede un evento catastrófico. Sin embargo, son los ingenieros los que poseen las herramientas para cuantificar el riesgo y tomar decisiones en cuanto a los niveles de tolerabilidad correspondiente ante las exposiciones al Riesgo. En el Capítulo IV la definición de tolerabilidad enmarca un aspecto social importante, que muchas veces es dejado de lado. La percepción del individuo se convierte en relevante componente de opinión y muchas

---

<sup>113</sup> El análisis QRA, siglas para identificar a “*Quantitative Risk Assessment*” (Análisis cuantitativo del riesgo), proporciona cálculos numéricos que permiten al cliente entender la exposición a riesgos para las personas, el negocio o el medioambiente. Incluye posibles emisiones de materiales peligrosos, sus consecuencias y su frecuencia. Evalúa tanto la probabilidad de que ocurra un evento imprevisto como su impacto, y permite que se tomen decisiones de negocio sobre las soluciones con mayor relación eficacia/coste para la reducción del riesgo (Normas ISO relacionadas / ISO 9001:2008, 14001:2004, ISO 31000)

<sup>114</sup> El HAZOP, siglas para identificar a “*Hazard and Operability*” (Gestión de desastres por operación) es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operatividad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas “palabras guía” (Normas ISO relacionadas / ISO 9001:2008, 14001:2004, ISO 19011:2011).

<sup>115</sup> El Safety Integrity Level, abreviado SIL, en español «Nivel de Integridad de Seguridad» se define como un nivel relativo de reducción del riesgo que provee una función de seguridad, o bien para especificar el nivel objetivo para la reducción de riesgo. (Norma ISO relacionada / ISO 9001:2008, ISO 13849-1)

de las decisiones científicas, están asociadas- o condicionadas- a tales percepciones. Por lo tanto, aspectos culturales, religiosos y sociales deben ser formalmente incorporados a la toma de decisiones, relacionada con la Gestión Integral de Riesgos (GIR) o la Gestión de Reducción de Desastres (GRD).

### **La ética como motor de avance.**

Se otorga importancia especial la expresión de René Descartes, en la cual decía que “*lo sublime de los números no podía quedarse en la pura expresión de los mismos.*” Eso motiva que sobre la base del *dilema ético de cuánto sabemos*, podríamos abordar otros campos del conocimiento, que hasta hoy pudieran haber estado enmarcados en *zonas de la incertidumbre*. Las formulaciones de orden matemático, tales como los sistemas probabilísticos; la evaluación de los procesos estocásticos; una adecuada arquitectura de secuencias en el diseño y valoración de los árboles de fallo; y la aplicación de técnicas de simulación, como alternativa para estimar la probabilidad de falla, son herramientas de valor cuantitativo para la toma de decisiones de nivel superior, *más allá de los números*.

### **“Mind the gap”.<sup>116</sup>**

Sin lugar a duda, todas las áreas de conocimiento presentadas en este trabajo tienen como fin último, proponer el “llenar los nichos”, entre otras cosas, con propuestas académicas a nivel de pregrado y nivel superior, donde la pregunta de la consideración del riesgo, sea una variable que conviva con el conocimiento de los profesionales, y se ofrezcan ambientes para la incorporación de la incertidumbre en esas actividades. Pero para ello, es necesario interpretar con sumo cuidado el lema de “ir más allá de las Normas”, otorgando los rigores adecuados de consideración a estos valiosos documentos normativos.

Un fundamento ingenieril que es abordado en las distintas universidades con mayor interés, es el *Factor de Seguridad*. Sin embargo se refleja a partir de la página 45 de este trabajo, que muchos de los estudiantes y profesionales podrían no comprender los niveles de compromiso y significado que incluyen esos valores. Por su parte, un “margen de seguridad,” a pesar de contemplar la definición del factor de seguridad, podría ser más sencillo al momento de expresar su importancia y significación. Sin embargo, la base determinística de los *Factores de Seguridad*, aporta condiciones de invarianza<sup>117</sup>, por lo que, para un mismo estudio podrían plantearse distintos factores de seguridad que dependerían de los parámetros considerados en cada modelo o sistema respectivo de estudio.

---

<sup>116</sup> Expresión utilizada en el metro de Londres (Reino Unido) desde 1969 para avisar a los pasajeros de la existencia de un gap (hueco) entre el andén y el vagón del tren, en el momento de entrar o salir de éste.

<sup>117</sup> El problema de invarianza se presenta cuando para varias estructuras se implementa el mismo factor de seguridad, y no todas las estructuras son iguales. Por ejemplo, para un mismo sistema dependiendo de la forma en que se define la relación entre demanda y solicitud, para una fuerza o para un esfuerzo el factor de seguridad hacer ser diferente. Esta diferenciación entre “fuerzas” y “esfuerzos” para el momento de estimación de los factores de seguridad podrían ser determinante en el diseño y comportamiento del sistema.

Tal es la situación, que los expertos en reiteradas ocasiones, mencionan el término Confiabilidad cómo la mejor solución para considerar estructuras *seguras*, y para realizar estudios de riesgos respectivos. Por tal razón en el Capítulo VI, página 62 de este trabajo, se describe el concepto de confiabilidad, donde la probabilidad de falla es considerada como la herramienta principal de los ingenieros para estimar las posibles consecuencias negativas.

### **Constructores del NO riesgo.**

Definitivamente la superpoblación es una de las actividades antrópicas que está potenciando la manifestación de amenazas en términos catastróficos, sin parangones previos. Ejemplo de ello son los asentamientos urbanos no controlados y sus consecuencias en la geología, hidrogeología, así como sobre la biología y patrones de efluentes de servicios públicos.

Las actuales megalópolis ofrecen otro panorama del Mundo que tenemos. Los registros en nuestros *mapas de creencias*, está obligando a los proyectistas a la consideración de patrones de servicios, que pudieran estar no considerados en las Normas que regulan la planificación actual de obras de infraestructuras y servicios públicos. El traslado y consideración de normas entre especialidades de ingeniería civil, de una parte del planeta hacia la otra, con la intención de atender eventos nuevos, es cada vez más frecuente. Por su parte el coloquio de experiencias personales y asociaciones científicas, hablan de la necesidad en la amplitud del conocimiento, con la obligación de abordar los campos resguardados anteriormente por *la Incertidumbre*, lo que constituye en *sí mismo* un cambio de paradigma del enfoque profesional científico del Ingeniero Civil.

### **Hacia una Visión con anteojos de *Multiprisma***

En el pasado las Normas Técnicas de apoyo a las actividades de proyecto, y de construcción, surgieron como expresión de la *casuística* que se registraba, y del conocimiento de importantes ingenieros en universidades, asociaciones científicas, etc.

La modernidad en ingeniería promovió la investigación para definir el impacto que pudieran significar nuevas edificaciones sobre un *ambiente* aparentemente inerte, o al menos en equilibrio, aunque fuese en *equilibrio inestable*. Esto motivo la realización de los Estudios de Impacto Ambiental.

Sin embargo parecieran estar activándose nuevos “constructores del riesgo” (ver página 21), induciendo a una mayor ocurrencia de desastres naturales, en cantidad, forma y medida, de las cuales no se tenían registro. Esta situación advierte sobre algún conflicto que podría existir en la medición y estimación de eventos extremos, que pudiesen ocurrir en el futuro, caracterizados de manera adecuada en base a procesos estocásticos y sistemas de análisis probabilísticos. No obstante, se considera que se

podrían alcanzar convenios de mayor aceptación universal, para la caracterización de las amenazas, en base a las herramientas anteriormente señaladas. Como base de referencia y apoyo adicional, se han incluido los sistemas de medición universalmente aceptadas para la estimación de consecuencias y medición del Riesgo sobre infraestructuras en general, con énfasis en sistemas identificados como estratégicos o tácticos. De esa manera, son incluidos los criterios y metodologías de organismos científicos y de asociaciones profesionales tales como, SPANCOLD, FMECA, ICOLD, ALARP, USACE, ISO 31000:2009<sup>118</sup>.

Por tal razón, no existen dudas en concluir, que solamente a través de un análisis interdisciplinario de las especialidades de la ingeniería civil, se podría lograr una gama válida de respuestas ante lo que estamos identificando como, *patrón sin orden aparente de las amenazas naturales, que sí se están convirtiendo en catastróficas*. De tal manera que incorporando ese análisis interdisciplinar, es que se podría concebir una verdadera gestión integral del riesgo, incluyendo la consideración del individuo<sup>119</sup> y su verdadera capacidad de organizarse en diferentes niveles.

A este punto, estaríamos ante un posible instante de equilibrio para la propuesta de un *nuevo paradigma científico*<sup>120</sup> en la ingeniería civil, más orientado a preservar la relación armónica del Hombre y su Ambiente, sin desconsiderar el conveniente e indetenible desarrollo de la Sociedad y del Individuo.

---

<sup>118</sup> Una nueva norma internacional ISO 31000:2009, de gestión de riesgos, principios y directrices. Ayudará a las organizaciones de todos los tipos y tamaños de gestión de riesgos efectiva. Establece los principios, el marco y un proceso para la gestión de cualquier tipo de riesgo en una forma transparente, sistemática y fiable, en cualquier ámbito o contexto. Al mismo tiempo, la ISO publica la Guía ISO 73:2009, el vocabulario de gestión de riesgos, que complementa la norma ISO 31000, proporcionando una colección de términos y definiciones relativas a la gestión del riesgo.

<sup>119</sup> Edgar Morín: El Principio Ecologizado.

<sup>120</sup> Thomas Samuel Kuhn (Cincinnati, 18 de julio de 1922 - 17 de junio de 1996) Fundador de la teoría del nuevo paradigma científica. Fue un historiador y filósofo de la ciencia estadounidense, conocido por su contribución al cambio de orientación de la filosofía y la sociología científica en la década de 1960. Kuhn se doctoró en física en la Universidad Harvard en 1949 y tuvo a su cargo un curso académico sobre la Historia de la Ciencia en dicha universidad de 1948 a 1956. Luego de dejar el puesto, Kuhn dio clases en la Universidad de California, Berkeley hasta 1964, en la Universidad de Princeton hasta 1979 y en el Instituto Tecnológico de Massachusetts hasta 1991. En 1962, Kuhn publicó *The Structure of Scientific Revolutions (La estructura de las revoluciones científicas)*. La secuencia histórica de cambios del llamado Nuevo Paradigma Científico de T. Kuhn, se le atribuye a: Aristóteles (384 a. C. – 322 a. C.); Nicolás Copérnico (1473-1543); Galileo Galilei (1564-1642); René Descartes (1596-1650); Sir Isaac Newton (1642 – 1727); Albert Einstein (1879-1955), y el propio Thomas Kuhn (1922-1996).

## Referencias Bibliográficas

### Libros, Tesis y Organizaciones.

- ALTAREJOS, L. (2009). *Contribución a la estimación de la probabilidad de fallo de presas de hormigón en el contexto del análisis de riesgos*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- ARENAS, LUIS. (1999). *Discurso del Método Rene Descartes* Editorial Biblioteca Nueva. S.L., Madrid, 1999.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO.(2012). *Indicadores de riesgo de desastres y de gestión de riesgos*. Programa para América Latina y el Caribe: Informe Resumido: INE/RND.
- BARREIRO, M. (2006). *Cambios de normas sísmicas y confiabilidad estructural*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*: Banesco Seguros, C.A. 389 pp.
- BECK, ULRICH. (2002). *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Ediciones Paidós Ibérica. 113 pp.
- BOLÍVAR, J. (2006). *Metacálculo estructural. Casos*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*, Volumen I. BANESCO SEGUROS, C.A. 389 pp.
- BOWLES, D. S. (2012). *Tolerable risk guidelines for dams: principles and applications*. TAYLOR & FRANCIS GROUP. Madrid, 139pp
- CAPITALES ANDINAS 2007, *Catálogo de instrumentos en gestión municipal para la reducción de riesgos y preparativos ante emergencia*: Comisión Europea, Ayuda Humanitaria, Proyecto Regional de Reducción de Riesgos en Capitales Andinas, PNUD, Caracas Alcaldía Mayor, Alcaldía de Caracas, Baruta, Chacao, Alcaldía el Hatillo, Alcaldía de Sucre.
- CARDONA, O.D.(2001). LA NECESIDAD DE REPENSAR DE MANERA HOLÍSTICA LOS CONCEPTOS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO. *Una crítica y una revisión necesaria para la gestión*. Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice, Holanda.
- CASTILLO, M. & CHACÓN, J. (2009). *Optimización de diseño de experimentos en ingeniería civil mediante el empleo de las superficies de respuesta y líneas de contorno*. (Trabajo Especial de Grado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- CENTENO, R. (2006). *Significado del factor de seguridad en geotecnia. ¿cuán confiable resultan los diseños geotécnicos a comienzos del siglo XXI?*. C. Jimeno (Ed.), *Ingeniería del Terreno*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- CENTENO, R. (s.f.). *La confiabilidad de los proyectos y obras de ingeniería geotécnica de acuerdo al estado del arte del conocimiento a comienzos del siglo XXI*. Discurso de Incorporación a la Academia de la Ingeniería y el Hábitat en Calidad de Miembro Honorario.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS Y PUERTOS, COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS,(s.f.). *Análisis de riesgos aplicado a la gestión de seguridad de presas y embalse*. Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses. Tomo 1. EXCE CONSULTING GROUP. Madrid, 139pp.
- CÓRDOVA,J. (2006). *Estimación de Hidrogramas de crecidas extremas*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*: Banesco Seguros, C.A. 389 pp.
- CORONADO, O. & PEÑA, O. (2011). *Configuraciones estructurales extremas. Una búsqueda de variables sistemáticas definitivas, las elipses plantares*. (Trabajo especial de grado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

- DUPLA F. JAVIER S.J. (2009). *UNIVERSIDAD CATÓLICA y pedagogía ignaciana*. N°3. Nuestra propuesta pedagógica. Una herencia de la RATIO Publicaciones UCAB. Caracas, Venezuela
- EIRD & UNISDR. (2008). *La gestión del riesgo de desastres hoy. Contextos globales, herramientas locales*.
- Ervin Laszlo (2009) “*El Cambio Cuántico. Cómo el nuevo paradigma científico puede transformar la sociedad*”, Págs. 57-67, 2009. Kairós Editorial , Barcelona, España.
- ESCUDER, I. (2013). *Análisis de riesgos y seguridad de presas y embalses*. Presentación a los alumnos de la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- ESPAÑA, P. (2009). *Detrás de la pobreza. Diez años después*. Publicaciones UCAB. Caracas, 470pp.
- GAR.(2011). *Revelar el riesgo, replantear el desarrollo*. Informe de evaluaciones global sobre la reducción del riesgo de desastres: EIRD/ONU.
- GRASES, G. (1994). *Venezuela. Amenazas naturales: terremotos, maremotos y huracanes*. Caracas. 162 p.
- GRASES, G. (2006). *Principios básicos para el estudio de la contaminación de un suelo*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*: Banesco Seguros, C.A. 389pp.
- GRASES, J. (2006). *Nota introductoria*. J. Grases, M. Fuentes & C. Genatios (Eds.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*. Volúmen II., Caracas, Venezuela, CENTRO CITI & CONSULIBRIS.
- GRASES, J. (2011-2012). *Notas sobre la incorporación de conocimiento incierto en la ingeniería estructural venezolana*. Notas dirigidas al Boletín ACADING.
- GRASES, J. (2011-2012). *Incorporación de incertidumbre en el cálculo de la confiabilidad de estructuras*.
- GUTIÉRREZ, A. (2006). *Tormentas tropicales y vientos huracanados en Venezuela*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*: Banesco Seguros, C.A.
- HUISMAN DENIS Y VEGEZ ANDRÉ (2000). *Historia de los filósofos ilustrada por sus textos*. Capítulo 28, La “Exigencia ética” págs. 540-558, Editorial Tecnos (Grupo Anaya, S.A.), Madrid, España. 568 pp.
- INFORME SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL (2010). *El papel de la política urbana para lograr los beneficios adicionales de la mitigación y el desarrollo*. Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones S.A. Colombia.
- INFORME SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL (2010). *Confusiones, Complacencias*. Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones S.A. Colombia.
- INFORME SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL (2010). *Comunicaciones referidas al Cambio Climático*. Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones S.A. Colombia.
- INFORME SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL (2010). *Asociaciones entre el sector público y el privado para compartir los riesgos climáticos: seguro del ganado en Mongolia*. Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones S.A. Colombia.
- JIMÉNEZ, V. & LIÑAYO, A. (2005). *Gestión integral de riesgos: acciones para la construcción de una política de estado*. Serie Conocimiento para el Desarrollo Sustentable, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas.
- JUAN PABLO II. (1 de mayo de 1991). Centesimus Annus, *Sobre la cuestión social*, Carta Encíclica del Sumo Pontífice Juan Pablo II en el Centenario de la Rerum Novarum , Ediciones Palabra S.A. Castellana, 2010, Madrid.
- KABIR, M; KALALI, A., SHAHMORADI, R. “Cyclic behavior of perforated masonry walls strengthened with fiber reinforced polymers”. Artículo presentado en 15 WCEE, Lisboa 2012.

- LEY ORGÁNICA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS SOCIONATURALES Y TECNOLÓGICOS. (2009). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela,39035,9-1-13
- LIÑAYO A. & ESTÉVES, R. (2000). *Algunas consideraciones para la formulación de una política nacional en materia de gestión de riesgos y desastres*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Programa de Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres. Inédito. Caracas.
- LOWNEY, CHRIS (2008) “*El liderazgo al estilo de los jesuitas*”. (Pág. 4-7). Editorial Norma, Bogotá Colombia. 300 pp.
- LLOSA, V. (2009). *Breve discurso sobre la cultura*. Discurso de agradecimiento ante honores de doctorado *honoris causa*: Universidad de Granada, España.
- LLOSA, V. (2012). *Metamorfosis de una palabra*. Prisa Ediciones, México.
- MEMBRILLERA, M. (2007). *Contribución a la aplicación del análisis y declaración de riesgos en presas españolas, incluyendo priorización de inversiones*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- OPPENHEIMER, ANDRÉS. (2010) “*Basta de historias, la obsesión latinoamericana con el pasado las 12 claves del futuro*” . N\*2 .Hay que mirar para adelante. Editorial Random House Mondadori, S.A. de C.V. México , D.F. 422 pp.
- PAPANONI, M. (2009). *Definiciones aplicables a las transformaciones afines en estructura*.
- PREDECAN. (2008). *Informe de análisis de datos de pérdidas por desastres*. Corporación OSSO, Cali, Colombia.
- RANGEL, A. (2006). *Desalojo preventivo por deslizamientos caso Barrio Santa Ana, Antímano, Caracas*. J. Grases (Ed.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*: Banesco Seguros, C.A.
- REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. *Diccionario de la lengua española vigésima primera edición*. ESPASA CALPE S.A, Madrid, España, 1998.
- RIVAS, R; GRASES, J.; BARREIRO, M.; MARCANO, A. & OCHOA, J.; ESCUDER, I..*Gestión integral de riesgos en infraestructuras*. Programa de Maestría.
- SANCHEZ, J. (2010). *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas*. Aportes Científicos-Tecnológicos y Experiencias Nacionales en el Campo de la Prevención y Mitigación de Riesgos: Fundación Polar.808 pp.
- SÁNCHEZ, M. (2005). *Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos: teoría y aplicaciones en ingeniería*. UNIANDES. 1era Edición. Colombia,463pp.
- SAVATER, FERNANDO. (2008). *La aventura del pensamiento*. Editorial sudamericana. Buenos Aires, Argentina 2008.
- SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS CIVILES –ASCE- (2006). *La visión para la ingeniería civil en 2025*. Preparada para el Comité directivo de la ASCE para planificar una Cumbre sobre el Futuro de la Profesión de la Ingeniería Civil.
- UGALDE, LUIS. ( 2011) ”*La universidad necesaria para el siglo XXI*“ Evento realizado en la UCAB del 06 al 08 de junio de 2011 P Publicaciones UCAB, Caracas, Venezuela
- VALLMITJANA, M. (2009).*Avances y retrocesos de la gestión urbana para el ordenamiento territorial en Venezuela*. J. Grases, M. Fuentes & C. Genatios (Eds.), *Ingeniería forense y estudios de sitio guía para la prevención de gestión de riesgos*. Volúmen II., Caracas, Venezuela, CENTRO CITI & CONSULIBRIS.
- VANORIO, G. & MERA, J. (2012). *Metodología para el análisis de riesgos en túneles ferroviarios mediante simulación Monte-Carlo*. TAYLOR & FRANCIS GROUP. London. 164pp.
- WILLCHES-CHAUX,G. (1989). *Desastres, ecologismo y formación profesional*. Instituto Nacional de Aprendizaje SENA. Editorial SENA. Bogotá.

- WILLCHES-CHAUX, G. (2000). *En el borde del caos*. Colección Pensar, Instituto de Estudios Sociales y Culturales, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- WITTGENSTEIN, LUDWIG (2002) (obra original de 1922). *Tractatus lógico-philosophicus*. Introducción (pág. 83-86) Editorial Tecnos (Grupo Anaya, S.A.), Madrid, España.

#### **Páginas web.**

- BUILD, G. (s.f.). *Historia y narrativa de riesgo*. Obtenido el 27 de Mayo de 2013 en [riesgo.unizar.es/?page\\_id=30](http://riesgo.unizar.es/?page_id=30)
- COHEN, M. & MENDEZ, L. (2000). *La sociedad del riesgo: amenaza y promesa*. Obtenido el 1 de Mayo de 2013 en [www.revistasociologica.com.mx/pdf/4308.pdf](http://www.revistasociologica.com.mx/pdf/4308.pdf)
- DELOITTE, (2013). *¿Qué es el control de riesgo?*. Obtenido el 27 de Mayo de 2013 en [www.ieaff.es/new/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1561:que-es-el-control-de-riesgos&Itemid=213](http://www.ieaff.es/new/index.php?option=com_k2&view=item&id=1561:que-es-el-control-de-riesgos&Itemid=213)
- DECHILE. (s.f.). *Seguro*. Obtenido el 26 de Mayo de 2013 en [etimologias.dechile.net/?seguro](http://etimologias.dechile.net/?seguro)
- DESINVENTAR ONLINE. (2013). *Incorporación de desastres de Venezuela*. Obtenido el 20 de Mayo de 2013 en [www.desinventar.org](http://www.desinventar.org)
- DIARIO LA VOZ. *Apropósito de la entrevista en el radar de los barrios*. Obtenido el 30 de Mayo de 2013 en [josefinabaldo.blogspot.com/2010/08/propósito-de-la-entrevista-en-el-radar.html?utm\\_source=BP\\_recent](http://josefinabaldo.blogspot.com/2010/08/propósito-de-la-entrevista-en-el-radar.html?utm_source=BP_recent)
- EIRD. *Misión y objetivos*. Obtenido el 25 de Abril de 2013 en <http://eird.org/esp/acerca-eird/mision-objetivos-esp.htm>
- EM-DAT (2013). *Country profile*. Obtenido el 26 de Mayo de 2013 en [www.emdat.be/result-country-profile](http://www.emdat.be/result-country-profile)
- FUNDACION MAPFRE. (s.f.). *Riesgo*. Obtenido el 26 de Mayo de 2013 en [www.mapfre.com/wdiccionario/terminos/vertermino.shtml?r=riesgo.html](http://www.mapfre.com/wdiccionario/terminos/vertermino.shtml?r=riesgo.html)
- HEIDI TURNER. (2007). *US. government to face lawsuits over New Orleans Level*. Obtenido el 8 de Junio de 2013 en [http://www.lawyersandsettlements.com/articles/environment/levee-lawsuits-00625.html?opt=b&utm\\_exp=3607522-2#.UbU-d\\_nZZNt](http://www.lawyersandsettlements.com/articles/environment/levee-lawsuits-00625.html?opt=b&utm_exp=3607522-2#.UbU-d_nZZNt)
- INE. (2004). *Filosofía de gestión*. Obtenido el 22 de Mayo de 2013 en [www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&id=11&Itemid=25;tmpl=component](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&id=11&Itemid=25;tmpl=component)
- KOPRINARON, B. (2005). *El riesgo empresarial y su gestión*. Obtenido el 26 de Mayo de 2013 en [www.analitica.com/va/economía/opinion/5753437.asp](http://www.analitica.com/va/economía/opinion/5753437.asp)
- PROTECCIÓN CIVIL. *Protección civil nacional hace llamado a no construir viviendas en zonas inestables*. Obtenido el 9 de Junio de 2013 en <http://www.pcivil.gob.ve/index.php/2013-03-11-14-53-52/consultar/237-prevencion>
- PROTECCIÓN CIVIL. *Dirección General*. Obtenido el 9 de Junio de 2013 en <http://www.pcivil.gob.ve/index.php/org/direccion/direccion-general>
- RETALLACK, S. (2006). *Errores en Comunicaciones*. Obtenido el 17 de Julio de 2008 en [http://www.opendemocracy.net/globalization-climate\\_change\\_debate/ankelohe\\_3550.jsp](http://www.opendemocracy.net/globalization-climate_change_debate/ankelohe_3550.jsp)
- USAID. *¿Qué es USAID?*. Obtenido el 8 de Junio de 2013 en <http://spanish.caracas.usembassy.gov/nosotros/usaidth.html>

## Glosario

- *Alertas Tempranas*: es el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Amenaza*: Los fenómenos de la naturaleza no constituyen amenazas por sí mismo. Fenómenos de ocurrencia esporádica, como las inundaciones, no serían una amenaza sino fuera por la ocupación por parte del hombre de áreas inundables, así como los temblores de tierra no pueden considerarse destructores en áreas deshabitadas. (Grases, 1994).
- *Cambio climático*: el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define al cambio climático como un “cambio en el estado del clima que se puede identificar (por ejemplo mediante el uso de pruebas estadísticas) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede obedecer a procesos naturales internos o a cambios en los forzantes externos, o bien, a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo”. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Certeza*: conocimiento seguro y evidente de que algo es cierto.
- *Concientización/sensibilización pública*: el grado de conocimiento común sobre el riesgo de desastres los factores que conducen a éstos y las acciones que pueden tomarse individual y colectivamente para reducir la exposición y la vulnerabilidad frente a las amenazas. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Curvas de fragilidad*: para la generación de estas curvas de fragilidad es importante tener un entendimiento sobre los mecanismos de respuesta de una estructura para diferentes estados de demanda sísmica, los cuales varían entre movimientos frecuentes de baja intensidad hasta movimientos fuertes poco frecuentes. Estas curvas son de gran utilidad para los ingenieros de diseño, investigadores, expertos de fiabilidad, expertos de compañías de seguros ya administradores de sistemas críticos, tales como hospitales y autopistas, entre otros. Son esenciales para estudios de evaluación de riesgo sísmico de los sistemas estructurales.
- *Desarrollo Sostenible*: relativo al interés público, en que se permita el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales a nivel mundial, pero teniendo muy en cuenta los aspectos medioambientales y sociales globales, para que a largo plazo no se comprometa ni se degrade.
- *Desastre*: una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).

- *Evaluación del riesgo*: una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Factor de seguridad*: es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.
- *Gestión del riesgo*: el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Gestión del riesgo de desastres*: el proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Incertidumbre*: concepto o situaciones que podría estar relacionada con el azar, la duda o la indecisión.
- *Mitigación*: la disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Probabilidad*: método mediante el cual se obtiene la frecuencia de un suceso determinado mediante la realización de un experimento aleatorio.
- *Resiliencia*: La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Riesgo*: Es la asociación simultánea de distintos sucesos, con consecuencias de pérdidas directas e indirectas. Por tanto, el riesgo es proporcional a la peligrosidad y a la vulnerabilidad. Los efectos pueden ser: pérdidas humanas o materiales, necesidades hospitalarias, costo social u otros (Grases, 1994)
- *Riesgo de desastres*: Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Riesgo Intensivo*: El riesgo asociado con la exposición de grandes concentraciones poblacionales y actividades económicas a intensos eventos relativos a las amenazas existentes, los cuales pueden conducir al surgimiento de impactos potencialmente catastróficos de desastres que incluirían una gran cantidad de muertes y la pérdida de bienes. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)
- *Riesgo Extensivo*: El riesgo generalizado que se relaciona con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas o persistentes con una intensidad baja o moderada, a menudo de naturaleza altamente localizada, lo cual puede conducir a

un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres)

- *Riesgo residual*: El riesgo que todavía no se ha gestionado, aun cuando existan medidas eficaces para la reducción del riesgo de desastres y para los cuales se debe mantener las capacidades de respuesta de emergencia y de recuperación. (2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres).
- *Tolerabilidad*: que se puede aceptar sin llegar a permitirlo o consentirlo explícitamente. Que se puede soportar.
- *Vulnerabilidad*: La vulnerabilidad mide el grado de susceptibilidad a la acción que puede generar una determinada amenaza, en términos de pérdidas de una determinada exposición u obra. (Grases, 1994).

**APÉNDICE A**  
**FUNCIONES PROBABILÍSTICAS Y PROCESOS**  
**ESTOCÁSTICOS**

## Funciones Probabilísticas y Procesos Estocásticos

Tomando en consideración los indudables beneficios que un trabajo de grado puede realizar en el sentido de ampliar la disponibilidad del conocimiento, ampliar la facilidad y la disponibilidad del reconocimiento. A continuación, se presenta un resumen de lo que se considera la base estadística fundamental para la estimación de eventos. De tal manera, que con el objeto de cumplir con el aporte de un marco de convenio en el uso del marco teórico, se ha colocado un apéndice de valor al trabajo como referencia principal de la herramienta estadística que se sugiere evaluar.

Para evaluar la ocurrencia de un evento a futuro, se desarrolla la teoría de probabilidad, que no es más que una medida científica. Su único propósito es proporcionar elementos de juicio para manejar mejor la información. La matemática aplicada para aplicar los criterios de probabilidad son los siguientes y son tomados del libro “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” de Manuel Sánchez. 2005.

*Axiomas básicos de probabilidad* (Apéndice B.2.1, *Resumen de probabilidad y estadística*, p. 419):

- La probabilidad de un evento E sea un número real no negativo:

$$0 \leq p(E) \leq 1 \quad (1)$$

- La probabilidad de un evento inevitable o del conjunto de todos los eventos posibles,  $\Omega$ , es:

$$p(\Omega) = 1 \quad (2)$$

y por lo tanto para el conjunto vacío,  $\emptyset = \bar{\Omega}$ ,

$$p(\emptyset) = 0 \quad (3)$$

- La probabilidad de que ocurra alguno de dos eventos cualquiera  $E_1$  y  $E_2$  o que ambos ocurran es:

$$p(E_1 \cup E_2) = p(E_1) + p(E_2) - p(E_1 \cap E_2) \quad (4)$$

Cuando los eventos son mutuamente excluyente:

$$p(E_1 \cup E_2) = p(E_1) + p(E_2) \quad (5)$$

y cuando son independientes:

$$p(E_1 \cup E_2) = p(E_1) + p(E_2) - p(E_1) \cdot p(E_2) \quad (6)$$

*Axiomas derivados de probabilidad* (Apéndice B.2.2, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.420):

- Probabilidad condicional, la probabilidad de que se presente un evento  $E_1$ , dado que el evento  $E_2$  ya ha ocurrido, se define como la probabilidad condicional  $p(E_1 | E_2)$ ; y se expresa de la siguiente forma:

$$p(E_1 | E_2) = \frac{p(E_1 \cap E_2)}{p(E_2)} \quad (7)$$

- Regla de la multiplicación: con base en la definición de la probabilidad condicional la probabilidad de que ocurran dos eventos  $E_1$  y  $E_2$  es:

$$p(E_1 \cap E_2) = p(E_1 | E_2) \cdot p(E_2) \quad (8)$$

Para el caso en el que  $E_1$  y  $E_2$  son independientes:

$$p(E_1 | E_2) = p(E_1) \text{ y } p(E_1 \cap E_2) = p(E_1) \cdot p(E_2) \quad (9)$$

- Si  $\bar{E}$  es el evento de que E no ocurra:

$$p(E \cup \bar{E}) = P(E) + P(\bar{E}) = 1 \quad (10)$$

- Teorema de probabilidades totales: para un conjunto de eventos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos:

$$p(A) = \sum_{i=1}^n P(A | E_i) p(E_i) \quad (11)$$

- Teorema de Bayes: se define como:

$$p(E_1 | A) = \frac{p(A | E_1) p(E_1)}{p(A)} = \frac{p(A | E_1) p(E_1)}{\sum_{i=1}^n p(A | E_i) p(E_i)} \quad (12)$$

*Variables aleatorias* (Apéndice B.3, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.421)

Una variable aleatoria es una función cuyo dominio es el conjunto de eventos, y la imagen es el conjunto de los números reales. Una variable aleatoria X se puede caracterizar mediante dos tipos de funciones: (a) la función de masa de probabilidad (caso discreto) o la función de densidad (caso continuo); y (b) la función de distribución de probabilidad. Para el caso discreto, la función de masa de probabilidad se define como:

$$p_X(x) = p(X = x) \quad (13)$$

Para el caso continuo,

$$f_X(x) = p(x \leq X \leq x + \Delta x) \quad (14)$$

La función de distribución de probabilidad se define para el caso discreto y el caso continuo como:

$$F_X(x) = p(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} p_X(x_i) \quad (15)$$

$$F_X(x) = p(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f_X(x) dx \quad (16)$$

*Momento de una variable aleatoria* (Apéndice B.4, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.422):

- Media o valor esperado (primer momento):

$$E[Y] = \mu_X \int_{-\infty}^{\infty} x f_X(x) dx = \sum_i x_i p_X(x_i) \quad (17)$$

Por su parte el valor esperado se expresa:

$$E[Y] = E[g(X)] = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) f_X(x) dx \quad (18)$$

$$E[Y] = \sum_{x_i} g(x) p_X(x) dx \quad (19)$$

- Varianza y desviación estándar (segundo momento):

La varianza de una variable aleatoria X es una medida del grado de disposición alrededor de la media y se calcula de la siguiente manera:

$$Var(X) = \sigma^2_X = E(X - \mu_X)^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_X)^2 f_X(x) dx \quad (20)$$

$$Var(X) = \sigma^2_X = E(X - \mu_X)^2 = \sum_i (i - \mu_X)^2 p_X(x_i) \quad (21)$$

A partir de la varianza se puede obtener la desviación estándar:

$$\sigma_X = \sqrt{Var(X)} = \sqrt{\sigma^2_X} \quad (22)$$

A partir de la media y desviación estándar se define el coeficiente de variación:

$$V_X = \frac{\sigma_X}{\mu_X} \quad (23)$$

- Momento de orden superior: en su forma sistemática se define así:

$$m_X^n = E[X^n] = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f_X(x) dx \quad (24)$$

*Variables distribuidas conjuntamente* (Apéndice B.6, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.432):

- Distribución de probabilidad conjunta: si un evento resulta de dos o más variables aleatorias continuas,  $X_1$  y  $X_2$ , entonces la probabilidad de que el evento ocurra está descrita por la función de distribución acumulada conjunta:

$$F_{X_1 X_2}(x_1, x_2) = p[(X_1 \leq x_1) \cap (X_2 \leq x_2)] = \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} f_{X_1 X_2}(u, v) du dv \quad (25)$$

donde  $f_{X_1 X_2}(u, v) \geq 0$  es la función de densidad de probabilidad conjunta.

- Distribuciones de probabilidad condicional: si la probabilidad  $p(x_1 \leq X_1 \leq x_1 + \delta x_1)$  es una función de  $X_2$ , entonces:

$$\lim_{\delta x_1, \delta x_2 \rightarrow 0} \{p(x_1 \leq X_1 \leq x_1 + \delta x_1) | p(x_2 \leq X_2 \leq x_2 + \delta x_2)\} = f_{X_1 | X_2}(x_1 | x_2) \quad (26)$$

y de forma semejante al teorema de probabilidad condicional:

$$f_{X_1 | X_2}(x_1 | x_2) = \frac{f_{X_1 X_2}(x_1, x_2)}{f_{X_2}(x_2)} \quad (27)$$

- Distribuciones de probabilidad marginal: la función de densidad de probabilidad se representa de la siguiente manera:

$$f_{X_1}(x_1) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X_1 | X_2}(x_1 | x_2) f_{X_2}(x_2) dx_2 = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X_1 X_2}(x_1, x_2) dx_2 \quad (28)$$

*Momentos de funciones con distribución de probabilidad conjunta* (Apéndice B.7, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.433)

- Media: si  $X_1$  y  $X_2$  son variables aleatorias con función de distribución conjunta  $f_{X_1 X_2}(x_1, x_2)$ , entonces:

$$E[X_1] = \mu_{X_1} = \int_{-\infty}^{\infty} \mu_{x_1 | x_2} f_{X_2}(x_2) dx_2 \quad (29)$$

$E[X_1]$  es el valor medio de  $X_1$  sobre todo  $X_2$ . Así que el valor esperado marginal de la variable  $X_1$  está dado por:

$$\mu_{x_1 | x_2} = E[X_1 | X_2 = x_2] = \int_{-\infty}^{\infty} x_1 f_{X_1 | X_2}(x_1 | x_2) dx_1 \quad (30)$$

- Varianza: como extensión del numeral anterior:

$$Var(X_1) = E[(X_1 - \mu_{X_1})^2] = \int_{-\infty}^{\infty} Var(X_1 | x_2) f_{X_2}(x_2) dx_2 \quad (31)$$

La varianza marginal de  $X_1$  será:

$$Var(X_1 | x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} (x_1 - \mu_{x_1 | x_2})^2 f_{X_1 | X_2}(x_1 | x_2) dx_1 \quad (32)$$

- Covarianza y correlación: tiene las mismas dimensiones de la varianza y se define como:

$$Cov(X_1, X_2) = E[(X_1 - \mu_{X_1})(X_2 - \mu_{X_2})] \quad (33)$$

Con base en la covarianza se define el coeficiente de correlación como:

$$\rho_{X_1 X_2} = \frac{Cov(X_1, X_2)}{\sigma_{X_1} \sigma_{X_2}} ; -1 \leq \rho \leq 1 \quad (34)$$

que es una medida de la dependencia lineal entre dos variables aleatorias.

*Distribución normal bivariada* (Apéndice B.8, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.434)

Describen el comportamiento conjunto de dos variables aleatorias para las cuales las distribuciones marginales están normalmente distribuidas. La función de distribución puede evaluarse de la siguiente manera:

$$F_{X_1 X_2}(x_1, x_2, \rho) = \int_{-\infty}^{x_2} \int_{-\infty}^{x_1} \frac{1}{2\pi\sigma_{X_1}\sigma_{X_2}\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[\frac{-\frac{1}{2}(h^2+k^2-2phk)}{1-\rho^2}\right] dx_1 dx_2 \quad (35)$$

*Transformación de variables aleatorias:* (Apéndice B.9, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.434)

- Transformación de una sola variable aleatoria: si  $Y=g(X)$  y  $X=g^{-1}(Y)$ , donde  $g()$  es una función monótonica,  $X$  e  $Y$  son variables continuas aleatorias, se puede mostrar que la función de densidad de probabilidad para la variable dependiente  $Y$  en términos de  $X$  es:

$$f_Y(y) = f_X(g^{-1}(y)) \left[ \frac{d[g^{-1}(y)]}{dy} \right] \quad (36)$$

Si  $g$  no es una función monótonica la ecuación 85 no aplica, entonces el procedimiento es:

$$F_Y(y) = p(Y \leq y) = \int_{g(x) \leq y} f_X(x) dx \quad (37)$$

- Transformación de dos o más variables: considerando variables aleatorias  $X_1$  y  $X_2$ , con función de densidad conjunta  $f_{X_1 X_2}(x_1, x_2)$ , las cuales están relacionadas con dos variables aleatorias  $Y_1$  y  $Y_2$  por funciones conocidas:

$$y_1 = y_1(x_1, x_2) \quad y_2 = y_2(x_1, x_2) \quad (38)$$

Si la inversa de  $y_1$  y  $y_2$  son únicas,

$$x_1 = x_1(y_1, y_2) \quad x_2 = x_2(y_1, y_2) \quad (39)$$

Entonces

$$f_{Y_1 Y_2}(y_1, y_2) = f_{X_1 X_2}(x_1, x_2) |J| \quad (40)$$

Donde el Jacobiano está definido por

$$|J| = \begin{vmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial y_1} & \frac{\partial x_2}{\partial y_1} \\ \frac{\partial x_1}{\partial y_2} & \frac{\partial x_2}{\partial y_2} \end{vmatrix} = \frac{\partial x_1}{\partial y_1} \frac{\partial x_2}{\partial y_2} - \frac{\partial x_2}{\partial y_1} \frac{\partial x_1}{\partial y_2} \quad (41)$$

*Funciones de variables aleatorias:* (Apéndice B.10, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.435)

- Suma de dos variables aleatorias: suponiendo que el comportamiento de un sistema está definido por la función de densidad marginal  $X_2$ , done  $X_1$  y  $X_2$  son variables aleatorias con funciones de densidad marginales  $f_{X_1}$  y  $f_{X_2}$ , y función de densidad conjunta  $f_{X_1, X_2}$ , haciendo un cambio de variable entonces:

$$f_{Y, X_2}(y, x_2) = f_{X_1 X_2}(y - x_2, x_2) \quad (42)$$

Entonces, la función marginal de  $Y$  se obtiene integrando sobre todos los valores de  $X_2$  como:

$$f_Y(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{Y, X_2}(y, x_2) dx_2 = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X_1 X_2}(y - x_2) f_{X_2}(x_2) dx_2 \quad (43)$$

Cuando  $X_1$  y  $X_2$  son variables aleatorias independientes,

$$f_Y(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X_1}(y - x_2) f_{X_2}(x_2) dx_2 \quad (44)$$

La ecuación 93 es la llamada integral de convolución.

- Multiplicación de dos variables aleatorias: el sistema está definido por  $Y=X_1.X_2$ , donde  $X_1$  y  $X_2$  son variables aleatorias con funciones de densidad marginales  $f_{X_1}$  y  $f_{X_2}$ , y función de densidad conjunta  $f_{X_1X_2}$  entonces:

$$f_Y(y) = \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{1}{x_2} \right| f_{X_1X_2} \left( \frac{y}{x_2}, x_2 \right) dx_2 \quad (45)$$

*Momentos de funciones de variables aleatorias:* (Apéndice B.11, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.436)

La expresión básica para la determinación de los momentos de una variable aleatoria es la siguiente:

$$E(Y) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} Y(x_1, x_2, \dots, x_n) f_{X_1X_2} \dots X_n(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (46)$$

Donde  $Y(x_1, x_2, \dots, x_n)$  es la función para la cual se buscan los momentos.

*Análisis de confiabilidad contra el tiempo:* (Capítulo 9.10, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.334)

- La confiabilidad es la probabilidad de que el sistema resista ante la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad durante un periodo de tiempo, la confiabilidad en un instante de tiempo  $t$  se define como:

$$r_s(t) = 1 - p_f = p(t_s > t) \quad (47)$$

donde  $t_s$  es el tiempo hasta que ocurre la falla del sistema S y  $t$  el periodo de tiempo de interés. Esto significa que el sistema no fallará antes del tiempo  $t$ , sino después. Por lo tanto,

$$r_s(t) = 1 - F_S(t) \quad (48)$$

donde  $F_S(t)$  es la función de distribución de probabilidad del tiempo hasta la falla del sistema S. Esto se puede escribir como:

$$r_s(t) = 1 - \int_0^t f_S(t) dt \quad (49)$$

A partir de la ecuación 97 se obtiene la densidad de la probabilidad de falla en términos de la confiabilidad:

$$f_S(t) = - \frac{d}{dt} r_S(t) \quad (50)$$

- Tasa de falla ( $\lambda(t)^{10}$ ) [5]: la expresión  $\lambda(t)\Delta t$  corresponde a la probabilidad de falla del sistema en un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , en particular, este intervalo se selecciona de tal forma que  $[t < t_s < t + \Delta t]$ . Expresado matemáticamente:

$$\lambda(t)\Delta t = p(t_s < t + \Delta t | t_s > t) \quad (51)$$

Utilizando la probabilidad condicional se tiene que:

$$p(t_s < t + \Delta t | t_s > t) = \lambda(t)\Delta t = \frac{p(t_s > t) \cap p(t_s < t + \Delta t)}{p(t_s > t)} \quad (52)$$

Una forma de escribir la función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$p(t_s > t) \cap p(t_s < t + \Delta t) = p(t < t_s < t + \Delta t) = f(t)\Delta t \quad (53)$$

Por su parte la confiabilidad del sistema también se puede expresar de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{r(t)} \quad (54)$$

- Confiabilidad en función  $\lambda(t)$ [5]: la forma más útil es la siguiente:

$$f(t) = \lambda(t)\exp\left[-\int_0^t \lambda(t)dt\right] \quad (55)$$

esta es la ecuación que corresponde a la función de densidad de probabilidad en el tiempo hasta la ocurrencia de la falla. Su aplicación es de gran utilidad en sistemas cuya confiabilidad está dominada por un deterioro de la seguridad en el tiempo.

- Tiempo medio hasta la falla: en el análisis de confiabilidad de sistemas, el parámetro más utilizado para caracterizar la confiabilidad es el tiempo medio hasta la falla (Mean Time To Failure, MTTF); entonces:

$$MTTF = E[t] = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (56)$$

Escribiendo la ecuación 104 en función de la confiabilidad se obtiene:

$$MTTF = E[t] = \int_0^{\infty} r(t)dt \quad (57)$$

Por su parte la varianza del tiempo se puede escribir:

$$V(t) = \int_0^{\infty} str(t)dt - \left[ \int_0^{\infty} r(t)dt \right]^2 \quad (58)$$

La comprensión matemática referida a probabilidades es fundamental para cualquier estudio de riesgos. Sin embargo siempre que el ingeniero tenga en las manos un nuevo proyecto, lo social debe estar reflejado en sus estudios ya que de ello va a depender el éxito de la obra en estudio.

A lo largo de trabajo, el estudio de la confiabilidad ha sido vital para cualquier análisis de riesgo. Por ello, y en forma resumida, a continuación se presentan los modelos básicos para analizar y estudiar la confiabilidad, de igual forma el libro “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” de Manuel Sánchez. 2005 servirá como guía para analizar los modelos.

### **Variables aleatorias distribuidas normalmente. (Capítulo 6.3.3, *Confiabilidad de componentes*, p.185)**

Las variables aleatorias distribuidas normalmente son aquellas donde la ecuación  $P_f = P(R - S \leq 0) = \int_{-\infty}^{\infty} F_R(s)f_S(s)ds$  (función de distribución de probabilidad acumulada de una variable X) se puede integrar analíticamente, para este caso los valores que describen la variable aleatoria  $Z = R - S$  y la probabilidad de falla se puede expresar como:

$$P_f = P(Z < 0) = \Phi\left(\frac{0 - \mu_Z}{\sigma_Z}\right) = \Phi(-\beta) \quad (26)$$

donde  $\Phi$  es la función de distribución de probabilidad normal estándar con valor esperado 0 y desviación estándar 1. El índice  $\beta$  se denomina índice de confiabilidad y es el parámetro más utilizado para medir el nivel de seguridad de una sistema.  $\beta$  es una medida del número de desviaciones estándar entre el valor medio del margen de seguridad y límite que define la región segura (Ver figura 1); valores altos de  $\beta$  significan sistemas más confiables, menor probabilidad de falla.

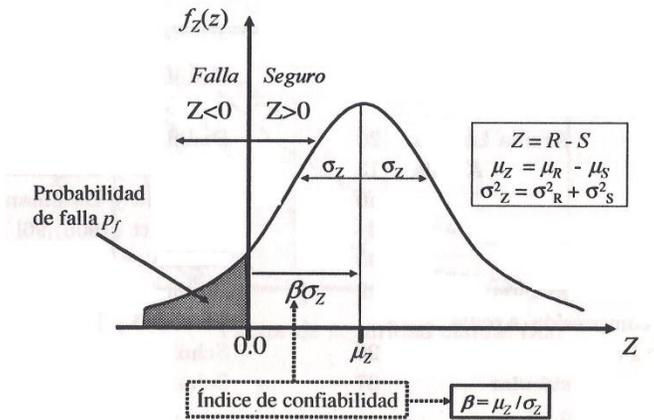


Figura 1 : Definición del índice de confiabilidad para el caso  $Z = R - S$  y tanto la resistencia como la sollicitación distribuidas normalmente. Tomado de “ Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p. 188.

El índice de confiabilidad es el principal criterio de definición de los factores de carga y resistencia utilizados en las normas y va a depender del tipo de elemento (viga, columna, etc.) y de su relación con las posibles combinaciones de sollicitaciones.

**Variables aleatorias distribuidas lognormalmente. (Capítulo 6.3.4, Confiabilidad de componentes, p.191)**

Las variables aleatorias distribuidas lognormalmente son: la distribución más realista para modelar el comportamiento de muchas variables en la práctica. Una distribución lognormal no considera valores negativos.

La distribución de una variable aleatoria  $X$  se define lognormal si  $Y = \ln(X)$  está distribuida normalmente. En consecuencia, la variable  $X$  solo está definida para valores positivos, esto es,  $x \geq 0$ . La relación que existe entre las distribuciones de probabilidad de  $X$  y  $Y$  es la siguiente:

$$F_X(x) = P[X \leq x] = P[\ln(X) \leq \ln(x)] = P[Y \leq y] = F_Y(y) \quad (27)$$

como  $Y$  está distribuida normalmente y sus valores pueden ser expresados en función de la desviación estándar y de la media, entonces:

$$f_X(x) = \frac{d}{dx} F_X(x) = \frac{d}{dx} \Phi\left(\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}}\right) = \frac{1}{x \sigma_{\ln(x)}} \varphi\left(\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}}\right) \quad (28)$$

En la figura 2 se muestra la comparación entre un modelo normal y una distribución lognormal.

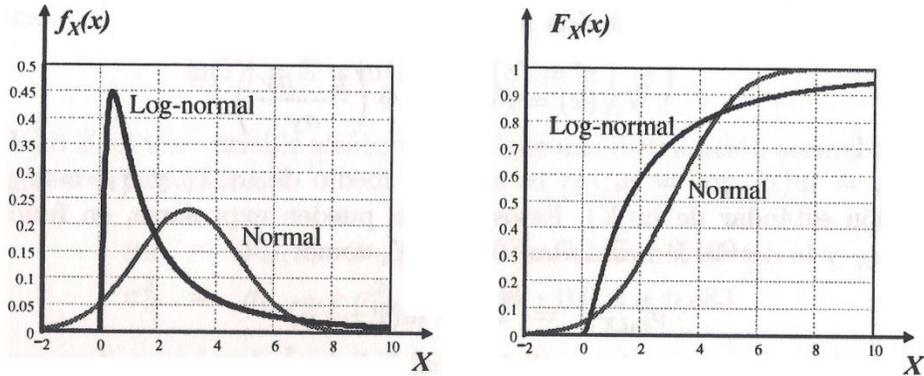


Figura 2: Comparación de las funciones de densidad y distribución, normal y lognormal, de una variable X. Los parámetros para las dos distribuciones son: media  $\mu_x = 3$  y desviación estándar  $\sigma_x = 1,75$ . Tomado de “ Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez, 2005, p. 191.

**Variables correlacionadas. (Capítulo 6.3.5, Confiabilidad de componentes, p.193)**

El coeficiente de correlación se encuentra en un rango. entre  $-1 < p < 1$  y es una medida de la relación de la linealidad que existe entre dos o más variables. Para el caso particular de dos variables, X y Y, el coeficiente de correlación se define como:

$$PXY = \frac{1}{nS_X S_Y} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (29)$$

donde n es el tamaño de la muestra,  $S_X$  y  $S_Y$  corresponden a la desviación estándar muestral de X y Y respectivamente, y  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$  son las medias muestrales.

- *Variables distribuidas normalmente y correlacionadas:* cuando la resistencia R y la solicitud S están distribuidas normalmente y correlacionadas con coeficientes de correlación PRS, la ecuación 26 se puede referir de la siguiente forma:

$$p_f = \varphi \left( - \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_r^2 - 2PRS\sigma_R\sigma_S + \sigma_S^2}} \right) \quad (30)$$

- *Variables distribuidas lognormal y correlacionadas.* Cuando la resistencia R y la solicitud S están distribuidas lognormal y correlacionadas con coeficientes de correlación PRS, se pueden referir de la siguiente forma:

$$\beta = \frac{\ln \left[ \frac{\mu_R}{\mu_S} \sqrt{\frac{1+V_S^2}{1+V_R^2}} \right]}{\ln(1+V_R^2) + \ln(1+V_S^2) - 2PRS \sqrt{\ln(1+V_R^2) \ln(1+V_S^2)}} \quad (31)$$

**Problema generalizado de la confiabilidad. (Capítulo 6.4, Confiabilidad de componentes, p.193)**

Está en que “la mayoría de aplicaciones prácticas, las funciones de resistencia y sollicitación dependen de un conjunto de variables aleatorias. Por ejemplo, la resistencia está definida por  $\vec{X}_R = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$  y la demanda por  $\vec{X}_S = \{X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_n\}$ . Por lo tanto, el conjunto de variables básicas del sistema está definido por el vector  $\vec{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ” (M. Sánchez, 2005) la función de estado límite se expresa de la siguiente manera:

$$g(\vec{X}_R, \vec{X}_S) = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = g(\vec{X}) = 0 \quad (32)$$

La zona segura es donde  $g(\vec{X}) > 0$  mientras que la zona de ocurrencia de falla está definida por  $g(\vec{X}) < 0$ . La probabilidad de falla para este sistema es la siguiente:

$$p_f = p[g(\vec{X}) \leq 0] = \int \dots \int_{g(\vec{X}) \leq 0} f_{\vec{X}}(\vec{x}) d\vec{x} \quad (33)$$

donde  $f_{\vec{X}}(\vec{x})$  es la función de densidad de probabilidad conjunta para el vector de variables básicas en el espacio n- dimensional.

Durante la elaboración del presente trabajo se resaltó la importancia de la selección adecuada de distribución de probabilidades para cada una de las variables presentes en el sistema. Mario Sánchez (2005) realizó una selección de las que a su parecer son las más comunes, y son las siguientes:

**Distribuciones de probabilidades más comunes para la evaluación de la confiabilidad. (Apéndice B.5, Resumen de probabilidad y estadística, p.424)**

*Ensayos simples discretos* (Apéndice B.5.1, *Resumen de probabilidad y estadística*, p.425): ver tabla 1 y 2

- Bernoulli: modela ensayos donde el resultado sea únicamente éxito o falla. Ejemplo: comprobar si un elemento cumple con las normas mínimas de diseño.
- Binomial: probabilidad de obtener “éxitos” en n ensayos de Bernoulli. Ejemplo: de tres cilindros de prueba de un concreto ¿Cuántos cumplirán con la resistencia mínima?
- Geométrica: probabilidad de que el n-ésimo ensayo de Bernoulli sea un éxito, dado que los primeros n-1 eventos fueron falla. Ejemplo: ¿Cuántos cilindros de concreto se ensayarán hasta que falle el primero?
- Binomial negativa: se utiliza para modelar la probabilidad de que la k-ésima ocurrencia de un éxito se presente en el n-ésimo ensayo de Bernoulli. Ejemplo: si un carril de giro a la izquierda tiene capacidad para tres carros y llegan a la intersección en promedio cinco vehículos por minuto. ¿cuál es la probabilidad de que diez carros puedan girar en tres cambios del semáforo.

Tabla 1.

Media y desviación estándar para distribución de ensayos simples discretos.

Función	Rango	$\mu_X$	$\sigma_X^2$
Bernoulli	$x = 0, 1$	$p$	$p(1 - p)$
Binomial	$x = 0, 1, \dots, n$	$np$	$np(1 - p)$
Geométrica	$x = 1, 2, \dots$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1-p}{p^2}$
Binomial neg.	$x = k, k + 1, \dots$	$\frac{k}{p}$	$\frac{k(1-p)}{p^2}$

Nota.: Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 426.

Tabla 2.

Funciones de probabilidad para ensayos simples discretos.

Función	$p_X(x)$	$F_X(x)$
Bernoulli ( $p$ )	$\begin{cases} p & x = 1 \\ (1 - p) & x = 0 \end{cases}$	
Binomial ( $n, p$ ) <sup>2</sup>	$\binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}$	$\sum_{y=0}^x \binom{n}{y} p^y (1 - p)^{n-y}$
Geométrica ( $p$ )	$(1 - p)^{x-1} p$	$1 - (1 - p)^x$
Binomial neg. ( $k, p$ )	$\binom{x-1}{k-1} p^k (1 - p)^{x-k}$	$\sum_{y=k}^x \binom{y-1}{k-1} p^k (1 - p)^{y-k}$

Nota.: Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 426.

Ocurrencias aleatorias: (Apéndice B.5.2, Resumen de probabilidad y estadística, p.427) ver tabla 3 y 4

- Poisson: modela la probabilidad de que haya un número  $x$  de ocurrencias de un evento aleatorio en un intervalo  $t$ . Ejemplo: ¿Cuál es la probabilidad de que ocurran dos sismos de magnitud  $M = 65$ , en 50 años, puesto que la ocurrencia promedio es 0,01?
- Exponencial: describe el tiempo hasta la primera ocurrencia de un evento. Ejemplo: ¿Cuál es el tiempo de espera hasta que llegue el próximo avión?
- Gamma. Permite estimar el tiempo hasta la  $k$ -ésima ocurrencia de un evento, para eventos cuya ocurrencia siguen un proceso de Poisson. La distribución también se puede generalizar cuando  $K$  no es un entero, mediante la función gamma  $\Gamma(k)$  que es la generalización del factorial para un valor de  $k$  no entero y se encuentra tabulada como la función gamma incompleta  $\Gamma(k, vt)$ . La función gamma se define como:

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{k-1} du = (k - 1)! \text{ para } k > 0 \text{ entero.} \quad (35)$$

Ejemplo: ¿Cuál es el tiempo de llegada de un número determinado de vehículos?

Tabla 3.  
Funciones de probabilidad para ocurrencias aleatorias

Función	$p_X(x)/f_X(x)$	$F_X(x)$	Rango
Poisson ( $\nu t$ )	$\frac{(\nu t)^x}{x!} e^{-\nu t}$	$\sum_{k=0}^x \frac{(\nu t)^k}{k!} e^{-\nu t}$	$x = 0, 1, \dots$
Exponencial ( $\nu$ )	$\nu e^{-\nu x}$	$1 - e^{-\nu x}$	$x \geq 0$
Gamma ( $k, \nu$ )	$\frac{\nu(\nu x)^{k-1}}{\Gamma(k)} e^{-\nu x}$	$\frac{\Gamma(k, \nu x)}{\Gamma(k)}$	$x \geq 0, k > 0$

Nota.: Tomado de "Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos" por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 428.

Tabla 4.  
Media y desviación estándar para ocurrencias aleatorias.

Función	$\mu_X$	$\sigma_X^2$
Poisson	$\nu t$	$\nu t$
Exponencial	$\frac{1}{\nu}$	$\frac{1}{\nu^2}$
Gamma	$\frac{k}{\nu}$	$\frac{k}{\nu^2}$

Nota.: Tomado de "Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos" por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 428.

Casos límites. (Apéndice B.5.3, Resumen de probabilidad y estadística, p.427) Ver tabla 5 y 6

- Normal: corresponde al caso límite de la suma de variables aleatorias y su justificación subyace en el teorema del límite central. La integral para calcular la función de distribución de probabilidad no tiene una solución analítica, por lo que en la mayoría de los casos de encuentra tabulada.
- Lognormal: el cálculo de los valores de la función lognormal se puede evaluar utilizando las tablas de la función normal estándar.

Tabla 5  
Media y desviación estándar para ocurrencias aleatorias.

Función	$f_X(x)$	$F_X(x)$
Normal ( $\mu, \sigma$ )	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu_X}{\sigma_X} \right)^2 \right]$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu_X}{\sigma_X} \right)^2 \right] dx$
N. estándar $N(0, 1)$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} x^2 \right]$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp \left[ -\frac{1}{2} x^2 \right] dx$
Lognormal*	$\frac{1}{\sqrt{2\pi x} \xi_X} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(x)-\lambda_X}{\xi_X} \right)^2 \right]$	$\Phi \left( \frac{\ln(x)-\lambda_X}{\xi_X} \right)$

(\*)  $\xi_X^2 = \ln(1 + V_X^2)$ ;  $\lambda_X = \ln(\mu_X) - \frac{1}{2}\xi_X^2$

Nota. : Tomado de "Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos" por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 429.

Tabla 6.  
Funciones de probabilidad límites

Función	Rango	$\mu_X$	$\sigma_X^2$
Normal	$-\infty < x < \infty$	$\mu$	$\sigma^2$
Lognormal	$0 < x < \infty$	$\exp\left[\lambda_X + \frac{1}{2}\xi_X^2\right]$	$\mu_X^2 [\exp(\xi_X^2) - 1]$

Nota.: Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 429.

Distribuciones de valor extremo: (Apéndice B.5.1, Resumen de probabilidad y estadística, p.425). Ver tabla 7 y 8.

- Tipo I: es la distribución límite, para valores máximos o mínimos de n variables aleatorias  $X_i$  cuando n tiende a infinito, y la distribución de la variable aleatoria  $X_i$  es de la forma:

$$F_{X_i}(x) = 1 - \exp[-g(x)] \quad (36)$$

$$f_{X_i}(x) = 1[-g(x)] \quad (37)$$

- Tipo II: corresponde a la distribución límite del máximo (mínimo) de n variables aleatorias  $X_i$ , cuando n tiende a infinito, y donde la distribución de  $X_i$ , es de la forma: la variable A es constante.

$$F_X(x) = 1 - Ax^{-k}; x \geq 0 \quad (38)$$

- Tipo III: esta distribución límite se utiliza para modelar los valores límites superior e inferior de n variables aleatorias  $X_i$ , cuando n tiende a infinito, cuando la variable  $X_i$ , está limitada en la cola de interés por un valor máximo w o mínimo  $\varepsilon$ , y la variable sigue una distribución de forma: la variable A es constante.

$$F_X(x) = 1 - A(w - x)^k; w \geq x, k > 0 \quad (39)$$

Tabla 7  
Funciones de probabilidad para distribuciones de valor extremo.

Función	$f_X(x)$	$F_X(x)$
T-I ( $u, \alpha$ ) - max	$\alpha \exp\left[-\alpha(x - u) - e^{-\alpha(x-u)}\right]$	$\exp\left[-e^{-\alpha(x-u)}\right]$
T-I ( $u, \alpha$ ) - min	$\alpha \exp\left[\alpha(x - u) - e^{\alpha(x-u)}\right]$	$1 - \exp\left[-e^{-\alpha(x-u)}\right]$
T-II ( $u, k$ ) - max	$\frac{k}{u} \left(\frac{u}{x_n}\right)^k e^{-(u/x_n)^k}$	$e^{-(u/x_n)^k}$
T-II ( $u, k$ ) - min	$\frac{k}{u} \left(\frac{u}{x_1}\right)^k e^{-(u/x_1)^k}$	$1 - e^{-(u/x)^k}$
T-III ( $w, u, k$ )-max	$\frac{k}{(w-u)} \left[\frac{w-x_n}{w-u}\right]^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{w-x_n}{w-u}\right)^k\right]$	$\exp\left[-\left(\frac{w-x_n}{w-u}\right)^k\right]$
T-III ( $\varepsilon, u, k$ )-min	$\frac{k}{(u-\varepsilon)} \left[\frac{x_1-\varepsilon}{u-\varepsilon}\right]^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x_1-\varepsilon}{u-\varepsilon}\right)^k\right]$	$1 - \exp\left[-\left(\frac{x_1-\varepsilon}{u-\varepsilon}\right)^k\right]$
T - Tipo.		

Nota.: Tomado de “Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos” por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 431.

Tabla 8  
 Funciones de probabilidad para distribuciones de valor extremo.

Función	$\mu_X$	$\sigma_X^2$
T-I (max)	$u_n + \frac{\gamma}{\alpha}$	$\frac{\pi^2}{6\alpha^2}$
T-I (min)	$u_1 - \frac{\gamma}{\alpha}$	$\frac{\pi^2}{6\alpha^2}$
T-II (max)	$u\Gamma(1 - 1/k)$	$u^2 [\Gamma(1 - 2/k) - \Gamma^2(1 - 1/k)]$
T-II (min)	$u\Gamma(1 - 1/k)$	$u^2 [\Gamma(1 - 2/k) - \Gamma^2(1 - 1/k)]$
T-III(max)	$w - (w - u)\Gamma(1 + 1/k)$	$(w - u)^2 [\Gamma(1 + 2/k) - \Gamma^2(1 + 1/k)]$
T-III (min)	$\varepsilon + (u - \varepsilon)\Gamma(1 + 1/k)$	$(u - \varepsilon)^2 [\Gamma(1 + 2/k) - \Gamma^2(1 + 1/k)]$

$\gamma = 0,577215649\dots$  es la constante de Euler; T - Tipo.

Nota.: Tomado de "Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos" por M. Sánchez Silva, 2005, ediciones Uniandes, p. 431.

La recapitulación de todos los planteamientos expuestos en este apéndice son netamente académicos para reflejar lo complicado y valioso de los estudios probabilísticos. De igual forma, es importante señalar que todas las fórmulas son del autor Mario Sánchez (2005) quien con su trabajo realizó una agrupación y señalamientos importantes, en torno a los estudios referidos al riesgo, con la finalidad de reafirmar conocimientos científicos que son influyentes en el tema.

La Distribución de Probabilidad representa un reto para los profesionales, ya que requiere del conocimiento de cada una de las variables aleatorias que interviene en el proceso y su relación con la probabilidad de ocurrencia del suceso. La aproximación de un análisis de Riesgo, es representando en el siguiente gráfico para distintos casos en estudio. Es importante señalar, que dependiendo del estudio, los casos varían, y por lo tanto la distribución probabilístico también.





**APÉNDICE B**  
**OFERTA ACÁDEMICA**  
**ESTUDIOS EN GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO EN**  
**INFRAESTRUCTURAS EN EL HEMISFERIO**  
**LATINOAMERICANO**

## Estudios En Gestión Integral Del Riesgo En Infraestructuras En El Hemisferio Latinoamericano

Son muy claros los postulados del Marco de Acción de Hyogo (MAH) , (EIRD/UN, 2005). Se identifica allí como fundamental los esfuerzos de las instituciones que orienten a la academia -las universidades- para dar respuesta científica y práctica, de alto contenido social, al universo de amenazas que se cierne sobre la extensión territorial del hemisferio latinoamericano.

Algunos avances se han registrado recientemente. En el III Foro Latinoamericano y del Caribe sobre educación para la Gestión del Riesgo de Desastre, Panamá 25 y 26 de noviembre del 2010 se concluyó en la importancia de considerar que ..*“Es clave intervenir en la sensibilización sobre la Gestión de Riesgo e influir en momentos oportunos, tales como la revisión y el rediseño curricular”*

Igualmente en dicho foro se concluyó que *“Se estima necesario crear un ambiente de resiliencia en las instituciones y una cultura institucional de gestión del riesgo de desastre, sustentada en un fuerte manejo conceptual y con una visión práctica, en cuanto a la aplicación de lo que se decida al respecto”*.

En tal sentido, la propuesta identificada como Maestría en la Gestión Integral de Riesgos en Infraestructuras, constituye una propuesta novedosa, por su carácter transdisciplinar y conceptualizada metodológicamente para que las “disciplinas “puedan” dar repuestas científicas a los descriptores de cada tipo de obras (**Figura N°3**); viene a ofrecer aportes considerables al campo académico de maestrías diseñadas, en cubrir este aspecto en el ámbito latinoamericano.

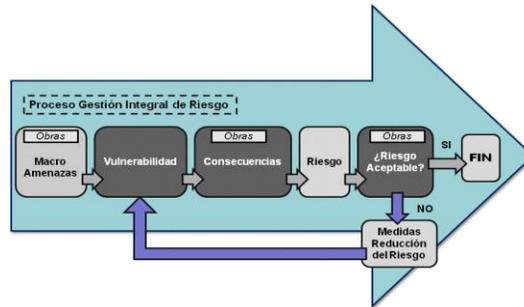
La integración de ciencias y disciplinas especializadas, por una parte, y las prácticas de casos de estudio, detalladamente documentados, por la otra, son fundamentos vitales para el logro de los objetivos académicos e institucionales de la Maestría.

La concepción de un nuevo modelo social, no centrado en el desastre y un ambiente de resiliencia en las instituciones universitarias, serían parte del basamento regional que permitiría un plan inter-universitario como sólido inicio para el apoyo en la construcción de una sociedad basada en un desarrollo humano verdaderamente sostenible.

A continuación se presenta la lista de Instituciones De Educación Superior (IES), relacionadas directamente con la temática de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en los países de América Latina y el Caribe (AL Y C) en lengua española<sup>121</sup>:

---

<sup>121</sup> Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) “Unidad para las Américas” Marzo 2009.



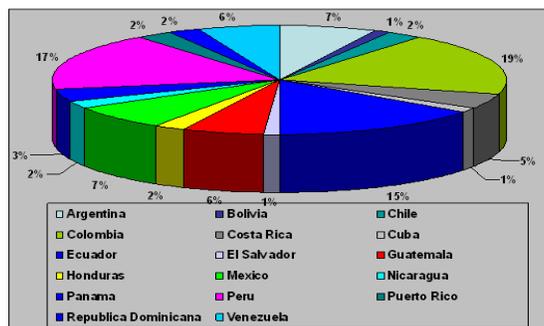
**Figura N° 3: Proceso GIR (Arturo Marcano, Joaquín Benítez, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas Venezuela, 2010)**

Nota-comentario: Resiliencia (inglés resilience) viene del latín ‘resilire’. Reasumir la forma y dimensión original luego de ser deformado. Poder de recuperación //O sea: sí tiene sentido su empleo, duda que he tenido hasta este momento//.

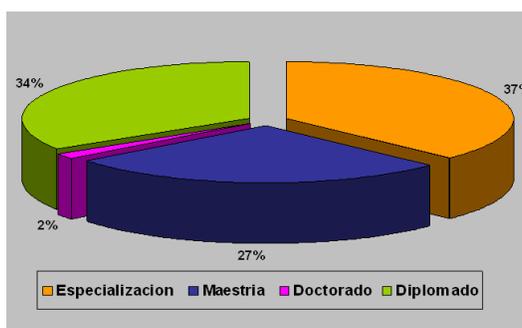
**Tabla N°1: N° Universidades AL y C – Universidades Ofertan GRD**

°	PAÍS	N° Universidades	N° Ofertan GRD	% Participación
	Argentina	103	5	4.85
	Bolivia	50	2	4.0
	Chile	61	2	3.28
	Colombia	79	13	16.46
	Costa Rica	26	3	11.53
	Cuba	17	1	5.89
	Ecuador	72	7	9.72
	El Salvador	26	1	3.85
	Guatemala	2	1	50.0
0	Honduras	14	1	7.14
1	México	143	5	3.50
2	Nicaragua	39	2	5.13
3	Panamá	33	3	9.09
4	Paraguay	32	0	0
5	Perú	91	12	13.18
6	Repu. Dominicana	34	1	2.94
7	Uruguay	6	0	0
8	Venezuela	47	4	8.51
	<b>Total:</b>	<b>875</b>	<b>64</b>	<b>7.31</b>

**Gráfico N° 1: Distribución porcentual por países de habla hispana, sobre sus programas Académicos en GRD.**



**Gráfico N° 2: Distribución porcentual por tipo de oferta académica en GRD post grado.**



A lo largo y ancho de Latinoamérica múltiples asociaciones civiles, redes universitarias y comunidades organizadas, están haciendo plausibles e importantes esfuerzos, individuales y mancomunados, para influenciar en las posturas culturales de casi 750 millones de personas, que viven en una extensión equivalente al triple de la extensión europea, con similar población.

Pero aún hay mucho por incorporar al trabajo inter-universitarios o en las cimas estratégicas de decisiones políticas y sociales de esta región del hemisferio.

Según registros recientes, en las universidades de Latinoamérica, el 57% de los estudiantes de la región cursan carreras en ciencias sociales, mientras que apenas el 16% cursan carreras de ingeniería y tecnología. (Oppenheimer 2011).

Por su parte, en China ingresan en las universidades casi 1.242.000 estudiantes de ingeniería contra 16.300 de historia y 1.520 de filosofía todos los años.

Apenas 27% de los jóvenes en América Latina están en la universidad y otras instituciones de educación terciaria, comparado con 69% en los países industrializados. Esto combinado con los registros de amenazas naturales y eventos sociales, así como la

proliferación de acciones agresivas y de orden colectivo por parte del hombre, como lo son los “*asentamientos urbanos no controlados*”, amerita acciones inmediatas.

La absoluta conciencia de que se está viviendo en la “era de las consecuencias” (Gore, 2000) es compartida por un gran número de instituciones académicas de la región y plantea un profundo dilema ético que no resiste más dilación por parte de las autoridades competentes.

En los últimos 50 años se otorga cada vez más importancia al concepto de “nivel de riesgo aceptable”. Usualmente las personas tienen la tendencia a percibir como muy peligrosos eventos poco probables pero sensacionales por sus efectos, en cambio, eventos más frecuentes pero menos espectaculares, se tiende a no darles importancia, y por lo general, son las comunidades más pobres las que asumen consciente o inconscientemente el riesgo máximo al ubicarse por falta de alternativas, en zonas de alto riesgo.

Hay mucho camino por recorrer, el riesgo aceptable no es un valor constante, por la cantidad de factores. No solo se trata de análisis probabilísticos, sino también de las apreciaciones individuales y colectivas de la población, de su nivel cultural, de su poder económico.

### **Población Estimada**

La población estudiantil demandante de esta Especialización son los egresados de las carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, de las distintas Universidades Nacionales e Internacionales, que cumplan con los requisitos de ingreso.

### **Universidades que ofrecen Especialización en áreas afines**

Existen en Venezuela otras universidades que ofrecen Especializaciones relacionadas con el área de la Gestión Integral de Riesgos, donde tienen oportunidad de ingresar los ingenieros y profesionales de carreras afines, tal como, el ofrecido por la **Universidad de Los Andes (ULA)** conjuntamente con el **Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR)**:

### **“Programa de Maestría en Gestión de Riesgos Socio-Naturales CIGIR / ULA”**

Esta Maestría en Riesgos Socio-Naturales tiene como objetivo fundamental, formar académicamente a profesionales universitarios provenientes de diversas áreas del conocimiento, como coordinadores, administradores y ejecutores de las actividades propias de la Gestión de los Riesgos Socio-Naturales, con capacidad para formular, evaluar y supervisar políticas, planes, programas y proyectos en la materia. De esta manera se asegura su contribución al fortalecimiento y desempeño de todas las instituciones vinculadas con la gestión de riesgos y con el proceso de concienciación para alcanzar el desarrollo sustentable de nuestros países.

Tomando como referencia la cantidad de egresados de las otras universidades en el área de Ingeniería Civil en los últimos años y los egresados que salen de la Universidad Católica Andrés Bello, se puede inferir que se tendría una demanda potencial de unos 100 aspirantes por año. La experiencia en los postgrados que se ofrecen en la Universidad Católica Andrés Bello en las áreas afines a la Ingeniería, muestran una población entre 20 y 200 alumnos.

**APÉNDICE C**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA DE GESTIÓN INTEGRAL**  
**DE RIESGO EN INFRAESTRUCTURAS**

## **PRIMER TRIMESTRE: ASPECTOS INTRODUCTORIOS Y GENERALES**

- *Estadística Aplicada*
- *Introducción a la Gestión Integral del Riesgo*
- *Marco Legal de la Gestión Integral del Riesgo en Infraestructuras*

Los aspectos introductorios y generales contemplan definiciones, textos legales y herramientas genéricas, relacionadas con los sistemas estadísticas, modelos de simulación, modelos de valoración para la toma de decisiones. Estas herramientas serán muy valiosas para el enfoque en todo el proceso de gestión de riesgos, es decir, aplicables tanto a la parte de amenaza, respuesta del sistema, a las consecuencias, y al propio tratamiento de las tres en forma simultánea.

Igualmente en este trimestre se presentarán los primeros fundamentos de la *filosofía el proceso* de gestión integral del riesgo en infraestructuras, desde la definición de glosario mínimo, hasta el desglose de la secuencia establecida en las diferentes etapas y el conocimiento de herramientas de valoración y ponderación de eventos relacionados con el proceso de gestión integral de riesgos.

Adicionalmente se presentará para el conocimiento y discusión del alumno, el marco normativo vigente tanto en lo relacionado con el ejercicio profesional del *gestor de riesgo*, como el marco legal y técnico que compete a los sistemas en consideración, el cual abarca los grupos de obras de infraestructura hidráulica, infraestructura de obras civiles propiamente dichas y las obras de servicio o líneas de vida. También se incluyen en a consideración de respuestas del sistema a los ecosistemas caracterizados en el medio ambiental con el enfoque general de la estructura legal correspondiente.

El conocimiento del marco legal y esto incluye la jerarquización de documentos legales tales como leyes orgánicas, leyes, normas y reglamentos, aportarán a los alumnos las relaciones de dependencia adecuadas para que, junto con el conocimiento del alcance y marco general de las normas técnicas pueda conocer con precisión, lo que en gestión de riesgo se conoce como *más allá de los estándares*.

En el desarrollo de este primer trimestre el alumno desarrollará investigaciones y experiencias en la evolución del concepto *factor de seguridad* relacionado con la resistencia del sistema o de los materiales en función de las condiciones de servicio dirigidos a caracterizar la *certidumbre* del diseño en función o en base, a sistemas de confiabilidad de la respuesta de los dichos sistemas, representados por los grupos de obras anteriormente mencionados

## **SEGUNDO TRIMESTRE: CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE AMENAZAS**

- *Amenazas Hidrológicas*
- *Amenazas Sísmicas*
- *Amenazas Geotécnicas, Ambientales y Sociales.*

La caracterización y análisis de las amenazas consiste en identificar, describir y cuantificar los fenómenos desencadenantes del riesgo. Los fenómenos desencadenantes

del riesgo pueden ser naturales, antrópicos y mixtos, siendo su cuantificación más o menos compleja en función de dicho origen.

En el caso de amenazas naturales, las más relevantes suelen ir vinculadas a crecientes, deslaves y sismos. Para ellas se han desarrollado y se utilizan profusamente descriptores estadísticos que suelen cuantificarse en términos de probabilidad anual de excedencia.

En el caso de las amenazas antrópicas, por acción directa del hombre, éstas pueden ser a su vez malevolentes (intencionadas) o accidentales (no intencionadas), siendo en cualquier caso su descripción y tratamiento estadístico muy complejo. Entre las intencionadas suele distinguirse las acciones internas de sabotaje de las de vandalismo y terrorismo.

Otras amenazas, como las derivadas de construir en zonas con incertidumbres geológicas, de proyectos ejecutados de forma no apropiada, de operaciones que requieren una tecnología específica y compleja, etc. suelen contener elementos “naturales” y “antrópicos”, y pueden adquirir distintos nombres: amenazas ingenieriles, tecnológicas, cibernéticas, etc.

### **TERCER TRIMESTRE: CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DEL SISTEMA (FRENTE A TODO TIPO DE AMENAZAS)**

- *Vulnerabilidad de Estructuras Hidráulicas*
- *Vulnerabilidad Sísmica*
- *Vulnerabilidad Geotécnica, Ambientales y Sociales*

Denominamos “sistema” a todos los componentes sobre las que actúa una “amenaza”, componentes que en la mayoría de los casos, incluyen al medio natural, las infraestructuras y el medio urbano. También es parte del “sistema” la preparación frente a emergencias, desde la formación ciudadana hasta la actuación de las fuerzas de seguridad, pasando por la capacidad de aviso y comunicación entre las autoridades (gestores del riesgo) y la ciudadanía.

La caracterización de dicha “respuesta del sistema” parte de la premisa de que la amenaza se ha materializado, y debe incorporar todo el rango de respuesta posible, incluyendo también el “fallo”.

Por ejemplo, dada una creciente, una presa puede que abra sus compuertas y funcione bien, sin sobrevertido, lo cual no quiere decir que no haya consecuencias de inundación aguas abajo. Otra posibilidad consiste en no poder abrir las compuertas, o que incluso abriéndolas se abran tarde o sean insuficientes, y se provoque *un fallo por sobre-vertido*, cuyas consecuencias serán en general mucho más severas que en caso de que fallase la presa

**CUARTOTRIMESTRE: ESTIMACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS (FRENTE A TODO TIPO DE AMENAZAS Y PARA TODAS LAS POSIBLES RESPUESTAS DE LOS DISTINTOS SISTEMAS)**

- *Estimación del Riesgo*
- *Análisis de consecuencias*
- *Seminario de Investigación I*

La consideración de los niveles de riesgo estimados por estudios especializados bajo la metodología de la gestión Integral de Riesgo y la percepción del riesgo por el *Hombre y las comunidades* que habitan y operan en los sistemas en estudio, constituye uno de los grandes retos de este trimestre.

La definición de los niveles aceptables de ruina la consideración de los niveles tolerables al riesgo en función de la caracterización de vulnerabilidades y los términos de referencia del proyecto son los fundamentales para llegar a la *zona de coincidencias* para la estimación y consideración del riesgo como variable de diseño o de consideración de proyecto.

La estimación de las consecuencias, una vez se ha materializado la amenaza y el sistema ha respondido a dicha amenaza, requiere de una cuantificación en términos de variables de muy distinta naturaleza (vidas, economía, medio ambiente, bienes culturales, etc.).

Esta cuantificación es necesaria para poder establecer comparaciones en términos de riesgo y para la definición posterior de indicadores que permitan priorizar actuaciones (inversiones).

A día de hoy, existen distintas metodologías de estimación de consecuencias en términos de vidas humanas, impactos económicos y de alto impacto sobre las estructuras sociales organizadas, resultando todavía aún más compleja la caracterización del resto consecuencias en cadena que se desarrollan progresivamente.

Por ejemplo, puede haberse producido un sismo en una zona urbana, haberse derrumbado unos edificios sí, y otros no, unas infraestructuras estar operativas y otras no y disponerse de unos medios de acción en emergencia concretos (militares, protección civil, hospitales) y de unos ciertos protocolos de actuación (planes de gestión de emergencias etc.) que resultan en una cierta estimación de víctimas, daños económicos ambientales o culturales (patrimonio artístico etc.)

**QUINTOTRIMESTRE: EVALUACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO.**

- *Electiva I*
- *Reducción y Mitigación del Riesgo,*
- *Gestión Integral de Riesgo*

La tarea de evaluación de riesgo, una vez analizado y cuantificado el mismo en los términos establecidos en las áreas de conocimiento anteriores, consiste en la

comparación de los valores de las acciones estimados en las recomendaciones y en función de los estándares de tolerabilidad.

Un ejemplo se puede observar en los sistemas de evaluación del riesgo de inundación mediante la utilización de curvas F-N como herramienta para caracterizar el riesgo de inundación en zonas urbanas de una forma completa y cuantitativa, asistiendo a la gestión y planificación frente al riesgo de inundación.

**SEXTOTRIMESTRE: *EVALUACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO.***

- *Electiva 2*
- *Seminario profesional*
- *Seminario de Investigación II*

En este periodo se presentaran y desarrollaran casuísticas particulares relacionadas la gestión integral del riesgo. Basados en el conocimiento, cuantificación y evaluación del mismo, combinado con indicadores de equidad (valores mínimos del riesgo individual) y eficiencia (ratio entre el coste de una actuación y la disminución del riesgo) se desarrollan y se discuten modelos para la toma de decisiones, es decir, la definición y priorización de actuaciones (inversiones) de mitigación de riesgo.

**APÉNDICE D**  
**MARCO DE CONVERSACIÓN CON PROFESIONALES**

Autor: María Cristina Goncalves R.  
 Tutor: Ingeniero Ricardo Rivas.  
 Entrevista al Doctor Ingeniero Roberto Centeno.  
 Objetivo: documentación complementaria, trabajo de grado.

### **Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido y su relación con sociedades Resilientes**

*1. ¿Cómo plantearía usted, el conflicto a las fronteras de aplicación entre los factores de seguridad y el manejo de la incertidumbre en proyectos de Ingeniería Civil?*

Los factores de seguridad son cifras que están derivadas por expertos que por lo general son foráneos, que vienen de otros países. Venezuela tiene condiciones climáticas diferentes de otros países, para empezar no tiene cinco estaciones sino dos por lo tanto los factores de seguridad creados para países que tienen cinco estaciones al año no pueden ser igual a Venezuela que tiene dos. Es posible que en Venezuela los factores de seguridad tengan que ser más grandes, porque de hecho, fíjate que hay muchas obras públicas que fallan y que o es por falta de mantenimiento, que ponemos una interrogación, o es porque se utilizaron factores de seguridad mucho más bajos.

Yo diría lo siguiente, existe otra manera de medir la incertidumbre mediante el margen de seguridad, es algo más sencillo, porque el factor de seguridad es una división entre la resistencia y la sollicitación. La resistencia debe ser mayor que la sollicitación, ósea, que la capacidad (que es la resistencia) debe ser mayor que la demanda, pero expresada en términos de un cociente es más complicado que expresándolo mediante una sustracción, que la capacidad menos la demanda me da lo que tengo de sobra. Sí lo que tengo de sobra va disminuyendo, quiere decir que la seguridad va disminuyendo.

*2. Según su opinión, ¿Cuál sería el avance más significativo de las normas, en su disciplina, para la consideración del riesgo en los procesos de análisis y diseño en Ingeniería Civil?*

El primer ejemplo del avance sería el uso de la estadística y de las probabilidades.

El segundo ejemplo sería el uso de la instrumentación, porque deseo expresarte con toda claridad, que una cosa es la evaluación matemática y otra la física, y una obra puede comportarse físicamente de una forma muy diferente a como supuestamente por métodos matemáticos, ósea modelos de comportamiento, pudiera estimarse que se comporta.

*3. ¿En los últimos 30 o 35 años han habido cambios en los procesos de mejoración de las sollicitaciones de carga o capacidad de respuesta de los sistemas que pudieran inferir algún intento en “controlar” la incertidumbre? ¿Me puede dar ejemplos?*

El control, como control de la incertidumbre, no siempre es posible porque depende del proceso, depende del sistema. Por ejemplo en el caso de los aeropuertos, la duración de los pavimentos en la pista va a depender del crecimiento de la aeronáutica y hoy día están sacando aeronaves que tienen hasta ochocientos pasajeros, aeronaves de carga que ni se soñaban.

Pero también ha aumentado la calidad de los materiales que se utilizan para construir por ejemplo: con las mallas, las geo-mallas, los geo-textiles, la estabilización de los suelos, la fibra de polipropileno para armar los pavimentos y los asfaltos modificados. Eso ha mejorado mucho los materiales de construcción para tratar de compensar los aumentos en las sollicitaciones.

*4. ¿Podría el factor de seguridad ya no ser un elemento tan importante para el ingeniero? ¿Qué le restó importancia?*

El factor de seguridad es una cifra derivada por un experto o por varios expertos a través de la observación, ese factor de seguridad, es un cociente entre la capacidad contra la demanda. A medida que la capacidad es mayor y la demanda es menor el factor de seguridad es más alto.

Pero el problema es que cuando el factor de seguridad, que es un cociente, viene a dar una cifra como por ejemplo 1.5, eso indica que el sistema toleraría hasta un cincuenta por ciento más de la sollicitación sin que presentara falla.

Hay dos tipos de falla, catastrófica (falla por colapso) y la falla funcional. Por ejemplo, cuando tú compras una casa con todos los ahorros de tu vida y empiezan a no cerrar las puertas y a no cerrar las ventanas y a romperse los vidrios, sin que se rompa la casa. ¿La casa ha fallado? Sí, ha tenido una falla funcional, no es la casa que tú querías comprar, ¿verdad? Entonces el factor de seguridad puede ser mayor que uno, es decir, que la capacidad sea ligeramente mayor que la demanda pero el comportamiento del sistema es malo y siendo el factor de seguridad mayor que la unidad, todavía hay falla, se llama falla funcional.

Entonces el factor de seguridad realmente no representa la condición de falla de un sistema ni el margen de seguridad tampoco, lo que hay que tener en cuenta es saber hasta dónde llega el deseo, el desiderátum, de quien la usa. Porque, si quien la usa no le importa tener las puertas que no cierran y le pone un cepillo y lo va adaptando, y el vidrio se lo cambia, no importaría mucho. Pero es que hay unas normas de convivencia mediante las cuales una persona que compra un bien tiene que comprar una cosa que sirva.

5. *¿Desde cuándo, en su opinión, las variables estocásticas tienen relevancia en la estimación de escenarios relacionados con las solicitudes?*

Las variables estocásticas, son aquellas variables que se miden en función del momento, del tiempo. Entonces, sí a mí me va creciendo la solicitud y yo no tengo método estadístico de poder decir, esta solicitud va a llegar hasta cierto valor, entonces yo no sé cómo se va a comportar el sistema, tengo una incertidumbre muy grande porque no he podido evaluar hasta donde va a crecer la solicitud.

Esto se da mucho en el aumento del tráfico pesado, porque no hay control de cargas. Por ejemplo, en el aumento notable del tamaño de la familia que en un apartamento viven diez personas en vez de cuatro y son solicitudes que por necesidad van aumentando, pero con el uso de la estadística y con la interpretación física de las mismas es posible que tengamos en cuenta ese aumento de la solicitud en función del tiempo o del momento de medición, como por ejemplo, podría ser la resistencia de los suelos tomando en invierno o tomando en verano.

6. *¿Los procesos referidos en la “dinámica de suelos” dan cuenta de un patrón nuevo de riesgos, proveniente del suelo?*

Esto es una respuesta bien complicada para poder expresar.

Hoy día, se conoce bastante mejor que ante lo que se refiere a la licuefacción de los suelos, de las arenas, cuando ocurre un terremoto, es la dinámica del suelo un proceso dinámico muy complejo pero que allí se puede ver que cuando hay un terremoto de una magnitud considerable y eso incide con el potencial de licuefacción del suelo, hay edificios que se han volcado y se han caído completamente.

Ahora, también la dinámica de suelos por ejemplo para las estructuras de fábricas que tienen máquinas que vibran, han tenido que adoptarse porque se conoce mejor como la máquina induce el dinamismo del suelo pero también se han generado muchos equipos modernos para medir la capacidad del suelo, hacia la tolerancia de estos eventos dinámicos.

Sí han habido avances bastantes grandes, el problema está en que se apliquen o que no se apliquen. Las normas indican que hay que aplicar una serie de criterios que muchas veces no se aplican.

Autor: María Cristina Goncalves R.

Tutor: Ingeniero Ricardo Rivas.

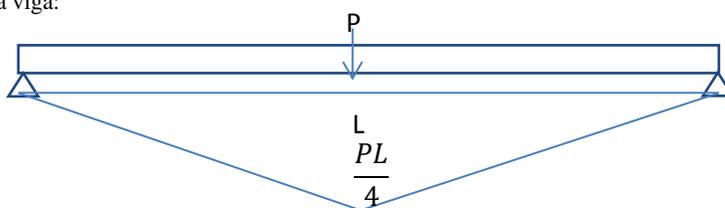
Entrevista al Doctor Ingeniero José Grases.

Objetivo: documentación complementaria, trabajo de grado.

### Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido Como Estrategia Fundamental Para Comunidades Resilientes

I. ¿Cómo plantearía usted, el conflicto a las fronteras de aplicación entre los factores de seguridad y el manejo de la incertidumbre en proyectos de Ingeniería Civil?

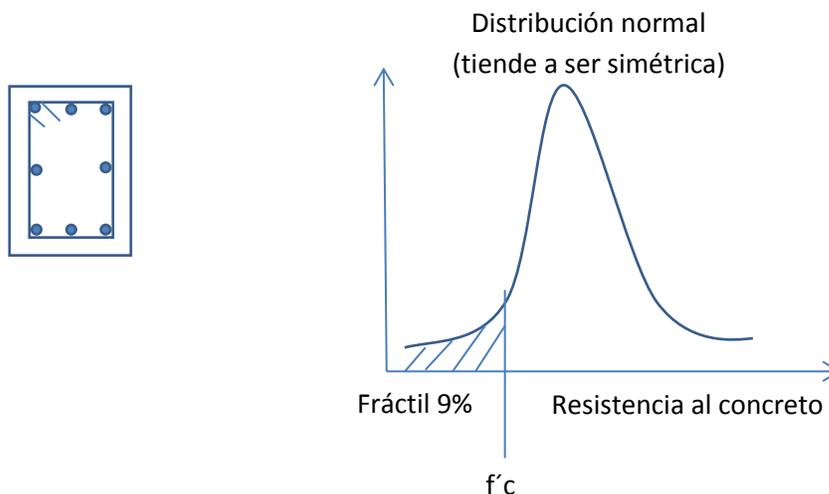
Lo podemos ver con una viga:



Momento flector máximo

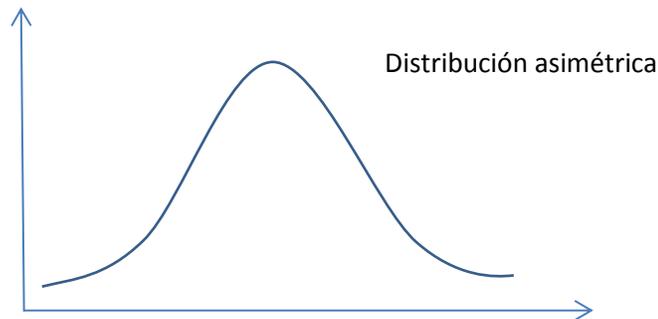
La pregunta está en, ¿Cuánto va a aguantar esta viga? Hace 40 años cuando nosotros estudiábamos ingeniería nos decían: mira esta viga tienen que diseñarla de manera tal, que pueda aguantar una carga  $2P$ , tienes que tener un  $FS=2$ , ósea, que la  $P_{\text{máx}}$  de aguante de la viga tiene que ser de  $2P_{\text{actuante}}$ .

Hoy en día esto se acabó, hay una nueva manera de ver el problema porque la resistencia a la flexión de una viga va a depender de:



- 9% de la resistencia al concreto sea menor a  $f'c$  y un 91% de que sea mayor.
- La ubicación de cabillas en obra no es la que coloca el ingeniero en el diseño, puede quedar un poquito más abajo o un poquito más arriba, entonces, la altura útil de la viga es incierta. El acero también presenta cierta incertidumbre por su resistencia.

Por tanto la resistencia a la flexión, momento flector resistente no es un número cómo suponíamos hace 40 años, sino que también tiene sus variaciones.



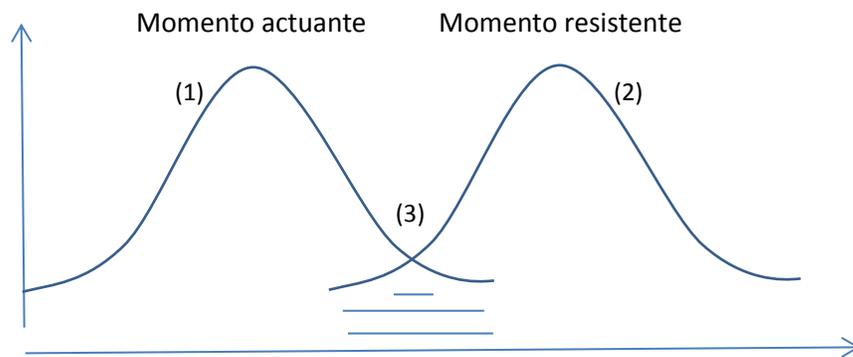
Por eso cuando diseñamos una viga contra una carga “P” decimos que hay un factor de mayoración de las acciones y hay un factor de minoración de la resistencia. De manera que:

$$(\phi_{mayorado})(M_{actuante}) \leq (M_{resistente})(\gamma_{minorado})$$

Ya no es un factor de seguridad del momento resistente sobre el actuante, sino que ahora tenemos estas combinaciones para reconocer que la resistencia de los materiales y la resistencia de la sección son fenómenos inciertos. Ahí está la separación de lo que es conocimiento formal, certidumbre total, del conocimiento que reconoce la incertidumbre.

2. *En su opinión, ¿Cuál sería el avance más significativo de las normas, en su disciplina, para la consideración del riesgo en los procesos de análisis y diseño en Ingeniería Civil?*

El proceso que yo veo más avanzado en los últimos años está en algunas normas, no en todas. En las cuales se le exige al ingeniero que una vez que termine su proyecto él tiene que hacer éste análisis y decir “mire el sismo tiene estas acciones (1), esta es la resistencia de la estructura (2) y éste número es suficientemente pequeño (3)”. Se entiende suficientemente pequeño  $1 \times 10^{-4}$ , es decir, que 1 de cada 10.000 casos pueden fallar.



3. *¿En los último 30 ó 35 años ha habido cambios en los procesos de mejoración de las solicitaciones de carga o capacidad de respuesta de los sistemas que pudieran inferir algún intento en “controlar” la incertidumbre?*

Sí, se han desarrollado algoritmos de cálculo que utilizamos en las computadoras en las cuales hemos mejorado sustancialmente la confiabilidad del análisis, ósea el error de cálculo de un calculista es menos probable si utiliza un programa bien utilizado. Se han creado herramientas que permiten dar un pronóstico más confiable sobre las acciones que uno calcula como son los momentos flectores, las fuerzas cortantes, etc.

En el caso de los terremotos tenemos información en el tiempo muy limitada, escasamente dos o tres siglos de información confiable. Esta información es muy poca tomando en cuenta que, por ejemplo, en la norma se diseña para sismos que nominalmente ocurren una vez cada quinientos años, entonces no tenemos suficiente respaldo estadístico para sustentar un pronóstico con un fundamento estadístico sino que tenemos que inferir y extrapolar la información que los geólogos nos pueden dar que es limitada.

Por ejemplo en la cota mil se encuentra una falla que va de Tacagua al Ávila, cerca de la Universidad Metropolitana se hizo una trinchera, perpendicular a la falla, para exponer la falla y que los geólogos la pudieran ver, el problema es que se hizo en el pie de monte, pie de monte es de donde provienen todos los deslaves desde hace miles de años o

millones de años, y como la traza de falla está muy profunda no es fácil interpretar los desplazamientos que uno ve en los últimos cuatro o cinco metros de un depósito aluvional si la diferencia de movimientos recientes no es tan sencilla cómo puede ser en un falla que estas en un llano, como por ejemplo la falla El Pilar que si se puede hacer trincheras que no estén cubiertas por aluviones muy recientes.

4. *¿Cómo ha evolucionado, según su opinión, el riesgo de la incertidumbre en el diseño de los sistemas de infraestructura?*

En el caso de infraestructuras y sobre todo cuando tienen una importancia grande para la sociedad, voy a citar un caso, el sistema de subir agua desde los Valles del Tuy hasta Caracas, tiene que subir casi ochocientos metros por una tubería de un metro de diámetro, entonces tiene que haber un sistema de subestaciones eléctricas, bombeo, etc. para que la tubería pueda llevar unos nueve metro cúbicos por segundo, que es lo que llega a Caracas, para tener suficiente agua pero si se interrumpe por ejemplo el sistema eléctrico el agua se devuelve y si no tengo un sistema para disipar energía podría explotar la tubería, entonces con cierta regularidad hay chimeneas de hasta cien metros de altura para que la columna de agua pueda subir, disipar la energía que traía y dejar la tubería nuevamente en condiciones operativas.

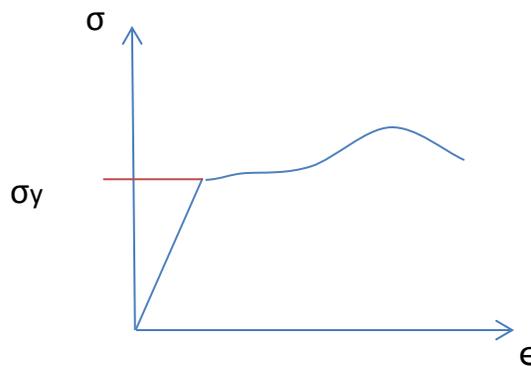
Cuando se diseñó este sistema, no teníamos conciencia que los temblores podrían ser un problema, primero para las chimeneas segundo por los deslizamientos que puede haber del terreno sea por lluvias o por sismos. Entonces eso ha sido objeto de un estudio bastante detallado para evaluar qué tan confiable es el sistema en el supuesto de que haya un sismo que interrumpa el suministro de energía eléctrica, cómo se comporta el sistema cuando no hay energía eléctrica. Se ha constatado que el sistema tiene un muy buen diseño para disipar energía y que el problema acaso más complicado sería si le dañasen los sistemas que están en las subestaciones, que son sistemas de porcelana, que pueden fallar frágilmente pero se pueden cambiar aunque el buscar los equipos llevarlos y cambiarlos puede dejar a la ciudad sin agua durante varios días, ese es el problema que hay que tener previsto con unos repuestos.

5. *¿Cuánto de información- estadística- de lo ocurrido hasta ahora, advierte con certeza en comportamientos futuros? ¿Es éste el papel de las variables probabilísticas y las estocásticas?*

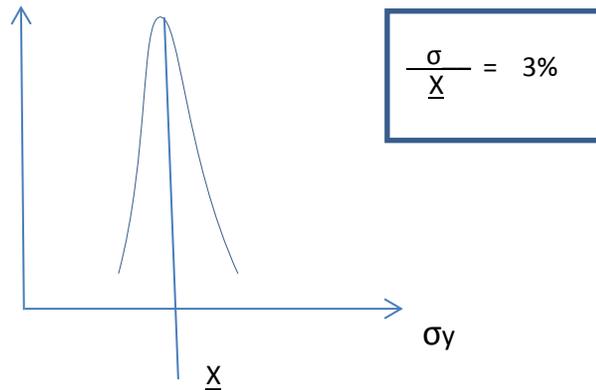
En principio nosotros no estamos seguros de nada, lo importante es que podamos reducir la incertidumbre a valores que estemos dispuestos a aceptar. Cuando la incertidumbre, al incorporarla, nos señala que la probabilidad de un desempeño indeseado (ruina) es una probabilidad demasiado alta, entonces tenemos que intervenir el sistema para reducir el riesgo.

Cuando se diseña con la norma sísmica y se cumple al 100% en ningún momento se puede decir que el riesgo de que un edificio se caiga es nulo. Por ejemplo en el caso de vivienda, se tiene un cierto peligro de que se caiga por un sismo aun cuando es pequeño porque la norma toma muchas medidas preventivas, pero cuando no hago una sino que hago mil iguales ya la probabilidad de que se caiga alguna comienza a crecer y eso hay que tomarlo en cuenta cuando uno desarrolla conjuntos de viviendas o de edificios que son nominalmente iguales pero que realmente no son iguales porque yo puedo tener una viga con un porcentaje de acero definidos, se supone que todas las vigas son iguales, pero en la realidad tienen una dispersión. Si tengo la mala suerte de que la viga no fue colocada correctamente y que además en esa zona el movimiento fue más fuerte, estoy teniendo dos factores que se confabulan para elevar la probabilidad de ruina a un nivel tal que se puede caer. Entonces es un problema probabilístico.

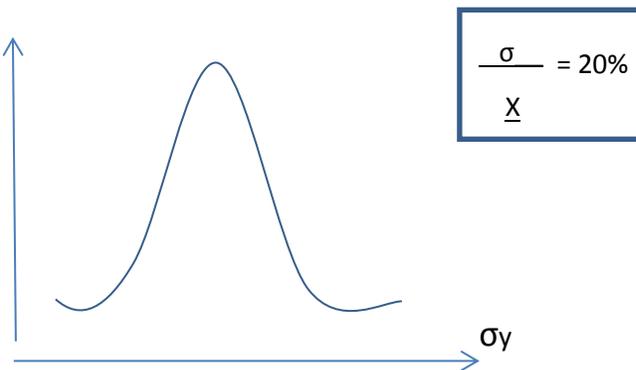
Para el caso de la variables probabilísticas y estocásticas, es más complejo ya que hay variables que tiene una alta incertidumbre y hay otras que tienen poca incertidumbre. Lo más sencillo es, sí nosotros tomamos un lote de cabillas y nos encontramos que el diagrama promedio de esas cabillas es este



Si ensayo 100 cabillas y analizamos lo que se llama el esfuerzo cedente contra función de densidad de probabilidades, la variación va a ser muy pequeña su desviación estándar va a ser muy pequeña.



En cambio sí estudiamos concreto que nos llega de una pre mezcladora ese concreto tiene una variación mayor.



Entonces en el concreto tengo más incertidumbre que en las cabillas, pero sé cómo medirlas. Es aquí donde influyen las variables.

6. *¿Es posible referirse a riesgo sísmico, sin mencionar el encadenamiento de riesgos de distintas índoles?*

Sí, estrictamente nosotros deberíamos explorar ese encadenamiento. Por ejemplo en el caso de Ecuador, este país posee un volcán llamado Reventador y en sus cercanías pasaba un oleoducto que es fundamental. Resulta que llovió casi un mes seguido y empezaron a ocurrir deslizamientos debido a la saturación de los taludes sumado a esto, se presentaron dos sismos relativamente pequeños con una hora de distanciamiento, pero suficientemente intensos para que se produjera un deslave. Este deslave produjo que la tubería se moviera de su posición inicial, se necesitaron seis meses para corregir los daños Ecuador tuvo una pérdida económica importante.

Lo interesante es, que esto se sabía antes de construir el oleoducto y pudieron realizarlo en un sitio más apropiado. Entonces hay un riesgo en concomitante que es lluvia, ósea, saturación de los taludes con un sismo, esto hay que prevenirlo.

7. *¿Cómo influenciar, en su opinión, la conciencia del individuo que se transforma en consciente colectivo para la aceptación del riesgo verdadero?*

Lo primero que hay que concientizar es al ingeniero, nosotros necesitamos que los profesionales de ingeniería tengan esto claro, porque en esa medida la sociedad está mejor protegida. Nosotros no ganamos nada enseñándoles a los niños a meterse debajo de una mesa, la responsabilidad de los ingenieros es que las amenazas naturales no sean un sinónimo de catástrofe, esta frase es del Doctor Víctor Sardi.

Autor: María Cristina Goncalves R.

Tutor: Ingeniero Ricardo Rivas.

Entrevista a Ingeniero María Barreiro.

Objetivo: documentación complementaria, trabajo de grado.

### Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido Como Estrategia Fundamental Para Comunidades Resilientes

8. *¿Cómo plantearía usted, el conflicto a las fronteras de aplicación entre los factores de seguridad y el manejo de la incertidumbre en proyectos de Ingeniería Civil?*

El factor de seguridad es un concepto que se ha venido usando ya desde hace tiempo y que relaciona la capacidad máxima del sistema contra lo que está actuando “realmente” sobre el sistema, entonces hablamos de un factor de seguridad porque hay un excedente en el resistencia. Este factor de seguridad ha evolucionado en el tiempo desde la época de Mesopotamia con el código de Hammurabi donde le decían al constructor: si la casa se le cae a la persona a la cual le estas construyendo, te vamos a tumbar tu casa, entonces bueno, yo me imagino que ahí el factor no era seguridad sino más bien de vida. Luego en la edad media la gente construía, que era más que nada los maestros, los artesanos que construían con lo que veían y decían: oye mira esto resulto y vamos hacerlo igual, si de repente querían hacerlo más grande, decían: si para esto lo hice de esta manera entonces con dos pisos más vamos a ponerle más espesor si le fallaba para la próxima cambiaban, era mucho de ensayo y error. Luego ya las normas fueron incorporando esos conceptos más que nada por eso porque se quería tener lo que unos le llaman factor de almohada y otros le llaman factor de sueño, dormir tranquilos, la idea era que la estructura se mantuviera en pie no colapsara no generara daños y no hubiese problemas. Ese factor de seguridad en las normas se refleja un poco como los factores de reducción y los factores de mayoración de las cargas y no son tampoco valores determinísticos aunque la norma los ponga como valores determinísticos, realmente han sido producto de investigaciones estadísticas de cuanto es más o menos el valor que pudiera exceder, lo que sería un promedio estipulado, lo que pasa es que tiene el inconveniente de que es para todas las estructuras por igual, para todos los casos por igual y no todas las estructuras son iguales.

Por otra parte hay autores que explican que el factor de seguridad es un poco arbitrario, ósea no tiene invariancia, de repente yo puedo tener en una estructura el factor de seguridad si tomo en cuenta es los momentos resistentes, por ejemplo, en el otro para la misma estructura tomo los momentos resistentes más la fuerza axial, dependiendo del tipo de factor que utilizamos para determinar el factor de seguridad nos pueden dar valores diferentes para la misma estructura, es decir, no tiene invariancia.

La tendencia es a trabajar un poco más específicamente hacia la estructura como tal, porque incluso nuestras normas con todos los factores de seguridad que puedan tener realmente nadie nos puede decir, después de que diseñé un edificio, la probabilidad de falla de esta estructura es de tanto, ósea las normas en este momento no nos dan esa opción.

La incertidumbre tiene muchas fuentes y muchas veces el problema de determinar bien lo que sería la seguridad de la estructura depende de cómo determinemos la incertidumbre, esto implica que es un poco más complejo el trabajo con estos parámetros, la incertidumbre no se puede medir porque muchas veces es desconocimiento de las cosas y entonces tal vez por eso el conflicto es de que las normas siempre tratan de poner algo que sea asequible al ingeniero promedio, es decir, mira tú utiliza este numerito y con eso te aseguro que no va a pasar nada. De hecho, legalmente si tú haces las cosas como lo dice la norma, estas cubierto, pero sin embargo eso no quiere decir que para todas las estructuras yo tenga una determinada probabilidad de falla o lo que sería una determinada confiabilidad que están muy relacionados los términos, entonces creo que el conflicto es ese, un poco más complejo, al hablar de incertidumbre, y tal vez por eso se rehúye un poco pero yo creo que al final todos los ingenieros deben ir por ese camino.

9. *En su opinión, ¿Cuál sería el avance más significativo de las normas, en su disciplina, para la consideración del riesgo en los procesos de análisis y diseño en Ingeniería Civil?*

Yo creo el avance más notable que tendríamos es que empezáramos ya a trabajar con los conceptos de confiabilidad, es decir que en las normas de alguna manera se introduzca el concepto de confiabilidad que está relacionado con la probabilidad de falla. Confiabilidad es uno menos la probabilidad de falla de la estructura, pero dedicado específicamente a la estructura que vamos a diseñar, porque actualmente con los factores que se tienen son factores generales para cualquier tipo de estructura y la norma no puede cubrir casos específicos, entonces los mismos factores

de reducción y mayoración no me van a dar la misma probabilidad de falla en una estructura que en otra. El futuro es trabajar ya con confiabilidad.

10. *¿En los últimos 30 ó 35 años ha habido cambios en los procesos de mejoración de las solicitaciones de carga o capacidad de respuesta de los sistemas que pudieran inferir algún intento en “controlar” la incertidumbre? ¿Me puede dar ejemplos?*

En las normas siempre están revisando y buscando porque están siempre estudiando y buscando cosas nuevas. Todo esto que hemos hablado está ya en conocimiento de todo los comités de norma y saben que de alguna manera tienen que lograrlo, un ejemplo es en la norma ACI 2000 de concreto que cambiaron los factores de minoración y mayoración, antes la carga permanente era 1.4 ahora se bajó a 1.2 la de la carga variable era 1.7 y se bajó a 1.6, eso lo que significa es que hay mucha más data y más conocimiento; a medida que tengamos más conocimiento se irán ajustando los valores y buscarán nuevos caminos y yo creo que se está trabajando bastante en eso.

11. *¿Cómo ha evolucionado, en su opinión, el riesgo y la incertidumbre en el diseño de los sistemas de infraestructura?*

El riesgo es una cosa y la incertidumbre es otra. La incertidumbre implica entre varias cosas el no dominar la data completa a veces escases de conocimiento, mientras que el riesgo es un modelo matemático en donde tú a través de ese modelo buscas tomando en cuenta las incertidumbres tomar unas decisiones las más correctas posibles, es decir, ya el riesgo implica que tú tienes que tomar en cuenta las incertidumbres, las incertidumbres no son medibles en cambio el riesgo sí es medible y tomando esas incertidumbres, tomando en cuenta todas las herramientas matemáticas estadísticas, entonces tú calculas el riesgo de determinada situación.

12. *¿Es posible referirse a riesgo sísmico, sin mencionar el encadenamiento de riesgos de distintas índoles?*

Normalmente todo está relacionado, tú puedes tener un huracán que esté relacionado con inundaciones las inundaciones te erosionan el suelo y el suelo te produce deslave, ósea que tienes todo un montón de cosas que están convexas unas con otras. El sismo por ejemplo te puede producir un tsunami, eso no quiere decir que cada vez que haya un sismo ocurra un tsunami, entonces sí tienes que tomar en cuenta el entorno y el contexto en el cual se produce porque te puede generar otros desastres.

Al momento de diseñar no se toma en cuenta que todos los casos que van a ocurrir al mismo tiempo debido a que la probabilidad es baja, pero sí se deben tomar las previsiones necesarias.

13. *¿Cómo influenciar, en su opinión, la conciencia del individuo que se transforma en colectivo para la aceptación del riesgo verdadero, del riesgo que ocurre?*

Yo creo que eso es información, enseñanza. Introducir ya en las universidades el concepto y no solo en las universidades sino entre la gente común a través por ejemplo de programas de televisión un poco para que la gente esté consciente de que por ejemplo, tú no puedes hacer reformas en tú apartamento así como a ti se te ocurra, sino que existe todo un procedimiento, tienes que solicitar un permiso en ingeniería municipal y es por eso porque te tienen que decir: oye mira aquí no puedes hacer eso por tal cosa, puedes modificar la estructura puedes modificar las inercias, la rigidez, entonces eso yo creo que hay que hacerlo. Pero sobretodo empezar en la universidad ya a explicarles lo que realmente está pasando para que la gente sepa: oye mira tenemos que pensar en términos de probabilidad de falla.

Autor: María Cristina Goncalves R.

Tutor: Ingeniero Ricardo Rivas.

Entrevista a Ingeniero Arnaldo Gutiérrez.

Objetivo: documentación complementaria, trabajo de grado.

### **Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido Como Estrategia Fundamental Para Comunidades Resilientes**

1. *¿Cómo plantearía usted, el conflicto a las fronteras de aplicación entre los factores de seguridad y el manejo de la incertidumbre en proyectos de Ingeniería Civil?*

No hay un conflicto, hay es un desconocimiento del manejo de las herramientas y de los conceptos porque si hubiera conflicto daría la idea que conocen del tema pero aquí no hay suficiente dominio de la herramienta por parte de la gente que maneja proyectos de ingeniería civil. Este desconocimiento parte porque en la formación del ingeniero no se le da el peso.

2. *Según su opinión, ¿Cuál sería el avance más significativo de las normas, es su disciplina, para la consideración del riesgo en los procesos de análisis y diseño en Ingeniería Civil?*

Ha habido mejoras en la estimación de la amenaza, por ejemplo, en Venezuela no hay muchos registros de terremotos fuertes, pero es que no se necesita terremoto fuerte. Para el caso de Tucacas, que fue más o menos de la magnitud e intensidad de lo que se registró en Caracas se dañaron dos o tres hoteles y cuando uno revisa el problema es que se presentan las mismas fallas de siempre, es decir, estamos repitiendo las mismas fallas columna corta, primer piso débil, etc. Entonces no es problema de mejorar el conocimiento de la amenaza sino reducir la vulnerabilidad.

Ahora es un problema, sobre todo ahorita y a nivel mundial, reducir la vulnerabilidad por la cuestión de los costos. ¿Cómo convences tú a una junta de condominio a que hay que reforzar el edificio?

¿Puede el ingeniero cometer errores debido a la situación del país?

El ingeniero siempre tiene qué de acuerdo a su ética profesional y a sus conocimientos hacer lo que él pueda, lo mejor posible. Eso es Ingeniería, hacer lo mejor posible con los recursos disponibles y tratar de reducir la incertidumbre, por ejemplo en el uso de los materiales. ¿Qué habría que hacer? Por lo menos ser más riguroso en la inspección.

3. *¿En los último 30 ó 35 años ha habido cambios en los procesos de mejoración de las solicitudes de carga o capacidad de respuesta de los sistemas que pudieran inferir algún intento en "controlar" la incertidumbre? ¿Me puede dar ejemplos?*

Sí han mejorado las normas, pero una cosa es el papel el computador y otra cosa es lo que tú haces en obra. Tú puedes hacerlo de acuerdo a las normas o usando el SAP el ETAPS y hacerlo mal, hay muchas gente que utiliza mal los programas, es más, la gente cree que porque maneja los programas ya está haciendo ingeniería, no, por eso es que en clase se les insiste en hacerlo a mano para cuando la gente la haga en automática tenga cómo controlarlo.

Entonces, hay herramientas pero se pueden estar utilizando mal, las normas no son la resolución de todo. Tenemos que buscar una forma en que las comisiones de norma funcionen bien, actualizando toda la norma en bloque y buscar un mecanismo de adaptación, aquí estaría también la universidad involucrada.

4. *Sistemas resilientes. ¿Cómo se aplican estos en ingeniería?*

Esto es un concepto de la escuela MCER, donde tengo un sistema ocurre un evento el sistema cae entra en modo de operación y lo que me interesa es volverlo a operación lo más rápido posible. Por ejemplo, se va la luz ¿Qué le interesa a la gente? Que le venga la luz lo más rápido posible, entonces la gente de la electricidad tiene que buscar la falla y recuperar el sistema a su nivel de operación, entonces hay un modelo que se hace.

Existe el término resiliencia que es recuperar el sistema a su operatividad lo antes posible, pero ahorita mientras tanto con la filosofía que tenemos nos estamos manejando con los estados límites, esta es la única prueba que tenemos de que estamos haciendo las cosas más o menos bien, porque cómo yo me planteo la pregunta y me doy la respuesta, tengo que tener un mecanismo que me diga si lo estoy haciendo bien o no.

Entonces ahorita no se maneja el sistema resiliente, se maneja en algunas empresas por ejemplo en telecomunicaciones, en servicios eléctricos, en la escuela MCER. Pero no lo tiene la ingeniería como tal, el ingeniero lo que hace es verificar sus estados límites.

Para comunidades resilientes, hay un ejemplo notorio en Venezuela en la cual la Fundación Polar, con el desborde el río Limón, lograron implementar unos sistemas en los cuales ellos van viendo cómo va lloviendo en las cabeceras, van alertando, incluso la gente se prepara y ellos mismos hacen su alerta temprana. Eliminan entonces las fuentes que me hacen vulnerables.

Autor: María Cristina Goncalves R.

Tutor: Ingeniero Ricardo Rivas.

Entrevista a Ingeniero Ángel Rangel

Objetivo: documentación complementaria, trabajo de grado.

### **Riesgo Evaluado vs. Riesgo Percibido Como Estrategia Fundamental Para Comunidades Resilientes**

**I.** *En su opinión, ¿Cuál sería el avance más significativo de las normas, en su disciplina, para la consideración del riesgo en los procesos de análisis y diseño en Ingeniería Civil?*

Venezuela tiene unas características extraordinarias, somos la puerta de entrada a América del Sur, tenemos un clima envidiable invierno: las lluvias y verano: las sequías. Pero igualmente, así como reconocemos esas grandes ventajas equidistantes del mundo y lo que aprendemos en la vida y en la escuela, Venezuela tiene unas particularidades que hay que atender que es el tema por ejemplo que esa misma ubicación, nos hace propensos al tema sísmico en toda la cara Norte de nuestro país da entre la placa Suramericana y la placa del Caribe. Tenemos una Cordillera preciosa, pero por supuesto esa Cordillera también tiene una falla sismogénica, es así como Venezuela por ejemplo todo Occidente, Centro Norte y Oriente forman parte de esos sistemas de falla que hay que tomar en cuenta y que tienen muchas actividades desde el punto de vista sísmico.

Esa ubicación Caribeña tropical también tiene algunos eventos vinculados a amenazas socio-naturales, como son las propias lluvias, el tema de las inundaciones, tormenta y huracanes, sequías importantes. Recientemente tuvimos una sequía significativa y la gran experiencia es que no logramos incorporar la variable riesgo en los planes de desarrollo, en los uso de suelo, el ordenamiento del territorio y particularmente en el tema de normas, no solo de ingeniería civil.

Es de destacar que Venezuela avanzó muchísimo después del terremoto de Caracas del 67 y todo lo que fue ese gran proceso de normas en el área de sismo resistencia, encabezado por el profesor Grases que ha sido uno de los grandes hombres profesionales que ha llevado adelante este tema en el país y el desarrollo sismo resistente finales de los años 70, particularmente en la Central y en Universidad de Mérida. Está la norma sismo resistente, pero recientemente tenemos una norma que puede ser aplicada transversalmente a todos los espacios del conocimiento y del desarrollo profesional, por ejemplo es la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, promulgada en el 2006. Lamentablemente no ha tenido el encuentro con el país con el estado con sus políticas con el ejercicio que ha debido tener pero yo creo que es un avance importante.

*¿Por qué cree usted, que no se ha considerado esa ley, no ha tenido eso que usted llama encuentro?*

Porque tiene dos detalles hay un problema cultural venezolano que está dentro de las instituciones, ciudadanos, comunidades, y es que no entendemos cuán importante es actuar antes y no después. Actuar en prevención y mitigación por ejemplo, y eso implica tomar medidas en el diseño, en la construcción y no esperar que falle una instalación, una infraestructura para tomar medidas para reforzarla o para reconstruirla una vez que han sido destruidas.

Esto es muy de la conducta latinoamericana, y particularmente en el caso venezolano sucede con mucha regularidad, que encontramos ese tipo de situaciones, entonces, leyes y normas que fundamentalmente están orientadas para darnos herramientas y ayudarnos en el arte, sencillamente no las tomamos en cuenta no las incorporamos como variables de cálculo de diseño de decisión y por supuesto hay otro detalle, desde el punto de vista de políticas públicas no ha habido voluntad política de los gobiernos para que el estado lo asuma como debe ser: una gestión que involucra todos los niveles del sector público, nacional, regional, municipal que deben trabajar coordinadamente y que toca a todos los entes y todas las acciones.

Yo pongo como ejemplo, si se va a diseñar una escuela o un hospital, las finanzas que se van a otorgar ahí, deben tomar en cuenta si la variable riesgo fue incorporada para evitar que esa escuela, ese hospital se construya en una zona de alto riesgo, que el dinero se vaya a perder, la infraestructura también y la vida que está ahí.

La educación también forma parte de esa cultura, en la planificación del desarrollo, pareciera que los planificadores piensan que es un tema para los bomberos para protección civil o para los ingenieros en riesgo y no, todas las decisiones que se tome sobre este particular tiene que incorporarse la variable riesgo, y esa ley lleva esa intención que la gestión de riesgo sea un concepto que se aplique a la política pública a todos los niveles.

*¿Es decir, estamos hablando de un lenguaje interdisciplinario?*

Totalmente, no hay manera de abordarlo que no sea interdisciplinario para tener la visión amplia y lograr los objetivos en los planes de prevención, mitigación, recuperación y por supuesto la capacidad de resiliencia, todo lo que se haga en materia de desarrollo tiene que incorporar esa variable riesgo para hacer ese desarrollo sustentable, para que la calidad de vida sea la que en un futuro nos merecemos y por supuesto, la vida que es lo más importante, esté en resguardo.

2. *¿La sociedad venezolana se puede catalogar como sociedad resiliente? ¿Por qué?*

No definitivamente no, somos una sociedad de alta vulnerabilidad, vulnerabilidad física, económica, social, política, por qué: cuando tenemos una sociedad como yo anteriormente te señalaba, que siempre estamos pensando que las cosas le pasan al otro y no a nosotros, entonces, no tomas medidas. Cuando no tienes conciencia de la necesidad de organización local, social para prevenir y para atender siempre pensamos que es responsabilidad de otros, cuando hay un desborde de un río o quebrada a lo mejor la expresión de los ciudadanos –es que el gobierno no hizo, es que la alcaldía no hizo el mantenimiento- y no revisamos que nosotros fuimos los que deforestamos o intervenimos la cuenca o lanzamos la basura. Entonces, eso afecta el concepto del manejo de riesgo que debe estar incluido en todos y cada uno de los actores, y actores somos todos en este tema.

Hay un tema cultural que hay que atender, de formación de educación ciudadana, hay otro de capacidades tanto tecnológicas como de disponibilidad de información para atender esas vulnerabilidades. Pero no es solo de los ciudadanos las instituciones también tienen serias limitaciones, porque siempre en el caso venezolano, uno que ha estado en esto casi 30 años, siempre estamos corriendo detrás de los desastres todo el tiempo es reactivo y no proactivo, y la resiliencia no la construyes corriendo detrás de las cosas después que ocurren sino preparándose.

Nadie hace bien lo que no sabe y no vas a tener capacidad de resiliencia sino te preparas para hacerlo, tienes que tener capacidad financiera, recursos, formación, disponibilidad, tecnología, es decir, eso es lo que da resiliencia. Nosotros estamos un poquito lejos de ello, yo creo que los últimos eventos los últimos 15-20 años han abierto un poquito la conciencia, no quiere decir que no hemos avanzado, hemos avanzado, lo dije hay unas leyes bastantes recientes hay cierta responsabilidad ha habido cambios locales que es importante.

Yo estoy convencido de que esto tiene que venir de abajo hacia arriba, desde el nivel local, si tú no fortaleces el nivel local no vas a lograr esa resiliencia deseada.

3. *Director de defensa civil,*

*Sobre la base del “desconocimiento” o “desvaloración” del riesgo ¿Cuáles han sido sus experiencias más importantes donde una sola decisión u orden (de gobernabilidad), fue fundamental para la preservación de vidas?*

Hay iniciativas que se han hecho a niveles locales bien importantes, lamentablemente posterior a desastre. Pareciera que tiene golpearnos un desastre para movernos la sensibilidad. El problema es que el interés local tiene que venir acompañado de un interés y recursos regionales y nacionales, los estamentos del poder público tiene que trabajar de manera coordinada tiene que haber un diseño de política nacional que baja hasta el nivel local.

Los últimos años el tema político ha sido una de las condiciones de mayor vulnerabilidad por ejemplo, que si el tema ideológico, un estado cuya autoridad civil no es afín a la autoridad del nacional pudiera no recibir recursos o ser intervenido por recibir participación del gobierno nacional sin tomarlo en cuenta, y eso es terrible, porque las emergencia y a atención del riesgo requieren mucha coordinación porque no hay institución que lo tenga todo, como no hay sociedad que lo tenga. Por eso se decreta por ejemplo, desastres nacionales y ayudan otros países o un municipio se declara en desastre y los otros municipios lo ayudan y el estado regional lo ayuda, porque no hay, dependiendo de la magnitud de los efectos, capacidades individuales para resolver este tema y el tema político de Venezuela es, un tema de vulnerabilidad política. No hay esa disposición de sentarse, de coordinar, de trabajar mancomunadamente, de apoyarse y de diseñar políticas que todos entiendan que hay que participar, con un agravante, que pareciera que el tema de la gestión de riesgo, el manejo de los desastres y la construcción de la resiliencia, es un problema nada más de autoridades, de gobiernos, no, es un problema de la sociedad, del sector privado de la academia. Todos los actores tienen que estar ahí, y hay que tener voluntad política para llamarlo a trabajar conjuntamente y las leyes, tanto la de gestión de riesgo como la de administración de desastre incitan en su espíritu a que se construyan esas alianzas y todavía no hemos podido hacerlo.

*¿Qué le recomienda usted a los ingenieros que se están graduando o que ya están formados con respecto a este tema?*  
Que asuman el tema de la gestión riesgo y la incorporación del riesgo en sus diseños, en el ejercicio profesional, en la construcción, en la inspección, en donde se encuentre, así sea en un organismo que tiene que autorizar la construcción o la evaluación de instalaciones de infraestructuras, que entienda que este es un problema ético, aquí tenemos que entender que lo que nosotros los ingenieros hagamos o dejemos de hacer, cuesta vidas y la vida no se recupera, el puente se puede caer, el edificio, pero para nosotros es importante esa conducta ese comportamiento de esa instalación de esa infraestructura, porque nos preocupa la vida y si tomamos las medidas antes, y así como incorporamos la variables sísmica en un diseño, revisamos las probabilidades de inundación o el tema de incendio o el tema de explosiones el tema de la sequía, el tema de deslizamiento por supuesto que esa infraestructura va a estar en las mejores condiciones para soportar la embestida, los fuertes vientos, el empuje del agua, desplazamientos a nivel del suelo.

Además hay algo que tiene que acompañarnos, que tampoco está en nuestra vida cotidiana, el tema del mantenimiento, la inspección y el mantenimiento, es necesario, se diseña bajo normas, se construye bajo normas con calidad pero ahí no queda la vida de una instalación, hay que continuarle la vida, hay que mantenerla, inspeccionarla, fortalecerla, reforzarla ante una avería, que si no se atiende pasa lo que pasa comúnmente con las fallas de borde en la vialidad, que no se atiende la falla de borde por precipitaciones por cargas por efectos de otros agente, se va incrementando se levanta la capa asfáltica, se destruye la vialidad y entonces decimos - la lluvia destruyó la carretera, la lluvia destruyo el puente - no, si hubiésemos atendido ese sistema vial con inspección con reforzamiento con mantenimiento no le echaríamos la culpa a la lluvia y veríamos que el tema de la inspección del mantenimiento le alarga la vida.

*4. ¿Cuáles son los sistemas de alerta temprana, que usted recuerde más importantes, manejados por las comunidades? ¿Me puede dar ejemplos?*

Cuando tú identificas una amenaza, en algún momento ella se materializa, aun cuando hayas tomado medidas desde el punto de vista estructural (medidas de ingeniería) y no estructural, (medias por ejemplo de educación) cuando atiendes ese tema siempre debes tener, y es fundamental para el éxito, disponer de sistema de alerta temprana que puedan notificarle a los ciudadanos que viene una condición un poco adversa que se va a materializar una amenaza y qué hay que tomar medidas.

El éxito, por ejemplo, de los registros de afectaciones en sociedades del Mundo ha sido la alerta temprana, por supuesto primero identificas la amenaza, luego tomas medidas y después preparas a los ciudadanos y parte de la preparación es que dispongan de mecanismos que les permitan comunicarse, alertar, que le sean del conocimiento público que algo está aconteciendo para que procedan de acuerdo a los planes que han elaborado previamente. Si tú logras tocar un pito o una cacerola por la crecida de un río, bueno, los ciudadanos sabrán, si le has explicado, que deben ir a zonas más altas poner a resguardo equipos importantes de su casa, desconectar la electricidad y esperar a que baje las aguas para regresar a sus viviendas. Podríamos tener afectación de instalaciones de viviendas, pero salvamos la vida.

Hay sistemas de alerta temprana que utilizan una alta tecnología, excelente donde los puedas tener, el caso venezolano ha sido terrible hay zonas que se han instalado sistemas de alerta temprana de alta tecnología y lamentablemente han sido desmanteladas, han sido robados los equipos, es un tema delicado que tenemos en la sociedad venezolana. Hay otros casos que han resultado satisfactorios yo tuve una experiencia en Vargas en el año 2000, después de la tragedia, en el sector de Piedra Azul, por ejemplo le entregamos siendo yo director nacional de Defensa Civil, escogimos esa zona como ensayo y le entregamos a cada vivienda dos pitos y le explicamos cómo tenían que usarlo, cuantos pitos tenían que dar cortos o largos en caso de emergencia a donde dirigirse y que responsabilidad tenían los jefes de familia hombres o mujeres para con ese instrumento tan sencillo.

Para Julio-Agosto del año 2000 hubo una crecida importante y empezó a sonar el pito cuando la gente se da cuenta que el color del fluido del río de Piedra Azul, que ya venía con sedimentos. Cuando empezaron a ver, porque quien conoce más que los habitantes que están ahí, el cambio en el fluido empezaron a sonar sus pitos con un sentido de la responsabilidad y recuerdo que un diario venezolano tituló "Los pitos de Rangel funcionaron" y la gente salió no tuvimos un herido.

La gente entendió, hay que confiar en los ciudadanos darles herramientas y responsabilidades, y más cuando se tratan de la vida, por qué quienes responden a una emergencia primero, ¿las autoridades? No, responde el que está en la emergencia.

No puede llegar ningún gobierno, ninguna autoridad ninguna organización a imponer unas reglas o a pensar que con tecnología lo va a hacer, tienes que trabajar con lo que tengas ahí. Cuando trabajamos por ejemplo un plan de riesgo,

no le vamos a llegar con herramientas de ingeniería, sencillamente nos sentamos y hacemos con ellos el mapa de riesgo, además tienen un registro histórico impresionante, y te vas dando cuenta como se fue construyendo el riesgo a través de sus anécdotas.