



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS  
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**UNIDAD ZACATENCO**

**“Adaptación al cambio climático con fuentes de  
energía renovables y descentralizadas “**

**TESIS**

Que presenta

**Horacio León Camacho**

Para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**En Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad**

Directores de tesis: Dr. Arturo Morales Acevedo

Dr. Bruno Gandlgruber.

México, Distrito Federal

Febrero 2016



## **Agradecimientos**

A CONACYT por el apoyo financiero que permitió la realización de este trabajo.

A CINVESTAV por todos los apoyos, y facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

A mis asesores por su tiempo, consejos y asesoría.

Al Dr. Arturo Morales Acevedo, por su visión, paciencia, críticas constructivas, orientación y amistad.

Al Dr. Bruno Gandlgruber, por sus ideas, orientación, aportaciones y amistad.

A Sonia Solórzano, por su amistad, y orientación en todos los trámites requeridos.

A Miguel Sosa, por su apoyo en conferencias y seminarios.

A Alexis León García, por el soporte técnico.

## Dedicatorias

A mi Padre. A tú memoria, con todo respeto y cariño.

A mi Madre. ¡Gracias!, por tús consejos y cariño.

A Gaby García. Por tú paciencia y apoyo, ¡Gracias!

## **INDICE**

Resumen	1	
Abstract	2	
Lista de Figuras	3	
Lista de Tablas	7	
Nomenclatura	11	
Hipótesis y Objetivos	13	
<b>Capítulo 1</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1	Introducción	16
1.2	Antecedentes	18
1.3	Cambio climático	23
1.4	Desastres naturales y riesgos	27
1.5	Sustentabilidad, energía e instituciones	32
1.6	Impactos sobre la infraestructura eléctrica centralizada	35
1.7	Interrupciones de suministro eléctrico a nivel mundial por causas climáticas	37
1.8	Daños sobre la infraestructura eléctrica	39
1.9	Factores que incrementan el desastre	45
1.10	Conclusiones	46
<b>Capítulo 2</b>	<b>DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD LOCAL AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO</b>	
2.1	Introducción	50
2.2	Vulnerabilidad	50
2.2.1	Componentes de la vulnerabilidad	54
2.3	Metodología de análisis	55
2.4	Análisis macro regional	57
2.4.1	Declaratorias de desastre	58
2.4.2	Índice cualitativo compuesto de peligro	58
2.4.3	Índice de vulnerabilidad climática	59
2.4.4	Inundaciones	61
2.4.5	Incremento en el nivel del mar	62
2.5	Análisis regional	63
2.5.1	Construcción de indicadores	66
2.5.2	Índice promedio de vulnerabilidad	80
2.5.3	Índice global de vulnerabilidad	82
2.6	Conclusiones	84
<b>Capítulo 3</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	
3.1	Espacio y modelo de capacidad de respuesta	88
3.2	Metodologías para el análisis de adaptación	90
3.3	Capacidad de adaptación y disponibilidad de servicios críticos	92
3.4	Indicadores de capacidad de respuesta	97
3.5	Capacidad de respuesta en la comunidad de estudio	98
3.5.1	Identificación geográfica de la región	98
3.5.2	Identificación de infraestructura crítica	99
3.5.3	Zonas expuestas	100
3.5.4	Medidas de adaptación institucionales	101
3.6	Conclusiones	107

<b>Capítulo 4</b>	<b>ENERGÍAS DISTRIBUÍDAS PARA SOPORTE EN SERVICIOS CRÍTICOS</b>	
4.1	Introducción	112
4.2	Resiliencia	112
4.3	Energías renovables descentralizadas o Distribuidas	114
4.4	Perfiles de carga de servicios críticos	115
4.5	Diagrama de Interdependencias (IFI's)	116
4.6	Resumen de Consumos críticos y Escenarios	123
4.7	Energía Eólica	124
4.8	Energía Solar	133
4.9	Almacenamiento en Baterías	137
4.10	Sistema Híbrido	145
4.11	Conclusiones	148
<b>Capítulo 5</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	
5.1	Conclusiones finales	152
5.2	Trabajo de investigación futuro	161
	<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>163</b>
<b>Anexo A</b>	Impactos sobre el sistema centralizado	<b>178</b>
<b>Anexo B</b>	Soluciones portátiles de generación eléctrica	<b>180</b>

## **Resumen**

Los cambios abruptos en el clima, plantean nuevos retos, entre ellos la combinación de peligros y vulnerabilidades locales, ambos aspectos complejos, que generan situaciones imprevistas y catastróficas para la sociedad, particularmente cuando se habla del sector eléctrico.

Los cortes de electricidad, suelen ser frecuentes, mal informados, mal atendidos, y escasamente considerados, sobre todo, cuando las causas se atribuyen a fenómenos “Naturales”.

Diversas herramientas fueron estudiadas, para identificar y construir una metodología apropiada que permitiera integrar la capacidad de adaptación institucional y la mitigación con fuentes renovables de energía descentralizadas.

Como resultado, se ampliaron las dimensiones y criterios de la rueda de capacidades de adaptación, estableciendo un puente de unión, entre la disponibilidad eléctrica y la operación institucional. Enfocando la investigación a la atención de servicios críticos, aquellos que soportan la vida y permiten la funcionalidad estructural de los medios interfuncionales, como hospitales, gasolineras, farmacias, suministro de agua, entre otros. El suministro bajo condiciones críticas es cubierto con fuentes renovables de energía descentralizadas, energía solar, energía eólica, medios de almacenamiento, y sistemas híbridos, en función de escenarios de autonomía, entre ellos, 10, 15 y 20 días.

El análisis de capacidad de respuesta, fue aplicado para el estado de Veracruz, que cuenta con 212 municipios, por lo que la matriz global de vulnerabilidad, resulto en el manejo de 6572 datos, los cuales fueron normalizados y jerarquizados, para posteriormente ser ilustrados en mapas temáticos.

La evolución de la investigación permitió establecer, que las fuentes de energía renovables y descentralizadas o distribuídas, son esenciales, para mejorar las capacidades de adaptación frente al cambio climático, ya que su utilización reduce los impactos.

El modelo de respuesta generado, es aplicable a cualquier región, generando nuevas preguntas sobre la capacidad de respuesta en zonas sujetas a sequias, y la combinación de análisis con otras regiones.

La investigación es novedosa, pues aporta investigación en el campo de la integración de la adaptación y la mitigación.

## **Abstract**

Abrupt changes in climate, raise new challenges, including the combination of local hazards and vulnerabilities, both complex issues that create unforeseen and catastrophic situations for society, particularly when talking about the electricity sector.

The power outages, are frequent, poorly informed, poorly attended and poorly considered, especially when the causes are attributed to "natural" phenomena.

Several tools were studied to identify and build an appropriate methodology to allow integrate adaptative capacity with mitigation, using decentralized renewable energy sources.

As a result, the dimensions and criteria of adaptative capacity wheel, were expanded, establishing a union bridge between the power availability and the institutional operation. Focusing on critical care services, those who support life and allow structural functionality, such as hospitals, gas stations, pharmacies, water supply, among others. The supply under critical conditions is covered with decentralized renewable energy, (solar power, wind power, storage media, and hybrid systems), based on scenarios of autonomy, including 10, 15 and 20 days.

The analysis of response capacity, was applied to Veracruz, México, which has 212 municipalities; so the overall matrix of vulnerability, resulted in the use of 6572 data, which were normalized and prioritized and then were depicted in thematic maps.

The evolution of research allowed to establish, that the renewable and distributed energy, are essential to improve the adaptive capacity to cope climate change, as their use reduces impacts.

The generated response capacity model, is applicable to any region, generating new questions about the responsiveness in areas subject to drought, and the combination of analysis with other regions.

The research is novel, as it provides research in the field of integration of adaptation and mitigation.



## **Lista de Figuras**

### **Capítulo 1**

- 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero de 1970 a 2004
- 1.2 Emisiones anuales de gases de efecto invernadero por sector
- 1.3 Temperatura global anual
- 1.4 Incremento en el nivel de mar
- 1.5 Mareas altas por tormentas y el incremento del nivel del mar
- 1.6 Clasificación de desastres naturales
- 1.7 Los 10 primeros países por número de desastres reportados en 2012
- 1.8 Riesgos a nivel mundial
- 1.9 Diagrama esquemático del riesgo ante cambio climático
- 1.10 Riesgos aceptables, tolerables e intolerables
- 1.11 Enfoque de sustentabilidad
- 1.12 Interrelaciones entre los sistemas de energía, y las instituciones.
- 1.13 Causas naturales de apagones eléctricos
- 1.14 Impactos al sistema eléctrico centralizado por eventos climáticos
- 1.15 Historial de eventos relacionados con temperaturas extremas, olas de calor, sequias e incendios forestales que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)
- 1.16 Historial de eventos significativos relacionados con tormentas de hielo y nieve que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)
- 1.17 Historial de eventos significativos relacionados con tormentas eléctricas y tornados que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)
- 1.18 Historial de eventos relacionados con Huracanes, precipitación, inundaciones y vientos extremos que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)
- 1.19 Trafico colapsado por la ausencia de electricidad en Mumbai, India

- 1.20 Servicios críticos, no disponibles. Huracán Sandy 2012, NYC, USA
- 1.21 Tiempo de inactividad energética
- 1.22 Afectación del Río Elba, Alemania, 2013
- 1.23 Afectación al sistema eléctrico por huracanes y precipitación en México 2001-2013
- 1.24 Impactos de huracanes Ingrid y Manuel en México 2013
- 1.25 Daños en Guerrero, México
- 1.26 Valparaíso, Chile, afectaciones por Incendio forestal

## **Capítulo 2**

- 2.1 Marco conceptual para el análisis de vulnerabilidad
- 2.2 Interrelación entre impactos de cambio climático, vulnerabilidad y adaptación
- 2.3 Modelo de capacidad de respuesta y análisis de vulnerabilidad
- 2.4 Mapa de vulnerabilidad de México ante el cambio climático
- 2.5 Declaratorias de desastre (2000-2012)
- 2.6 Estados donde se ubican los municipios con vulnerabilidad climática muy alta
- 2.7 Porcentaje de población vulnerable a inundación
- 2.8 Escenarios de precipitación y temperatura, Veracruz, México
- 2.9 Indicadores de sensibilidad
- 2.10 Mapa de valor de carga pérdida del estado de Veracruz
- 2.11 Mapa de costos por hora del estado de Veracruz
- 2.12 Mapa de exposición por declaratorias de emergencias a nivel municipal, Veracruz
- 2.13 Mapa de exposición por declaratorias de desastres a nivel municipal, Veracruz
- 2.14 Mapa de vulnerabilidad con el método de Patnaik y Narayanan

## **Capítulo 3.**

- 3.1 Espacio de respuesta

- 3.2 Modelo de capacidades de respuesta
- 3.3 Rueda de capacidades de adaptación, disponibilidad de servicios críticos
- 3.4 Mapa de la región de estudio
- 3.5 Servicios escolares y de salud en la región
- 3.6 Servicios para el transporte y el hogar
- 3.7 Servicios financieros
- 3.8 Vista aérea del municipio de Alvarado, Veracruz
- 3.9 Contaminación de laguna
- 3.10 Rueda de capacidades de adaptación para el municipio de Alvarado, Veracruz

#### **Capítulo 4.**

- 4.1 Energía centralizada vs Energía distribuida local
- 4.2 Energías descentralizadas o Distribuidas frente a crisis climática
- 4.3 Áreas de la Energía Distribuida
- 4.4 Consumo de Energía por sectores
- 4.5 Estimación del Diagrama de Interdependencias. Participación de Sectores Críticos
- 4.6 Suministro de electricidad para utilización de agua
- 4.7 Suministro de electricidad para abastecimiento de combustibles (gasolinas)
- 4.8 Suministro de electricidad en alumbrado público
- 4.9 Suministro de electricidad para un pequeño refugio de emergencia
- 4.10 Escenarios de consumo de electricidad, con y sin medidas resilientes
- 4.11 Costos por hora
- 4.12 Estaciones Meteorológicas, anemométricas y velocidades de viento promedio 2001-2006
- 4.13 Velocidad de Viento mensual 2001-2006, Alvarado, Veracruz
- 4.14 Velocidades promedio de viento a 80 metros de altura

- 4.15 Variación de las velocidades de viento, por día, Alvarado, Veracruz
- 4.16 Función de Weibull vs Velocidad de viento
- 4.17 Factores técnicos de evaluación de turbinas eólicas
- 4.18 Diámetro de rotores para turbinas eólicas
- 4.19 Sistemas fotovoltaicos conectados y aislados a red
- 4.20 Irradiación global kWh/m<sup>2</sup>-día
- 4.21 Costos por módulos Fotovoltaicos, para cobertura del 10%
- 4.22 Costos por módulos Fotovoltaicos, para cobertura del 20%
- 4.23 Modos de operación de una batería.
- 4.24 Suministro de energía eléctrica a servicios críticos en ausencia de medidas de resiliencia
- 4.25 Número de baterías utilizadas con respecto a los días críticos de afectación
- 4.26 Número de baterías utilizadas con respecto a los días críticos de afectación
- 4.27 Radiación solar y velocidad de viento
- 4.28 Costo por hora y costo por utilización de sistema fotovoltaico y eólico
- 4.29 Costo por hora y costo por utilización de sistema híbrido

## **Capítulo 5.**

- 5.1 Consecuencias de las tecnologías distribuidas sobre la capacidad de adaptación
- 5.2 Habilidades de las tecnologías distribuidas que fortalecen las capacidades de adaptación en condiciones de desastre
- 5.3 Mejoras sobre la capacidad de adaptación con energías distribuidas
- 5.4 Emisiones de CO<sub>2</sub>, en ppm, y comportamiento anual de eventos climáticos
- 5.5. Apreciación de la capacidad de adaptación y definición de prioridades
- 5.6. Evaluación por medio de herramientas de cómputo para diversos escenarios de vulnerabilidad, y estabilidad

## **Lista de tablas**

### **Capítulo 1**

- 1.1 Los 10 desastres naturales de mayor impacto por el número de muertes, y víctimas, 2012
- 1.2 El Top 10 de desastres naturales por daños económicos
- 1.3 Afectación al sistema eléctrico
- 1.4 Eventos climáticos que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1970-2014)
- 1.5 Tipo de interrupción
- 1.6 Población afectada por interrupción eléctrica a consecuencia de eventos climáticos
- 1.7 Costos de productos antes y después, Acapulco, Guerrero, México
- 1.8 Factores que contribuyen al desastre

### **Capítulo 2**

- 2.1 Frecuencia e intensidad de fenómenos perturbadores en México
- 2.2 Índice cualitativo compuesto de peligro
- 2.3 Zonas metropolitanas del estado de Veracruz con vulnerabilidad muy alta
- 2.4 Población vulnerable por inundación
- 2.5 Lecturas de medición del nivel de mar
- 2.6 Macro regiones más vulnerables del país tomando en cuenta aspectos hidrometeorológicos
- 2.7 Declaratorias de Emergencia y Desastre en Veracruz, periodo 2000-2012
- 2.8 Los 212 Municipios que conforman al estado de Veracruz
- 2.9 Descripción de indicadores de sensibilidad
- 2.10 Descripción de indicadores de exposición
- 2.11 Población vulnerable por edad
- 2.12 Dependientes económicos
- 2.13 Analfabetismo

- 2.14 Sensibilidad física
- 2.15 Tiempo de trabajo promedio anual
- 2.16 Datos macroeconómicos para México y el estado de Veracruz
- 2.17 Parámetros utilizados en el cálculo del Voll
- 2.18 Producto interno bruto @2008, por municipios en el estado de Veracruz
- 2.19 Consumo de electricidad, por municipios en el estado de Veracruz
- 2.20 Valor de carga pérdida (Voll), a nivel municipal, para el estado de Veracruz
- 2.21 Costos por hora
- 2.22 Porcentaje de superficie cubierta por bosques y selvas
- 2.23 Reforestación anual
- 2.24 Lluvias-inundaciones y ciclones, declaratorias de emergencias (2000-2012)
- 2.25 Exposición por declaratorias de desastre a nivel municipal para el estado de Veracruz
- 2.26 Rankings generales
- 2.27 Consumos de energía eléctrica
- 2.28 Índice de vulnerabilidad
- 2.29 Jerarquías por fuentes de vulnerabilidad

### **Capítulo 3.**

- 3.1 Metodologías y herramientas de evaluación
- 3.2 Esquema de colores de la rueda de capacidades de adaptación
- 3.3 Dimensión agregada de disponibilidad de servicios críticos
- 3.4 Indicadores de capacidades de respuesta
- 3.5 Dimensiones de la rueda de capacidades de adaptación (ACW)

### **Capítulo 4**

- 4.1 Instalaciones y tecnologías que ofrecen resiliencia energética

- 4.2 Características de los sistemas de energía bajo condiciones de desastre
- 4.3 Perfil de carga eléctrica del municipio
- 4.4 Consumo estimado de electricidad en servicios críticos
- 4.5 Consumo de electricidad diario asignado al agua
- 4.6 Demanda de electricidad para suministrar agua
- 4.7 Costos por agua
- 4.8 Demanda de electricidad para suministrar combustibles
- 4.9 Precios de combustibles e ingresos por cada gasolinera
- 4.10 Demanda de electricidad para suministro de servicios de iluminación pública
- 4.11 Demanda mínima de electricidad para suministro de servicios en un refugio de emergencia
- 4.12 Demanda mínima de electricidad para suministro de servicios en una clínica hospitalaria
- 4.13 Datos relevantes del municipio
- 4.14 Escenarios de consumos críticos
- 4.15 Velocidades de viento a diferentes alturas
- 4.16 Factores de forma (k)
- 4.17 Factor de Escala (m/s)
- 4.18 Función de Weibull
- 4.19 Función de Weibull a distintas velocidades de viento
- 4.20 Probabilidad de que se presenten vientos mayores a una velocidad de referencia  $V_x$   
( $P(V \geq V_x)$ )
- 4.21 Potencial eólico
- 4.22 Potencial eólico medio anual disponible para un aerogenerador
- 4.23 Cálculo del diámetro requerido para la turbina eólica, y potencia eléctrica final @  $h=50m$ ,  
 $V_v=5.2$  m/s
- 4.24 Diámetro para la turbina eólica, y potencia eléctrica final @  $h=10m$ ,  $V_v=4.2$  m/s

- 4.25 Horas pico de sol
- 4.26 Escenario 1. Número de módulos para servicios críticos en función de autonomía y capacidad por modulo
- 4.27 Escenario 1. Potencia de módulos para servicios críticos
- 4.28 Escenario 1. Costos de módulos para servicios críticos
- 4.29 Escenario 2. Número de módulos para servicios críticos en función de autonomía y capacidad por modulo
- 4.30 Escenario 2. Potencia de módulos para servicios críticos
- 4.31 Escenario 2. Costos de módulos para servicios críticos
- 4.32 Costos aproximados de baterías
- 4.33 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 115 A
- 4.34 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 350 A
- 4.35 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 624 Ah
- 4.36 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 115 A
- 4.37 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 350 A
- 4.38 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y DOC, con baterías de 624 Ah

## **Capítulo 5**

- 5.1. Relación entre habilidades tecnológicas y habilidades de adaptación institucional
- 5.2 Criterios considerados para la modificación de capacidades de adaptación
- 5.3 Índice de vulnerabilidad con capacidades de adaptación



## **Nomenclatura**

At, Trayectorias de adaptación

Ap, Adaptación como proceso

Ae, Adaptación como estado

Aest, Adaptación como estrategia

CA, Capacidad de adaptación

CC, Cambio climático

CE, Consumo de energía eléctrica

CM, Capacidad de mitigación

CR, Capacidad de respuesta

DECom, Demanda de energía eléctrica en el sector comercial

DECr, Demanda de energía eléctrica en servicios críticos

DENCr, Demanda de energía eléctrica en servicios no críticos

CPH, Costos por hora

EER, Evaluación económica de recursos energéticos locales

E, Exposición

Fs, factor de sustitución

HI, Habilidades Institucionales

HT, Habilidades Tecnológicas

HW, Horas laboradas

Ip, Índice promedio de vulnerabilidad

IV, Índice de Vulnerabilidad

IP, Impactos potenciales

ID, Ingreso Disponible

P, Población

PEA, Población económicamente activa

PM, Población municipal

PIB, Producto interno bruto

RE, Recursos energéticos locales

S, Sensibilidad

SI, Sistemas Interdependientes

Voll, Valor de carga pérdida

VST, Valor total anual de tiempo disponible

VSTE, Valor de tiempo disponible que depende de la electricidad

V, Vulnerabilidad

## **Hipótesis**

Las energías renovables descentralizadas o distribuidas son un factor esencial para mejorar las capacidades de adaptación frente al cambio climático.

## **Objetivos**

Elaborar un modelo de integración entre adaptación y mitigación frente al cambio climático, particularmente capacidades de adaptación institucionales y fuentes de energía renovables y descentralizadas.

Evaluar la capacidad de adaptación institucional a nivel local.

Evaluar fuentes renovables de energías distribuidas como medios para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático.



# Capítulo 1

## Planteamiento del problema

## 1.1 Introducción

El cambio climático constituye hoy en día un peligro de alcance global, las evidencias muestran que las interconexiones entre riesgos se vuelven cada vez más fuertes. Las fallas por mitigación y adaptación al cambio extremo del clima, son el riesgo mundial número 1 en términos de impactos. Las probabilidades se incrementan para todos los tipos de riesgo, desde los ambientales para la sociedad, la economía, geopolítica y tecnología. Conocer las interacciones es de suma importancia para ayudar a los líderes a priorizar áreas de acción, así como generar planes de contingencia que eviten que los riesgos evolucionen rápidamente e impacten negativamente a las sociedades, (Global risk report 2016).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), define "cambio climático", como: "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La UNFCCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales.

Cuatro factores genéricos afectan el tiempo de respuesta al momento de tomar decisiones para enfrentar los efectos residuales del impacto ocasionado por el cambio climático. En primer lugar, la forma y el lugar donde son tomadas las decisiones; segundo, los patrones insostenibles de desarrollo combinados con la inequidad socio-económica, (Pielke, R. 2007); la falta de seriedad sobre el tema de adaptación; y finalmente los usos actuales del sistema de energía así como los diversos escenarios de reducción de carbono en el largo plazo.

La descarbonización (sociedades bajas en carbono), su regulación y afectación al sistema económico de cada nación ha sido uno de los temas fundamentales en las discusiones internacionales sobre cambio climático, enfatizando propuestas de solución orientadas al despliegue de tecnologías de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sub-estimando y limitando con ello la capacidad de respuesta local, y particularmente a nivel individual.

Al momento de evaluar afectaciones y daños causados por climas extremos sobre las regiones, y su infraestructura, se manifiesta excesiva burocracia, inadecuada coordinación y débil colaboración entre los responsables de toma de decisiones, quienes se ubican en diferentes dominios políticos, desde los municipios hasta los estados y niveles federales. La atención a las graves perturbaciones locales lleva de forma implícita la atención correctiva de

emergencias, implicando con ello, serías afectaciones sectoriales, en lo económico, social y ambiental.

Factores relacionados con las crisis generadas por eventos de cambio climático incluyen, la falta de conocimiento e información, desconfianza, incertidumbre, miedo, agresión, e incluso pérdida de vidas humanas, contribuyendo al **desarrollo insostenible** y la **ausencia de gobernanza** en las localidades.

El grado de tensión local sobre el cuál impactan los eventos climáticos dependerá de las **fortalezas en la infraestructura**, la **institucionalidad** existente, y la **vinculación con la sociedad afectada**.

**Las instituciones son definidas como reglas legales formales y normas sociales informales que gobiernan el comportamiento y dan forma a la interacción entre individuos**, (Ostrom, 1990; North, 1990). Si bien, los desastres, por definición, abruma todos los recursos disponibles, es posible reducir el riesgo al que se sujetan los sistemas económicos, si se conducen políticas que favorezcan las capacidades de respuesta local, (Berman et al., 2012).

En caso de que no existan medidas de soporte tecnológico e institucional, es difícil que la sociedad local regrese a su estado de desarrollo previo al impacto, por lo cual se hace necesario la existencia de instituciones robustas como medio de soporte social con enfoque preventivo y proactivo en el uso de tecnologías.

La falta de soluciones a problemas complejos, como el cambio climático, se manifiesta en la literatura como **la falta de entendimiento y de investigación en temas conceptuales de sustentabilidad y vulnerabilidad**, donde existen gran variedad de campos de investigación interconectados, (Bohle, 2001), y en los cuales se requieren **soluciones con perspectiva transdisciplinaria**, (León, H. 2012). La respuesta en las localidades requiere la identificación y reducción de impactos ocasionados tanto por la exposición y sensibilidad de la región.

Comparando el cambio climático y los peligros naturales comunitarios, en términos generales, el término exposición es relacionado con peligro y/o amenaza; sensibilidad con vulnerabilidad, capacidad de adaptación con resiliencia, y la vulnerabilidad final con el riesgo, (Costa, L. and Kropp, J. 2012). De cualquier forma, en el concepto de vulnerabilidad se busca medir tanto la escala, el momento, y las consecuencias de los eventos extremos sobre el desarrollo territorial, así como el conocimiento, información y experiencia, necesarios para hacer frente a los retos comunitarios. Ignorar o desconocer cualquiera de los factores arriba mencionados puede ser obstáculo en la integración y desarrollo de vínculos tecnológicos e institucionales que

fortalezcan las capacidades de respuesta. Cualquier acción tomada por una comunidad o individuo para enfrentar o manejar las amenazas del cambio ambiental, anticipándose a dicho cambio o después de la ocurrencia, se define como respuesta.

Agrawal, 2008, indica que es importante entender como los diversos tipos de instituciones en todos los niveles, influyen la habilidad de una comunidad para responder a las crisis y vulnerabilidades en el corto plazo, y permiten la adaptación a futuro. Ostrom, 2008, sugiere que deben considerarse los vínculos de sistemas sociales y ecológicos no sólo en diferentes escalas sino también en diferentes sectores.

## **1.2 Antecedentes**

En 1798, Thomas Malthus publicó un ensayo sobre los principios de población, en los cuales vaticinaba sobre las hambrunas del futuro, provocadas por el crecimiento geométrico de la población, contra el incremento aritmético de la producción de alimentos, concluyendo que el crecimiento poblacional inevitablemente conduciría a crisis, (Malthus, T. 1998). En 1896, Svante August Arrhenius, establece que los combustibles fósiles podrían dar lugar al calentamiento de la tierra, estableciendo relaciones entre las concentraciones de CO<sub>2</sub> y la temperatura. Determinó, la media de la temperatura superficial de la tierra en 15°C, debido a la capacidad de absorción de la radiación infrarroja, del vapor de agua, y del CO<sub>2</sub>. Sugirió que una concentración doble de gases de CO<sub>2</sub>, provocaría un aumento de temperatura de 5°C, (Arrhenius, S. 1896).

En Octubre de 1912, el diario: "The New York Times", publicó: "Se avecina era glacial", por el profesor Schmidt, quien alertaba sobre una era de hielo, (The New York Times. 1912). Gilbert Norman Plass, establece en Mayo de 1956: " Si al final de este siglo, las mediciones muestran que el contenido de CO<sub>2</sub> de la atmósfera ha aumentado considerablemente y, al mismo tiempo que la temperatura ha seguido aumentando en todo el mundo, se establecerá firmemente que el dióxido de carbono es un factor importante en la causa de los cambios climáticos ", Plass, G. (2010). A principios de los 60's, Charles Keeling, fue capaz de notar fuertes variaciones estacionales en el CO<sub>2</sub> y generó datos que mostraban el incremento y reducción del CO<sub>2</sub>, por periodos anuales. Las curvas de emisión de gases aún siguen siendo utilizadas, y son una de las señales y pruebas más grandes sobre el calentamiento de la tierra, (Keeling, Ch. 2016).

En 1972, se publicaron "Los Límites del Crecimiento", por Donella Meadows, donde una vez más se planteó las consecuencias del crecimiento poblacional y la limitación de los recursos



naturales, (casi 200 años antes, Malthus, ya había tratado el tema). Lo anterior enfatizó el tema de la escasez de recursos, y fue retomada la discusión. Ese mismo año, se llevó a cabo la primera conferencia de la ONU, sobre el tema ambiental, y fue creado el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Su oficina se inaugura en 1973 en Nairobi. El documento “Nuestro Futuro Común” conocido como “Brundtland Report”, fue publicado en 1987, el cual dio los principios básicos de lo que hoy conocemos como “**Desarrollo Sustentable**”. El informe establecía la situación crítica del problema ambiental, resultado fundamental de la pobreza extrema en el sur y los patrones no sustentables de producción y consumo de los países del norte. Dos años después, el reporte fue debatido en la asamblea general de la ONU, que organizó posteriormente la conferencia mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente. Esto llevó a la Cumbre de la Tierra en 1992 en Rio de Janeiro, Brasil, donde fue emitida la declaración de Río, y posteriormente la agenda 21.

La primera reunión de la COP (Conferencia de Partes, de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), se dio en 1995, donde aparecían los primeros intentos sobre un acuerdo vinculante para el cuidado del medio ambiente, el desarrollo económico, y donde las medidas de **mitigación** surgían como el principal foco de preocupación, mientras que la adaptación era una prioridad inferior y de muy largo plazo.

El Protocolo de Kioto, firmado en 1997, obligaba a 35 países industrializados a reducir al menos en un 5.2% las emisiones de gases de efecto invernadero, tomando como referencia las emisiones de 1990. Sin embargo, ya en su origen no incluía a países desarrollados tan importantes como USA, que firmó el acuerdo, pero no lo ratificó, y, no se imponían objetivos de reducción de gases a los países en desarrollo como China, India, Brasil o México.

En el 2000, la ONU, estableció el acuerdo para impulsar 8 principios fundamentales relacionados con: 1) Reducción de la pobreza; 2) Educación universal; 3) Igualdad; 4) Reducción de mortalidad infantil; 5) Salud materna; 6) Combate a enfermedades; 7) Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente; y, 8) Fomentar la asociación mundial para el desarrollo, conocido como **Objetivos del Nuevo Milenio**, (ONU-2015).

Antes del tercer informe de evaluación (TAR-2001) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la pregunta principal en el entorno de las negociaciones internacionales fue: ¿El cambio climático existe?, ¿Es real?, mientras que por un lado los acuerdos circulaban sobre las medidas de mitigación, y el desarrollo económico; por otra parte, **el tema de la Adaptación era considerado como el pariente pobre y el objeto**

**de burlas de la reducción de emisiones; en sí, no tenía la suficiente importancia, y argumentos dentro del contexto internacional,** (Giddens, A. 2010).

En el 2001, se llevó a cabo en Marruecos, la séptima reunión de la Conferencia de partes (COP7-2001), donde se evaluó la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, y fueron creados 3 fondos dedicados a mecanismos de desarrollo limpio. En la declaración de Dheli, (COP8-2002), se marcó el inicio para la comprensión en el uso e implementación de energías renovables descentralizadas, (DRE, por sus siglas en inglés), también conocidas como energías distribuidas; y establecer investigación sobre los vínculos entre mitigación y adaptación, dentro de las políticas climáticas. Sin embargo, los esfuerzos para apoyar esta vinculación fueron muy lentos y escasos.

Durante la conferencia mundial sobre reducción de desastres celebrada en Hyogo, Japón, (WCDR.2005), se estableció el marco de acción para identificar necesidades y formas de construir comunidades resilientes. Los acuerdos se resumieron de forma general, en los siguientes aspectos: (1) Integración de la mitigación, preparación, y prevención de desastres con perspectivas de reducción de vulnerabilidad bajo políticas de “Desarrollo Sustentable”; (2) Incrementar la capacidad local (instituciones y mecanismos) para la construcción de resiliencia frente a peligros y amenazas; y (3) Incorporar la reducción de riesgos dentro del diseño e implementación de programas de preparación frente a emergencias, capacidad de respuesta, recuperación y reconstrucción de comunidades afectadas. Diversas metodologías y proyectos para el estudio de adaptación se han realizado a nivel mundial, (Swart et al. 2009; Lonsdale, et al. 2010; Enviro-Windows; Cities and Climate Change adaptation).

Fue, hasta el 2007, con el cuarto informe de evaluación del IPCC, (AR4-2007), que las preguntas circundantes al cambio en el clima, “cambiaron” a: ¿Qué tan severos van a ser los cambios climáticos?, y ¿Cómo pueden las sociedades mitigar el cambio y construir su capacidad de adaptación?, esto contribuyó al cambio de enfoques y la necesidad de profundizar 1) en el estudio de vulnerabilidades en lugares específicos; 2) el potencial de desastres relacionados con el cambio climático; 3) las respuestas a dichos desastres; 4) los costos implicados; y, 5) las estrategias para enfrentar los impactos de los eventos extremos. Concluyéndose en este informe, que las sociedades serían incapaces de hacer frente a tales retos, para lo cual, las **medidas de adaptación eran urgentes**, (Klein, et al. 2007), enfatizando que, el cambio climático incrementaría los impactos (sequías, inundaciones, y fenómenos meteorológicos extremos), que contribuirían a la escasez de alimentos, daños a infraestructura y degradación de recursos naturales de los que se basan los medios de subsistencia.

Ya en este entorno, tales impactos estaban siendo considerados como una amenaza, más grave que el terrorismo mundial, (King, D. 2007). Incluso en el informe (Stern, N. 2007) sobre la economía del cambio en el clima, se estimó, que de no tomar medidas para reducir los efectos del cambio climático, y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, los costos generales de los daños serían equivalentes a perder al menos el 5% del producto interno bruto mundial por año.

El cuarto informe de evaluación tuvo un buen recibimiento a nivel mundial, dado que dentro de su análisis incluía un capítulo, donde asignó la evaluación de las interrelaciones entre la mitigación y la adaptación, (Klein, et al. 2007). Posteriormente, en la conferencia de partes (COP-14, 2008), se fomentó la gestión del riesgo y las estrategias de reducción contra el problema de variación climática, y se fomentaron 4 categorías de adaptación: 1) Planificación Nacional para la Adaptación; 2) Respaldos Financieros y Tecnológicos; 3) Compartir Conocimientos; y, 4) Crear Marcos Institucionales para la Adaptación.

En la décimo sexta conferencia de partes (COP-16, 2010), realizada en Cancún, México, se abordó el tema sobre las negociaciones internacionales en el campo de la adaptación, los esquemas financieros, y los diferentes acuerdos para abordar el tema. Es importante mencionar que México, consideró en su cuarto informe de ejecución (2010), que la adaptación al cambio climático era prioridad nacional y una oportunidad para transitar hacia la sustentabilidad que permitiría al país llegar al año 2030 con elementos necesarios para enfrentar los desafíos e incertidumbres asociadas al cambio del clima; y, donde recientemente, se elaboró el marco de políticas de adaptación de mediano plazo.

En la COP-17-2011, realizada en Durban, Sudáfrica, las conclusiones señalaron, que las medidas de mitigación utilizadas hasta ahora no habían sido, ni serían suficientes para resolver las amenazas climáticas, sino que se requería una estrategia global urgente como la adaptación para complementar a la mitigación, así como la creación de medidas locales que favorecieran el uso de energías renovables descentralizadas y que tuviesen un impacto directo sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; se concluyó favorablemente con la aprobación de una hoja de ruta para un tratado internacional, que incluyera a los países más contaminantes, China, Estados Unidos y la India; También se incluyó, la puesta en marcha del fondo verde para el clima acordado en la conferencia de partes de Cancún, que permitía contar con recursos para enfrentar los impactos climáticos; y se generó el segundo periodo de compromisos del tratado de Kioto que implicaba llegar a un acuerdo para mantener las negociaciones abiertas con miras a alcanzar un tratado con metas firmes y vinculantes en 2015.

En el ámbito internacional se planteaba la necesidad de no rebasar las 350 ppm (partes por millón) de emisiones contaminantes en la atmosfera, a 2010. Sin embargo los valores máximos registrados en el hemisferio norte en primavera han rebasado ya el nivel de 400 ppm, la concentración media mundial anual de CO<sub>2</sub> superará ese umbral en 2015 ó 2016, (OMM. 2015).

El año 2011, fue el más costoso en la historia de catástrofes a nivel mundial, las pérdidas económicas por eventos naturales, ascendieron a \$ 366 billones de dólares; 206 millones de personas fueron afectadas, por más de 300 desastres naturales; lamentablemente, se registraron 30,000 fallecidos, de los cuales, 2/3 partes fueron en Japón, por el terremoto y tsunami, (ONU-2011). A finales de ese año, uno de los diarios más prestigiosos a nivel mundial, The economist, publicó: "Cien años a partir de ahora, mirando hacia atrás, la única pregunta que aparecerá importante sobre el momento histórico en el que vivimos ahora, será la cuestión sobre si podemos o no hacer algo para detener el cambio climático".

En la Conferencia de partes (COP-18), se extendió el protocolo de Kioto, hasta el año 2020. Los países que suscribieron los nuevos acuerdos, apenas generan el 15% de la contaminación mundial, además, no se concretó un calendario para cumplir con los objetivos de incrementar hasta 100,000 millones de dólares anuales las ayudas para que las economías en desarrollo recorten sus emisiones, (COP18-2012).

El IPCC en su informe del 2012, señaló, que conforme la frecuencia e intensidad de estos eventos climáticos aumentase, los sistemas socio-ecológicos no únicamente estarían más expuestos, sino que también sus interdependencias elevarían su sensibilidad al cambio, resultando en un incremento en el amplio contexto de la vulnerabilidad.

El último informe del IPCC en Septiembre del 2013, "Bases de Ciencias Físicas" del quinto reporte de evaluación, Fifth Assesment Report (AR5), concluyó que "La influencia humana sobre el sistema climático es clara", y es evidencia del incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero sobre la atmósfera, el forzamiento radiativo positivo, el calentamiento observado y el entendimiento del sistema climático. El reporte además estableció como, "**extremadamente probable (95-100% cierto) que la influencia humana ha sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo 20.** Además señalaron el hecho contundente, de que las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático ya no estaban en disputa.

El mensaje clave de los 3 grupos del IPCC, (WGI, Bases Científicas; WGII, Impactos y Adaptación; y, WGIII, Mitigación), fue: la adaptación y mitigación son actividades complementarias, a pesar de que cada una de ellas funciona en escalas de tiempo diferentes, **las tecnologías y las instituciones son el componente faltante en las políticas climáticas**, (IPCC, Fifth Assessment Report (2014); Ward, D. 2013).

### **1.3 Cambio climático.**

Se suele definir el clima como el "promedio del estado del tiempo" o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés durante periodos de varios decenios (normalmente, tres decenios, según la definición de la OMM). Dichas cantidades son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento), aunque en un sentido más amplio el "clima" es una descripción del estado del sistema climático. Sus fluctuaciones, implican la variabilidad, que mediante la varianza, o desviación estándar permiten caracterizar la estructura y comportamiento de la atmósfera para el mismo periodo de tiempo.

Los eventos extremos contribuyen de forma importante a las variaciones de las medias climáticas, pero eventos extremos aislados alteran el estado del tiempo, no al clima.

El cambio climático está referido a la diferencia entre 2 estados medios del clima, y es definido como la variación del clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Si bien, el sistema climático es **caótico, complejo**, tiene **inestabilidades inherentes, interacciones no-lineales** entre sus componentes y presenta **oscilaciones** en torno a ciertos estados de equilibrio, los cambios ocurren prácticamente en todas las escalas espaciales y temporales, y tiene una gran cantidad de **procesos estocásticos**<sup>1</sup> interrelacionados que evolucionan en espacio-tiempo.

Existen muchos factores que pueden causar el calentamiento de nuestro clima, desde un incremento en la energía del sol, grandes eventos naturales como “El Niño”, (NOAA-2015), o un aumento del efecto invernadero. Los científicos han descartado las variaciones naturales del sol en nuestro clima como las principales causas del calentamiento reciente. Sin embargo

---

<sup>1</sup> Conceptos matemáticos que sirven para caracterizar una sucesión de variables aleatorias que evolucionan en función de otra variable generalmente el tiempo. Cada una de estas variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no.

existen pruebas abrumadoras de que la mayor parte del calentamiento que vivimos es debido al incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

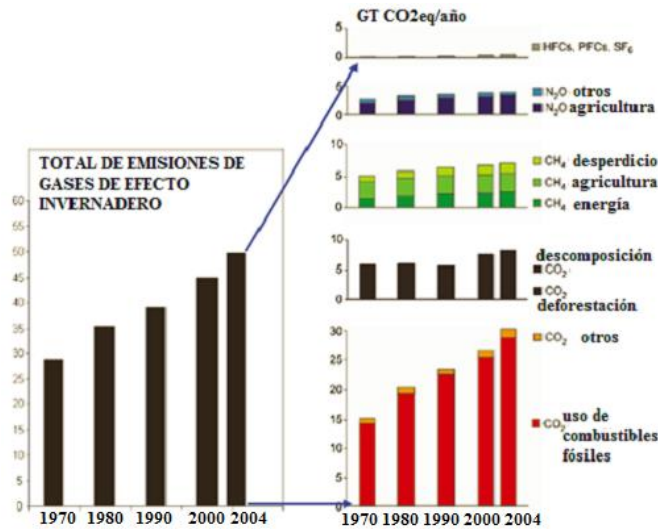
Del total de los gases invernadero que componen al CO<sub>2</sub>e, más del 80% corresponden al CO<sub>2</sub>, el resto es metano, 7%, óxido nitroso, 6%, y gases refrigerantes, hidrofluorcarbonos y hexafluoruros de azufre y perfluorocarbonos. Algunos de estos gases se producen de forma natural en la atmósfera, pero las actividades humanas han incrementado directamente su existencia. Estos aumentos pueden ser a través de la quema de petróleo, carbón, y por los cambios en el uso del suelo.

El metano (CH<sub>4</sub>), es 25 veces más potente, por kilogramo, que el dióxido de carbono en su efecto invernadero, y permanece en la atmósfera sólo una década; el CO<sub>2</sub>, es mucho más abundante y permanece en la atmósfera unos 100 años o más, teniendo un efecto acumulativo mayor sobre nuestro clima. El óxido nitroso, es 300 veces más potente que el CO<sub>2</sub>, pero suele ser emitido en cantidades menores. La cantidad de CO<sub>2</sub> en nuestra atmósfera se ha incrementado en más del 38% desde la revolución industrial, debido al incremento de emisiones. Estos gases, aumentan la cantidad de vapor de agua en el aire, y provocan con ello un aumento en la tasa de evaporación, lo cual amplifica el calentamiento.

Es considerado, además que la evaporación es el elemento más importante en el circuito de retroalimentación positiva en el sistema climático mundial, duplicando o triplicando la sensibilidad del clima a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo anterior, refleja un alto riesgo, ya que, una atmósfera más caliente tiene la posibilidad de retener más humedad y a nivel mundial, el vapor de agua puede incrementarse hasta en un 7% por cada 1°C de calentamiento. Esto conduce a un incremento de 1 a 2% en los volúmenes totales de precipitación por cada 1°C de calentamiento. Tan sólo las emisiones de CO<sub>2</sub>, relacionadas con energía, se ubican por arriba de las 28 GT CO<sub>2</sub>/año, y podrían exceder 40 GT/CO<sub>2</sub>/año, para el año 2030, bajo el escenario denominado “Business as usual”, (IPCC, AR5-2013; metoffice).

En los diversos escenarios climáticos que recopila el IPCC, se espera un incremento en la temperatura mundial para fin de siglo entre 0.3 y 4.8°C, dicho incremento dependerá de las acciones internacionales y locales para controlar las emisiones de carbón.

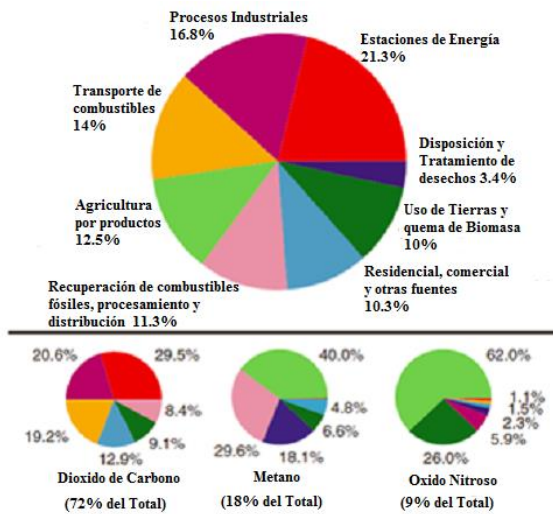
Figura 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero de 1970 a 2004 (Izquierda) y desglosadas en gases específicos (derecha).



Nota: Todos los gases han sido convertidos a CO<sub>2</sub>e con base en sus peligros potenciales. Fuente: Sims, R., (2009).

Aproximadamente, 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial provienen de las plantas generadoras de electricidad, y un 20% de los procesos industriales. Las emisiones anuales a nivel global de CO<sub>2</sub>, (72%), metano (18%) y óxidos nitrosos, (26%), ver figura 1.2.

Figura 1.2. Emisiones anuales de gases de efecto invernadero por sector

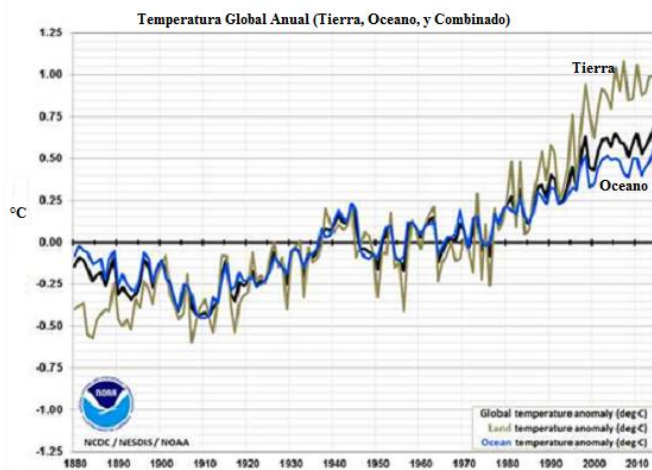


Fuente: Rabi, B. (2009).

Los últimos informes del IPCC señalan que, la evidencia científica es más fuerte que nunca, y que la influencia humana sobre el sistema climático es clara. La atmósfera y el océano se están calentando; las regiones húmedas, actualmente reciben el impacto de mayores precipitaciones, las cuales llegan acompañadas de severas tormentas; las regiones secas reciben menos

precipitación; las tendencias indican un incremento en el número de días extremadamente calientes, y el aumento en la frecuencia de olas de calor; las cubiertas de hielo han disminuido; y, se espera un incremento en la intensidad por tormentas de nieve, figura 1.3.

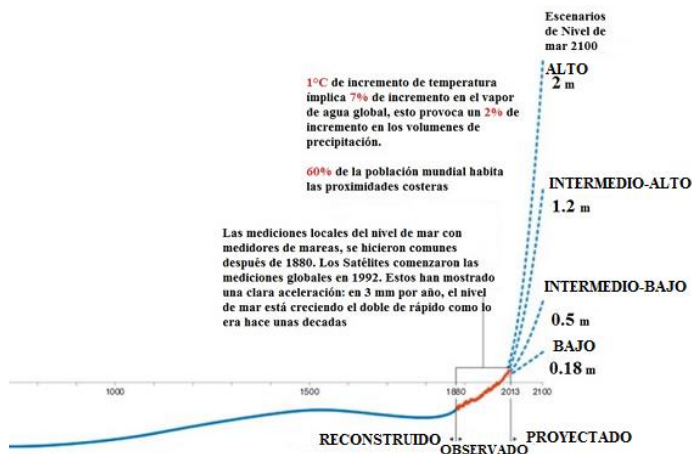
Figura 1.3 Temperatura global anual



Fuente: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). <http://www.bloomberg.com/graphics/2014-hottest-year-on-record/>

Recientemente, la Organización Meteorológica Mundial (OMM-2015), clasificó al año 2014, como el más caluroso de la historia, desde que comenzó en 1880 el mantenimiento de registros, derivado de los crecientes niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera y al creciente contenido de calor que han absorbido los océanos (90% del calentamiento). Se esperan incrementos en nivel de mar, desde 26 cm, hasta, 90 cm ó más, a finales del siglo, recordando, que hoy día aproximadamente el 60% de la población habita en, las proximidades a zonas costeras, ver figura 1.4.

Figura 1.4. Incremento en el nivel de mar

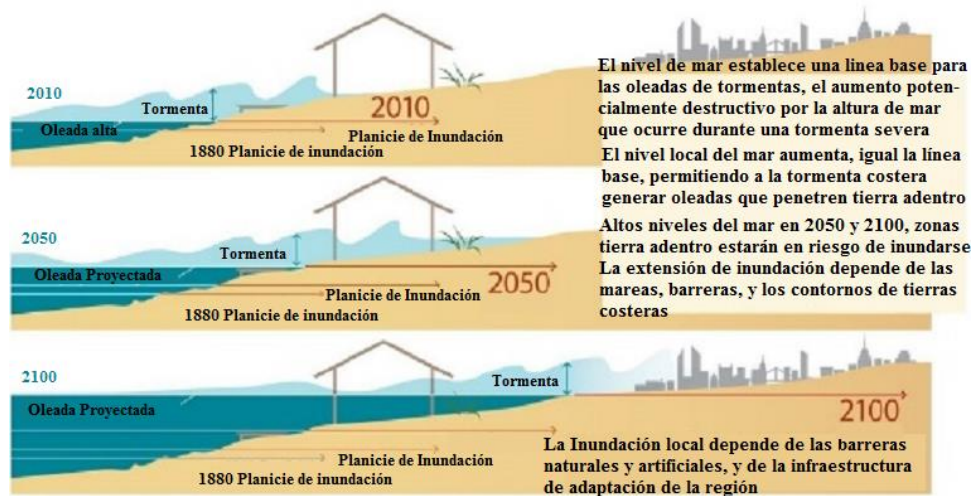


Fuente: Folger, T. (2013).



Los riesgos para los estados costeros por los incrementos en nivel del mar, incluyen: 1) Incremento potencial de erosión; 2) Amplificación de las mareas de tormentas, que ocurren cuando fuertes vientos empujan aguas continentales, con daños potencialmente catastróficos para viviendas e infraestructura; 3) Tierras inundadas permanentemente, que implican pérdida de valor de las zonas geográficas; 4) Incremento de la salinidad de agua fresca usada para beber y para la agricultura.

Figura 1.5. Mareas altas por tormentas y el incremento del nivel del mar magnifican los riesgos locales



Fuente: Union of concerned Scientist 2013

El cambio climático se da por **la ausencia de acciones colectivas**, donde, la sociedad, y los responsables de políticas, no han articulado la congruencia de proveer bienes públicos (por ejemplo aire y agua limpios), Ostrom (2008), señala, que deben existir interrelaciones de 6 componentes: **1) Información; 2) Consumidores racionales (Balance en el consumo); 3) Costos mínimos de transacciones; 4) Competencia; 5) Internalización y 6) Exclusión.**; dicho de otra forma, “fallas de mercado” imposibles hasta el momento de ser resueltas.

#### 1.4 Desastres naturales y Riesgos

**Desastres naturales.** Son agrupados en 2 categorías: 1) Tecnológicos, y, 2) Naturales. Esta última, es dividida en 5 subgrupos, que a su vez cubren 12 tipos de desastres y más de 30 subtipos.

Figura 1.6. Clasificación de desastres naturales

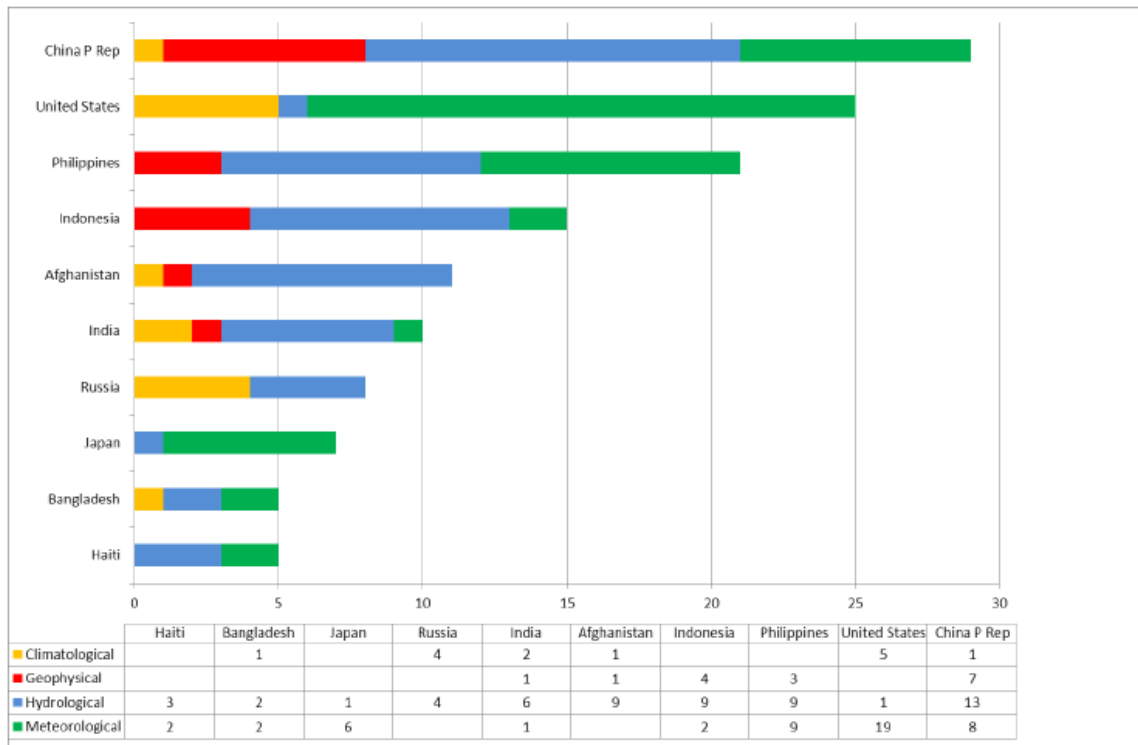
Desastres Naturales					
Biológicos		Geofísicos	Hidrológicos	Meteorológicos	Climatológicas
Epidémicos		Terremotos	Inundación	Tormentas	Temperaturas extremas
Enfermedad viral		Volcanes	Inundación rápida	Ciclón tropical	Olas de calor
infecciosa		Movimiento de masas	Avalanchas	Tormentas locales	Olas de frío
			...	...	Inviernos extremos

Enfermedad bacterial infecciosa Infección parasitaria ...	Avalanchas ...			Sequias Incendios forestales ...
				Hidro-meteorológicos

Fuente: Guha et al (2013)

En cuanto a los costos por daños relacionados con desastres naturales, el año 2012, ocupó la posición 5, desde el 2002; fueron reportados 357 desastres, que causaron la muerte de más de 9655 personas, generando 122.9 millones de víctimas y causando alrededor de US\$ 157.3 billones en daños. Un total de 120 países fueron impactados, entre ellos, China, Estados Unidos, Filipinas, Indonesia y Afganistán, que en conjunto acumulan el 38.1% de la ocurrencia total de desastres del 2012. La afectación principal fue por eventos de tipo hidrológico y meteorológico.

Figura 1.7. Los 10 primeros países por número de desastres reportados en 2012



Fuente: Annual Disaster Statistical Review 2012

Estas naciones representaron el 68.2% de la mortalidad mundial por desastres.

Tabla 1.1 Los 10 desastres naturales de mayor impacto por el número de muertes, y por el número de víctimas 2012.

Impacto por Número de muertes			Impacto por número de víctimas		
Eventos	Nación	Muertes	Eventos	Nación	Víctimas (millones)
Ciclón tropical (Bopha), Dic	Filipinas	1901	Inundación, Jun	China	17.4
Inundación, Ago-Oct	Pakistán	480	Inundación, Abr	China	13.1
Inundación, Jul-Oct	Nigeria	363	Inundación, Jul-Oct	Nigeria	7
Terremoto,Ago	Irán	306	Ciclón tropical (Bopha), Dic	Filipinas	6.2

Ola de frío, Jun	Perú	252	Ciclón tropical (Haikui), Ago	China	6
Ola de frío, Dic	India	249	Inundación, Jun	Bangladesh	5.1
Inundación, Jul	Rusia	172	Inundación, Ago-Oct	Pakistán	5
Ola de frío, Dic	Rusia	170	Inundación, Ago	Filipinas	4.5
Inundación, Jul	China	151	Ciclón tropical (Damrey), Ago	China	3.8
Avalancha, Abr	Pakistán	135	Sequia	Kenya	3.8
Total		4179	Total		72

Fuente: Global Natural Catastrophe Update. Loss Events Worldwide 1980 – 2013 Number of events

Por daños económicos, USA, China e Italia representaron el 86.1% del total de daños reportados. USA, represento el 49.3% de los costos por desastres a nivel mundial, (las tormentas representan el 77% de los daños estadounidenses). En este año, unos 25 millones de clientes, en Estados Unidos, fueron afectados por cortes en el suministro, con 1248 horas de suspensión de servicio de electricidad, (Blackout tracker, 2012). Tres cuartas partes de los costos reportados por desastres en China (US\$19.8 mil millones) fueron atribuibles a inundaciones y el 16.2% a tormentas.

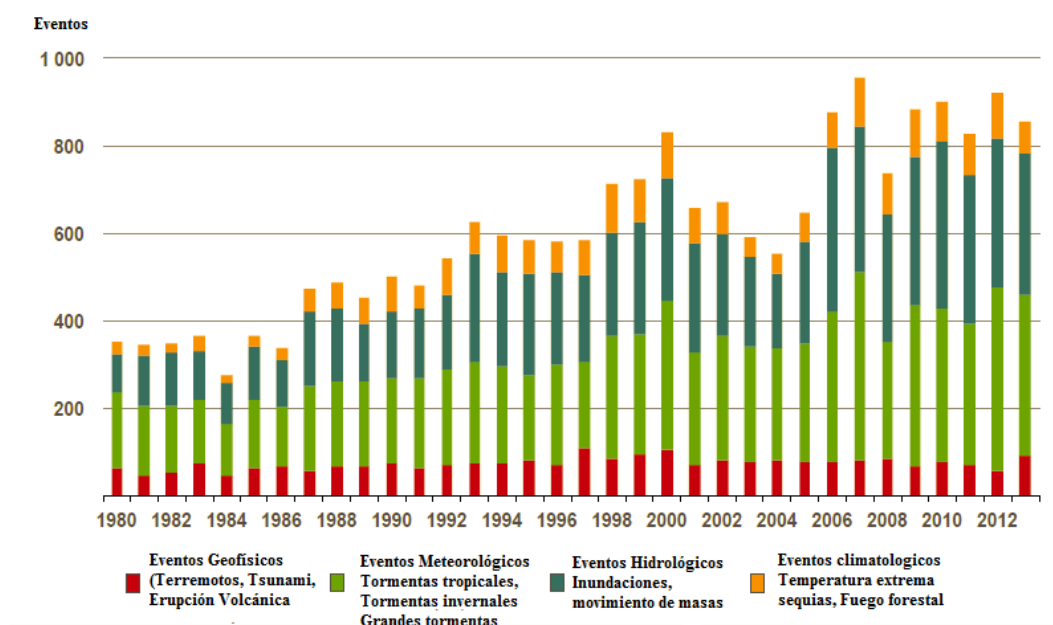
Tabla 1.2 El Top 10 de desastres naturales por daños económicos

Eventos	Nación	Daños (2012 @ US\$bn)
Ciclón Tropical (Sandy), Oct	USA	50
Sequía, Jun	USA	20
Terremoto, May	Italia	15.8
Inundación, Jul	China	8
Tornado, Mar	USA	5
Tormenta severa, Abr	USA	4.5
Tormenta severa, Jun	USA	4
Tormenta, May	USA	3.4
Inundación, Abr	China	2.5
Inundación, Ago	Pakistán	2.5
Total		115.7

Fuente: Global Natural Catastrophe Update. Loss Events Worldwide 1980 – 2013 Number of events

En 2013, el Tifón Haiyan impacto las Filipinas, ocasionando 6000 muertes; las granizadas en el suroeste y norte de Alemania, ocasionaron pérdidas económicas por más de US\$3.7 bn; las inundaciones en Europa Central por el incremento de agua en los rios Danubio, y Elba alcanzaron niveles históricos; fuertes tornados afectaron a USA. El número de eventos climatológicos, 1980-2013, muestra los eventos con mayores afectaciones.

Figura 1.8. Riesgos a nivel mundial



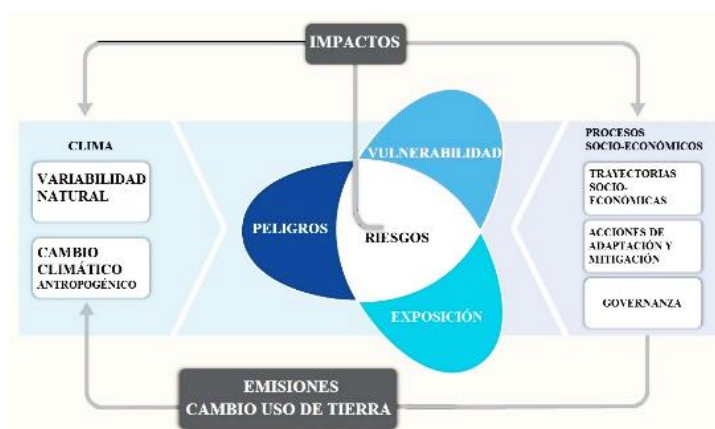
Fuente: Hedde, C.2013. Geo Risks Research, NatCatSERVICE – As at January 2014 © 2014 Munich Re;

**Riesgos.** El riesgo, ( $r_i$ ), es definido como la probabilidad de perder el bien expuesto frente a un peligro dado (P), que se encuentra en función de la vulnerabilidad, (V), y la exposición, frente a los fenómenos meteorológicos y climáticos, (E), caracterizado por la ecuación 1.1, (IPCC-2012).

$$r_i = f(P, V, E) \dots (1.1)$$

Los resultados del Grupo II, de Trabajo del 5º Informe de Evaluación (AR 5, por sus siglas en inglés), identifican diferentes acciones para actuar sobre cada una de las tres componentes del riesgo.

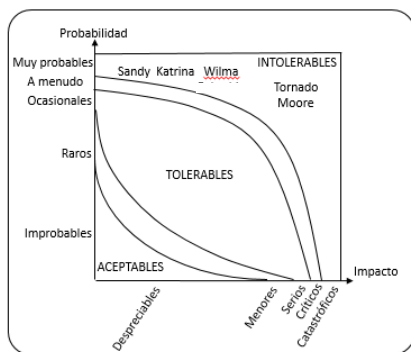
Figura 9. Diagrama esquemático del riesgo ante cambio climático



Fuente: IPCC-2012

En el estudio para la evaluación de riesgos existen diversas herramientas, desde las que se pronostican regiones donde se presentan lluvias abundantes a extremadamente abundantes, en periodos de 6 días, hasta 3 meses,(International Research Institute for Climate and Society, IRI); las que ofrecen índices para representar aspectos extremos del clima, (Datasets for indices of climate extremes, ClimdEx); Servicios de pronósticos del tiempo, y vigilancia tropical, (Servicio meteorológico Nacional, SMN); Plataformas virtuales de información, que evalúan la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a los fenómenos meteorológicos extremos, como los índices de vulnerabilidad al cambio climático (Climate Change Vulnerability Index, CCVI); El Monitor de Vulnerabilidad Climática (DARA), para evaluar la vulnerabilidad de nuestro mundo a los efectos del cambio climático; los reportes de evaluación sobre reducción de riesgos de desastre emitidos por la organización de las Naciones Unidas, (GAR). En México, el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO A.C.) propuso un Índice de Vulnerabilidad Climática (IVC) como herramienta para medir y analizar el nivel relativo de vulnerabilidad a fenómenos climatológicos, al cual se exponen las 86 principales zonas metropolitanas del país. A nivel gubernamental, el Cenapred, es la institución federal responsable de la investigación sobre la prevención de desastres, y ha generado desde hace algunos años, los atlas nacionales de riesgos. El reporte: Riesgos Globales del Foro Económico Mundial, 2013-2015, manifiesto los elevados riesgos en el incremento de precios de energéticos, las continuas y crecientes emisiones de CO<sub>2</sub>, las fallas en la adaptación al cambio climático, y en los sistemas críticos, (Global Risk, 2013-2015). El riesgo puede ser aceptable, tolerable e intolerable, (Klinke and Ren. 2012). Los huracanes Katrina en Nueva Orleans-2005, Wilma en la península de Yucatan-2005, el terremoto seguido de un tsunami en Fukushima, Japón-2011, Sandy en Nueva York-2012, el tornado en la comunidad de Moore en Oklahoma-2013, y los recientes huracanes Ingrid, Manuel y Odile, en México, caen dentro de los riesgos intolerables.

Figura 1.10 Riesgos Aceptables, Tolerables e Intolerables



Fuente: Elaboración propia, con datos de Klinke and Ren (2012)

### **1.5 Sustentabilidad, Energía e Instituciones.**

La identidad del cambio climático es compleja, así, las comunidades científicas convergen hacia una relación entre problemas sociales, naturales y económicos. Esta problemática requiere atención atravesando fronteras disciplinarias, que impliquen más investigación y educación transdisciplinaria; desde la perspectiva del trabajo colaborativo, la crítica responsable y constructiva, así como el estímulo a ideas que permitan abordar las posibilidades de comprender los fenómenos amenazantes e inciertos del cambio en el clima.

El concepto de transdisciplinariedad es un proceso por el cual los investigadores representan diversas disciplinas que trabajan articuladamente para desarrollar y utilizar un marco conceptual compartido para la solución de problemas comunes, (Mittelstrass, J. 2003).

Algunos estudiosos del tema convergen sobre la idea de que la transdisciplinariedad permite desarrollar nuevos conceptos, conocimientos, herramientas y tecnologías compartidas por investigadores procedentes de diferentes campos (sociales, naturales, humanidades e ingenierías), (Ertas, A. 2010), dando origen a ejes transversales de nuevos saberes.

Si bien, ante la complejidad en el estudio del cambio climático y sus incertidumbres, adicionamos un factor más, aquel que tiene que ver con la estructura de cada nación, y su “propio desarrollo institucional”. La coordinación y funcionamiento de las estructuras que mantienen la estabilidad gubernamental, se dan con base en reglas propias de cada lugar, donde las instituciones se fortalecen o debilitan en función de las amenazas y las acciones oportunas realizadas por todos aquellos que pertenecen a la localidad, o municipio, desde entidades gubernamentales, sociales, económicas, hasta las relaciones que mantienen con los estados y municipios vecinos. Ante las desigualdades evidentes en la calidad de vida de los países industrializados, los que son emergentes y aquellos no desarrollados, existe el énfasis en el bienestar de las personas, y la necesidad de preservar la ecosfera, sin embargo, esto es un anhelo aún lejano; Lawn, (2010), indica que las naciones que llevan a cabo un desarrollo sustentable, son las que se someten a un patrón de desarrollo, el cual mejora la calidad total de vida de cada ciudadano, tanto hoy como en el futuro, y asegura que el uso de sus recursos naturales no exceda la regeneración de su ambiente natural, es decir, se asegura la existencia de su biosfera y su proceso evolutivo, mientras reconoce el valor intrínseco de la sensibilidad de aquello que no es humano. La definición de sustentabilidad, como fue definida en la comisión mundial de ambiente y desarrollo, “Nuestro futuro común”, (WCED 1987), y donde su aplicación aún está en debate, junto con el reto de hacer el concepto operacional, ya que ha sido establecido como difícil y poco entendible, Villavicencio (2002), Goldenberg (2004).

El concepto tradicional no se ajusta cómodamente con las definiciones de adaptación, en el contexto actual de un marco político que esté consciente de los problemas del cambio climático, (Pielke et al, 2007). Incluso otros investigadores han utilizado diferente vocabulario en sus intentos por definir desarrollo sustentable, como: “utilización de recursos” y “salud y seguridad” han sido agregados, Ugwu (2007). La dificultad y la falta de claridad del concepto de sustentabilidad, está relacionada con la interacción entre múltiples componentes sociales, políticos, económicos, ecológicos, y tecnológicos, los cuales corresponden a sistemas complejos y adaptativos, denominados sistemas socio ecológicos, (Resilience Alliance, 2010).

Figura 1.11. Enfoque de Sustentabilidad



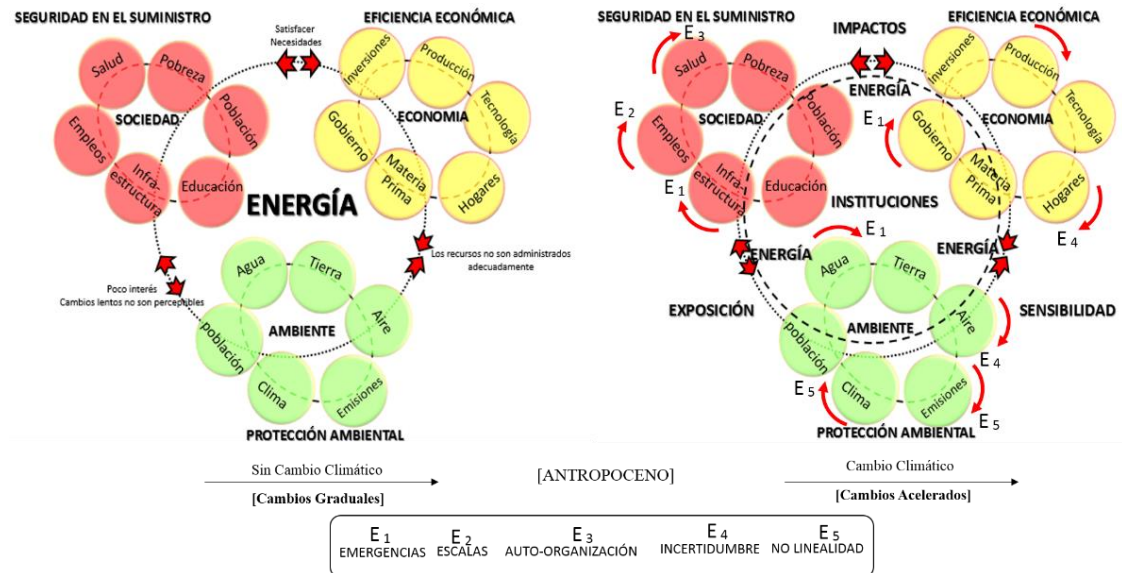
Fuente: Elaboración propia

Folke et al., (2005), definen los sistemas socio ecológicos (SE), como “Elementos humanos y naturales que están estrechamente interactuando y se constituyen mutuamente” comprendiendo además características culturales, e institucionales. Los sistemas SE poseen diversas características, como son: la incertidumbre, no linealidad, emergencia, escala, auto-organización, (Berkes et al., 2003), aunado a la resiliencia, vulnerabilidad, y capacidad de adaptación, (Glaser et al., 2008), donde agentes sociales y biofísicos interactúan en múltiples escalas temporales y espaciales, los cuales parten también de una perspectiva institucional, (Janssen and Ostrom 2006). Esta búsqueda de nuevos conceptos y claridad se deben además a las siguientes razones: 1) los cambios son muy lentos, dependen de la zona geográfica, provocando poco interés, en la relación sociedad y medio ambiente; 2) Los recursos naturales no son administrados adecuadamente, en la relación economía y medio ambiente; 3) No se cubren las necesidades de los más pobres, en la relación sociedad y economía; 4) No se establecen con claridad los impactos actuales del cambio climático con la sustentabilidad y los vínculos necesarios con la energía, las instituciones y la adaptación, ya que el concepto de

sustentabilidad fue creado hace más de 25 años. Además, la interpretación del concepto de sustentabilidad implica limitaciones, y la sociedad actual ha irreversiblemente comprometido a las generaciones futuras a un mundo más caliente, y más vulnerable. Nuestro modelo actual de producción y consumo se ha globalizado dramáticamente al punto en que muchos eventos críticos en el sistema biológico y en el mundo físico-geográfico, indican una nueva era geológica, titulada, Antropoceno<sup>2</sup>, esto implica conciencia sobre las necesidades de vincular lo social, natural y económico con propósitos holísticos, (Crutzen, 2002).

**La clave para que un sistema sea sustentable recae en la capacidad de adaptación y la transformación de los sistemas socio ecológicos**, es decir, en la resiliencia del sistema<sup>3</sup>, donde las instituciones funcionan como el cemento que une a los tres pilares de la sustentabilidad. Sin embargo, se han omitido las amenazas del cambio climático que alteran la estabilidad del sistema, en este caso, el energético, ante ello, es necesario generar instituciones capaces y flexibles que identifiquen áreas de oportunidad con miras a responder ante impactos climáticos, (Walker y Salt, 2006; Folke et al., 2010).

Figura 1.12 Interrelaciones entre los sistemas de energía, los subsistemas del desarrollo sustentable y las instituciones.



Fuente: Elaboración propia con adaptaciones de Metz, (2009)

<sup>2</sup> Significa “Humano” y “Nuevo”.

<sup>3</sup> Habilidad de los sistemas humanos para aprender, reorganizarse y ajustarse a las condiciones cambiantes, facultando el nivel local, y fortaleciendo la gobernanza, con tal de adquirir las características inherentes necesarias para la adaptación.



## 1.6 Impactos sobre la infraestructura eléctrica centralizada

La interrupción puede alterar o no, el concepto de normalidad, ya que, depende de la comunidad, sus creencias, conocimientos, sistema económico y político, así cómo de su justicia social y de aquellos más vulnerables a la frustración. La infraestructura centralizada, es sujeta de diversas tensiones climáticas, desde las que son consideradas “normales” hasta las condiciones más extremas; los impactos que recibe el suministro eléctrico, afectan la transmisión, producción, y demanda. En todos ellos, la capacidad para amortiguar los efectos y sus consecuencias, dependerá de la actualización tecnológica, de la preservación del equipo, la inversión recibida y las aprobaciones presupuestales de las instituciones federales, (Diario: La Jornada, 2015/01/31).

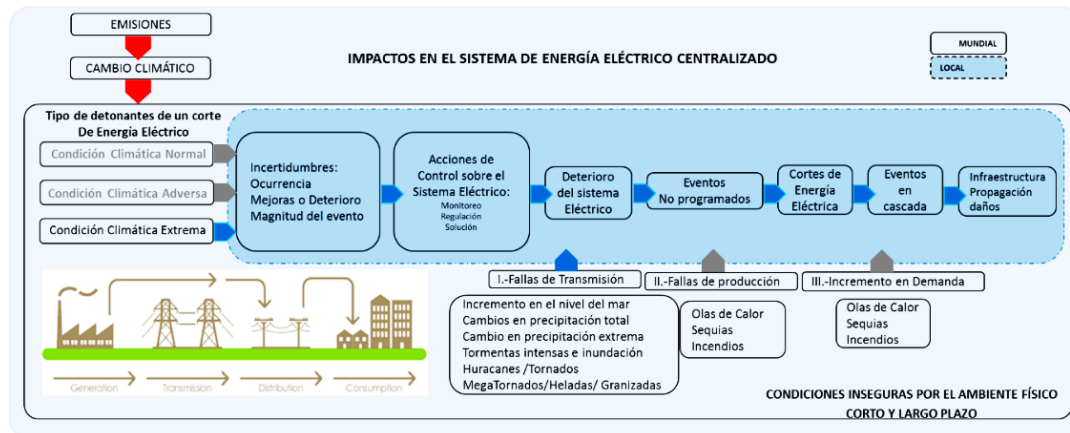
El sistema de transmisión es afectado por impactos hidrometeorológicos; la producción sufre desequilibrios por sequías, y por el incremento de temperatura ocasionado por olas de calor); y, finalmente, por el incremento en la demanda (aumento o disminución sobre la temperatura de confort térmico demanda la utilización de sistemas de calefacción u aire acondicionado), Epri, (2009). Los efectos impactan directamente la seguridad energética, manifestándose cortes de energía eléctrica aislados (outages), caídas de tensión, picos de voltaje o en el caso más grave efectos cascada que ocasionan apagones generalizados, ver figura 1.13. Entre las causas que resaltan los cortes de energía eléctrica, se identifican 3 tipos principales, los cortes planeados, los eventos no planeados, y los cortes rotatorios (Massive Load Shedding or Rolling Blackout). Tres tipos de condiciones climáticas que pueden generarse como resultado de la alteración en el clima: condiciones normales, adversas y extremas.

Figura 1.13 Causas Naturales de apagones eléctricos



Fuente: Elaboración propia con datos del centro de apagones de Southern California, (Edison International). a) Clima frío; b) Clima caliente; c) Inundación; d) Fuertes vientos; e) Tormenta eléctrica; f) Incendios forestales; g) Centro virtual de información de apagones

Figura 1.14 Impactos al Sistema eléctrico centralizado por eventos climáticos



Fuente: Elaboración propia

Entre las afectaciones más comunes al sistema eléctrico por causas climáticas se tienen los siguientes:

Tabla 1.3 Afectación al sistema eléctrico

No	Descripción	No	Descripción
1	Rehabilitación de acometidas	8	Costos por pago de salarios extras
2	Reubicación de líneas de distribución	9	Energía dejada de vender
3	Redes para nuevos asentamientos	10	Necesidad de realizar censos cliente por cliente o por zona
4	Transporte, vacunas/cuadrillas mantto	11	Comunicación unidireccional, el cliente no está informado
5	Reparación de transformadores, postes, medidores, bardas perimetrales	12	Desconocimiento sobre la rehabilitación del servicio, el cliente depende de las acciones de la empresa
6	Combustible para generadores de respaldo	13	No siempre se llevan registros, no hay memoria institucional
7	Altos costos por acceso a gasolina y Diesel	14	Los cortes anticipados cubren grandes extensiones de clientes

Fuente: Elaboración propia

En las interrupciones eléctricas, se enfatizan las ausencias en el monitoreo del corte, falta de información al público, no existen registros sobre tiempos de interrupción locales, no son consideradas las afectaciones económicas y de salud, en hogares, negocios, y servicios críticos, ya sea por ignorancia, falta de recursos humanos, tecnológicos, e institucionales, e incluso faltan medidas de prevención. Estos factores son dependientes de la escala, momento, y consecuencias que en conjunto, suman una serie de obstáculos, a los cuales se agrega la falta de experiencia y la ausencia de capacidad social para adaptarse, ya que en conjunto son temas de investigación incipiente, (Ribeiro et al, 2009).

La atención a servicios críticos, son difíciles de evaluar, (Narayan, 2012; Ilskog, 2008). No hay suficiente investigación sobre las contramedidas prácticas para evitar la propagación de daños en las infraestructuras interdependientes señalan, Goto et al., (2006). La Agencia Internacional de Energía (AIE- 2011), ha declarado que existen muy pocos estudios sobre los impactos de los programas energéticos de emergencia; además, no todas las compañías proveen servicios eléctricos con calidad, y no pueden garantizar la continuidad del suministro, justificando los

paros no planeados, al hecho de que ningún servicio es 100% eficiente y libre de interrupciones, (Hamachi K. 2004; Zachariadis T., et al. 2012; Nooij, M. 2007; Landstedt J., et al., 2007). Tompkins, (2005), enfatizó que para mantener el desarrollo sustentable, era necesario identificar medidas locales, y disponer de tecnologías para proveer los servicios requeridos. Habilidades, y conciencia social son fundamentales en las estrategias de solución para generar la capacidad de respuesta, (Turnpenney et al., 2003).

### 1.7 Interrupciones de suministro eléctrico a nivel mundial por causas climáticas

La tabla siguiente resume los hallazgos:

Tabla 1.4 Historial de eventos climáticos extremos que impactaron el sistema eléctrico a nivel mundial (1970-2014)

Año	Lugar	Tiempo de corte	Personas afectadas	Causas	Tipo de interrupción
1977	New York, USA <sup>1</sup>	26 hrs.	9,000,000	Tormenta eléctrica	II
1987	Tokyo, Japón <sup>2</sup>	1.5 hrs	2,800,000	Elevadas temperaturas	I
1989	South of Carolina, USA <sup>3</sup>	14 days		Tormenta Hugo	IV
1992	Miami, Florida, USA <sup>3,4</sup>	1 month	3,000,000	Tormenta Andrew	IV
1998	Ontario, Quebec, CANADA <sup>5</sup>	5 days	4,000,000	Tormenta de nieve	II
1999	Sao Paulo, BRAZIL <sup>6</sup>	5 hrs.	120,000,000	Tormenta eléctrica	I
2001	FINLANDIA <sup>7</sup>	5 days	800,000	Tormentas Pyry & Janika	II
2003	ITALY	18 hrs.	57,000,000	Ola de calor	I
2003	FRANCIA <sup>8</sup>	?	?	Ola de calor	
2004	CUBA	7 days	?	Huracan Charly	III
2005	SUECIA <sup>7</sup>	?	870,000	Tormenta Gudrun	
2005	Quintana-Roo, Yucatan, MEX <sup>10</sup>	6 days	236,000	Huracan Wilma	III
2005	New Orleans, USA <sup>11</sup>	23 days	1,000,000	Huracan Katrina	III-IV
2007	Victoria, AUSTRALIA <sup>12</sup>	8.5 hrs	480,000	Incendios	I
2008	Minatitlan, Veracruz, MEX <sup>13</sup>	13 days	11,000	Huracan-Inundación	III
2009	BRAZIL, PARAGUAY <sup>14</sup>	7 hrs.	87,000,000	Fuertes vientos y lluvias	II
2012	Ohio Valley, USA	10 days	4,000,000	Tormentas	III
2012	New Jersey, New York, USA <sup>16</sup>	13 days	8,000,000	Huracan Sandy	III-IV
2012	INDIA <sup>17</sup>	2 days	600,000,000	?	II
2013	ARGENTINA <sup>18</sup>	1 day	400,000	Inundaciones	I
2013	Moore, Oklahoma, USA	1 day	40,000	Tornados	I
2013	Oklahoma City, USA	1 day	140,000	Tornados	I
2013	MÉXICO <sup>21</sup>	15 day	830,406	Huracanes Ingrid y Manuel	III
2013	Córdoba, Argentina <sup>22</sup>	7 day	60,000	Ola de Calor	II
2014	Philadelphia, New Jersey, USA <sup>23</sup>	3 days	1000,000	Tormenta de nieve Nika	II
2014	Asturias, Galicia, España <sup>24</sup>	3 hrs	90,000	Fuertes vientos	I
2014	Maldonado, URUGUAY <sup>25</sup>	1 day	11,000	Fuertes vientos y lluvias	I
2014	La Paz, Baja California Sur, MEX	?	?	Huracan Odile	IV
2014	Pensilvania, Filadelfia, USA <sup>27</sup>	5 days	1,000,000	Tormenta de hielo	II
2014	Valparaiso, Chile <sup>28</sup>	5 days	>6000	Incendio forestal	II
2014	Huehuetoca, Estado de México	12 hrs	123,000	Fuertes vientos	I
2014	Serbia-Bosnia	120 hrs	560,000	Inundaciones	II

Fuente: Elaboración propia, ver anexo A

Los tiempos de interrupción de electricidad se clasifican en 4 categorías, y dependen de la infraestructura de los sistemas.

Tabla 1.5 Tipo de interrupción

Tipo de Tormenta	Afectación
Clase I	Interrupción máxima de 48 horas. Área afectada relativamente pequeña. Su frecuencia se da 1 vez cada 5 años.
Clase II	Interrupción máxima de 5 días. Área afectada cubre la red total de distribución de la compañía. Su frecuencia se da 1 vez cada 20 años.

Clase III	Interrupción máxima de 18 días. El área afectada es mayor, con severos daños a la red de distribución inter-regional, causando apagones (black-outs). Su frecuencia se da 1 vez cada siglo.
Clase IV	Interrupción mayor de 18 días. Afectaciones mayores.

Fuente: Elaboración propia con datos de Landstedt, J., Holmstroen, P. (2007).

Figura 1.15 Historial de eventos significativos relacionados con temperaturas extremas, olas de calor, sequias e incendios forestales que han impactado el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)

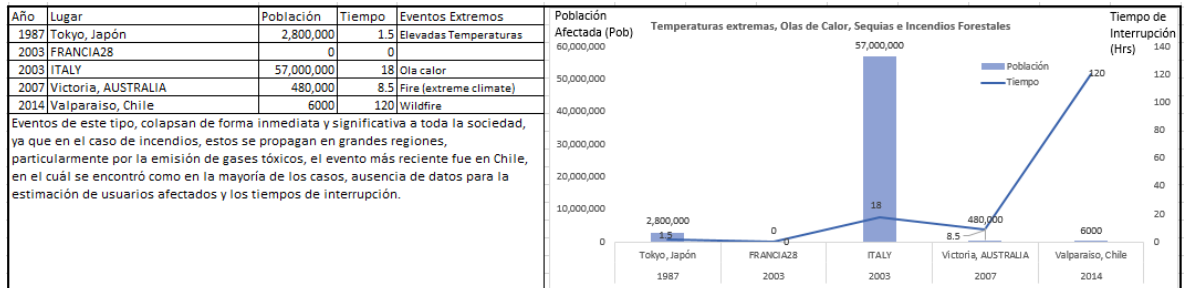


Figura 1.16 Historial de eventos significativos relacionados con Tormentas de hielo y nieve que impactaron el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)

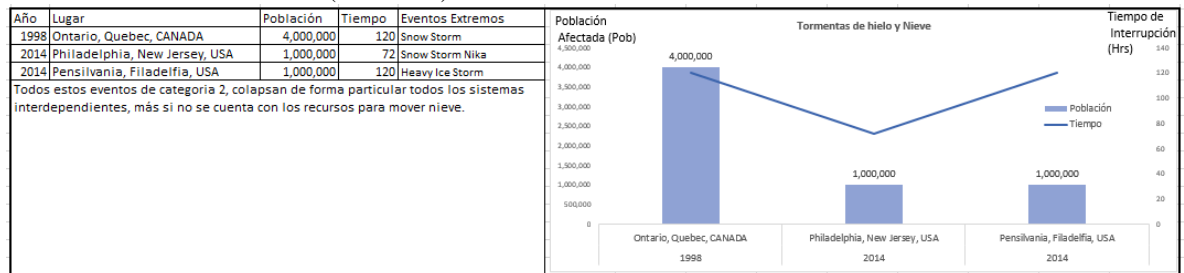


Figura 1.17 Historial de eventos significativos relacionados con Tormentas eléctricas y tornados que impactaron el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)

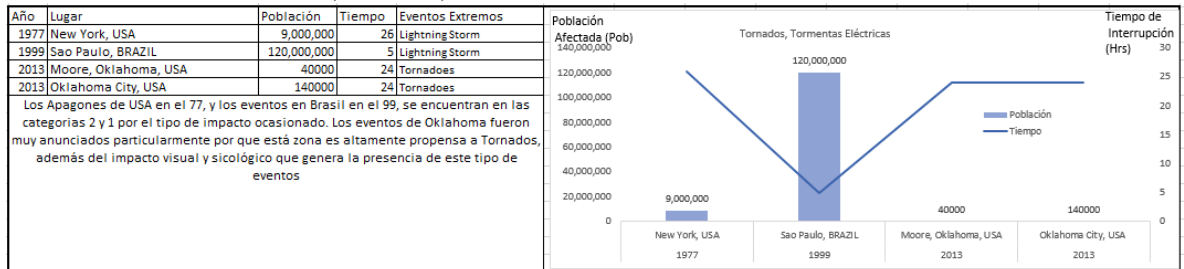
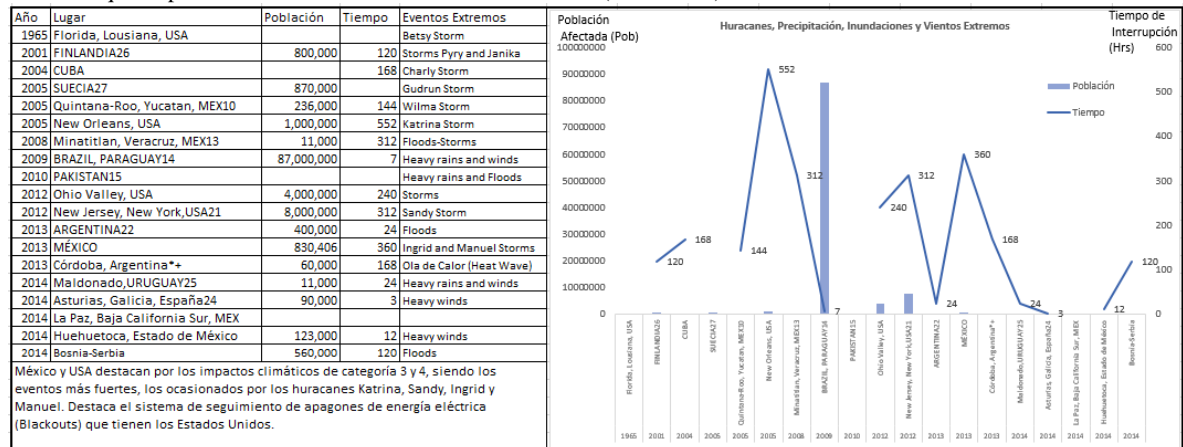


Figura 1.18 Historial de eventos significativos relacionados con Huracanes, precipitación, Inundaciones y vientos extremos que impactaron el sistema eléctrico a nivel mundial (1965-2014)



Fuente: Elaboración propia

## 1.8 Daños sobre la infraestructura eléctrica

Existen, muchos ejemplos de impactos climáticos que han ocasionado catastrofes y daños a la infraestructura eléctrica, a continuación se mencionan algunos de ellos.

### Miami, Florida, USA.

En 1992, el huracan Andrew, dejó más de 1.4 millones de hogares y negocios sin energía. Posterior al desastre, la energía de respaldo para emergencias fue requerida para dar soporte a servicios de comunicación, auxilio médico, suministro de agua potable, y tratamiento de aguas negras. Estos sistemas fueron dañados severamente. La caída de árboles sobre las líneas de distribución afecto el suministro eléctrico. Algunas áreas fueron reestablecidas en un periodo de dos semanas, sin embargo otras tardaron hasta un mes. Este caso, es de los primeros documentados, en que se usaron sistemas solares fotovoltaicos para suministrar energía a refugios, clínicas médicas, iluminación en calles y avenidas, así como sistemas de comunicación, Tucker, and Loo (2000).

### Mombai, India.

La ciudad de Mumbai, India, proclive a inundaciones por sus características geográficas, prácticamente rodeada por agua, fue impactada fuertemente por una lluvia monzónica, en Julio del 2005. La precipitación duró 3 días. En unas cuantas horas, 94 cm de agua cayeron sobre la ciudad, con las siguientes afectaciones: 700 muertes, 244,110 hogares con daño parcial o total, 97 escuelas colapsadas, 5667 transformadores eléctricos dañados, cierre obligatorio de bancos, 52 trenes locales afectados, 900 autobuses, y 10,00 camiones inservibles, implicando 2 días de

descanso obligatorio. Dos semanas después se reportaron enfermedades epidémicas, desde gastroenteritis, hepatitis, tifoidea, malaria, hasta dengue. Tan sólo un hospital reportó, 15,336 casos de diarrea, 37,696 padecimientos con fiebre, 9731 infecciones de piel, 40,368 infecciones agudas respiratorias.

Si bien, en la India, los apagones son comunes y llegan a durar hasta 8 horas al día, las protestas sociales no dejaron de presentarse. Aproximadamente habitaban unos 13 millones de habitantes, con una alta densidad poblacional, 53,600 habitantes por milla cuadrada.

Figura 1.19 Trafico colapsado por la ausencia de electricidad en Mumbai, India



Fuente: Referencia<sup>17</sup>, Anexo A.

### **Nueva York, USA.**

En 2012, La Ciudad de Nueva York fue impactada por el huracán Sandy, 11 días después, las estaciones de gasolina no estaban disponibles. Largas filas se produjeron debido a la escasez del servicio; la indignación social se manifestó, las inconformidades llegaron a plantear propuestas legislativas que facilitarían la reglamentación a las gasolineras, y que estas contarán con suministro de combustibles, por medio de generadores de respaldo en sitio, ya que, tan sólo 25% de las casi 800 estaciones gasolineras se encontraban disponibles.

Fig 1.20 Servicios críticos, no disponibles. Huracan Sandy 2012, NYC, USA.

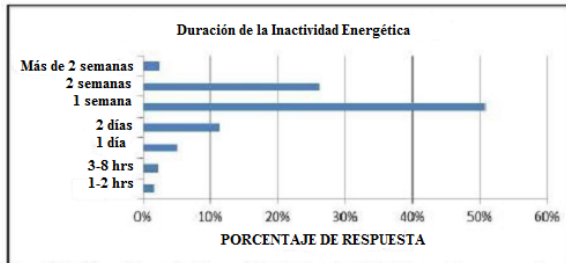


Fuente: Referencia 16, anexo A.

El comercio exterior, los viajes a través del puerto de Nueva York y Nueva Jersey, el tercer puerto más grande del país, y la gran mayoría de empresas experimentaron una interrupción en sus actividades de entre 7 a 10 días, debido a la falta de energía eléctrica, (Christie et al., 2014). La figura 1.21, indica que el 80% de las fallas de energía experimentadas en Nueva Jersey, tras

el paso del huracán Sandy, requirieron al menos 1 semana para su reparación, lo cuál implicó una alta exposición de los sistemas que utilizan energía en las zonas costeras o en zonas inundables, y casi el 30% necesitó al menos 2 semanas para el reestablecimiento.

Figura 1.21 Tiempo de inactividad energetica



Fuente: Action plan amendment number 7 (2014).

### **Magdeburg, Alemania.**

En Junio del 2013, la región de Europa Central, particularmente el Rio Elba, cuyo nivel alcanzo los 8 metros de altura, ocasionó inundaciones en la ciudad de Magdeburg, Alemania, provocando la evacuación de miles de residentes, aproximadamente 23,000 ciudadanos. Una de las mayores preocupaciones, fue el riesgo de inundación en una subestación que proveía de electricidad a todo el norte de la ciudad, particularmente, la falla comprometería el suministro por meses, fue necesaria la asistencia de 1500 soldados para impedir la inundación de este sistema centralizado.

Figura 1.22 Afectación de Rio Elba, Alemania, 2013



Fuente: Spiegel 2013

### **México.**

En el 2010, el Banco Interamericano del Desarrollo, publicó un estudio sobre los indicadores de riesgos de desastres y gestión de riesgos, donde señalaba que los fenómenos de mayor importancia para el país eran los terremotos y los huracanes. En el lapso 2001-2013, fueron registrados aproximadamente 8,950,000 habitantes afectados por cortes eléctricos, un promedio de 688,461 habitantes afectados por año, durante el periodo mencionado, aproximadamente, 172,115 usuarios afectados anualmente, y esta cantidad se prevee continúe creciendo, ver tabla 1.6.

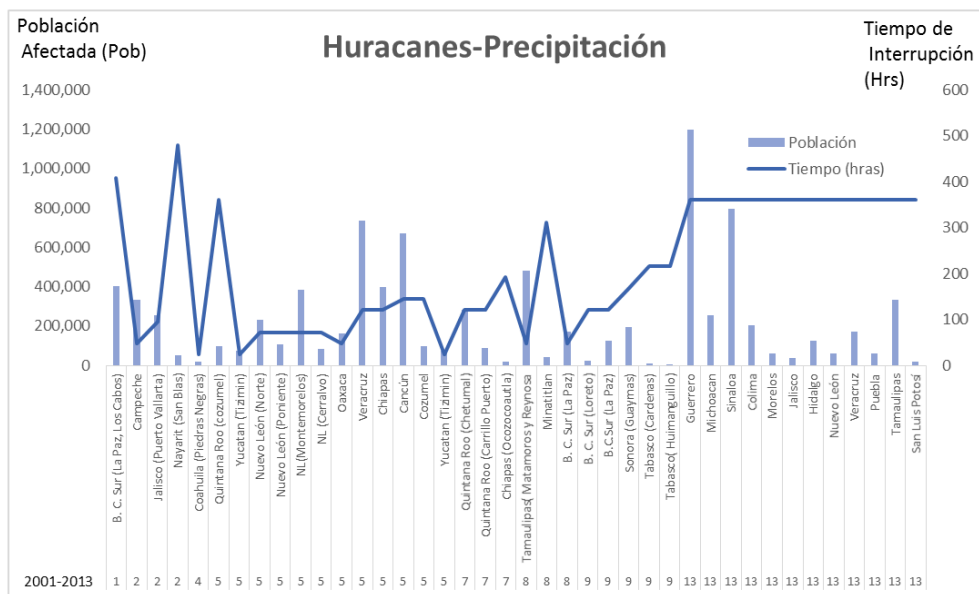
Tabla 1.6 Población afectada por interrupción eléctrica debido a eventos climáticos extremos

Año	Lugar	Población	horas	Eventos Extremos	Año	Lugar	Población	horas	Eventos Extremos
2001	B. C. Sur	401616	408	H.* Juliette	2008	Matamoros	480000	48	H. Dolly
2002	Campeche	331700	48	H. Isidore	2008	Minatitlan	44144	312	lluvías
2002	(Puerto Vallarta)	254976	96	H. kenna	2008	B. C. Sur	172000	48	H. Norbert
2002	Nayarit (San Blas)	51124	480	H. kenna	2009	B. C. Sur	25336	120	H. Jimena
2004	Coahuila	20000	24	lluvías	2009	B.C.Sur (La Paz)	127252	120	H. Jimena
2005	QR (cozumel)	96248	360	H. Emily	2009	Sonora (Guaymas)	193964	168	H. Jimena
2005	Yucatan (Tizimin)	75600	24	H. Emily	2009	Tabasco (Cardenas)	10320	216	lluvías
2005	Nuevo León (Norte)	233176	72	H. Emily	2009	Tabasco.	5692	216	lluvías
2005	Nuevo León	105996	72	H. Emily	2013	Guerrero	1196232	360	H. Manuel
2005	NL(Montemorelos)	385400	72	H. Emily	2013	Michoacan	256544	360	H. Manuel
2005	NL (Cerralvo)	84556	72	H. Emily	2013	Sinaloa	796660	360	H. Manuel
2005	Oaxaca	161636	48	H. Stan	2013	Colima	201492	360	H. Manuel
2005	Veracruz	737260	120	H. Stan	2013	Morelos	60984	360	H. Manuel
2005	Chiapas	400000	120	H. Stan	2013	Jalisco	37604	360	H. Manuel
2005	Cancún	672324	144	H. Wilma	2013	Hidalgo	122888	360	H. Ingrid
2005	Cozumel	99340	144	H. Wilma	2013	Nuevo León	60532	360	H. Ingrid
2005	Yucatan (Tizimin)	75600	24	H.Wilma	2013	Veracruz	173028	360	H. Ingrid
2007	Chetumal	282100	120	H. Dean	2013	Puebla	62564	360	H. Ingrid
2007	Quintana Roo	88736	120	H. Dean	2013	Tamaulipas	334476	360	H. Ingrid
2007	Chiapas	17284	192	lluvías	2013	San Luis Potosí	18420	360	H. Ingrid
Población Total: 8,954,804					Tiempo Total (hrs): 8328				

Fuente: Elaboración propia con datos de Cenapred, Inegi, CFE. \*H=Huracán

Los impactos climáticos que más han sobresalido por la interrupción eléctrica, se encuentran: El huracan Stan en Veracruz (2005), que afecto a 184,250 usuarios en un lapso de 5 días, un aproximado de 737,000 habitantes; Cancún 670,000 habitantes, afectados por el huracan Wilma; y los ocasionados por el Huracan Manuel en Guerrero en 2013; ver figura 1.23.

Figura 1.23 Afectación al sistema eléctrico por Huracanes y precipitación en México 2001-2013



Fuente: Elaboración propia

En el mes de Septiembre del 2013, más de 1 millón 200 mil personas fueron afectadas por los huracanes Ingrid en el Golfo de México y Manuel en el Pacifico; 50,000 evacuados, 100 muertos, aproximadamente 2555 localidades de 12 entidades del país afectadas. En Oaxaca



sólo 7 de 77 municipios del estado recibieron declaratorias de emergencia por parte de la federación, se identificaron 10,000 familias damnificadas. En Veracruz, 23,000 personas fueron evacuadas, de las cuales 9000 se ubicaron en albergues, 58 de sus 212 municipios con declaratoria de emergencia, ver imagen siguiente.

Figura 1.24 Impactos de Huracanes Ingrid y Manuel en México 2013



Fuente: Diario: El Universal, México, ver Anexo A

En el municipio de Acapulco, Guerrero, la crisis ocasionada generó que los precios de la canasta básica se dispararán a una semana de las lluvias, ver tabla siguiente.

Tabla 1.7 Costos de Productos antes y después, Acapulco, Guerrero

Producto	ANTES	DESPUES
1 Garrafón de Agua	\$20.00 MX	\$80 a \$100.00 MX
1 Litro de Gasolina	\$12.00 MX	\$35.00 MX
1 Kg huevo	\$20.00 MX	\$100.00 MX

Fuente: Diario: El Universal, México, ver anexo A

Los actos de rapiña y desesperación no se hicieron esperar, cerca de 45 toneladas de víveres se movilizaron hacia el puerto de forma inmediata, así como, se trasladaron a más de 5000 pasajeros por vía aérea de forma gratuita.

Figura 1.25 Daños en Guerrero



Fuente: Diarios: El Universal, Milenio; El Financiero;

<http://www.elfinanciero.com.mx/secciones/politicasociedad/34058-segob-asciende-a-139-los-decesos-por-ingrid-y-manuel.html>

A una semana de ocurrido el evento, el sistema de agua potable quedó colapsado en todo el puerto, y no era posible iniciar labores de reparación debido al nivel de inundación; las reparaciones del sistema comenzaron casi 4 semanas después. En cuanto a la afectación eléctrica, la comisión federal de electricidad (CFE) reportó que al 28 de septiembre, 2 semanas

después, se había rehabilitado el suministro eléctrico a casi el 100% de los usuarios afectados. Aproximadamente 830,406 clientes afectados, deduciendo que el tiempo de interrupción fue de 15 días, se desconocen las localidades realmente afectadas. En total, los usuarios afectados por el Huracán Manuel fueron 637,379; y 193,027 usuarios afectados por el huracán Ingrid. La recopilación de información anterior, permite indicar, la insuficiencia de datos para determinar las localidades afectadas por interrupción eléctrica.

### **Nueva York, USA**

Casos más recientes, donde los eventos se dan de forma redundante, y la población está mejor preparada, ocurrieron, el año pasado en la costa Este de Nueva York, donde más de 600 mil hogares se quedaron sin energía eléctrica, debido a la tormenta invernal Nika, La Jornada, México, Febrero 2014.

### **Valparaiso, Chile**

En Abril de 2014, Valparaiso, situada a 120 Km al Oeste de Santiago de Chile, con una población de 250,000 habitantes, fue impactada por un mega incendio, que provocó la evacuación de más de 12,500 personas, dejó 15 muertos, y la destrucción de 2900 hogares, además de dejar a más de 4700 hogares sin electricidad. Las primeras investigaciones señalaron que el evento fue provocado por condiciones de sequías, fuertes vientos (+40 Km/hra), altas temperaturas, y el choque de cables eléctricos. La ciudad fue declarada zona de catástrofe; La empresa proveedora de electricidad, Chilquinta, señaló, que la reposición podría demorar varios días; la empresa de agua potable, Esva, anunció cortes en el suministro de Valparaiso, y Viña del Mar. El gobierno obligó el cierre de escuelas, y preparó subsidios para el arrendamiento, viviendas de emergencia, bonos para ropa a personas afectadas, así como esquemas de vacunación masiva contra influenza, tetanos, y meningitis.

Figura 1.26 Valparaiso, Chile, (2014), afectaciones por incendio forestal



Fuente: Elaboración propia, Abril 2014. (a) Valparaiso, Chile, Google Maps; (b, c) Información de Chilquinta Energía; (d, e) Imágenes de BBC News, "Escenas "apocalípticas" del incendio en Valparaiso".

Puede notarse en las Figuras (b-c), que al ingresar a la página de la empresa, esta no provee los datos sobre el número de usuarios afectados, y el tiempo estimado de estabilización de electricidad.

### 1.9 Factores que incrementan el desastre

La resiliencia de el sistema eléctrico depende de 2 factores, 1) la infraestructura de el sistema de distribución, el ambiente bio-físico en el cual operan, y la interacción entre ambos; 2) Las empresas prestadoras del servicio de generación, transmisión, distribución de electricidad, reestablecimiento del suministro y la efectividad tanto en la toma de decisión como en la capacidad de respuesta ante emergencias, Maliszewski et al. (2012).

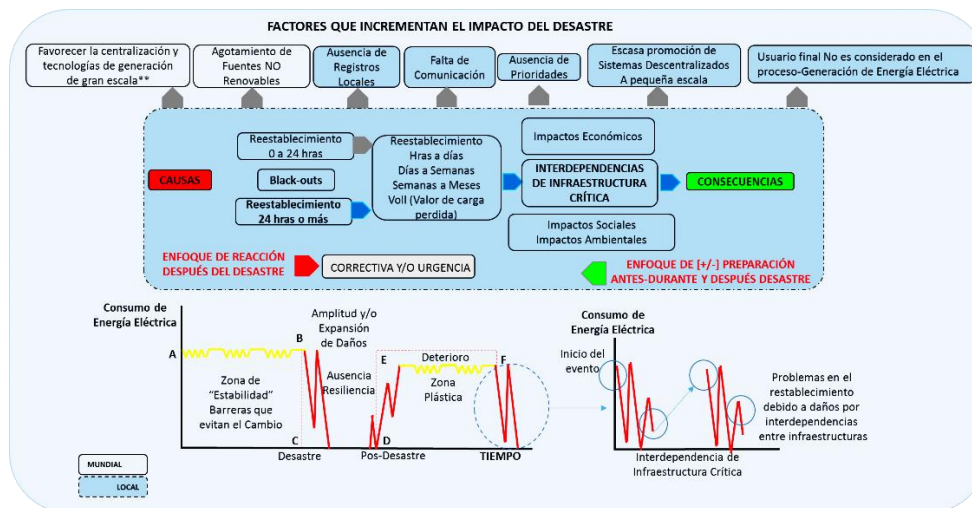
Tabla 1.8 Factores que contribuyen al desastre

Sector	Factores que incrementan el desastre	Impactos
Técnico-Económico	Envejecimiento de infraestructura, e inversión	Sistema de transmisión
Ambiental-Social	La escasez de agua	Disponibilidad en plantas hidroeléctricas
Economico-Social	Crecimiento poblacional	Mayor Demanda y necesidades de suministro
Técnico	Falta de monitoreo local en los cortes	Ausencia de medidas de prevención
Técnico-Social-Institucional	Interrupción eléctrica a servicios críticos	Ausencia de atención
Institucional	Leyes de servicios públicos no contemplan la atención del suministro bajo condiciones críticas	Ausencia de mercado

Fuente: Elaboración propia

Las 3 componentes de la resiliencia, Wardekker, (2010), se caracterizan en función de 1) Estabilidad, 2) Amplitud y 3) Plasticidad. 1) El estado estable está relacionado con la cantidad de cambio que puede soportar el sistema; 2) En la amplitud se presentan los ajustes a cambios externos y la capacidad para reestructurarse; 3) Habilidad para construir e incrementar las capacidades de adaptación.

Figura 1.27 Factores que incrementan el impacto de los desastres



El segmento AB, de la gráfica, es gobernado por el sistema centralizado, enfocado a la economía y producción de gran escala, donde la distribución de energía eléctrica es realizada a través de un amplio número de usuarios pasivos, y se mantiene una zona de estabilidad en el consumo; existen condiciones climáticas “normales”; en estas, los cortes eléctricos, varían de minutos a horas, y son de recuperación inmediata. En esta región se encuentran las resistencias conformadas por barreras institucionales que evitan el cambio.

La zona BC, representa condiciones adversas; los cortes pueden ir desde minutos hasta las 24 horas, sin embargo, la falta de atención y de personal para solucionar el corte puede extender el tiempo de recuperación. La zona CD, indica presencia de condiciones extremas, el tiempo de recuperación se extiende por la magnitud y duración de los impactos ocasionados, el reestablecimiento de electricidad va de las 24 horas, días, semanas, incluso meses, la atención a los servicios críticos es fundamental. Adicionalmente esta región se caracteriza por la ausencia de respuestas, innovación, aprendizaje y capacidad de adaptación, elementos fundamentales de la resiliencia, O'Brien et al (2010). Cuanto más tiempo tarde una comunidad en recuperarse de un desastre de gran magnitud, menor será la probabilidad de que la economía local recupere su capacidad productiva, OCDE (2013); La zona plástica DEF, indica que, dependiendo del impacto, el sistema no se reestablecerá a las condiciones previas, lo anterior es resultado de la forma en como fue diseñada la infraestructura, y donde fue construida, enfatizando un bajo desempeño de la infraestructura y con ello un deterioro en la sustentabilidad de la región.

A partir de la zona CD, es factible hacer uso de opciones de energía descentralizada, donde los impactos son locales, orientados a un pequeño número de usuarios, con tiempos de respuesta más cortos en el reestablecimiento del servicio, mediante la diversificación de soluciones tecnológicas más robustas.

### **1.10 Conclusiones**

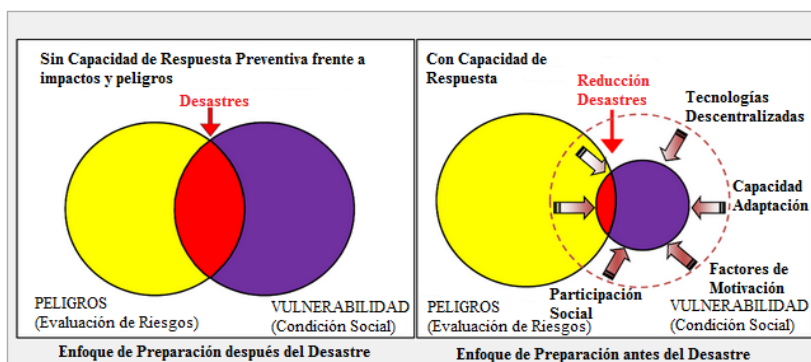
Durante la conferencia (COP17-2011), en Durban, Sudafrica, se estableció la urgente necesidad de crear estrategias globales para enfrentar los cambiantes patrones climáticos, lo cual requería integrar medidas de respuesta local con energías distribuidas y, la limitación en las emisiones globales de CO<sub>2</sub> a 350 ppm (partes por millón), sin embargo, en, Junio de 2015, los registros señalaban, 402 ppm, NOAA (2015).

El incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, viene acompañado de aumentos en la temperatura mundial; por cada grado centigrado, es probable que el número de tormentas, se incremente

hasta en un 12%, derivado de la mayor cantidad de vapor agua en el aire, lo cual además altera los niveles de precipitación pluvial, sequías, olas de calor y de frío, así como incendios forestales. El reporte Global Risk (2013, 2015 y 2016), colocó en el nivel elevado de riesgos mundiales, las fallas en la adaptación al cambio climático y en los sistemas críticos. El último informe, IPCC (2014), señaló que las instituciones y el desarrollo de capacidades locales son componentes críticos faltantes en las políticas climáticas.

El análisis institucional es un reflejo de la estructura gubernamental en una localidad; Sin embargo, estas estructuras no fueron diseñadas, preparadas, ni creadas, para fallas o colapsos, debido a los retos del cambio climático, y mucho menos cuentan con reglas o medios para estar preparados frente al caos. Los cambios abruptos en el clima, plantean nuevos retos, entre ellos la combinación de peligros y vulnerabilidades locales, ambos aspectos complejos, generan situaciones imprevistas y catastróficas (zona oscura de la figura 1.28). Cuando alguna actividad representa una amenaza para la salud humana, la infraestructura, o, para el medio ambiente, deben tomarse medidas precautorias, aún cuando algunas relaciones de causa y efecto, no hayan sido totalmente determinadas de forma científica. Bajo este contexto, lo único factible de realizar para reducir las crisis, es disminuir los niveles de vulnerabilidad local, por un lado, identificando, que, y quienes son vulnerables, así como planteando los requerimientos institucionales necesarios, desde la perspectiva de la adaptación, y por otro lado, mediante la utilización de tecnologías que mejoren la resiliencia y sustentabilidad en la infraestructura energética y servicios críticos (RSI, Resilient and Sustainable Infraestructure), como formas para generar respuestas. En este último aspecto, el análisis tecnológico debe considerar, medidas de inteligencia, redundancia, y acoplamiento, Evans, P., and Fox-Penner, P. (2014).

Figura 1.28 Peligros que confrontan a las comunidades vulnerables causan desastres



Fuente: Elaboración propia con adaptación de Nishikawa, S. (2015).

Esta Investigación, se enfoca en la reducción de vulnerabilidad local, mediante el análisis de vínculos entre capacidades institucionales y tecnologías energéticas renovables y distribuidas, en regiones con mayor problemática frente a los eventos extremos.

El planteamiento de la investigación es nuevo, no se detectaron estudios que vinculen los dos grandes retos frente al cambio en el clima, y los pocos trabajos identificados, tratan de forma muy limitada, y aislada, la temática. Los vínculos entre adaptación y mitigación, no tocan el tema de interdependencias en servicios críticos.

Si bien, el concepto de sustentabilidad es complejo y difícil de entender, presenta características que para su comprensión deben plantearse desde enfoques transdisciplinarios, articulando, y desarrollando estructuras conceptuales compartidas, que den solución a problemas comunes. La interacción de múltiples componentes pertenecientes a sistemas complejos y adaptativos, entre ellos **la incertidumbre, la emergencia, la escala, la auto-organización, son aspectos propios de los sistemas socioecológicos, y que no están contemplados en el famoso desarrollo sustentable.**

El análisis de los apagones eléctricos a nivel mundial, se muestra en éste primer capítulo, asignando además una clasificación al tipo de interrupción, en función del tiempo que dura el corte. Los apagones en México, son frecuentes, mal informados, y mal atendidos en el nivel local; En el periodo 2001-2013, casi 9,000,000 de habitantes fueron afectados por interrupción eléctrica, con tiempos de corte acumulado de más de 8000 horas, aproximadamente, 25.64 días por año, con 692,308 habitantes afectados anualmente. Los impactos “naturales”, sobre las interdependencias infraestructurales, incrementan los efectos de desastre, alterando el ritmo de vida de los habitantes implicados.

En el capítulo 2, se muestran las dimensiones de la vulnerabilidad, desde un nivel macroregional hasta un nivel local, incorporando el valor de carga eléctrica perdida (Voll). En el capítulo 3, se realiza una exploración sobre las metodologías existentes para el análisis de adaptación institucional y se construye la capacidad de adaptación al cambio climático vinculando la disponibilidad de servicios críticos. En el capítulo 4, se evalúan los perfiles de carga críticos, mediante un diagrama de interdependencias, tomando como referencia, la información obtenida de la visita a campo, y se evalúan los recursos renovables de energía eólica y energía solar en la región bajo estudio, así como la utilización de baterías. El último capítulo, permite establecer las conclusiones de esta investigación y la relación con la hipótesis planteada en esta investigación.

# Capítulo 2

Dimensiones de la  
vulnerabilidad local al  
cambio climático en México

## **2.1 Introducción**

El enfoque de vulnerabilidad es de carácter complejo, donde se conjugan aspectos sociales (marginación, pobreza, y educación), climáticos (volatilidad y variabilidad en temperatura, precipitación y condiciones de viento, etc.), y de infraestructura. La volatilidad, se presenta cuando existe evidencia de cambios abruptos a lo largo del tiempo, comparados con periodos de tiempo en décadas anteriores y una menor capacidad de predecir las condiciones meteorológicas; su medición depende de la existencia de registros históricos meteorológicos en las localidades y/o regiones. La variabilidad climática es un factor de cambios en las características del peligro que siempre han existido, pero que no han sido considerados en las estrategias de desarrollo regional. El concepto de vulnerabilidad tiene un relevante valor político, por constituir una base operativa para el diseño de políticas sociales y de adaptación al cambio climático. Es eminentemente social, toda vez que hace referencia a las características, habilidades y capacidades que les impide a hombres y mujeres disminuir los riesgos de una amenaza y transformar sus condiciones de vida hacia la construcción de mayor capacidad de adaptación y resiliencia frente a los impactos del cambio climático, (Patiño y Martínez. 2012).

El programa para el desarrollo de las naciones unidas, (UNDP-2004), define vulnerabilidad en función de los factores o procesos económicos, físicos, sociales y ambientales que incrementan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de peligros.

El Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC), establece que la vulnerabilidad, es el grado en que el sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse con efectos adversos de cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y sus extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación, (IPCC-2007).

Toda comunidad tiene un vínculo histórico con su espacio geográfico. Estos vínculos determinan la dinámica de las acciones y habilidades de otros para interferir en los diversos retos comunitarios, entre ellos, la incertidumbre y la magnitud de los eventos climáticos extremos, lo cual hace evidente la necesidad de analizar la vulnerabilidad regional y local frente a estos desafíos. Las tipologías de vulnerabilidad por lo regular contemplan el análisis de: 1) zonas urbanas o metropolitanas; 2) zonas rurales; 3) zonas montañosas; 4) zonas costeras; 5) zonas escasamente pobladas; 6) islas y 7) regiones fronterizas.



Diversos investigadores han realizado estudios en estos campos. (Mustafa, D. 1998), estudio la vulnerabilidad relacionada a inundaciones en comunidades agrícolas; (Moss et al. 2001; Fowler et al. 2002; Connor and Hiroki. 2005), se enfocaron a identificar la relación entre escala de estudio, peligros, características regionales y disponibilidad de información; la vulnerabilidad en ciudades no agrícolas como consecuencia de las sequías, fue estudiada por (Hill and Polsky. 2005); Diversos protocolos metodológicos para evaluar vulnerabilidad fueron planteados por (Schröter et al.2005); Indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación fueron planteados por (Polsky et al. 2007); Metodologías de evaluación de riesgo urbano (URA), frente a eventos hidrometeorológicos, fueron estudiados en, (Magaña et al., 2012). Ibararán et al., (2010), hacen una evaluación de vulnerabilidad y resiliencia, involucrando información socioeconómica y ambiental, señalan que las condiciones geográficas no son el único factor que determina la resiliencia al cambio climático sino que depende en gran medida del desarrollo económico y de la capacidad de adaptación a problemas ambientales y climáticos; La vulnerabilidad al incremento en el nivel del mar en costas de México fue realizada por (Botello et al., 2010; Carbajal J. 2010), donde señalan que los estados del golfo de México son los más vulnerables, en cuanto a aspectos sociales y biogeofísicos. Otros estudios, se enfrentan con la falta de información, datos incompletos en la escala de tiempo, así como ausencia de mediciones, que limitan la generación de planes para la adaptación y tiene consecuencias de acción institucional reactiva frente a retos climáticos.

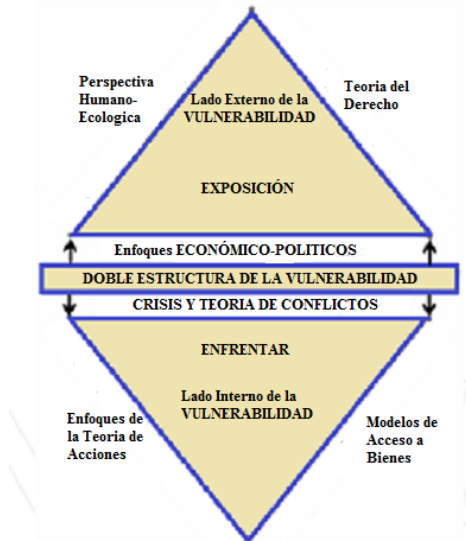
La vulnerabilidad debe ser evaluada de forma integradora, a nivel local, y regional, donde los conceptos sean claros y transparentes, además de **vincular sistemas, sectores y enfoques**. La evaluación en la gran mayoría de estudios, contempla unicamente exposición y sensibilidad, a esto, **es necesario agregar la capacidad de respuesta**, donde las instituciones desempeñan un papel generador de acciones proactivas, y son el motor que enciende las habilidades sociales individuales y grupales, intercambiando la acción reactiva por proactiva frente a los desastres, (Holsten et al, 2012).

## **2.2 Vulnerabilidad**

De acuerdo al modelo de (Bohle. 2001), **la vulnerabilidad tiene dos estructuras**, la externa, (exposición) y la interna, (hacer frente a). En la primera, el enfoque economico-político influye sobre la inequidad social; el enfoque socio-ecológico, influye sobre la dinámica poblacional y la administración ambiental; y el tercer enfoque tiene influencia sobre la incapacidad de las personas para obtener bienes economicos de forma legitima. En la segunda estructura, los

enfoques están dirigidos al control de bienes y recursos, así como la capacidad para manejar crisis y solucionar conflictos; La acción social y la libertad de reaccionar derivado de la influencia o restricción económica, social y gubernamental, se dan en la teoría de acciones; y, finalmente, los modelos de acceso a bienes, están relacionados con la mitigación de la vulnerabilidad.

Figura 2.1 Marco conceptual para el análisis de vulnerabilidad



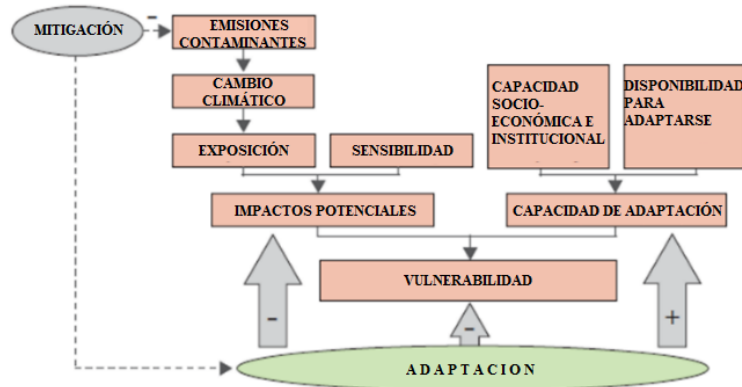
Fuente: Bohle (2001)

En el contexto de atención a los desastres naturales, surgen dos enfoques: 1) Atención de causas, y 2) Atención de consecuencias. En el primero, las acciones son orientadas a las necesidades después de los impactos climáticos. Acciones correctivas son generadas y fundamentadas en la incertidumbre y riesgos futuros (Vulnerabilidad física); todo se vuelve prioridad, y se busca la utilización masiva de recursos, implicando descontrol, por falta de organización, conocimiento y experiencia. Múltiples ejemplos abundan en la literatura, sobre las reuniones extraordinarias de los tomadores de decisión, donde todos los departamentos responsables asumen la atención de la emergencia, desde salud, obras públicas, vivienda, seguridad, hasta la utilización de voluntarios y la participación del ejercito, siempre de forma correctiva. Las causas se atribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero y la alteración de el clima, con lo cual, la respuesta a largo plazo dependerá de las medidas de mitigación implementadas. La atención de consecuencias, se basa en la evaluación de la **vulnerabilidad social**, y es enfocada en acciones proactivas, aquellas que integran la capacidad de adaptación y el uso del conocimiento de nuevas tecnologías, las cuales fortalecen la reacción y capacidad de respuesta, antes y después del impacto climático. Acciones proactivas, donde las

comunidades están dispuestas a adaptarse, y donde las instituciones han generado las capacidades necesarias. La integración de medidas de adaptación y mitigación, figura 2.2, permiten reducir los riesgos derivados del cambio climático, desde la evaluación integradora y local de vulnerabilidad que no solo incluya la evaluación de impactos sino también la existencia de respuestas, o lo que se está haciendo para reducir las afectaciones.

Tales acciones pueden traducirse como medidas anticipadas, autónomas o planeadas.

Figura 2.2 Interrelación entre impactos de cambio climático, vulnerabilidad y adaptación



Fuente: Peer Inform. Europe adapts to climate change

La Vulnerabilidad al igual que el cambio climático es compleja, multidimensional, diferenciada, dependiente de la escala, y dinámica, ya que presenta características que influyen de forma continua en tiempo y espacio, (Vogel and O'Brien; Metzger et al., 2004).

La medición de la vulnerabilidad climática depende de la existencia de registros históricos meteorológicos en las localidades y/o regiones. Mientras que la exposición contempla al sistema expuesto, ya sea en aspectos monetarios, PIB (\$), o en aspectos poblacionales. Para su análisis, es descrita en función de la exposición, sensibilidad (S) y capacidad de adaptación (CA), ecuación 2.1.

$$V = f(E, S, CA) \dots [2.1]$$

La relación entre la exposición y la sensibilidad constituyen los impactos potenciales (IP).

$$IP = f(E, S) \dots [2.2]$$

El IPCC, señala, que la sensibilidad es definida como el "grado en el cuál un sistema es afectado, ya sea de forma beneficiosa, o contraria, por los estímulos relacionados con el clima". El efecto puede ser directo o indirecto, (IPCC 2007).

### 2.2.1 Componentes de la Vulnerabilidad.

**Sensibilidad Social.** Las personas que se encuentran en los rangos extremos de edad, limitan el movimiento hacia rutas lejanas del peligro. La población no extrema (Adolescentes, y padres de familia) pierden dinero y tiempo cuidando a los dependientes, cuando las guarderías, asilos, y hospitales se ven afectados, ó cuando no hay formas seguras para su protección. Lo anterior se incrementa con el analfabetismo, el bajo nivel de estudios, los asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo, y la carencia de recursos críticos para la vida.

**Sensibilidad Física.** La infraestructura pública y privada es altamente vulnerable, particularmente en zonas costeras, donde la planeación de espacios territoriales sustentables es indispensable, así como la identificación de la infraestructura que está sujeta a riesgos. Así mismo la disponibilidad de recursos para la atención de la salud es un factor crítico.

**Sensibilidad Económica.** La producción, servicios y el consumo de energía regional, se refleja en la aportación al PIB. La interrupción de estas actividades incrementa el valor de carga pérdida y con ello la vulnerabilidad. Después de un desastre, la pérdida de ingresos económicos incrementa, contribuyendo a la lenta recuperación. La autonomía económica es un factor ideal para superar las crisis climáticas.

**Sensibilidad Ambiental.** La capacidad que tiene un medio para asimilar alteraciones, desde su espacio biológico y físico, es cuantificada por su conservación y creación de espacios verdes, la identificación de zonas geográficas más vulnerables a los impactos directos por incremento en el nivel del mar, inundaciones, y huracanes.

**Exposición.** La exposición al cambio climático se refiere a la naturaleza y grado en el cual un sistema es expuesto a variaciones climáticas. Esta exposición depende de las tendencias globales del cambio en el clima, de la ubicación del sistema, así como de las características de la amenaza, frecuencia, magnitud y duración, (Klein, 2005).

La variabilidad en el clima impacta en la actividad económica, enfatizando la exposición y sensibilidad ante la ausencia de medidas de adaptación, de esta forma se establece una relación entre los Impactos y la capacidad de adaptación, ecuación 2.3.

$$V = f (IP, AC)... [2.3]$$

**Capacidad de Adaptación.** Los efectos de los desastres naturales son regularmente relacionados con personas, infraestructura privada, gubernamental, y pérdidas económicas. En cada una de ellas el papel de las instituciones es fundamental.

La capacidad de adaptación, es evaluada en función de 4 factores institucionales que están presentes en cada indicador: (1) las acciones, para reducir el riesgo y la sensibilidad; (2)

conciencia, para aumentar la capacidad de lucha y supervivencia; (3) habilidades para construir la capacidad de adaptación; y (4) la capitalización sobre el cambio climático.

El desarrollo de habilidades y conciencia tiene un efecto positivo en la capacidad de adaptación, sin embargo las acciones son fundamentales para el desarrollo de las 2 anteriores. Las acciones de adaptación tienden a reducir los efectos de vulnerabilidad e incrementar la resiliencia en localidades altamente expuestas y sensibles.

La capacidad de adaptación se da en contextos específicos y está formada por variables dinámicas que no son fácilmente generalizables, por lo que las ponderaciones varían de una región a otra.

**Capacidad de Mitigación.** La pérdida del bienestar de los consumidores, varía, dependiendo de los siguientes factores: 1) sector al que pertenecen; 2) momento de la interrupción; 3) duración del corte; 4) temporada del año. La falta de energía eléctrica afecta todos los sectores económicos; la industria, se ve obligada a reducir su producción; se pierden las señales de televisión; los sistemas de telefonía dejan de funcionar; las escuelas paran actividades; los negocios comerciales cierran; la escasez de alimentos se vuelve una amenaza latente; los sistemas de seguridad y servicios hospitalarios se vuelven insuficientes; los hogares se ven amenazados por la pérdida de alimentos no refrigerados, escasez de agua; y se pierde el tiempo de ocio bien invertido, (Zachariadis T, and Poullikkas A. 2012).

La vulnerabilidad no es la misma, si la exposición y sensibilidad, cuentan con medidas de capacidad de respuesta. En la ecuación (2.4), la vulnerabilidad depende tanto de los impactos potenciales, como de la capacidad de respuesta (CR) que se tenga en las localidades, donde esta última es integrada por la capacidad de adaptación y de mitigación (CM), ecuación (2.5), las cuales se explican con mayor detalle, más adelante.

$$V = f (IP, CR)... [2.4]$$

$$CR = f (CA, CM)... [2.5]$$

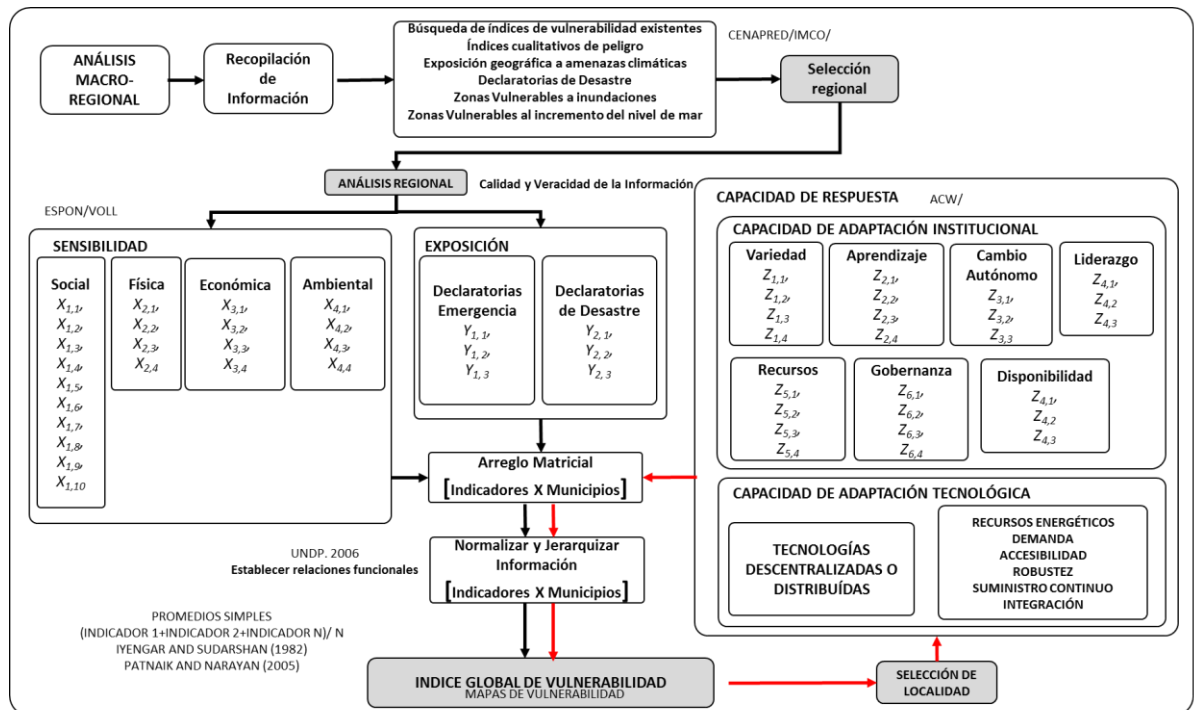
### **2.3 Metodología de análisis**

En la literatura referente al análisis de vulnerabilidad, la evaluación cuantitativa es realizada mediante la construcción de un “índice de vulnerabilidad”, el cuál se basa en un conjunto de indicadores que dan como resultado la vulnerabilidad de la región. La metodología de vulnerabilidad, aquí mostrada, fue construida, tomando en cuenta diversos trabajos académicos existentes, entre ellos: la metodología de Adaptación y Mitigación al cambio climático (CAM, por sus siglas en inglés), la que facilita identificar zonas geográficas o localidades afectadas, los alcances y la línea de base, (Carew-Reid et al. 2011); el análisis de vulnerabilidad del

Instituto Mexicano de la competitividad (IMCO, 2012), que permitió fortalecer las decisiones sobre la selección de la región; la utilización de información procedente del (INEGI, 2010), para completar los indicadores; el programa (ESPON-CLIMATE, 2011), red de observación europea para la cohesión y el desarrollo territorial, que permitió fortalecer la estructura de los indicadores y su manejo, entre otros. La elección de la comunidad fue realizada, tomando en cuenta los aspectos anteriores. Con lo anterior, fue posible llevar a cabo un análisis institucional de capacidades de adaptación utilizando la metodología ACW, y su ampliación a servicios críticos.

La metodología, está constituida por 8 etapas: 1) El análisis macro-regional; 2) Selección de la región de estudio y su análisis; 3) Identificación y construcción de indicadores a utilizar; 4) Normalización y jerarquía de información en cada uno de los indicadores; 5) Índice global de vulnerabilidad; 6) Selección de localidad; 7) Análisis de la capacidad de respuesta local; y 8) Retroalimentación de la capacidad de respuesta en el índice global de vulnerabilidad, ver figura 2.3.

Figura 2.3 Capacidad de respuesta y análisis de vulnerabilidad



Fuente: León et al. (2014)

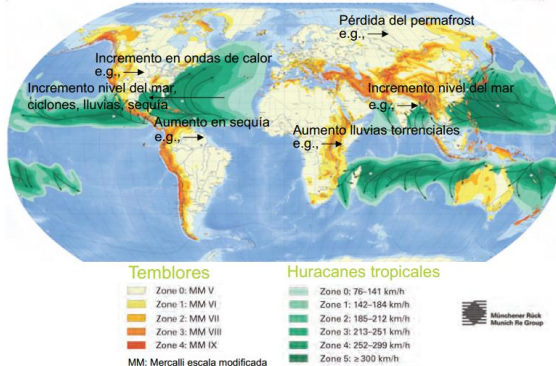
## 2.4 Análisis Macro-regional

Se realiza un análisis a nivel estatal, tomando en cuenta: (1) las declaratorias de desastres naturales, a nivel nacional, (Cenapred, 2011); (2) el índice cualitativo compuesto de peligro, (Cenapred 2012); (3) el índice de vulnerabilidad climática, que mide el nivel de vulnerabilidad relativa en los 373 principales municipios del país, (IMCO, 2011); (4) Exposición a Inundaciones y (5) Nivel del mar. Con la información anterior es posible elegir el estado federal con mayores afectaciones, tomando en cuenta, la información confiable y completa posible.

Los estudios del cambio climático global y sus posibles impactos en México tienen como un antecedente fundamental la publicación: Estudio de País: México (Gay, 2000), en el cual se plantearon posibles escenarios de cambio climático para nuestro país y se estudiaron también los posibles impactos en sectores tan importantes como la agricultura, los recursos hídricos y las zonas costeras, por mencionar sólo algunos. Los resultados de esa investigación fundamentaron la llamada Primera Comunicación Nacional de México, dado que los países que suscribieron el Protocolo de Kioto, como México, entregan estas comunicaciones a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés), Conde, C., (2005).

México es uno de los países más severamente afectados por el cambio climático, aproximadamente el **15 % de su territorio, 70% de su población y 71 % de su producto interno bruto**, se encuentran expuestos al riesgo de diversos impactos del cambio en el clima, desde su orografía, el deterioro ambiental y las prácticas de manejo de los recursos naturales, hasta por las políticas gubernamentales y la vulnerabilidad social, que dificultan la administración preventiva ante eventos hidrometeorológicos extremos y los convierten frecuentemente en desastres (MunichRe, 2008; IPCC, 2007, 2007a, 2007b; ISDR, 2009; National Hurricane Center, 2006). El desarrollo urbano y turístico caótico, así como el abandono de políticas rurales sustentables han deteriorado las precarias condiciones socio-ambientales, donde la falta de un ordenamiento territorial y malas políticas de desarrollo han exacerbado los impactos por huracanes y sequías, con lo cual han aumentado los riesgos sociales, Thywissen, (2006), la infraestructura y los entornos naturales, Steffen et al., (2003). Además, **México cuenta con un sistema de precipitación concentrado durante los meses de junio a septiembre**, es decir, exceso de agua en corto tiempo y falta del vital líquido por temporadas largas, Conagua, (2009).

Figura 2.4 Mapa de vulnerabilidad de México ante el cambio climático



Fuente: Oswald-Spring (2010)

### 2.4.1 Declaratorias de Desastre.

En el periodo 2000-2012, diversos desastres afectaron a más de 1,169,000 viviendas con un impacto económico negativo por arriba de 22 mil millones de pesos, (El Universal, 16/05/2014). La tabla 2.1, muestra los 6 estados del país, que de acuerdo al atlas nacional de riesgos (Cenapred-Segob.2012), cuentan con el mayor número de declaratorias de desastre.

Tabla 2.1. Estados de la república con mayor número de declaratorias de desastre 2000-2012

Ranking Nacional	Región	Población	Número Municipios	Declaratorias Desastres	Clasificación del fenómeno *	tipo de fenómeno **	Declaratorias Hidro-meteorológicas
1	Veracruz	7,643,194	212	3559	3521	3363	95%
2	Oaxaca	3,801,962	570	3582	3107	1993	55.6%
3	Puebla	5,779,829	217	1145	1145	776	68%
4	Chiapas	4,796,580	65	983	983	939	95%
5	Chihuahua	3,406,465	14	944	944	655	68%
6	Zacatecas	1,490,668	20	813	807	437	53.8%

Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED (2001-2012); \*Se excluyen fenómenos geológicos y Sanitarios; \*\*Se excluyen Sequías; Base de datos sobre declaratorias de emergencia de desastre y contingencias climatológica.

Veracruz, Oaxaca y Puebla son los tres estados del país con mayor número de declaratorias.

Figura 2.5 Declaratorias de Desastre 2000-2012



Fuente: Elaboración propia con datos de Cenapred (2000-2012)

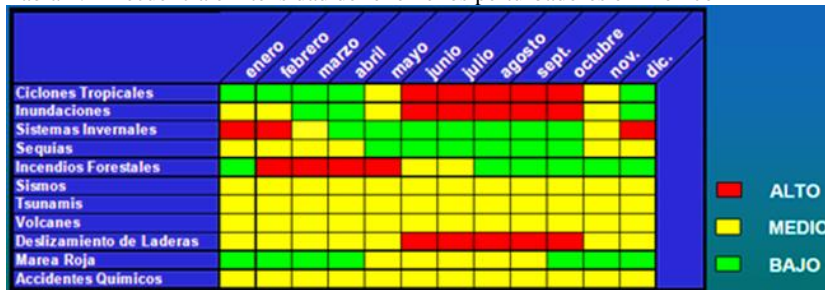
### 2.4.2 Índice cualitativo compuesto de peligro, ICCP.

Es una clasificación de la potencialidad con la que se presentan los fenómenos perturbadores, en el cuál se asigna un valor adimensional que matemáticamente representa un nivel de



intensidad, obteniéndose un índice empírico con valores desde 0 (ausencia) hasta 100 (máxima intensidad). Los fenómenos naturales a los que están sujetos los estados de la República Mexicana fueron analizados mediante el: ICCP-Cenapred; este índice fue calculado por tipo de fenómeno durante los últimos 20 años en México. **Los ciclones tropicales, inundaciones, y los incendios forestales son los de mayor impacto** para el país, tabla 2.1.

Tabla 2.1 Frecuencia e intensidad de fenómenos perturbadores en México

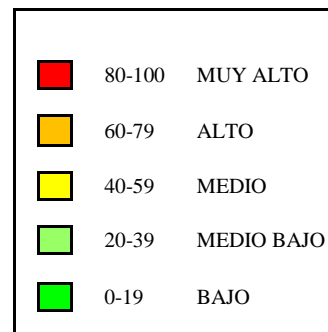


Fuente: CENAPRED

Chiapas, Sinaloa, y Veracruz, ocupan los 3 primeros lugares en cuanto a la frecuencia e intensidad de fenómenos perturbadores, con un nivel de peligro muy alto, tabla 2.2.

Tabla 2.2 Índice cualitativo compuesto de peligro

Estado	ICCP (0-100)	Nivel Peligro	Estado	ICCP (0-100)	Nivel Peligro
Chiapas	99	Muy alto	Sonora	71	Alto
Sinaloa	91	Muy alto	San Luis Potosí	71	Alto
Veracruz	87	Muy alto	Nuevo León	67	Alto
Jalisco	86	Muy alto	Yucatán	64	Alto
Baja California	85	Muy alto	Nayarit	62	Alto
Tamaulipas	83	Muy alto	Coahuila	59	Medio
Campeche	83	Muy alto	Chihuahua	58	Medio
Puebla	82	Muy alto	Guanajuato	56	Medio
Durango	80	Alto	Estado de México	56	Medio
Hidalgo	79	Alto	Distrito Federal	54	Medio
B. California Sur	78	Alto	Quintana Roo	52	Medio
Michoacán	77	Alto	Zacatecas	48	Medio
Colima	76	Alto	Morelos	45	Medio
Guerrero	75	Alto	Tlaxcala	45	Medio
Tabasco	72	Alto	Aguascalientes	30	Medio bajo
Oaxaca	72	Alto	Querétaro	30	Medio bajo



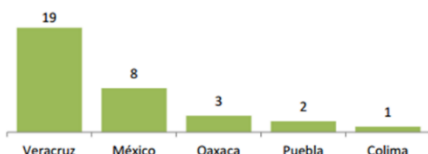
Fuente: CENAPRED

### 2.4.3 Índice de Vulnerabilidad Climática

El Instituto Mexicano para la Competitividad, (IMCO-2012), propuso un Índice de Vulnerabilidad (IVC), midiendo el nivel relativo de vulnerabilidad climática en 373 municipios, correspondientes a las 86 principales zonas metropolitanas del país. Estas zonas acumulan en conjunto cerca del 80% del PIB nacional y 65% de la población, o son aquellas donde hay mayor demanda de vivienda. A nivel general, la vulnerabilidad contempla aspectos **sociales, infraestructura y clima**. De acuerdo a este estudio, los estados donde se ubican los municipios con muy alta vulnerabilidad climática son: **Veracruz** (8 zonas metropolitanas, que

contienen 19 de 42 municipios con muy alta vulnerabilidad climática); **Estado de México** (8 municipios); **Oaxaca** (3 municipios); **Puebla** (2 municipios) y **Colima** (1 municipio).

Figura 2.6 Estados donde se ubican los municipios con vulnerabilidad climática muy alta

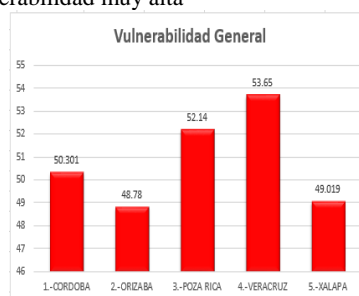


Fuente: Imco 2012

En la evaluación de Veracruz, resaltan 5 de sus zonas metropolitanas, por presentar muy alta vulnerabilidad. En la siguiente tabla se muestra un resumen de estas zonas, donde el valor 100, implica baja vulnerabilidad, y cero, alta. La posición relativa en el ranking hace referencia a un tamaño de muestra de 86 zonas metropolitanas del país, donde la posición 1, corresponde a una región con baja vulnerabilidad, y las posiciones próximas a 86 son las más vulnerables.

Tabla 2.3 Principales zonas metropolitanas del estado de Veracruz con vulnerabilidad muy alta

Vulnerabilidad :	Climático	Social	Infraestructura	Calif. Gral. ponderada
Zonas Metropolitanas	<b>CORDOBA</b>			
Calificación	53.108	51.12	43.86	50.301
Posición relativa ranking	85	67	23	<b>82</b>
Nivel de Vulnerabilidad	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO
Municipio	<b>ORIZABA</b>			
Calificación	54.78	50.155	35.41	48.78
Posición relativa ranking	83	71	62	<b>85</b>
Nivel de Vulnerabilidad	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Municipio	<b>POZA RICA</b>			
Calificación	63.03	50.34	32.16	52.14
Posición relativa ranking	70	70	71	<b>78</b>
Nivel de Vulnerabilidad	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Municipio	<b>VERACRUZ</b>			
Calificación	58.26	56.34	41.75	53.65
Posición relativa ranking	79	38	34	<b>67</b>
Nivel de Vulnerabilidad	ALTO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Municipio	<b>XALAPA</b>			
Calificación	53.19	56.42	33.26	49.019
Posición relativa ranking	84	36	68	<b>84</b>
Nivel de Vulnerabilidad	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO



Fuente: Elaboración propia con datos de IMCO-2012, INEGI. \*El IV asigna 25% a V.Social, 25% a V.Infraestructura, y 50% a V. Climática

Las ponderaciones son subjetivas, en función de las aportaciones de los grupos de enfoque en el análisis de IMCO, por ejemplo, asignan, en la evaluación del índice de vulnerabilidad, 25% a vulnerabilidad social, 25% a infraestructura y 50% a vulnerabilidad climática. Es decir, que para el análisis de IMCO, la zona metropolitana de Veracruz, junto con sus municipios, son los que obtienen los valores más altos en la evaluación subjetiva de sus indicadores.

Los indicadores de clima son obtenidos de la base de datos del Instituto de la competitividad (IMCO-2010), donde se extraen las tendencias climatológicas que han afectado a los estados y

sus municipios en el periodo 1974-2010. En la obtención de vulnerabilidad por aspectos climáticos, se establecen diferencias en las regiones donde la temperatura, lluvia, y velocidad de viento, se han estabilizado desde principios de los 70's hasta el 2010, contra aquellos lugares donde existen cambios perceptibles tanto en el promedio mensual de las tres variables mencionadas y su volatilidad.

#### 2.4.4 Inundaciones

La inundación es aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura, (Salas y Jiménez. 2007).

El riesgo a inundación ha sido previamente estudiado por el centro nacional de prevención de desastres (Cenapred); con base en los registros históricos existentes, se muestra un resumen de la población por estado, vulnerable a inundación, Tabla 2.4.

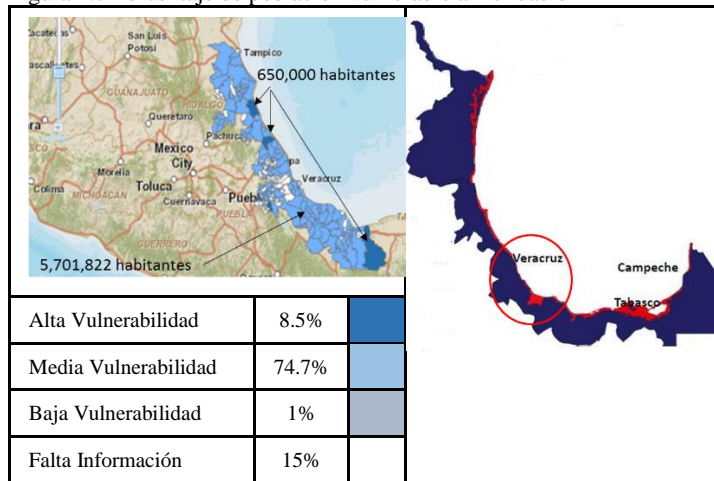
Tabla 2.4 Población vulnerable por inundación

		Ranking Nacional	Población	% Población Vulnerable			
	ESTADO	Población Inegi 2010	Habitantes	ALTA	MEDIA	BAJA	F. I*
1	Veracruz	3	7,643,194	8.5	74.76	1.03	15.7
2	Chiapas	7	4,796,580	29.2	32.3	8.8	29.7
3	Oaxaca	10	3,801,962	7.5	15	0	77.5
4	Tamaulipas	13	3,268,554	46.3	43.4	0.9	9.4
5	Tabasco	20	2,238,603	28.6	66.8	2.5	2
6	Yucatan	21	1,955,577	0	19.24	51.26	29.5
7	Quintana Roo	26	1,325,578	82.47	11.52	6	0
8	Campeche	30	822,441	0	88.9	0	11.1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2010, y CENAPRED; \*Falta de Información

El mayor número de población está concentrado en Veracruz, y Chiapas. La ubicación geográfica de Veracruz frente al golfo de México, hace que casi el 9% de su población presente una vulnerabilidad alta a inundación, y el 75% de los habitantes tienen media vulnerabilidad. El 82% de la población del estado de Quintana Roo, presenta una alta vulnerabilidad a inundación, sin embargo, su población es 1/6 menor que la de Veracruz. Así mismo, la población de Chiapas, tiene un 30% de población con alta vulnerabilidad, sin embargo, también presenta un 30% de falta de información, junto con Oaxaca y Yucatán.

Figura 2.7 Porcentaje de población vulnerable a inundación



Fuente: Elaboración propia con datos de Cenapred; Department of Geosciences Environmental Studies Laboratory, University of Arizona; Vulnerabilidad de Zonas Costeras por incremento en el nivel del mar; (2) Magaña, V., Gay C., (2012).

#### 2.4.5 Incremento en el nivel del mar

Magaña y Gay García (2012), indican que los cambios en el clima producen un incremento en el nivel del mar, por su expansión térmica, y las zonas costeras bajas vulnerables (aquellas que se encuentran a menos de 1 m sobre el nivel del mar). El monitoreo del nivel del mar presenta diversos retos, ya que la **disponibilidad de datos desagregados, la calidad de los mismos, y que estos no se encuentren perdidos, plantean limitaciones en el monitoreo.** Las regiones de México, en que existen monitoreos contabilizan 17. En el Golfo de México se encuentran 7, y en el océano pacífico 10. Las regiones mencionadas fueron consideradas por contar con el mayor número de mediciones a lo largo del tiempo. Los Estados de la República que se encuentran dentro de la categorización son: Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Colima, Guerrero y Oaxaca. El estado de Veracruz es la zona con el mayor número de registros, seguido de Oaxaca, Baja California y Sinaloa. Con base en los registros del Servicio Mareográfico Nacional, sólo se tienen datos para 5 localidades, cuyo monitoreo va de 16 a 43 años de registros. Así mismo se indican los datos de altura sobre el nivel del mar de las regiones mencionadas, ver tabla 2.8.

Tabla 2.8 Lecturas de medición del nivel de mar

Localidades	Altitud [msnm]	Promedio [mm año <sup>-1</sup> ]	Años de cálculo	Población 2010 [Hab]	Población 60 y más años [%] <sup>A</sup>	Población 0 a 14 años [%] <sup>B</sup>	Población Vulnerable [%] <sup>C</sup>
Pueblo Viejo	10			55,358	9%	<b>28.4%</b>	<b>37.4%</b>
Tampico Alto	20			12,242	15%	<b>25.9%</b>	<b>40.9%</b>
Tamiahua	1 a 10			23,588	16%	<b>26.5%</b>	<b>42.5%</b>
Túxpan	10	<b>2.8 + - 2.3</b>	43	143,362	11.2%	<b>25.5%</b>	36.7%
Papantla	198			158,599	12%	<b>27.3%</b>	39.3%

<b>Gutiérrez Zamora</b>	80			24,353	15%	<b>25.2%</b>	<b>40.2%</b>
<b>Tecolutla</b>	1 a 10			25,126	13%	<b>27.3%</b>	<b>40.3%</b>
<b>San Rafael</b>	20			29,277	13%	<b>25.9%</b>	<b>38.9%</b>
<b>Ursulo Galván</b>	20			29,005	14%	<b>22.7%</b>	<b>36.7%</b>
<b>La Antigua</b>	10			25,500	11%	<b>25.5%</b>	<b>36.5%</b>
Veracruz	1 a 10	<b>1.9 + - 0.6</b>	16	552,156	10%	<b>22.6%</b>	32.6%
Boca del Río	1 a 10			138,058	13%	<b>20.8%</b>	33.8%
<b>Alvarado</b>	1 a 10	<b>1.9 + - 2.3</b>	19	51,955	13%	<b>24.4%</b>	<b>37.4%</b>
San Andrés Tuxtla	279			157,364	10%	<b>29.5%</b>	39.5%
<b>Catemaco</b>	379			48,593	10%	<b>30%</b>	<b>40%</b>
Coatzacoalcos	10	<b>2.9 + - 1.5</b>	22	305,260	8%	<b>24.3%</b>	32.3%
<b>Agua dulce</b>	20			46,010	11%	<b>26.9%</b>	<b>37.9%</b>

<sup>A</sup>www.inegi.org.mx; <sup>B</sup><http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est>; <sup>C</sup>A+B

## 2.5 Análisis Regional

Con la recopilación de información anterior, es posible resumir que, Veracruz ocupa el ranking 1 en declaratorias de desastre hidrometeorológicas, ya que la presencia de lluvias abundantes y continuas que se presentan por 6 meses, (Junio a Noviembre), frentes fríos, durante más de 200 días, (Septiembre a Mayo), y Sequías (Marzo a Julio, (153 días aproximadamente)), contribuyen a su vulnerabilidad. Lo anterior también conduce a que su índice cualitativo de peligro sea muy alto; es la principal macro región que alberga a los municipios con vulnerabilidad climática muy alta; además, por el tamaño de su población (7,643,194 habitantes, tercer lugar en el ranking a nivel nacional, INEGI-2010), es ubicado como el estado más vulnerable a inundaciones; El 61% de su población es urbana, y 39% rural; El 58% de su población total, se encuentra en condiciones de pobreza CONEVAL; 27 de 212 municipios son localizados sobre la franja costera (donde viven más de 1.9 millones de habitantes, es decir, 25% de la población del estado, INEGI.2010, y sólo en 5 localidades, existen lecturas y registros sobre los incrementos del nivel del mar; Adicionalmente, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y el Plan Estratégico de Cambio Climático (PECC), señalan, que el riesgo de vulnerabilidad frente a huracanes de la región del golfo de México, está sometida al impacto de las 5 categorías de huracanes que van de H1, a H5; donde, H1, hace referencia a daños de poco alcance; hasta H5, que implica evacuación masiva de zonas residenciales, daños en edificios, árboles, inundación costera y tierra adentro, así como afectaciones de elevado alcance en infraestructura, puertos, y tierra adentro; lo anterior se conjuga con la existencia de un incompleto atlas de riesgo a nivel estatal, donde el proceso de elaboración a nivel local aún está pendiente, (CENAPRED 2010; Atlas municipal de riesgos, Veracruz, 2011).

El estado de Veracruz, tiene un gran valor para el desarrollo del país, ya que es una importante zona turística, y de embarque, además de ser la primera entidad generadora de energía eléctrica, su cobertura eléctrica es del 96%; es primer lugar en producción de petroquímicos y otros productos derivados del petróleo, con el 80% de la producción nacional;

Tabla 2.6 Resumen de Macro regiones más vulnerables del país tomando en cuenta aspectos hidrometeorológicos

Declaratorias Hidrometeorológicas	Índice Cualitativo Compuesto Peligro (Muy Alto)	Vulnerabilidad Climática (Muy Alta)	Población vulnerable a Inundaciones	Incremento en nivel de mar (más registros)
<b>Veracruz</b>	Chiapas	<b>Veracruz</b>	<b>Veracruz</b>	<b>Veracruz</b>
Oaxaca	Sinaloa	E. México	Chiapas	Oaxaca
Puebla	<b>Veracruz</b>	Oaxaca	Oaxaca	Baja California
Chiapas	Jalisco	Puebla	Tamaulipas	Sinaloa

Fuente: Elaboración propia

Entre el año 2000 y 2012, las copiosas lluvias, inundaciones, y la presencia de ciclones, estuvieron acompañadas de constantes declaratorias de emergencia y desastre, emitidas por la secretaria de gobernación, Cenapred, y protección civil. En la tabla siguiente, se muestra el acumulado de declaratorias por lluvias, inundaciones y ciclones para la zona costera, aproximadamente 504 declaratorias.

Tabla 2.7 Declaratorias de Emergencia y Desastre en Veracruz, periodo 2000-2012

Eventos climáticos	Lluvias		Inundación		Ciclones	
	Desastre	Emergencia	Desastre	Emergencia	Desastre	Emergencia
Zona costera	<b>147</b>	<b>109</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>52</b>	<b>160</b>
% del Total	18.75	19	17	15	18	20

Fuente: Elaboración propia con datos Cenapred

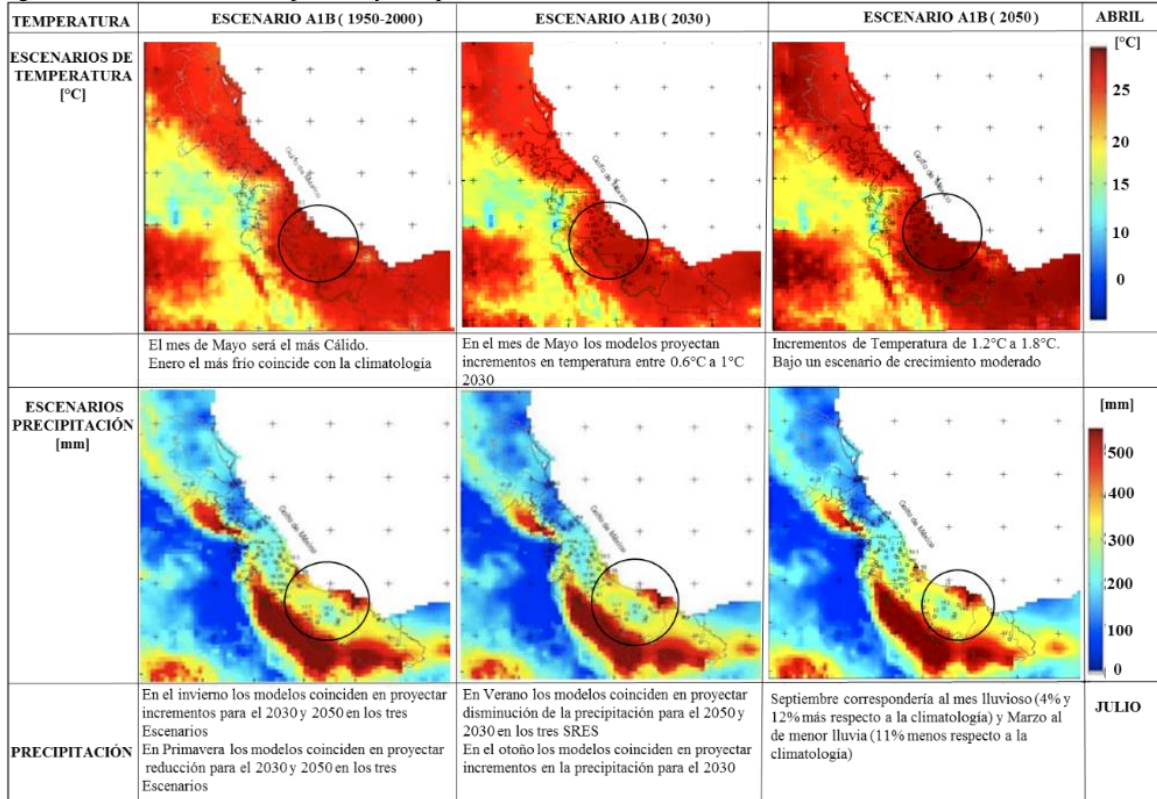
### Temperatura y precipitación.

Los objetivos a nivel mundial para estabilizar la temperatura del planeta en 2°C, implican que las emisiones de CO<sub>2</sub>e, se Mantengan por debajo de las 450 ppm. Sin embargo, el centro Tyndall, informó en 2009, a través del proyecto ADAM, que aún con la estabilización, las temperaturas pueden llegar a los 3.5°C, y las medidas de mitigación no serán suficientes. Deben considerarse estrategias de adaptación a altas temperaturas.

En las zonas costeras las temperaturas más bajas oscilan entre los 16 y 18°C. En los periodos más fríos, esto ocurre en el mes de Diciembre; por lo regular, la población está acostumbrada a temperaturas desde los 30°C y hasta los 40°C, aunque es importante mencionar que por arriba de los 40°C, se pueden presentar golpes de calor. Los rangos de temperatura ambiental de confort para trabajo sedentario oscilan entre 17°C y 20°C, para trabajo manual ligero, entre los 15°C y 18°C y para trabajo físico fuerte entre 12°C y 15°C, por lo que la utilización de ventiladores y aire acondicionado es indispensable en estas zonas.

Con base en los escenarios A1B: Emisiones Media-Alta, con rápido crecimiento económico regional que incluyen la introducción de tecnologías nuevas y eficientes, existe un balance entre el uso de fuentes de energía fósil y no fósil; el trabajo de inundaciones en el estado de Veracruz (Covecyt 2010), menciona 3 comportamientos de temperatura y precipitación en los escenarios 1950-2000, 2030, y 2050, los cuales se muestran a continuación.

Figura 2.8 Escenarios de Precipitación y Temperatura, Veracruz, México



Fuente: Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz, Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COVECYT).

Las investigaciones sobre precipitación y temperatura señalan que estos elementos son buenos indicadores para predecir la frecuencia de tormentas bajo diversos escenarios; por cada grado de aumento de temperatura, es probable que el número de tormentas en el planeta aumente un 12%, (Romps et al., 2014).

Los 212 municipios que conforman al estado de Veracruz, son los siguientes:

Tabla 2.8 Los 212 Municipios que conforman al estado de Veracruz

Municipio	Municipio	Municipio	Municipio	Municipio	Municipio	Municipio
Acajete	Castillo de T	Cuichapa	Juan RC	Orizaba	Tamalín	Tlaltetela
Acatlán	Catemaco	Cuitláhuac	Juchique F	Otatitlán	Tamiahua	Tlapacoyan
Acayucan	Cazones de H	El Higo	La Antigua	Oteapan	Tampico A	Tlaquilpa
Actopan	Cerro Azul	Emiliano Z	Landeroy C	Ozuluama M	Tancoco	Tlilapan
Acula	Chacaltianguis	Espinal	La Perla	Pajapan	Tantima	Tomatlán
Acultzingo	Chalma	Filomeno M	Las Choapas	Pánuco	Tantoyuca	Tonayán
Agua Dulce	Chiconamel	Fortín	Las Minas	Papantla	Tatahuicapan	Totutla
Álamo T	Chiconquiaco	Gutiérrez Z	Las Vigas R	Paso del M	Tatatila	Tres Valles
Alpatláhuac	Chicontepec	Hidalgotitlán	Lerdo de T	Paso de O	Tecolutla	Tuxpan
Alto Lucero	Chinameca	Huatusco	Los Reyes	Perote	Tehuipango	Tuxtilla
Altotonga	Chinampa G	Huayacocotla	Magdalena	Platón S	Tempoal	Ursulo Galván
Alvarado	Chocamán	Hueyapan O	Maltrata	Playa V	Tenampa	Uxpanapa
Amatitlán	Chontla	Huiloapan	Manlio F	Poza Rica H	Tenochtitlán	Vega de A
Amatlán	Chumatlán	Ignacio Llave	Mariano Escobedo	Pueblo Viejo	Teocelo	Veracruz
Angel R.C	Citlaltépetl	Ilamatlán	Mrtnez de la Torre	Puente N	Tepatlxco	Villa Aldama
Apazapan	Coacoatzintla	Isla	Mecatlán	Rafael D	Tepetlán	Xalapa
Aguila	Coahuilán	Ixcatepec	Mecayapan	Rafael Lucio	Tepetzintla	Xico

Astacinga	Coatepec	Ixhuacán	Medellín	Río Blanco	Tequila	Xoxocotla
Atlahuilco	Coatzacoalcos	Ixhuatlancillo	Miahuatlán	Saltabarranca	Texcatepec	Yanga
Atoyac	Coatzintla	Ixhuatlán C	Minatitlán	Sn Andrés T	Texhuacán	Yecuatlá
Atzacán	Coetzala	Ixhuatlán S	Misantla	Sn Andrés	Texistepec	Zacualpan
Atzalan	Colipa	Ixhuatlán M	Mixtla de A	San Juan E	Tezonapa	Zaragoza
Ayahualulco	Comapa	Ixmatlahuacán	Moloacán	San Rafael	Tierra B	Zentla
Banderilla	Córdoba	Ixtaczoquitlán	Nanchital de Lázaro	Santiago S	Tehuacán	Zongolica
Benito J	Cosamaloapan	Jalacingo	Naolinco	Santiago	Tlachichilco	Zontecomatlán
Boca Río	Cosautlán	Jalcomulco	Naranjal	Sayula de	Tlacojalpan	Zozocolco
Calcahualco	Coscomatepec	Jáltipan	Naranjos Amatlán	Sochiapa	Tlacolulan	
Camarón T	Cosoleacaque	Jamapa	Nautla	Soconusco	Tlacotalpan	
Camerino Z.	Cotaxtla	Jesús C	Nogales	Soledad A	Tlacotepec M	
Carlos A. C	Coxquihui	Jilotepec	Oluta	Soledad D	Tlalixcoyan	
Carrillo P	Coyutla	José Azueta	Omealca	Soteapan	Tlalnelhuayocán	

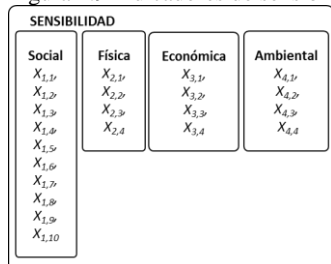
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI-2010

## 2.5.1 Construcción de Indicadores

Paso 1. Identificación y construcción de indicadores de sensibilidad y exposición.

Los indicadores de sensibilidad, (S), están integrados por aspectos sociales, físicos, económicos y ambientales, como se observa en la figura 2.9, y, ecuación 2.6, en la tabla 2.9 se describe cada uno de los indicadores.

Figura 2.9 Indicadores de sensibilidad



$$S = f [\text{Sociales } f (X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}, X_{1,4}, X_{1,5}, X_{1,6}, X_{1,7}, X_{1,8}, X_{1,9}, X_{1,10}), \text{ Físicos } f (X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}, X_{2,4}), \text{ Económicos } f (X_{3,1}, X_{3,2}, X_{3,3}, X_{3,4}), \text{ Ambientales } f (X_{4,1}, X_{4,2}, X_{4,3}, X_{4,4})] \dots [2.6]$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Descripción de indicadores de sensibilidad

Indicador	Descripción	Ecuación	R.F*	Referencias
<b>Sensibilidad Social</b>				
Población sensible por edad (0-14 años), (X <sub>1,1</sub> ) y (60 y más), (X <sub>1,2</sub> )	Menores de edad vulnerables (requieren asistencia de un adulto)	Censo Poblacional [%]	+	Inegi.2010
	Mayores de edad vulnerables (requieren asistencia de un adulto)	Censo Poblacional [%]	+	
Densidad población, (X <sub>1,3</sub> )	Mayor número de habitantes, por superficie genera mayor presión sobre recursos locales	Habitantes/Km <sup>2</sup>	+	INEGI.2010; SNIM.
Analfabetismo, (X <sub>1,4</sub> )	Población de 15 y más años según condición de analfabetismo	Censos [%]	+	Inafed.2010; SIMBAD
Grado de estudios, (X <sub>1,5</sub> )	Escolaridad alcanzada por personas de 15 y más años	Censos [años]	-	
Dependencia Social, (X <sub>1,6</sub> )	Aquellas personas que son totalmente dependientes de servicios sociales para sobrevivir y requieren apoyo adicional en periodos post-desastre.	$[(\text{Personas}_{0-14}) + \text{Personas}_{60+...}] / (\text{Personas}_{15-59})$	+	Inegi.2010;
Población sensible a inundación, (X <sub>1,7</sub> )	Los patrones de precipitación e inundación repentina son frecuentes. Población en zonas de inundación	Mapas zonas de inundación [%]	+	Cenapred 2012; Espon. 2011
Viviendas con acceso agua, (X <sub>1,8</sub> )	Viviendas habitadas con cobertura de agua	Censos [%]	-	Inegi.2010; Coneval
Viviendas con acceso medios comunicación, (X <sub>1,9</sub> )	Viviendas habitadas con acceso a radios	Censos [%]	-	Inegi.2010
	Viviendas con acceso telefónico	Censos [%]	-	
	Viviendas con acceso a celular	Censos [%]	-	
	Viviendas habitadas con cobertura de TV	Censos [%]	-	



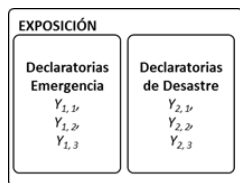
	Viviendas con acceso a Internet consumen el 20% de la electricidad doméstica	Censos [%]	-	Inafed-2010; ENIGH; CFE
Viviendas con acceso a preservación de alimentos (X <sub>1,10</sub> )	El consumo en electrodomésticos permanentes, como la refrigeración es aproximadamente, el 20% del consumo total de un hogar [%]	Censos [%]	-	Inegi.2010
<b>Sensibilidad Física</b>				
Unidades Médicas, (X <sub>2,1</sub> )	La carencia de servicios médicos en las proximidades alarga la atención inmediata y extiende la recuperación frente a desastres. Infraestructura adecuada, permite atender emergencias y salvar vidas humanas.	Censos [%]	-	SIMBAD; SNIM;
Personal Médico, (X <sub>2,2</sub> )	Contar con el personal médico competente y suficiente en los municipios, reduce la vulnerabilidad	Censos [%]	-	
Riesgos municipales, (X <sub>2,3</sub> )	Atlás de riesgos locales permiten la vinculación entre políticas de prevención y protección.	Mapas y atlas de zonas de riesgo	-	Protección civil. Atlas riesgos; PACMUN
Desarrollos Certificados, (X <sub>2,4</sub> )	Áreas de desarrollo integralmente planeadas contribuyen al ordenamiento territorial de municipios.	Censos [%]	-	Imco. 2011; Sedatu
<b>Sensibilidad Económica</b>				
Aportación al PIB, (X <sub>3,1</sub> )	Valor de mercado de todos los bienes y servicios puestos dentro de las fronteras de un país, o estado en un año	Censos [%]	+	SNIM; CEIEG-2012;
Consumo de electricidad, (X <sub>3,2</sub> )	Municipios con mayor consumo de energía eléctrica, presentan mayor vulnerabilidad en caso de pérdida de carga	Mwh	+	CFE.2011; SIMBAD
Valor de carga pérdida, (X <sub>3,3</sub> )	Identificar regiones que presentan la mayor vulnerabilidad potencial hacia los cortes de electricidad	(PIB+VSTE)/C <sub>E</sub> [\$/kW-h]	+	Nooij et al. 2007; Fischer et al. 2013; Choi et al. 2002; Bliem, M. 2005
Costos por hora por apagón eléctrico, (X <sub>3,4</sub> )	Costos por energía no suministrada a nivel municipal.	(PIB+VSTE)/8760 [\$/h]	+	Nooij et al. 2007; Fischer et al. 2013
<b>Sensibilidad Ambiental</b>				
Biologica, (X <sub>4,1</sub> , X <sub>4,2</sub> )	La conservación de superficie cubierta por bosques y selvas, así como la creación de espacios verdes, permite hacer una mejor planeación territorial	Censos [%]	-	Inegi.2010; Conafor; Semarnat
	La reforestación anual, permite mantener el equilibrio climático y la protección de ecosistemas	Censos [%]	-	
Física, (X <sub>4,3</sub> , X <sub>4,4</sub> )	Los datos de altimetría y proximidad a las zonas costeras permiten identificar regiones expuestas a los impactos directos por incremento en el nivel del mar, y huracanes	Censos [m]; Mapas de Zonas costeras	-	Lidar. Inegi.2010.

Fuente: Elaboración propia

La exposición (E), está integrada por las declaratorias de emergencia y declaratorias de desastre, figura 2.10, y ecuación 2.7; en la tabla 2.10 se describe cada uno de los indicadores.

Figura 2.10 Indicadores de exposición

$$E=f[\text{Emergencia } f(Y_{1,1}, Y_{1,2}, Y_{1,3}), \text{Desastre } f(Y_{2,1}, Y_{2,2}, Y_{2,3})]... [2.7]$$



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.10 Indicadores de exposición

Indicador	Descripción	Ecuación	R.F*	Referencias
<b>Exposición a fenómenos climáticos y declaratorias de emergencia</b>				
Precipitación pluvial, (Y <sub>1,1</sub> )	Reconocimiento de riesgos excesivos para la seguridad e integridad de la población por la presencia de fenómenos perturbadores de origen natural. Las declaratorias de	Eventos/año	+	Declaratorias emergencias y
Inundaciones, (Y <sub>1,2</sub> )			+	

Ciclones, (Y <sub>1,3</sub> )	emergencia se orientan a la atención de vida y salud de la población		+	desastres; Salas, M. et al. (2007). Atlas Nacional de Riesgos. Botello, A., et al (2010) Servicio Mareográfico Nacional (SMN)	
<b>Exposición a fenómenos climáticos y declaratorias por desastre</b>					
Precipitación pluvial, (Y <sub>2,1</sub> )	Reconocimiento de que ha ocurrido un fenómeno natural perturbador en un lugar y tiempo determinado. Implican el uso de recursos para la reconstrucción de daños sufridos en la infraestructura.	Eventos/año	+		
Inundaciones, (Y <sub>2,2</sub> )			+		
Ciclones, (Y <sub>2,3</sub> )			+		

Fuente: Elaboración propia

Paso 2. Normalización. La metodología utilizada en los índices de desarrollo humano es utilizada para que cada indicador sea normalizado a una misma escala, la cual se maneja entre 0 y 1, (UNDP. 2006). Si el indicador aumenta junto con la vulnerabilidad se dice que tenemos una relación funcional ascendente, ecuación 2.8; por el contrario, la relación funcional es descendente, Ecuación 2.9.

$$X_{i,j} = (X_{i,j} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}) / (\text{Max}_i \{X_{ij}\} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}) \dots [2.8]$$

$$Y_{i,j} = (\text{Min}_i \{X_{ij}\} - X_{i,j}) / (\text{Max}_i \{X_{ij}\} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}) \dots [2.9]$$

Sensibilidad Social. Población sensible por edad.

Se obtiene el porcentaje de población en edad vulnerable, tomando en cuenta rangos de edad en los extremos inferiores de edades (0 a 14 años) y extremos superiores (60 años y más). A mayor cantidad de población, mayor vulnerabilidad. La tabla 2.11, muestra los 5 primeros municipios representativos de cada categoría.

$$\% \text{ Población sensible por edad} = (\text{Menores de 15 años} + \text{Mayores de 60 años})\% \dots [2.10]$$

Tabla 2.11 Población Vulnerable por edad.

Municipio	Población		Ranking	Municipio	Población		Ranking
	Total [hab]	Vulnerable (%)			Total [hab]	Vulnerable (%)	
La Perla	23648	51.56	1	Tlapacoyan	58084	40.12	110
Filomeno Mata	16418	51.39	2	Texistepec	20199	40.11	111
Las Minas	2897	49.57	3	Mrtnez laTorre	101358	37.99	167
Calchualco	12929	49.32	4	Carlos Carrillo	22907	37.96	168
Iamatlán	13575	48.68	5	Actopan	40994	37.91	169
Coxquihui	15492	44.55	43	Isla	42205	37.86	170
Chumatlán	3889	44.18	44	Lerdo de T	20141	37.85	171
Atzalan	48397	44.13	45	Boca del Río	138058	33.13	208
Coahuatlán	7810	44.07	46	Xalapa	457928	32.97	209
Miahuatlán	4429	43.89	47	Nanchital LCR	27094	32.88	210
Ozuluama de M	23276	40.42	107	Veracruz	552156	32.64	211
Mariano Escobedo	33941	40.30	108	Coatzacoalcos	305260	32.27	212
Chocamán	18601	40.14	109				

Elaboración propia con datos de Inegi @2010

Sensibilidad Social. Dependientes Económicos.

Se considera a la población más joven (menores de 15 años) y personas mayores de 60 años, de forma general. Poblaciones con una tasa de dependencia baja tienden a una tolerancia más

amplia y por lo tanto tienden a ser menos vulnerables frente a la exposición a riesgos. La relación funcional es positiva.

$$\% \text{ Población dependiente} = \frac{\text{Menores de 15 años} + \text{Mayores de 60 años}}{\text{Población Total} - (\text{Menores de 15} + \text{Mayores de 60})} * 100 \dots [2.11]$$

Tabla 2.12 Dependientes Económicos.

Municipio	Población Vulnerable	Población % Dependiente	Ranking	Municipio	Población Vulnerable	Población % Dependiente	Ranking
La Perla	23648	100.00	1	Tlapacoyan	58084	67.01	110
Filomeno Mata	16418	99.97	2	Texistepec	20199	66.96	111
Las Minas	2897	98.28	3	Mrtnez d Torre	101358	61.27	167
Calchahuaco	12929	97.29	4	Carlos A. C	22907	61.18	168
Iamatlán	13575	94.84	5	Actopan	40994	61.06	169
Coxquihui	15492	80.34	43	Isla	42205	60.93	170
Chumatlán	3889	79.13	44	Verde de T	20141	60.89	171
Atzalan	48397	79.00	45	Boca del Río	138058	49.53	208
Coahuatlán	7810	78.80	46	Xalapa	457928	49.19	209
Miahuatlán	4429	78.22	47	Nanchital LCR	27094	48.98	210
Ozuluama de Ms	23276	67.82	107	Veracruz	552156	48.45	211
Mariano Escobedo	33941	67.50	108	Coatzacoalcos	305260	47.65	212
Chocamán	18601	67.06	109				

Elaboración propia con datos de Inegi@2010

### Sensibilidad Social. Analfabetismo

En las familias de escasos recursos es frecuente que se privilegie el trabajo, antes que la educación; reducir el analfabetismo propicia la generación de mayor conciencia ambiental, y la tendencia a la prevención y cuidado de otros frente a eventos climáticos. Entre más analfabetismo, más vulnerabilidad.

$$\text{Analfabetismo} = \frac{\text{Mujeres y hombres analfabetas}}{\text{Población Total}} * 100 \dots [2.12]$$

Tabla 2.13 Analfabetismo

Municipio	Población Analfabeta	Población %	Ranking	Municipio	Población Analfabeta	Población %	Ranking
Tehuipango	7632	56.32	1	Xico	3685	15.14	110
Mixtla de A	3386	55.37	2	Tepatlatxco	842	15.06	111
Texcatepec	2518	39.59	3	Miahuatlán	326	11.19	167
Atlahuilco	2361	38.98	4	Tomatlán	556	11.17	168
Astacinga	1373	38.55	5	Álamo Tem	8285	11.13	169
036 Coacoatzintla	1253	20.39	43	Teocelo	1272	10.88	170
Atzalan	6511	20.31	44	Zentla	970	10.87	171
037 Coahuatlán	1004	19.96	45	Xalapa	12970	3.927	208
Yecuatla	1584	19.75	46	Río Blanco	1119	3.712	209
Acula	744	19.68	47	Nanchital LCR	732	3.660	210
Texistepec	2179	15.32	107	Orizaba	3169	3.461	211
040 Coatzintla	5379	15.29	108	Veracruz	12888	3.202	212
Jesús Carranza	2809	15.24	109				

Elaboración propia con datos de Inegi@2010,

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee1/estatal/ver/default.htm>

### Sensibilidad Física. Unidades médicas

Contar con personal médico competente y suficiente en los municipios, reduce vulnerabilidad.

$$\text{Médicos por municipio} = \frac{\# \text{ Médicos}}{\text{Población Municipio}} * 100 \dots [2.13]$$

La carencia de servicios médicos en las proximidades alarga la atención inmediata y extiende la recuperación frente a desastres. Infraestructura adecuada, permite atender emergencias y salvar vidas humanas.

Tabla 2.14 Sensibilidad física

Personal médico por municipio	Ranking	Unidades médicas en servicio	Ranking
Tenampa	1	Acatlán	1
Texhuacán	1	Apazapan	2
Puente Nacional	5	Aguila	3
Tecolutla	6	Chumatlán	4
Santiago Sochiapan	3	Landero y Coss	5
<b>Pajapan</b>	8	Acula	43
Coyutla	11	Amatitlán	44
Alpatláhuac	5	Astacinga	45
Amatlán de Reyes	22	Banderilla	46
Medellín	31	Camarón de Tejeda	47
Playa Vicente	32	Naranjos Amatlán	107
Banderilla	17	Sochiapa	108
Texistepec	16	Soledad Atzompa	109
Yecuatla	9	Tehuipango	110
Juchique de Ferrer	13	Tepetzintla	111
Pánuco	126	Martínez de la Torre	167
Tempoal	46	Perote	168
Tlaxicoyan	49	Sayula de Alemán	169
Omealca	30	Alvarado	170
Otatitlán	7	Boca del Río	171
Lerdo de Tejeda	82	Álamo Temapache	208
Oluta	63	Xalapa	209
Río Blanco	186	Veracruz	210
Tlaquilpa	38	Coatzacoalcos	211
La Antigua	171	Papantla	212

Fuente: Elaboración propia con datos de anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2011

### Sensibilidad Económica

El crecimiento poblacional, la urbanización y el incremento en la demanda de energía eléctrica son factores que modelan la sensibilidad económica. El Producto interno bruto (PIB) es el valor de todos los bienes y servicios que son creados en una economía estatal, y/o nacional, durante un periodo de tiempo, en el supuesto de que cada servicio productivo depende del suministro público eléctrico, de tal forma que durante un corte de energía eléctrica prolongado (Blackout-Power or Power-outage), el PIB se puede ver seriamente afectado.

En general, existen tres grandes clases de cortes de energía que pueden ocurrir en una red eléctrica: (1) a gran escala, cortes de largo plazo en el que se interrumpe la alimentación a través de una amplia zona durante días o incluso semanas; (2) las interrupciones más locales, donde el servicio de electricidad no está disponible durante horas; y (3) cortes forzados de breve duración, aplicados a zonas específicas con el fin de evitar un apagón de mayores consecuencias en todo el sistema. Los escenarios de un apagón de grandes extensiones, podrían parecer improbables, sin embargo, no es así, véase el caso “Odile” en Baja California Sur. El

método macroeconómico de carga pérdida y costos por hora de apagones, Voll (Value of lost load), es utilizado en la evaluación de sensibilidad.

El VOLL representa la disposición de los clientes de una región a pagar por el servicio de electricidad (o evitar la reducción), dicho de otra forma, son los costos por energía no suministrada. En los mercados de electricidad, generalmente se mide en US\$/MWh, €/MWh, \$/MWh. El valor de estas pérdidas está en función del daño al cliente:

$$Pérdida (\$/kW) = f(\text{temporada del año, hora del día, duración})... [2.14]$$

Para calcular el Voll, todos los costos que son causados por la falta de suministro, impactan en el PIB, representando los costos públicos y de compañías, mientras que los costos de particulares son cuantificados por el valor total anual de tiempo disponible de una población (VST), los cuales pueden ser igualados con los salarios que pueden ganarse durante un determinado periodo de tiempo; el factor de sustitución (Fs), cuantifica el porcentaje del valor de tiempo disponible que es perdido en caso de la interrupción de energía eléctrica, respecto al consumo de electricidad (CE).

$$Voll = \frac{PIB + \{VST\}(Fs)}{\Sigma(CE)}... [2.15]$$

La población económicamente activa de México y Veracruz, es respectivamente 52, 675,784 hab, y 3,000,000 hab. El número aproximado de horas al año laboradas en una nación, de acuerdo con datos de la OCDE, es el siguiente:

Tabla 2.15 Tiempo de trabajo promedio anual

País	#Horas laboradas/año
Alemania	1397
Suecia	1621
Holanda	1381
Inglaterra	1654
USA	1790
Chile	2029
México*	2226

Fuente: elaboración propia con datos estimados de OECD- Better life Index. \*  $\left(30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} - 1 \frac{\text{día descanso oblig promedio}}{\text{mes}} - 6 \frac{\text{días descanso}}{\text{mes}}\right) * \left(8 \frac{\text{hras jornada lab}}{\text{día}}\right) * \left(12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}\right)$ , los datos pueden variar desde 2200 horas hasta 2226 horas.

El total de horas laboradas por la población económicamente activa en el año, es de 117, 256, 295,184. La (PEA) de Veracruz, es el 5.7% del total nacional, por lo que, su PEA, aporta, 6, 678, 000, 000 horas laboradas de forma anual.

Un resumen de los principales datos macroeconómicos para el cálculo del Voll, se presenta a continuación.

Tabla 2.16 Datos Macroeconómicos para México y el estado de Veracruz

Región	Población 2010 (hab)	PIB 2008 pesos*	ID (Pesos)	WH (hras*hab <sub>PEA</sub> )/año	CE 2010 MWh	Voll \$/Kwh	CPH Mill \$/hra
México	112,336,538	11,941,199,000,000	1,025,992,582,860	117,256,295,184	184,520,494	73.6	1550.3255
Veracruz	7,643,194	606,140,249,000	58,432,500,000	6,678,000,000	10,008,691	71.7	81.9291
Edo de México	11,478,761	1,058,285,000,000	119,296,045,207	13,633,833,738	16,089,554	76.18	139.03
B.C Sur	672,005	91,013,000,000	6,663,856,552	761,583,606	1,800,000	56.01	11.5

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi; Los datos del PIB 2008 y 2010 son muy similares, ver comportamiento del PIB en INEGI

El análisis macroeconómico concluye que el VOLL en Veracruz es aproximadamente de \$72/kwh, mientras que el costo por hora es de \$82, 000, 000 por hora. El 7% de la población nacional se encuentra en el estado de Veracruz, aportando el 5% del Producto interno bruto, el consumo de energía al 2010, es aproximadamente 5.4% del consumo total, y los costos por hora, a causa de un apagón eléctrico total serían de 81.92 millones de pesos por hora, para todo el estado; ocupa el lugar 4 por número de usuarios, y el número 5, por consumo de energía eléctrica. Este último dato es de relevancia, al momento de tomar decisiones económicas respecto a apagones simultáneos en otras regiones, sobre todo para identificar que regiones deben ser atendidas en forma jerárquica; en este estudio, sólo identificamos lo correspondiente a la región bajo análisis.

El Estado de México, ocupa el lugar número 1, a nivel nacional por número de usuarios, y por el consumo de electricidad, con un Voll de \$76/kwh; finalmente, el estado de Baja California Sur, ocupa el último lugar por número de usuarios, y el número 28 por consumo de electricidad, con un Voll de \$56/kwh de acuerdo a datos de Comisión Federal de Electricidad, CFE (2010).

Tabla 2.17 Parámetros utilizados en el cálculo del Voll

Variable	Nombre	Ecuación	Unidades	Descripción	Fuente
HW	Horas laboradas	$\frac{\#horas * PEA}{año}$	$\frac{hra * hab}{año}$	Horas laboradas de una nación al año	Inegi@2010; OECD-Better life
PEA	Población económicamente activa	<i>Censo</i>	<i>hab</i>	Fuerza laboral de un país, constituida por personas en edad de Trabajar que laboran o buscan trabajo	Inegi@2010
W	Salario promedio por hora	<i>Censo</i>	$\frac{\$}{hra}$	Salario promedio por hora de acuerdo a la comisión nacional de salarios mínimos	Conasam.gob.mx
ID	Ingreso Disponible	$HW*W$	$\$$	El ingreso disponible es aquel que puede ser consumido o ahorrado	
R	Regeneración	<i>12</i>	$\frac{hra}{día}$	Tiempo invertido por una persona para higiene, descanso y alimentos. Dormir (8 hrs); Alimentos (3 hrs); Higiene (1 hra).	Fischer et al 2013
P	Población	<i>Censo</i>	<i>hab</i>	Habitantes de un país	Inegi@2010

VST	Valor de tiempo disponible	$\left\{ \frac{ID}{HW} \left[ Población * 365 \frac{d}{a} * \left( 24 \frac{h}{d} - R \right) - (HW)(PEA) \right] \right\}$	$\frac{\$}{año}$		Fischer et al 2013
Fs	Factor de sustitución	0.5	[%]	% del valor de tiempo libre que es perdido en caso de la interrupción de energía eléctrica.	Fischer et al 2013
VSTE	Valor de tiempo disponible que depende de la electricidad	$VST * Fs$	\$	El tiempo libre está en función de actividades dependientes y no dependientes	Fischer et al 2013
PIB	Producto interno bruto	<i>Censo</i>	\$	Valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país (o una región) durante un período de tiempo.	Inegi@2010; PIB 2008, BIINEGI
CE	Consumo Energía Eléctrica	<i>Censo</i>	MWh	Consumo de energía eléctrica por estado	Comisión federal de Electricidad; Inegi
Voll	Valor de carga pérdida	$Voll = \frac{PIB + (VST)(Fs)}{\Sigma(CE)}$	\$/MWh	Valor de carga pérdida	Fischer et al 2013
CPH	Costo por hora	$CPH = \frac{PIB + VSTE}{8760 h/a}$			Fischer et al 2013
PIB <sub>M</sub>	Producto interno bruto Municipio	<i>Censo</i>	MWh	Vease PIB	Sistema Información Municipal, (SNIM)
CE <sub>M</sub>	Cons Eléctrico Municipio	<i>Censo</i>	MWh	Energía eléctrica	Comisión federal de Electricidad; Inegi
Voll <sub>M</sub>	Voll municipal	$Voll = \frac{PIB_M + (VSTE) * \left( \frac{P_M}{P} \right)}{\Sigma(CE_M)}$	\$/MWh	Valor de carga pérdida	Fischer et al 2013
CPH <sub>M</sub>	CPH municipal		m\$/h	Costo por hora	Fischer et al 2013

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la tabla anterior, es posible calcular el Voll:

$$Voll = \frac{PIB + \left\{ \frac{ID}{HW} \left[ Población * 365 \frac{d}{a} * \left( 24 \frac{h}{d} - R \right) - (HW)(PEA) \right] \right\} (Fs)}{\Sigma(CE)} \dots [2.16]$$

Los municipios con mayor PIB, deben esperar los costos más altos por apagones, como consecuencia, son los que se colocan en los rankings más elevados.

En la tabla 2.18, se muestra un resumen de los municipios que aportan la mayor cantidad económica, y por consecuencia, la pérdida de electricidad los afectaría de acuerdo a su posición en el ranking siguiente.

Tabla 2.18 Producto Interno Bruto @2008, por Municipios en el estado de Veracruz

Municipio	PIB 2008 [miles de pesos]	Ranking	Municipio	PIB [miles de pesos]	Ranking
Coatzacoalcos	151,094,594	1	Tamalín	52,096	110
Veracruz	96,019,285	2	Tampico Alto	50,273	111
Minatitlán	79,640,868	3	Amatitlán	10,023	167
Poza Rica de Hidalgo	50,524,967	4	Zozocolco de Hidalgo	9,145	168
Boca del Río	42,904,695	5	Tuxtilla	8,642	169
Emiliano Zapata	912,780	43	Colipa	8,362	170
Papantla	887,444	44	Tlaltetela	7,810	171
Huatusco	870,960	45	Magdalena	1,020	208
Cuitláhuac	780,469	46	Las Minas	945	209
Río Blanco	740,816	47	San Andrés Tenejapan	942	210
Hidalgotitlán	61,636	107	Mixtla de Altamirano	844	211
Manlio Fabio Altamirano	54,150	108	Aquila	279	212
Villa Aldama	53,620	109			

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Información Municipal, (SNIM)

El consumo eléctrico en México es reportado por la Comisión federal de electricidad (CFE), tomando en cuenta la sumatoria de los consumos domésticos, alumbrado público, bombeo de agua, consumo agrícola y consumo industrial y de servicios.

Tabla 2.19 Consumo de Electricidad, por Municipios en el estado de Veracruz

Municipio	Consumo MWh 2010	Ranking	Municipio	Consumo MWh 2010	Ranking
Veracruz	2,010,016	1	Zongolica	6747	110
Coatzacoalcos	1,481,471	2	Cuichapa	6655	111
Pánuco	686,148	3	Tlacotepec de Mejía	2261	167
Ixtaczoquitlán	438,628	4	Xoxocotla	2231	168
Xalapa	434,087	5	Jalcomulco	2166	169
Huatusco	26,493	43	Tlachichilco	2143	170
Nogales	25,620	44	Tuxtilla	2086	171
Cuitláhuac	25,129	45	Los Reyes	648	208
Catemaco	24,600	46	Landero y Coss	616	209
El Higo	24,527	47	Las Minas	328	210
Ignacio de la Llave	6,970	107	Aguila	261	211
Castillo de Teayo	6,897	108	Magdalena	231	212
Tampico Alto	6,771	109			

Fuente: Elaboración propia con datos de Comisión Federal de Electricidad

Dado que el VSTE es el mismo para todo el país, es factible obtener el Voll desagregado de los demás estados y sus municipios, lo cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$Voll = \frac{PIB_M + (VSTE) \cdot \left(\frac{P_M}{P}\right)}{\sum(CE_M)} \dots [2.17]$$

$$Voll = \frac{PIB + VSTE}{\sum(\text{Consumo E crítica} + \text{Consumo E no crítica})} \dots [2.18]$$

Con base en los cálculos realizados para el valor de carga pérdida se muestran los municipios que presentan los valores más altos, hasta más bajos, en la tabla 2.20, y se muestra mediante un mapa temático, la distribución del Voll para todo el estado, figura 2.10.

Tabla 2.20 Valor de Carga Pérdida (Voll), a nivel municipal, para el estado de Veracruz.

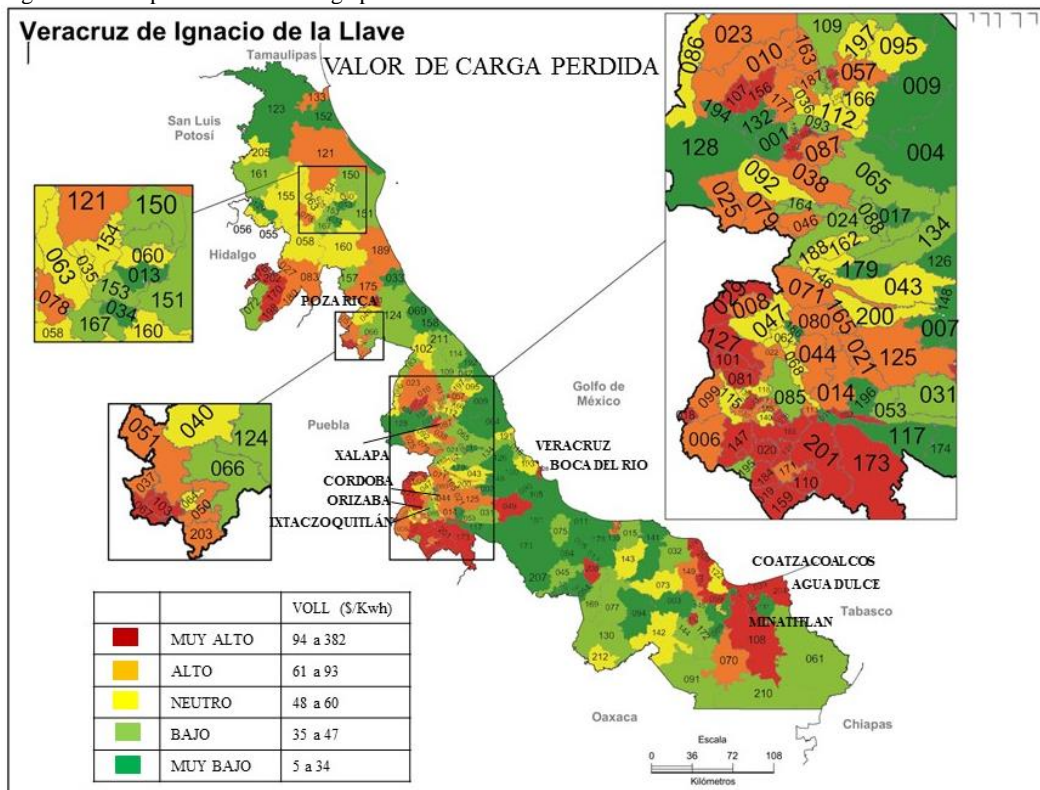
Municipio	Voll (\$/Kwh)	Ranking	Municipio	Voll (\$/Kwh)	Ranking
Agua Dulce	382.4226037	1	Chiconamel	57.1728462	108
Huiloapan de Cuauhtémoc	309.5838391	2	Nogales	56.8523529	109
Soledad Atzompa	288.2823183	3	Acatlán	56.5986391	110
Boca del Río	259.4747523	4	Juchique de Ferrer	55.6456114	111
Minatitlán	233.4845965	5	Chocamán	54.1503217	112
Tatahuicapan de Juárez	231.0092098	6	San Andrés Tuxtla	54.0211877	113
Mixtla de Altamirano	219.4251897	7	Citlaltépetl	53.9992815	114
Magdalena	198.3235764	8	Emiliano Zapata	39.5065326	165
Zontecomatlán de López y Fuentes	183.1888016	9	Tempoal	39.4319912	166
Ixhuatlancillo	177.5957517	10	Xoxocotla	38.9607014	167
Oluta	92.886034	43	Ángel R. Cabada	38.7964966	168
Zozocolco de Hidalgo	92.6085681	44	Platón Sánchez	36.8765001	169
Acultzingo	91.8024819	45	Juan Rodríguez Clara	36.6721702	170
Tihuatlán	90.9758818	46	Gutiérrez Zamora	36.5713762	171
Amatlán de los Reyes	88.6640397	47	Chacaltíanguis	35.7784178	172
Ixhuacán de los Reyes	88.6180683	48	Tampico Alto	35.1595118	173
Tlilapan	88.6169915	49	Perote	34.5136852	174
Texhuacán	88.4010363	50	Villa Aldama	16.5755924	208



Tepatlxco	88.0552262	51	Camarón de Tejeda	12.6671815	209
Ayahualulco	86.7147457	52	Pánuco	10.3542076	210
Orizaba	57.3986165	105	Apazapan	6.73859159	211
Comapa	57.3215665	106	Nanchital de Lázaro C.del Río	5.17273403	212
Chontla	57.200518	107			

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.10 Mapa de Valor de Carga pérdida del Estado de Veracruz



Fuente: Elaboración propia

Los elevados costos por hora (CPH), se localizan en zonas donde el consumo de energía es predominantemente industrial y de servicios, además de ubicarse con el mayor número de población, PIB, y consumo de energía.

$$CPH = \frac{PIB + VSTE}{8760 \text{ h/a}} \dots [2.19]$$

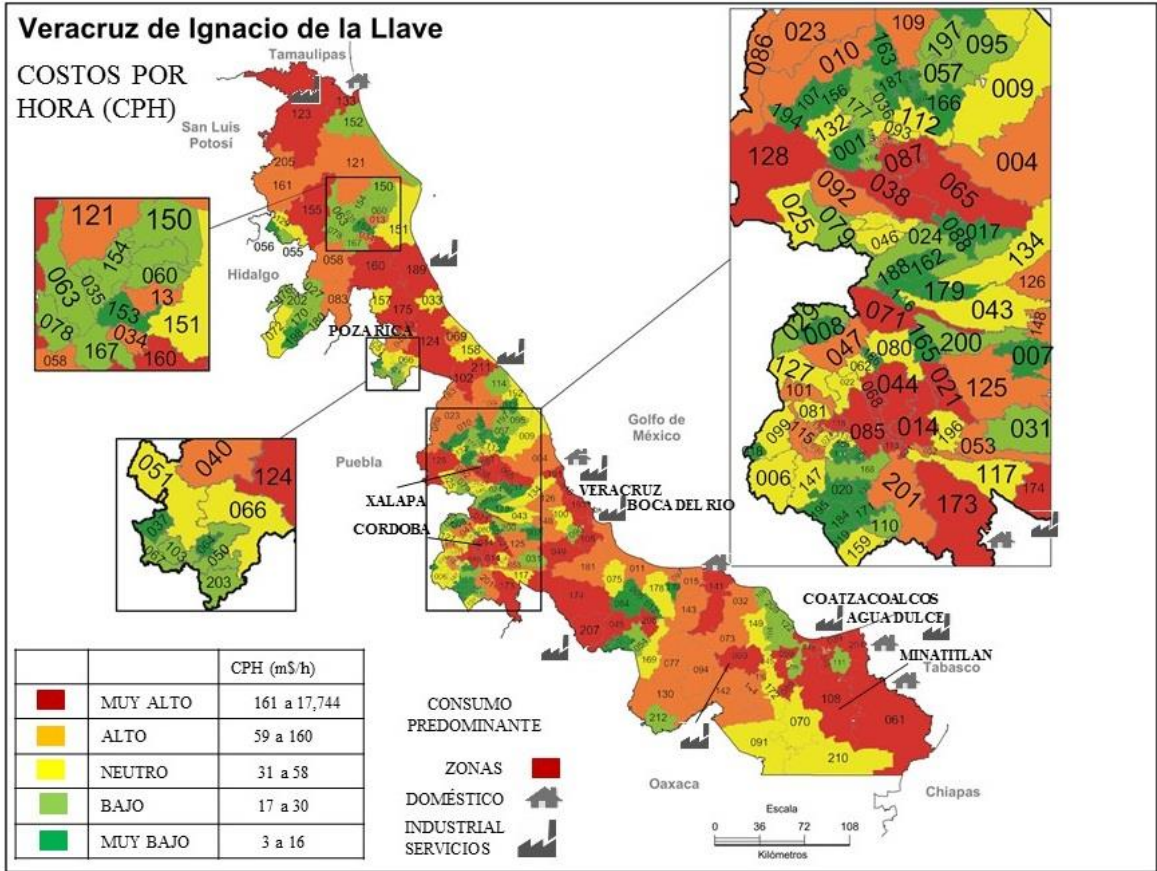
Tabla 2.21 Costos por hora

Municipio	CPH (m\$/h)	Ranking	Municipio	CPH (m\$/h)	Ranking
Coatzacoalcos	17,782.8	1	Atzacan	40.8	108
Veracruz	11,928.0	2	Rafael Delgado	40.5	109
Minatitlán	9,367.8	3	Las Vigas de Ramírez	40.2	110
Poza Rica de Hidalgo	6,106.2	4	Soledad Atzompa	39.2	111
Boca del Río	5,139.6	5	Hidalgotitlán	39.0	112
Xalapa	3,271.4	6	Texistepec	38.6	113
Agua Dulce	2,219.8	7	Ignacio de la Llave	38.5	114
Córdoba	2,218.6	8	Ixhuacán de los Reyes	19.5	165
Ixtaczoquitlán	2,148.8	9	Texcatepec	18.9	166
Orizaba	1,748.3	10	Tlacolulan	18.7	167
Nogales	166.3	43	Mixtla de Altamirano	18.3	168
Alvarado	159.2	44	Atlahuilco	17.6	169
Misantla	159.1	45	Alpatláhuac	17.3	170
Río Blanco	155.7	46	Tepetlán	16.5	171

Banderilla	153.3	47	Tomatlán	15.2	172
Lerdo de Tejada	152.7	48	Miahuatlán	15.1	173
Coatzintla	152.2	49	Tepatlxco	15.0	174
Isla	147.8	50	San Andrés Tenejapan	4.9	208
El Higo	146.0	51	Tuxtilla	4.8	209
Tlapacoyan	137.4	52	Coetzala	4	210
Tehuipango	42.8	105	Aguila	3.2	211
Acultzingo	41.5	106	Landero y Coss	3	212
Ixhuatlancillo	40.9	107			

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.11 Mapa de Costos por hora del Estado de Veracruz



Fuente: Elaboración propia.

### Sensibilidad Ambiental Biológica

La conservación de superficie cubierta por bosques y selvas, así como la creación de espacios verdes, permite hacer una mejor planeación territorial.

Tabla 2.22 Porcentaje de superficie cubierta por bosques y selvas

Municipio	Superficie Cubierta Bosques y Selvas %	Ranking	Municipio	Sup. Cubierta Bosques y Selvas	Ranking
Boca Del Rio	0	1	Villa Aldama	15.1	110
Lerdo De Tejada	0	2	Naolinco	15.2	111
San Rafael	0	3	Ixcatepec	38.2	167
Ursulo Galvan	0	4	Miahuatlan	38.2	168
Acula	0	5	Ixhuacan De Los Reyes	39.1	169
Tlalixcoyan	2.5	43	Tenochtitlan	39.4	170
Filomeno Mata	2.6	44	Altotonga	39.5	171
Omealca	2.7	45	Tequila	77.6	208
Zentla	2.9	46	Huiloapan	83.5	209

Jamapa	3	47	San Andres Tenejapan	89.1	210
San Andres Tuxtla	14.7	107	Tlilapan	93.8	211
Antigua, La	15	108	Magdalena	100	212
Tlalnahuayocan	15.1	109			

Elaboración propia con datos de Inegi. Uso de suelos y vegetación

La reforestación anual, permite mantener el equilibrio climático y la protección de ecosistemas

Tabla 2.23 Reforestación anual

Municipio	Ranking	Municipio	Ranking
Amatitlan	1	Ixhuatlancillo	110
Ixmatlahuacan	2	Hidalgotitlan	111
San Rafael	3	Chontla	167
Tlacojalpan	4	Aguila	168
Platon Sanchez	5	Tihuatlan	169
Pueblo Viejo	43	Catemaco	170
Boca Del Rio	44	Ursulo Galvan	171
Angel R. Cabada	45	Choapas, Las	208
Nanchital De Lazaro Cardenas Del Rio	46	Calcahualco	209
Jilotepec	47	Alto Lucero De Gutierrez Barrios	210
Benito Juarez	107	Tlaltetela	211
Xalapa	108	San Andres Tuxtla	212
Magdalena	109		

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi. Uso de suelos y vegetación

### Exposición a fenómenos climáticos. Declaratorias de emergencia

Se muestra la distribución geográfica por declaratorias de emergencia, durante el periodo 2000-2012, con datos del Fonden. Los municipios en color rojo, indican muy alta exposición a emergencias por eventos hidrometeorológicos, el municipio de Tecolutla, Alvarado, y Tamiahua son los tres municipios con mayores declaratorias de emergencias por, inundación, lluvias y ciclones, tabla 2.24 y figura 2.12.

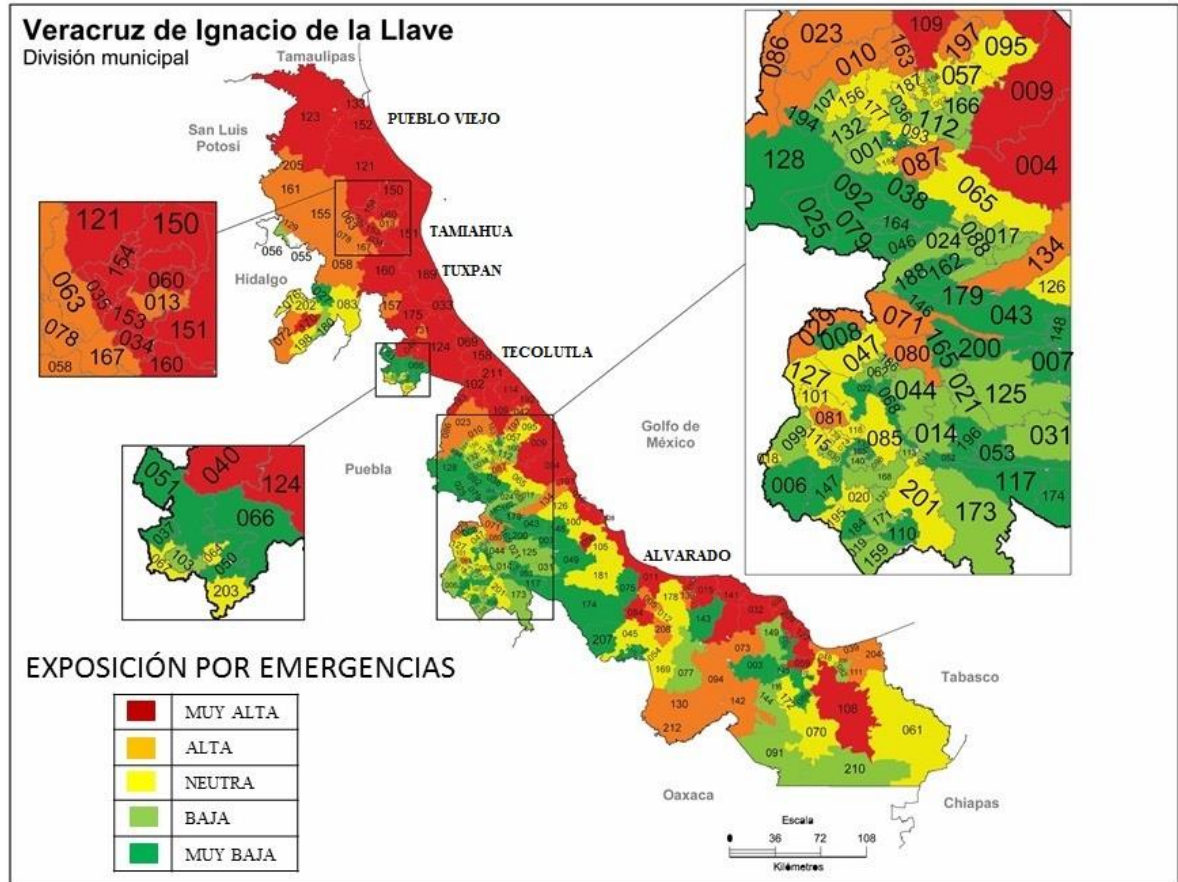
Tabla 2.24 Lluvias-Inundaciones y Ciclones declaratorias de emergencias 2000-2012

Lluvias	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Tecolutla	10	Boca Del Rio	3	Tecolutla	10	1
Misantla	10	Alvarado	3	Alvarado	8	2
Ixhuatlan-M	10	Lerdo de Tejada	2	Tamiahua	7	3
Alvarado	9	San Andres Tuxtla	2	Tuxpam	7	4
Angel R. C	9	Acula	2	Pueblo Viejo	7	5
Lluvias	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Emiliano Zapata	5	Poza Rica de H	1	Hueyapan de O	5	43
Temapache	5	Tierra Blanca	1	Naranjos Amatlan	5	44
Agua Dulce	5	Isla	1	San Juan Evangelista	5	45
Rafael Lucio	5	Acayucan	1	Tempoal	5	46
Altotonga	5	Tihuatlan	1	Poza Rica De H	5	47
Lluvias	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Coxquihui	2	Tantima	0	Tonayan	4	107
Tepetzintla	2	Coxquihui	0	Aguila	4	108
Chontla	2	Tezonapa	0	Chiconquiaco	4	109
Camaron-Tjda	2	Tancoco	0	Tatatila	4	110
Juchique F.	2	Citlatpetel	0	Xoxocotla	4	111
Lluvias	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Jalacingo	1	Jilotepec	0	Vigas de Ramirez	3	167
Tequila	1	Ixhuatlan del Cafe	0	Ignacio de La Llave	2	168
Texhuacan	1	Totutla	0	Carlos A. Carrillo	2	169
Landero y Coss	1	Coacoatzintla	0	Ixhuatlan del Sureste	2	170
Xoxocotla	1	Magdalena	0	Cotaxtla	2	171

Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Soledad Atzompa	0	Villa Aldama	0	Soledad Atzompa	0	208
Vigas de Ramirez	0	Vigas de Ramirez	0	Ayahualulco	0	209
Perote	0	Perote	0	Perote	0	210
Santiago Sochiapan	0	Santiago Sochiapan	0	Santiago Sochiapan	0	211
Tuxtilla	0	Tuxtilla	0	Tuxtilla	0	212

Fuente: Elaboración propia con datos de Fonden

Figura 2.12 Mapa de exposición por declaratorias de emergencias a nivel municipal para el estado de Veracruz



Elaboración propia con datos de Fonden

### Exposición a fenómenos climáticos. Declaratorias de desastre

La siguiente figura muestra la distribución geográfica por declaratorias de desastre, durante el periodo 2000-2012, del Fonden. Los municipios en color rojo, muestran muy alta exposición a desastres, el municipio de Alvarado, Minatitlan, y las choapas son los tres municipios con mayores declaratorias por desastres hidrometeorológicos, entre ellos, inundación, lluvias y ciclones.

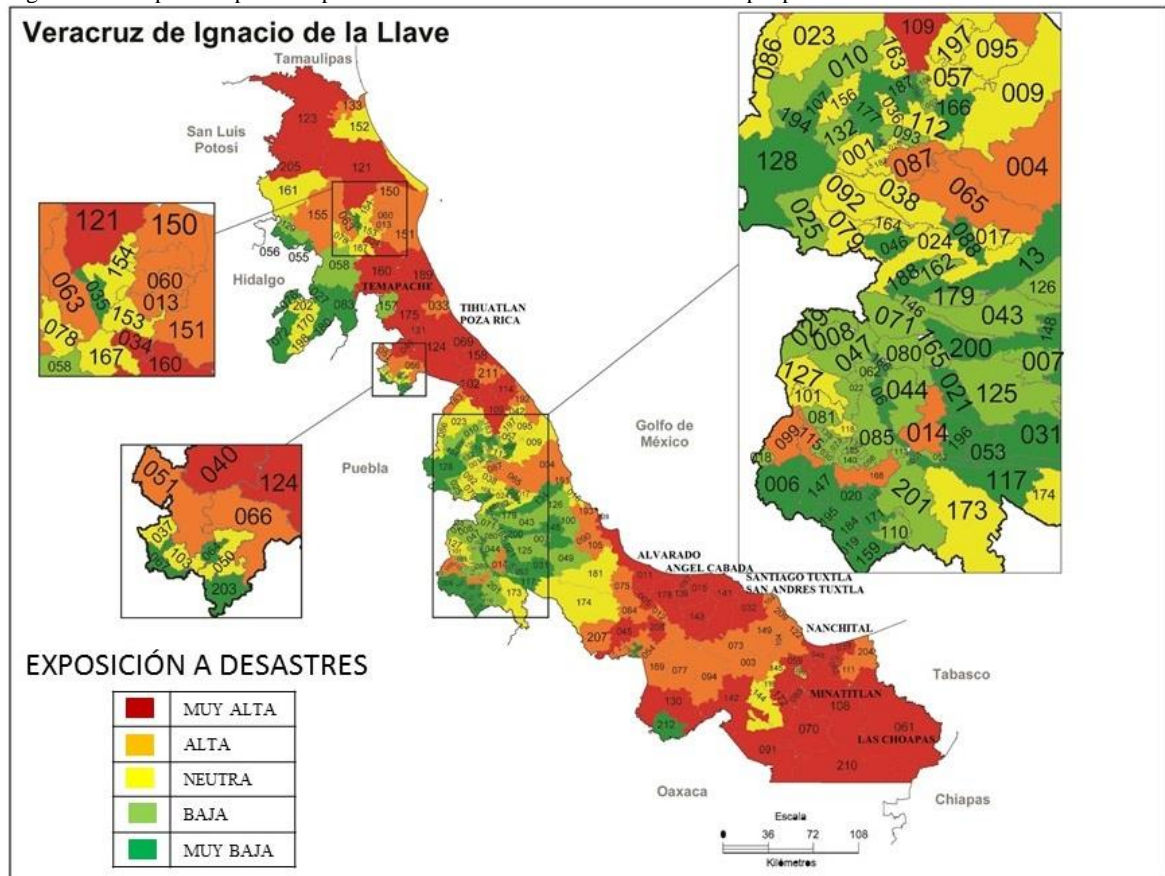
Tabla 2.25 Exposición por declaratorias de Desastre a nivel municipal para el estado de Veracruz.

Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Choapas	11	Alvarado	5	Ozuluama- M	4	1
Coatzacoalcos	10	Acula	4	Tecolutla	3	2
Nanchital LCR	10	Tlacotalpan	4	Tamiahua	3	3
Minatitlan	10	Chacaltianguis	4	Alvarado	3	4
Tecolutla	9	Cosamaloapan-C	4	Tuxpam	3	5
Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking

Pueblo Viejo	5	Nautla	1	Castillo de Teayo	2	43
Vega De Alatorre	5	Veracruz	1	Acayucan	2	44
Catemaco	5	Ursulo Galvan	1	Chalma	2	45
Hueyapan De O	5	Cazones	1	Tantoyuca	2	46
Moloacan	5	Actopan	1	Colipa	2	47
Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Juchique Ferrer	3	Coahuatlan	0	San Andres Tuxtla	2	107
Atoyac	3	Papantla	0	Mecayapan	2	108
Paso Del Macho	3	Carrillo Puerto	0	Medellin	2	109
Zontecomatlan	3	Colipa	0	Tlacotalpan	2	110
Cuichapa	3	Ixcatepec	0	Saltabarranca	2	111
Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Amatlan -Reyes	2	Minas	0	Ixmatalhuacan	1	167
Zentla	2	Chocaman	0	Jamapa	1	168
Fortin	2	Camerino Z.M	0	Choapas, Las	1	169
Ixtaczoquitlan	2	Ixhuatlan Madero	0	Cotaxtla	1	170
llamatlan	2	Tomatlan	0	Chinameca	1	171
Lluvías	Registros	Inundaciones	Registros	Ciclones	Registros	Ranking
Texhuacan	1	Tehuipango	0	Astacinga	1	208
Vigas de Ramirez	1	Tlaquilpa	0	Tlaquilpa	1	209
Perote	0	Perote	0	Perote	1	210
Santiago S.	0	Santiago S.	0	Tuxtilla	1	211
Tuxtilla	0	Tuxtilla	0	Santiago S.	0	212

Fuente: Elaboración propia con datos de Fonden

Figura 2.13 Mapa de exposición por declaratorias de desastres a nivel municipal para el estado de Veracruz



Elaboración propia con datos de Fonden

La población total que habita en las zonas de color rojo, es de 2,660,237 habitantes, de los cuales 992,102 hab., se encuentran en edades de 0 a 14 años, y 60 años o más, esto significa un 37% de la población muy altamente expuesta a desastres. Mientras las zonas con mayor producto interno bruto, y población representan los valores más altos por costos por hora en caso de un apagón de energía eléctrica, no necesariamente coincide con las regiones más afectadas por impactos climáticos, como son los casos de Tecolutla, y Alvarado.

Tabla 2.26 Rankings generales

Municipio	PIB *	C.E **	Población	CPH	Voll	Declaratorias Emergencia			Declaratorias Desastre		
						Lluvia	Inundación	Ciclón	Lluvia	Inundación	Ciclón
Coatzacoalcos	1	2	3	1	36	28	58	67	2	75	25
Veracruz	2	1	1	2	120	50	60	112	61	44	104
Minatitlan	3	7	7	3	5	11	10	41	4	12	39
Poza Rica	4	6	5	4	20	59	43	47	35	40	10
Boca del Rio	5	12	10	5	4	17	1	19	25	7	101
Xalapa	6	5	2	6	79	91	52	58	17	173	80
Tecolutla	86	64	79	91	195	1	30	1	5	73	2
Alvarado	50	31	37	45	188	4	2	2	93	1	4

\*Se considera el PIB del 2008, debido a que los datos desagregados para municipios no están disponibles para el 2010; \*\*Consumo de energía 2010

Tabla 2.27 Consumos de Energía Eléctrica

Municipio	Doméstico	Alumbrado Público	Bombeo de agua	Industrial	Tipo consumo
Coatzacoalcos	14.6 %	1.3 %	.021 %	84 %	Industrial
Veracruz	20.8 %	1.84 %	0.074 %	77.26 %	Industrial
Minatitlan	34.5 %	1.8 %	0.15 %	63.6 %	Industrial
Poza Rica	38.6 %	2.03 %	0.08 %	60 %	Industrial
Boca del Rio	71 %	2 %	0.11 %	27 %	Doméstico
Xalapa	43 %	3.8 %	0.22 %	52.3 %	Industrial
Tecolutla	59.6 %	5.5 %	0.36 %	33 %	Doméstico
Alvarado	67 %	5 %	0.13 %	28 %	Doméstico

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE

## 2.5.2 Índice promedio de vulnerabilidad

**Paso 3. Obtención del índice promedio (Iprom<sub>i</sub>).** Con base en los datos normalizados en el paso 2, agrupamos todos los sub-indicadores, social (13), física (4), ambiental biológica, (2), ambiental física (2), económica (4), exposición por emergencias, (3), y exposición por desastres, 3. Con estos datos, se calcula el índice promedio de los subindicadores para cada fuente de vulnerabilidad de forma respectiva.

$$Ind. Sens Social = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.20]$$

Municipios	Sub-Indicadores												Densidad Población
	Población edad Vulnerable	Analfabetas	Grado Estudios	Dependencia	Población Zonas V Inundación.	Viviendas Acceso al agua.	Viviendas Con radios	Viviendas Con TV	Viviendas Con Refrig	Viviendas Con Teléfono	Viviendas Con Celular	Viviendas Con Internet	
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
212	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

$$Ind. Sens Económica = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.21]$$

		Sub-Indicadores			
		Consumo de Electricidad	PIB	Voll	CPH
Municipios	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
212	.	.	.	.	.

$$Ind. Sens Ambiental Biologica = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.22]$$

		Sub-Indicadores	
		Reforestación Anual	Superficie Cubierta Bosques y Selvas
Municipios	.	.	.
1	.	.	.
2	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
212	.	.	.

$$Ind. Sens Ambiental Física = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.23]$$

		Sub-Indicadores	
		Localización Costera	Altitud
Municipios	.	.	.
1	.	.	.
2	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
212	.	.	.

$$Ind. Exp Emergencias = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.24]$$

		Sub-Indicadores		
		Lluvías	Inundación	Ciclones
Municipios	.	.	.	.
1	.	.	.	.
2	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
212	.	.	.	.

$$Ind. Exp por desastres = [Sub-indicador_1 + Sub-indicador_2 + \dots Sub-indicador_j] / J \dots [2.25]$$

		Sub-Indicadores		
		Lluvías	Inundación	Ciclones
Municipios	.	.	.	.
1	.	.	.	.
2	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
212	.	.	.	.

De acuerdo a lo anterior, **la matriz de evaluación de impactos**, es de 212 renglones (municipios), por 31 Columnas (subindicadores), resultando en el manejo de **6572 datos**.

### 2.5.3 Índice global de vulnerabilidad

**Paso 4. Índice de vulnerabilidad (IV<sub>i</sub>).** Permite identificar los riesgos, en diversas escalas, así como los atributos que limitan y frenan el acceso a determinados recursos para generar respuestas y proveer los medios para recuperarse de tensiones externas. Para la construcción de un índice global de vulnerabilidad deben asignarse ciertos pesos a los indicadores, y la ponderación suele ser de 3 tipos: 1) Todos los indicadores tienen el mismo peso, y se les da la misma importancia a cada uno, evaluándose por medio de simples promedios de los indicadores normalizados; 2) Cuando el número de sub-indicadores pertenecientes a cada indicador no es homogéneo, suele utilizarse el método de Patnaik y Narayanan (2005); 3) Métodos con pesos distintos para los indicadores, entre ellos, se encuentran los métodos basados en juicio de expertos, el método de Iyengar and Sudarshan (1982), y técnicas estadísticas multivariadas mediante clusters. La utilización de los métodos de ponderación mencionados dependerá de la disponibilidad de información, los alcances, y objetivos de la investigación.

#### Método de Patnaik and Narayanan.

- 1) Clasificar los indicadores
- 2) Obtener un índice promedio (Ip), para cada fuente de vulnerabilidad, usando la ecuación:

$$I_p = \frac{\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \dots + \text{Indicador J}}{J} \dots [2.26]$$

- 3) Cálculo del índice de Vulnerabilidad, (IV). Agregar todas las fuentes de vulnerabilidad usando la fórmula, (Patnaik and Narayanan. 2005):

$$IV = \frac{[\sum_{i=1}^n (I_p)^{\alpha}]^{\frac{1}{\alpha}}}{n} \dots [2.27]$$

En esta sección, se evalúa el impacto, cuyo objetivo principal es identificar las regiones y su respectivo nivel de vulnerabilidad (¿Quiénes son los más vulnerables?).

Tabla 2.28 Índice de Vulnerabilidad

Municipio	IV	Ranking	Municipio	IV	Ranking
Mixtla de Altamirano	0.115742551	1	Tlacotepec de Mejía	0.072920485	108
Tehuipango	0.115374229	2	Cosamaloapan de Carpio	0.072814488	109
Filomeno Mata	0.109024658	3	Maltrata	0.072774493	110
Coatzacoalcos	0.108148724	4	Ixcatepec	0.072497772	111
Alvarado	0.105621583	5	Huayacocotla	0.072441787	112
Texcatepec	0.103514322	6	Zaragoza	0.072376742	113
Ilamatlán	0.103030593	7	Chocamán	0.072342242	114
Tecolutla	0.102479913	8	Platón Sánchez	0.066363002	165
Mecatlán	0.10238853	9	Tres Valles	0.066240746	166
Zontecomatlán L y Ftcs	0.101679058	10	Mariano Escobedo	0.066017091	167
Ángel R. Cabada	0.084004975	43	Xico	0.065948154	168
Uxpanapa	0.083760662	44	Sayula de Alemán	0.065928227	169
Chumatlán	0.083726573	45	Catemaco	0.065864463	170

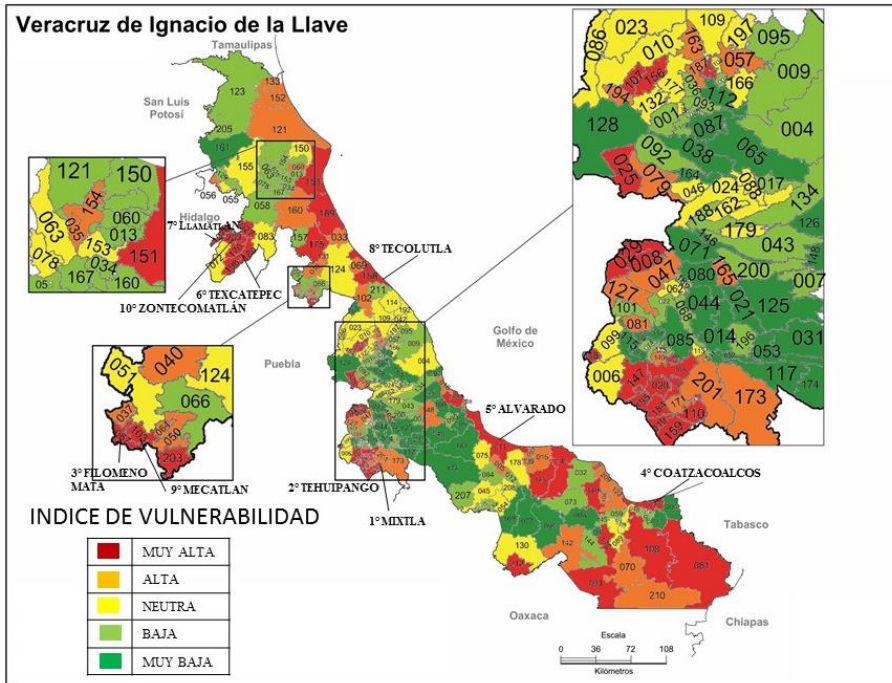


Poza Rica de Hidalgo	0.08334291	46							
Coxquihui	0.083308047	47							
Texhuacán	0.082532832	48							
Álamo Temapache	0.082515457	49							
Zongolica	0.082111108	50							
Pueblo Viejo	0.081800425	51							
Chiconamel	0.081525333	52							
Altotonga	0.072982526	105							
Chontla	0.072973404	106							
Las Vigas de Ramírez	0.072950127	107							
Otatitlán	0.065806459	171							
Teocelo	0.065788839	172							
Sochiapa	0.065748048	173							
Juan Rodríguez Clara	0.065743028	174							
Ixhuatlán del Café	0.054646212	208							
Oluta	0.052687514	209							
Orizaba	0.048717318	210							
Tierra Blanca	0.048149138	211							
Córdoba	0.045383771	212							

Fuente: Elaboración propia con base en el método de Patnaik and Narayanan

En el siguiente mapa se muestra la distribución de vulnerabilidades.

Figura 2.14 Mapa de Vulnerabilidad con el método de Patnaik y Narayanan



Fuente: Elaboración propia

Las causas que conducen a los índices anteriores para las primeras 10 regiones más vulnerables:

Tabla 2.29 Jerarquías por fuente de Vulnerabilidad

Municipio	Sensibilidad					Exposición		Ranking
	Social	Económica	Física	Ambiental Biológica	Ambiental Física	Emergencias	Desastres	
Mixtla A	1	14	33	77	176	191	145	1
Tehuipango	2	40	77	74	206	166	178	2
Filomeno Mata	3	34	74	178	128	89	190	3
Coatzacoalcos	209	1	210	108	6	67	21	4
Alvarado	182	161	159	185	4	2	1	5
Texcatepec	4	38	50	33	212	31	98	6
Ilamatlán	5	50	116	42	143	92	207	7
Tecolutla	97	192	61	189	1	1	13	8
Mecatlán	6	27	36	167	132	145	103	9
Zontecomatlán	7	21	96	16	122	88	93	10

Fuente: Elaboración propia con base en el método de Patnaik and Narayanan

Las primeras 3 regiones, presentan, muy alta vulnerabilidad social, económica y física, sin embargo, su exposición ante emergencias y desastres por causas climáticas es muy baja. Por el

contrario, la región de Coatzacoalcos, presenta vulnerabilidad económica, ambiental física y por desastres muy alta, lo cuál lo hace buen candidato de análisis. Alvarado y Tecolutla, son de los municipios con vulnerabilidad muy alta debido a su exposición por emergencias y desastres climáticos, lo que también los hace elementos apropiados de análisis.

Con la finalidad de ampliar el entendimiento de causas, es necesario entender el desarrollo institucional de los municipios, y generar políticas de respuesta apropiadas para reducir las causas de vulnerabilidad, en vez de sólo responder a los síntomas. Debido a la exposición climática muy alta, se tomo la decisión de estudiar 3 regiones en particular, 1) Coatzacoalcos, 2) Alvarado, y 3) Tecolutla. Sin embargo, debido a las condiciones geográficas, las características peculiares de unión entre laguna y mar, y las condiciones económicas, se decidio, analizar la región de Alvarado.

## 2.6 Conclusiones

Entre los diversos retos que conforman a los estudios de vulnerabilidad, se encuentran, 1) la diversidad de información, y el manejo adecuado de los datos; 2) La estructura de los indicadores con características sociales, condiciones estructurales, económicas, ambientales, tecnológicas e institucionales; 3) la necesidad de integrar los estudios de vulnerabilidad, a nivel local y regional; 4) la falta de transparencia y los largos periodos de tiempo para atender solicitudes de información; 5) La ausencia de memoria institucional, acompañada de la incipiente creación de leyes y reformas frente al cambio climático. A la fecha, muy pocos estudios consideran la capacidad de adaptación dentro de los estudios de vulnerabilidad, y solo se enfocan en los sintomas y no en las soluciones. Afortunadamente el debate político sobre adaptación esta moviendose de enfoque, ver figura siguiente.

Figura 2.15 Modelo de Presión y Liberación de Wisner



Fuente: Elaboración propia con datos de Peña del Valle, A. (2014). Criterios para el Monitoreo de Adaptación y Resiliencia. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM. Uso del conocimiento científico para la gestión pública al respecto de los cambios climáticos globales y sus impactos para la adaptación

En éste capítulo, los diversos indicadores fueron normalizados, jerarquizados y evaluados mediante técnicas cuantitativas. Se abordaron diversas bases de datos de información, que se agruparon, ordenaron, y en algunos casos se **desecharon por inconsistencias**, o por contener datos de baja calidad, hasta obtener información completa y limpia, lo cual permitió construir una matriz de datos que abarcó la sensibilidad social, económica, ambiental, la exposición por emergencias y desastres naturales que en conjunto, definieron un total de 31 sub-indicadores (columnas). Los resultados del análisis macro regional para México, señalaron al estado de Veracruz, como objeto de estudio, el cual tiene 212 municipios (renglones), por lo que la matriz de vulnerabilidad fue de (212 x 31), 6572 datos analizados.

El método de Patnaik y Narayanan, fue elegido para obtener el índice de vulnerabilidad, que fue ilustrado con mapas temáticos. Esta tarea requirió tiempo, debido a los procesos de edición, identificación y clasificación de localidades. Los índices de vulnerabilidad, fueron jerarquizados en función de los impactos potenciales, y permitieron identificar localidades con muy alta vulnerabilidad. Coatzacoalcos, Alvarado y Tecolutla, resultaron ser los primeros candidatos adecuados para el análisis de capacidades de adaptación, sin embargo por condiciones geográficas, demográficas, desarrollo económico, y exposición, se optó por analizar a nivel local el municipio de Alvarado. Definida la localidad, se aplica el modelo de capacidad de respuesta, el cuál permite conceptualizar y construir la resiliencia local. En el siguiente capítulo se evaluarán las habilidades institucionales de adaptación, y se genera un diagnóstico sobre el funcionamiento del municipio; mediante la exploración a la localidad, son identificados los menos hábiles para responder a los impactos, junto con la aplicación de encuestas de campo, para valorar condiciones de resiliencia, desde la perspectiva de los servicios críticos existentes, y la ausencia de electricidad por eventos climáticos.



# Capítulo 3

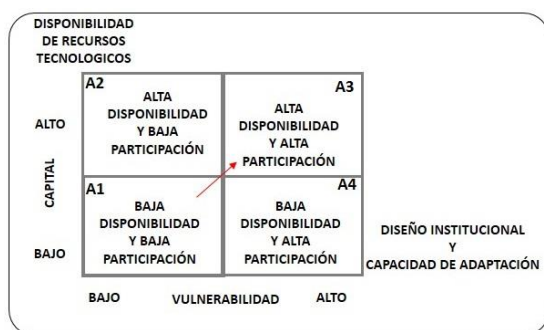
Construcción de  
capacidades de adaptación  
al cambio climático

### 3.1 Espacio y modelo de capacidad de respuesta

El problema del cambio climático, es un problema de las políticas de crecimiento económico; alrededor del mundo, existe un creciente reconocimiento de que, no importa que pasos se tomen para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero, es necesario tomar acciones que permitan estar preparados para enfrentar los grandes retos impuestos por los impactos climáticos. Los conductores principales de la respuesta al cambio climático se dan por medio de la implementación de medidas que involucren y vinculen tanto las acciones que contrarresten las causas, (frenar las emisiones), y reduzcan las consecuencias, (tiempo de reestablecimiento). Este último, es un aspecto prioritario en el espacio de respuesta, donde la adaptación, junto con las instituciones pueden dar forma a la interacción y el comportamiento de los individuos, (Tompkins, y Adger (2005); Ostrom (1990)), así como la utilización de diversas tecnologías energeticas distribuidas o descentralizadas, que permitan el aprovechamiento endogeno de recursos.

El espacio de respuesta esta conformado por el conjunto disponible de opciones que tienen los tomadores de decision; el informe del World Resources Institute, (WRI. 2011), señala que 5 son los elementos críticos para reforzar la capacidad de los gobiernos para la toma de decisiones eficaces, entre ellas, el diseño institucional, la utilización de recursos, la participación pública, el uso de herramientas y el manejo de información.

Figura 3.1 Espacio de Respuesta



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro A1, de la figura 3.1, la baja percepción del riesgo y/o vulnerabilidad está relacionada con el acceso a información, confiable y suficiente; con una baja elección de prioridades debido a la escasa participación pública; con la reducida disponibilidad de tecnologías; y con un liderazgo gubernamental poco eficaz, dedicado a administrar crisis recurrentes, que provienen de la mala administración de periodos gubernamentales predecesores; lo anterior genera mala planeación, falta de transparencia, escasa formulación

política frente a los riesgos climáticos, y dependencia gubernamental; Con bajas condiciones promotoras del conocimiento y gobernanza, este espacio es definido por el uso insostenible de recursos, donde se encuentran las instituciones del tipo rígido.

Por el contrario, el cuadro A3, está relacionado con una elevada participación pública, acceso a información transparente, con disponibilidad de tecnologías, así como con la interdependencia gubernamental; Con altas condiciones promotoras del conocimiento y gobernanza, un elevado nivel de capacidad de adaptación es factible, donde se encuentran las instituciones flexibles, (Kane and Yohe, 2000).

La transición del espacio, A1, al espacio, A3, es compleja, donde los estímulos del cambio climático promueven la libertad de elección para ejercer acciones inteligentes y con voluntad; la educación y la capacidad de aprendizaje, juegan también un papel preponderante en el espacio de respuesta. Concientizarse sobre las formas individuales de responder en el futuro a las vulnerabilidades climáticas, implica reestructurar el modo en el que vivimos dentro de las políticas actuales de desarrollo económico, esto es, analizar lo que Lemus, M., denomina: “Everything-more-Theory, more capital, more health, more knowledge, and more social capital”. Lo anterior implica vincular el acceso a las tecnologías amigables con el medio ambiente, y generar capacidades de adaptación.

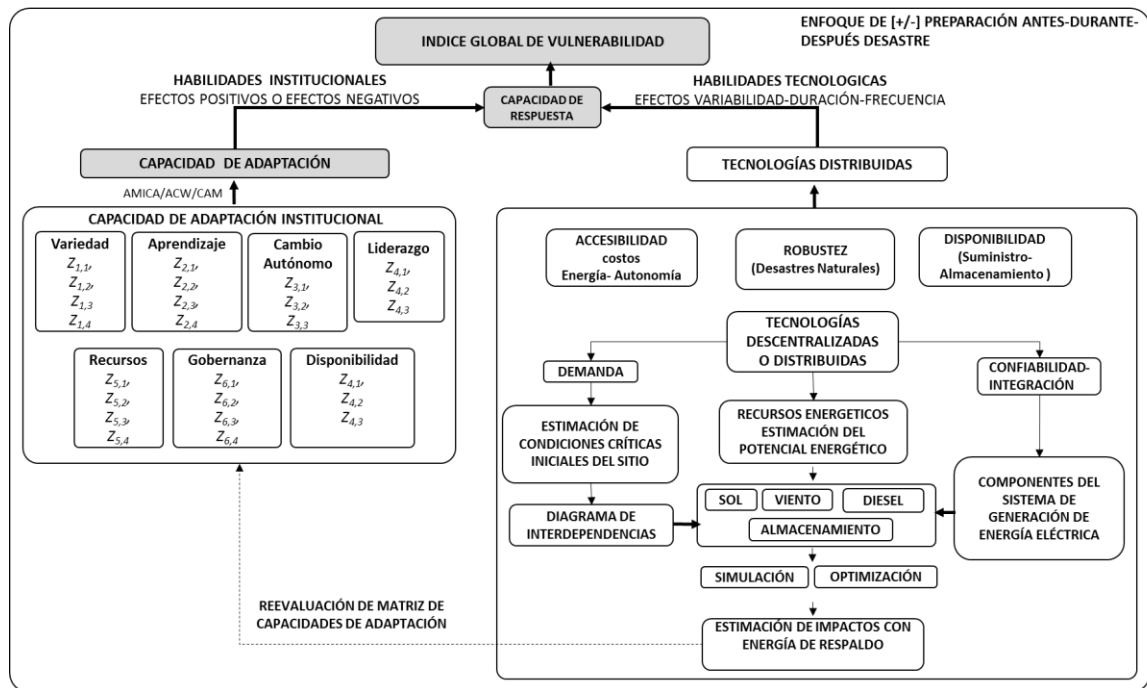
### **Modelo de Capacidad de Respuesta**

La vulnerabilidad no es la misma, si los impactos se ven modificados por medidas de capacidad de respuesta, esta es la idea principal de esta investigación; en la ecuación 3.1, mostrada en el capítulo 2, la vulnerabilidad depende tanto de los impactos como de la capacidad de respuesta que se tenga en las localidades, esta última es integrada por las 1) Habilidades Institucionales, ( $H_I$ ) y, 2) Habilidades Tecnológicas ( $H_T$ ), ecuación 3.2. Las primeras están en función de los efectos positivos o negativos de las capacidades de adaptación, mientras que las segundas, están en función de las afectaciones en los sistemas interdependientes, ( $S_I$ ), en los recursos energéticos locales, ( $R_E$ ), y en la evaluación económica de dichos recursos, ( $E_{ER}$ ), todos ellos sujetos a la variabilidad y frecuencia de cortes eléctricos, así como su duración, ver figura 3.2.

$$V(es, x, s, t) = f(IP(es, x, s, t), CR(es, x, s, t))... [3.1]$$

$$CR = f(H_I(CA), H_T(S_I, R_E, E_{ER})... [3.2]$$

Figura 3.2 Modelo de capacidades de respuesta



Fuente: Elaboración propia

Previo, durante y posterior a un impacto climático, surgen cuestionamientos, sobre 1) la **demanda de energía eléctrica que va a ser necesario reespaldar**, 2) sobre el **consumo total de energía que es crítico, la autonomía requerida para estos sistemas**, las posibilidades de **tener cobertura con energías renovables**, y 3) cuales deben ser las características necesarias para la continuidad en el servicio. A continuación, se mencionan los aspectos relacionados a la adaptación.

### 3.2 Metodologías para el análisis de Adaptación

Una de las formas de responder a los impactos de los eventos climáticos es ajustando los sistemas económicos, ecológicos y sociales, mediante la adaptación, la cual promueve que la sociedad sea capaz de reducir los efectos climáticos sobre la salud y el bienestar, aprovechando oportunidades que el ambiente climático provee, (Burton 1992). La adaptación es importante ya que permite a los tomadores de decisión evaluar estrategias en función de aspectos políticos, económicos, culturales sin tener que esperar a predicciones exactas sobre el comportamiento climático, además permite vincular medidas locales con medidas regionales.

La capacidad de adaptación es definida como el potencial o la capacidad de un sistema para adaptarse a un estímulo climático, (Smit et al., 2001). Durante los últimos 10 años, la



investigación científica en el tema de la adaptación se ha incrementado; en Lonsdale et al (2010), se muestran metodologías y proyectos orientados a la adaptación. Algunas de las metodologías de interés consultadas para el análisis en este estudio fueron las siguientes:

Tabla 3.1. Metodologías y herramientas de evaluación

Acronimo	Título y Descripción
<b>AMICA</b> (Adaptation & Mitigation- an Integrated Climate Policy Approach)	<b>Herramientas de evaluación para Adaptación y Mitigación</b> El objetivo de este proyecto es motivar a los gobiernos locales a incluir la protección climática y la adaptación dentro de sus prácticas de planeación. Las sinergias son creadas cuando las medidas que controlan los GEI también reducen los impactos adversos del cambio climático y viceversa. Para el desarrollo de estrategias de adaptación, los grupos de interés deben comenzar por identificar los impactos más probables y problemáticos del cambio climático en su respectiva región. La herramienta de Adaptación AMICA fue desarrollada en colaboración con el Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam, Germany, con la asesoría del Dr. Manfred Stock and Oliver Walkenhorst. La metodología tiene un enfoque sobre políticas ambientales, diseñadas para combinar la protección del clima a futuro con medidas de adaptación a corto y mediano plazo en niveles locales, como medio para la mejora en la toma de decisiones y asignación de recursos financieros. Contiene 3 matrices principales: la matriz de Adaptación, Mitigación e Integración. Una de sus características principales es la evaluación de los impactos, y la integración de beneficios con las medidas de eficiencia energética, energías renovables y secuestro de carbono, y por el otro, los beneficios de adaptar la seguridad en el suministro, el confort térmico y la reducción de daños ambientales, AMICA (2014)
<b>ACW</b> (Adaptive Capacity Wheel)	<b>Método para evaluar si las instituciones promueven la capacidad de adaptación de la sociedad</b> Examina las instituciones en términos de sus fortalezas, debilidades y oportunidades para la mejora, y por medio de 6 dimensiones (Diversidad, Capacidad de Aprendizaje, Espacio para el cambio autónomo, liderazgo, Recursos y gobernanza) y 24 criterios se evalúa y genera un diagnóstico inicial sobre la capacidad adaptativa de las instituciones, Klostermann. J., et al. (2010). Muestra la inherente capacidad de una institución para responder al cambio, y no la efectividad de un régimen o si el problema del cambio climático está siendo dirigido de forma correcta o no en términos técnicos. La metodología tiene una naturaleza genérica, juzga únicamente si las instituciones posibilitan o inhiben la adaptación al cambio, una vez que la ineficacia del régimen se ha vuelto aparente. Se ha utilizado en la evaluación de las instituciones municipales en Holanda, Meijerink, S., et al. (2010); en el estudio de los Alpes Europeos frente al desafío de recursos hídricos cambiantes (Ribeiro et al., 2009); En el estudio del mar de Wadden y la laguna de Venecia, en Holanda e Italia, respectivamente, Munaretto S., et al. (2011), así como en el proyecto Norwest 2050, donde se agregan 2 dimensiones (Motivación y Convicción por la adaptación, Grothmann. T, Siebenhüner B, et al. (2012). 1 dimensión es analizada e integrada en la rueda de capacidades de adaptación, denominada, Disponibilidad de servicios críticos, León H., et al (2014).
<b>CAM</b> (Climate Change adaptation and mitigation methodology)	<b>Metodología sobre vinculación de medidas de adaptación y mitigación</b> El ICEM (International centre for environmental management) desarrolló una metodología con enfoque integrador para la planeación e implementación de medidas que vinculan a la adaptación y mitigación. La metodología aborda el problema del cambio climático en 6 aspectos principales: 1) Alcances; 2) Línea de Base; 3) Vulnerabilidades; 4) Respuestas; 5) Retrolimentación; y 6) Vincular la evaluación de adaptación con el potencial de la mitigación para integrar una respuesta planeada La metodología muestra una vasta complejidad, y no muestra con claridad el análisis de las capacidades de adaptación, dejando su evaluación en manos de expertos o consultores. Se ha utilizado en comunidades locales propensas a inundación en la región Asia-Pacífico, Carew-Reid et al (2011).
<b>PACT</b> (Performance Acceleration through Capacity Building)	<b>Herramienta de evaluación para generar diagnósticos organizacionales</b> Fue desarrollado dentro del proyecto ESPACE (European Spatial Planning: Adapting to Climate Events). Es un método bien estructurado que se fundamenta sobre evidencias que permiten evaluar y mejorar la capacidad de respuesta de las "Organizaciones" a los retos impuestos por el cambio climático. Los retos implican aspectos relacionados con la variabilidad económica en el uso de fuentes de carbono; impactos presentes y futuros; regulación y otras presiones, PACT.
<b>CLIMSAVE</b>	<b>Metodología que integra diversos impactos sectoriales</b> (Climate Change integrated assessment methodology for cross-sectoral adaptation and vulnerability in Europe)
<b>MEDIATION</b>	<b>Metodología que integra diversos impactos sectoriales</b> Methodology for effective decision making on impacts and adaptation
<b>CECILIA</b>	<b>Diferentes herramientas de evaluación</b> Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment
<b>ADAM</b>	<b>Adaptation and mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy</b> Un trabajo financiado por la UE y coordinado por el centro Tyndall para la investigación del cambio climático en UK. Se buscó la identificación de políticas climáticas existentes que permitan una transición tolerable desde la perspectiva económica y social a un mundo con cambio en el clima por debajo de los 2°C. Desarrollar un portafolio de opciones políticas de largo plazo que contribuya a los objetivos de mitigación y adaptación de la comunidad económica Europea. Uno de los productos de dicha investigación fue el compendio digital de impactos, vulnerabilidades y adaptación donde pueden observarse impactos directos por sector debido al cambio climático, en los sectores de agricultura, pesca, transporte, turismo, energía, etc., para los países Nórdicos, Islas Británicas, Europa Central del Este, y Oeste, Europa Central del Norte y Sur, y la península Ibérica. En términos de mecanismos de

	<p>Gobernanza global para la adaptación, el proyecto analizo 3 retos: Migración provocada por el cambio climático; Inseguridad alimenticia; y necesidad de coordinar financiamiento para la adaptación.</p> <p>Los desarrolladores del proyecto hacen mención de diversos retos a los que se enfrentaron en la realización de este trabajo, la falta de integración fue un gran problema, la interdisciplinariedad, multiples instituciones, y las estrategias para interactuar entre investigadores y políticos, las cuales varían de acuerdo a la postura del problema en cuestión. Así como la madurez en la capacidad de investigación. . Las vulnerabilidades del sistema energético se identifican en función del incremento de la temperatura, la sequia, reducción de agua para enfriamiento en plantas termoeléctricas, no se identifica la vulnerabilidad por apagones, o los costos en este sistema debido a impactos por tormentas, inundaciones, ADAM.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los **atributos** comunmente citados en las metodologías mencionadas existen los siguientes: 1) Acceso a recursos; 2) Liderazgo; 3) Aprendizaje; 4) Actuar y colaborar colectivamente; 5) Acceso a la información; 6) Generar conciencia; 7) Comunicación; 8) Motivación; 9) Administración; 10) Monitoreo y evaluación. Los aspectos que se consideran de forma general, son los siguientes: 1) **Acceso a fuentes de Información**; 2) **Medición del desempeño organizacional frente al cambio climático**; 3) **Toma de decisiones frente al cambio del clima**; 4) **factores determinantes de la adaptación**; 5) **Fortalezas-opportunidades- debilidades para la mejora de las instituciones frente al cambio en el clima**. Todas estas metodologías van orientadas a la creación de nuevas políticas que permitan prevenir el desastre con acciones proactivas, preventivas y correctivas que tomen en cuenta la capacidad de adaptación.

En esta investigación hacemos uso de la metodología de adaptación y mitigación al cambio climático, la metodología de la rueda de capacidades de adaptación, y el enfoque de integración de políticas climáticas en adaptación y mitigación (CAM, ACW, AMICA por sus siglas en inglés)

### 3.3 Capacidad de Adaptación y Disponibilidad de Servicios Críticos

Por medio de la construcción de la capacidad de adaptación (CA), se busca reducir riesgos y sensibilidades, y al mismo tiempo se aumente la capacidad de combate al cambio climático y con ello la supervivencia a sus efectos, (Mossey and Bergsma. 2008). La habilidad para adaptarse al cambio permanente o para transformarlo sin reducir la capacidad de adaptación, es como dice Birkmann (2011), esencial en la lucha contra la variabilidad climática y el futuro del cambio climático. La capacidad de adaptación es una propiedad inherente del sistema que define su capacidad para tratar con la exposición (Smit and Pilifisova 2003).

La capacidad de adaptación, es el resultado de cambios en la producción económica que conectan lo local a lo global y eso involucra una transformación cultural, de ideologías, de conocimientos mediante procesos de modernización. Donde la modernización hace un llamado al uso de tecnologías. Como se mencionó previamente, la ACW, es una herramienta que

permite evaluar instituciones, a través de 6 dimensiones, y sus respectivos criterios: 1) Diversidad; 2) Capacidad de aprendizaje; 3) Espacio para el cambio autónomo; 4) Liderazgo; 5) Recursos; 6) Gobernanza; más tarde se agregan 2 indicadores, que son: 7) Motivación para la adaptación; 8) Convicción por la adaptación, Grothmann and Siebenhüner (2011).

Para este trabajo se utiliza la rueda de capacidades de adaptación, donde, León H., et al (2014), amplían una dimensión relacionada a la disponibilidad de servicios críticos.

La disponibilidad es una medida que permite a un sistema ser reparado cuando las fallas ocurren, (Bauer et al 2009), de tal forma que cuando una comunidad se expone a los eventos extremos del cambio climático, (Inundaciones, huracanes, aumento y/o reducción de temperatura, etc.) es necesario considerar capacidades institucionales adicionales que permitan mantener el funcionamiento de servicios críticos, como a) Escuelas; b) Pequeños negocios (tiendas); c) Servicios médicos (clínicas, hospitales, farmacias); d) Refugios de emergencia; e) Residencia de ancianos; f) Refugios para víctimas de violencia doméstica; g) Hogares de cuidado infantil; h) Instalaciones para la salud mental; i) Estaciones de suministro de combustible (Gasolineras y Gaseras); j) Plantas de tratamiento de agua; k) Tratamiento de aguas residuales; l) Servicios de vigilancia, protección y procuración de justicia; m) Sistemas de telecomunicación; j) Servicios Bancarios; y otras infraestructuras que proporcionan servicios sociales cruciales que requieren estar disponibles la mayor parte del tiempo.

El desarrollo de las estrategias regionales de adaptación (RA's) se ha visto obstaculizado por las incertidumbres tanto en escala, momento y consecuencias del cambio climático, así como por la falta de información, conocimiento y experiencia en el nivel regional, y local, (Ribeiro et al., 2009). Las capacidades de adaptación institucionales, adicionales a las ya mencionadas, deben contemplar: 1) Tipo de sistema eléctrico local; 2) Registro de la frecuencia de eventos; 3) Registro de los tiempos de interrupción del suministro eléctrico a nivel local; 4) Demanda de energía crítica; 5) Costos por externalidades; y 6) Vulnerabilidad de la región.

Como puede apreciarse en los impactos climáticos sobre la infraestructura eléctrica centralizada (Anexo A), todos ellos tienen un denominador común: **la falta de disponibilidad de servicios críticos**. En la literatura revisada se observó que no existen consensos reales para la definición de aspectos críticos en los sectores categorizados como comerciales, ya que estos han sido tratados desde la perspectiva de regulación de forma limitada; tampoco existen relaciones explícitas que vinculen el acceso a la energía con la adaptación; y, hace falta una evaluación sistemática de la experiencia con los sistemas de electricidad descentralizados en

diferentes contextos culturales y geográficos, así como la transferencia de conocimientos. La única forma de contrarrestar los daños a la infraestructura es contar con energía distribuida, (Cruz, 2009; Parajuli et al., 2010); Schafer, M, et al., 2011); Spisak, J., 2012).

Concluyendo que los sectores no están desagregados por completo, este es el caso de la demanda de energía eléctrica en el sector comercial, ( $D_{ECom}$ ), que está integrado por 1) Demanda de electricidad en Servicios Críticos ( $D_{ECr}$ ) y 2) Demanda de electricidad en Servicios No Críticos ( $D_{ENCr}$ ), como puede verse en las siguientes ecuaciones.

$$D_{ECom} = \Sigma D_{ECr} + \Sigma D_{ENCr} \dots [3.3]$$

$$D_{ECr} = \Sigma D_{EH} + \Sigma D_{EE} + \Sigma D_{EG} + \Sigma D_{EV} + \Sigma D_{EB} + \Sigma D_{EAP} + \Sigma D_{EBAPN} \dots [3.4]$$

$\Sigma D_{EH}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en Hospitales, Clínicas, y todos aquellos servicios relacionados con la salud

$\Sigma D_{EE}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en escuelas

$\Sigma D_{EG}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en gasolineras y/o gaseras

$\Sigma D_{EV}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en servicios de vigilancia, y protección en general

$\Sigma D_{EB}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en servicios bancarios

$\Sigma D_{EAP}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en alumbrado público

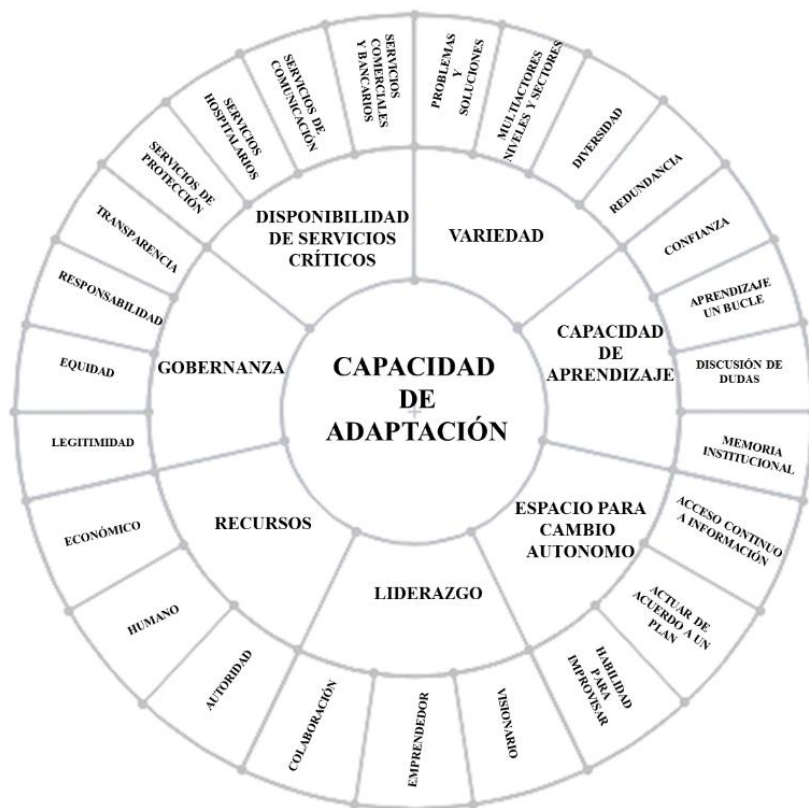
$\Sigma D_{EBAPN}$  = Demanda de energía eléctrica crítica en servicios de bombeo de agua potable y aguas negras

El análisis de la rueda de capacidades de adaptación permitió identificar su flexibilidad y apertura para la incorporación de nuevas dimensiones, teniendo siempre en cuenta, que los criterios existentes son factores clave para diagnosticar, e identificar respuestas que permitan adaptarse al cambio climático de forma más integrada, por lo cuál se decidió incorporar una nueva dimensión, denominada: **Disponibilidad de servicios críticos**. Por lo tanto, la ecuación que define la capacidad de respuesta, se muestra a continuación:

$$CR = f [H_I f(CA f(Variedad (Z_{1,1}, Z_{1,2}, Z_{1,3}, Z_{1,4}); Aprendizaje(Z_{2,1}, Z_{2,2}, Z_{2,3}, Z_{2,4}); Cambio Autonomo (Z_{3,1}, Z_{3,2}, Z_{3,3}); Liderazgo(Z_{4,1}, Z_{4,2}, Z_{4,3}); Recursos(Z_{5,1}, Z_{5,2}, Z_{5,3}, Z_{5,4}); Gobernanza(Z_{6,1}, Z_{6,2}, Z_{6,3}, Z_{6,4}); Disponibilidad(Z_{7,1}, Z_{7,2}, Z_{7,3}, Z_{7,4}, Z_{7,5}); H_T f(S_I, R_E, E_{ER})) \dots [3.5]$$

En la figura 3.3, se muestra la rueda de capacidades de adaptación modificada a 7 dimensiones.

Figura 3.3 Rueda de Capacidades de adaptación (ACW), disponibilidad de servicios críticos y escala de calificación.



Efecto Institucional en capacidad de Adaptación	Score	Scores agregados para las dimensiones y Capacidad de Adaptación
<b>Efecto positivo</b>	<b>2</b>	<b>1.01 a 2.0</b>
<b>Efecto ligeramente positivo</b>	<b>1</b>	<b>0.01 a 1</b>
<b>Sin efecto o Neutral</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Efecto ligeramente negativo</b>	<b>-1</b>	<b>-0.01 a -1</b>
<b>Efecto Negativo</b>	<b>-2</b>	<b>-1.01 a -2</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Klostermann et al (2009), León et al (2014)

Las dimensiones y criterios de la ACW, deben visualizarse como una herramienta de análisis estructural que permite auxiliar a investigadores y tomadores de decisiones en sus esfuerzos por entender, evaluar e incrementar las habilidades de las instituciones para fomentar la capacidad adaptativa de la sociedad; los resultados de la CA, se limitan a indicar que las instituciones proporcionan una mayor o menor probabilidad de permitir la adaptación, Gupta et al (2010).

El procedimiento de análisis de la ACW, consiste en 5 pasos: 1) Entendimiento claro de cada criterio y sus dimensiones; 2) Recopilación de datos para cada criterio. Desde entrevistas, observaciones, análisis de documentos políticos, leyes, dependiendo del contexto institucional que este siendo investigado; 3) Analisis de los datos, para asignar scores a cada criterio; 4) Interpretación de datos. Es decir, identificar interdependencias entre criterios y/o dimensiones,

así como explicar que debe hacerse para mejorar la capacidad de adaptación institucional; 5) Presentar y comunicar los datos.

El uso de colores, como el rojo, representa un bajo puntaje con efectos negativos y puede ser utilizado para estimular la discusión con los actores sociales, mientras que el color verde obscuro, representa altos puntajes, y efectos positivos para la capacidad de adaptación.

El uso de escalas numéricas permite fundamentar los criterios de forma agregada en las dimensiones, ya que se hace un análisis cualitativo, y facilita tener una mayor precisión sobre el análisis realizado. Para el análisis de la ACW, se llena, una tabla, como la que se muestra abajo, donde en la posición (A) se coloca la dimensión bajo estudio, y en la posición (B), el criterio de análisis respectivo. De acuerdo al procedimiento de análisis y a la interpretación de los datos, se asigna un score, el cuál depende de la escala de colores, y se coloca en (C), en seguida se justifica con argumentos la calificación otorgada (D). Finalmente, en (E) y (F), se coloca el valor total de la dimensión y su justificación concreta.

Tabla 3.2 Esquema de colores de la rueda de capacidades de adaptación

EFFECTOS	EFFECTO POSITIVO	EFFECTO LIGERAMENTE POSITIVO	SIN EFFECTO NEUTRAL	EFFECTO LIGERAMENTE NEGATIVO	EFFECTO NEGATIVO		
DIMENSIÓN	2	1	0	-1	-2	SCORE	ARGUMENTOS
<b>A</b>	La estructura institucional aumenta las capacidades adaptativas	La estructura existe, y podría pero no es (completamente) aplicada a la adaptación	(Neutral) No se esperan efectos positivos o negativos	Brechas que necesitan ser cubiertas para contrarrestar efectos negativos en la CA	La estructura Institucional obstruye la Capacidad adaptativa para la Adaptación	<b>E</b>	<b>F</b>
CRITERIOS							
<b>B</b>						<b>C</b>	<b>D</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Klostermann et al (2009)

Para la dimensión: Disponibilidad de servicios críticos, se considero el uso de fuentes fósiles para la generación de energía eléctrica, y fuentes limpias, desde la centralización, hasta la descentralización, combinandolas en orden de proveer los servicios críticos a la comunidad. La tabla siguiente, muestra la dimensión mencionada.

Tabla 3.3 Dimensión agregada de Disponibilidad de servicios críticos

DIMENSIÓN	2	1	0	-1	-2
<b>Disponibilidad de Servicios Críticos</b>	Todos los servicios críticos son procurados con medidas alternas. Existe interés y utilización de fuentes renovables. Las energías fósiles son utilizadas como medio de soporte. Las energías distribuidas cuentan con un soporte institucional sólido	Iniciativas exitosas se han iniciado para prevenir la caída de servicios críticos. Se planea la demanda crítica con energías renovables.	Algunos servicios son suministrados con fuentes alternas, pero son muy pocos. Algunas iniciativas para promover fuentes de energías alternas, pero sin cambios	No hay medidas para prevenir la caída de servicios críticos. Existen recursos pero no es importante la prevención	No existe el concepto. No hay interés en la prevención. Alta dependencia de la red central, y de fuentes fósiles para generación de energía eléctrica. reducida conciencia ecológica

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Indicadores de Capacidad de Respuesta.

En la siguiente tabla, se muestra una descripción de los indicadores utilizados para la evaluación de las capacidades de respuesta y se muestra una descripción general de los criterios y sus dimensiones.

Tabla 3.4 Indicadores de Capacidades de Respuesta

Indicador	Descripción	Ecuación	Referencias
<b>Capacidad de Adaptación</b>			
Dimensión: Variedad (-)	Implica que un sistema tenga la capacidad para prever impactos futuros sean esperados o inesperados, y utilizar estrategias de adaptación. Requiere la resistencia a la simplificación y el reduccionismo, va en contra de soluciones simplistas; pretende ayudar a los actores sociales, políticos y privados a tratar problemas complejos. Múltiples actores procedentes de diversos sectores están involucrados, en un proceso que es repetitivo. Existencia de espacios para retroalimentación de problemas y soluciones. Aprovechar experiencias locales y atender el monitoreo de eventos climáticos. Generar acciones y conciencia para identificar riesgos. Hacer diversa una cosa que era única.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	Lonsdale et al.2010; Smit et al. 2001; Grothmann et al. Nordwest 2050; Munaretto and Klostermann. 2011; Meijerink et al. 2010; Klostermann et al. 2010; Carew-Reid et al. 2011; Gupta et al.2010; Ribeiro, et al 2009 Biermann (2007); Nelson et al. (2010); Mendelsohn and Nordhaus (1999); Peer Inform; Yohe et al. (1996); Smit et al. (2000) Yohe and Tol (2002); Espon Climate, (2011)
Criterios: (Z <sub>1,1</sub> ) Problemas y soluciones (Z <sub>1,2</sub> ) Múltiples actores, niveles, sectores (Z <sub>1,3</sub> ) Diversidad (Z <sub>1,4</sub> ) Redundancia			
Dimensión: Capacidad Aprendizaje (-)	Dentro del aprendizaje social, se dan diferentes niveles de aprendizaje, aquellos que implican el cambio de habilidades, prácticas, y acciones que permiten el ajuste a metas existentes y expectativas, hasta el aprendizaje de doble bucle, que implica la retroalimentación, el uso de experiencias e información prevías, que permitan atacar de raíz los problemas. Las capacidades se estudian a nivel individual, organizacional, y social; busca entender como las instituciones son flexibles para que los actores investiguen y resuelvan problemas, uso de memoria institucional. Una institución demuestra capacidad de aprendizaje cuando motivan a los actores a: Confiar uno en otro Cuando se motiva a los actores a aprender, a cuestionar ideologías, procedimientos Considerar dudas e incertidumbres	Acción institucional realizada; Estudio de campo	
Criterios: (Z <sub>2,1</sub> ) Confianza (Z <sub>2,2</sub> ) Aprendizaje (Z <sub>2,3</sub> ) Discusión de dudas (Z <sub>2,4</sub> ) Memoria Institucional			
Dimensión: Espacio para el cambio autónomo (-)	Incluye las oportunidades para cambiar el comportamiento, ya sea durante una crisis o un desastre. Es un llamado para que las instituciones motiven a los actores sociales a anticipar posibles futuros, tomando medidas preventivas contra amenazas, mediante el acceso a la información, la innovación, actuar conforme a un plan de forma proactiva y tener capacidad para improvisar.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	
Criterios: (Z <sub>3,1</sub> ) Acceso a la Información (Z <sub>3,2</sub> ) Actuar de acuerdo a un plan (Z <sub>3,3</sub> ) Habilidad para improvisar			
Dimensión: Liderazgo (-)	Es un conductor para el cambio; ser líderes en salvaguardar los ecosistemas naturales; tener visión de un estado con Aire limpio; experimentar con nuevas tecnologías; involucrar al gobierno, municipal, universidades, empresas, y comunidades, e involucrarse en el proceso de toma de decisiones. Implica ganar experiencia en políticas climáticas; entender como motivar a líderes para reformar, colaborar, y emprender.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	
Criterios: (Z <sub>4,1</sub> ) Visionario (Z <sub>4,2</sub> ) Emprendedor (Z <sub>4,3</sub> ) Colaboración			
Dimensión: Recursos (-)	Como hacen las instituciones para obtener recursos financieros, sociales, legales y tecnológicos para hacer frente a las diversas problemáticas planteadas por el reto del cambio climático.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	
Criterios: (Z <sub>5,1</sub> ) Autoridad (Z <sub>5,2</sub> ) Tecnología (Z <sub>5,3</sub> ) Humanos (Z <sub>5,4</sub> ) Económicos			
Dimensión: Gobernanza (-)	Estabilidad Política, Voz, Transparencia, equidad y libertad Civil, existencia de leyes frente al cambio climático, motivar la conciencia sobre el uso de fuentes no contaminantes y la preservación de espacios verdes, legislación para la protección de equipo y hogares vulnerables, acciones de responsabilidad social. La transparencia puede ser particular e individual, y también social o colectiva, y debe ser capaz de proporcionar información (imparcial, general y veraz), lo cual se traduce en obligaciones constitucionales.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	
Criterios: (Z <sub>6,1</sub> ) Legitimidad (Z <sub>6,2</sub> ) Equidad (Z <sub>6,3</sub> ) Responsabilidad (Z <sub>6,4</sub> ) Transparencia			

Dimensión: Disponibilidad de servicios críticos (-)	Servicios críticos y/o de emergencia funcionales, y preparados para atender de forma continua. Contar con tecnología e infra-estructura para suministro de agua, electricidad, además de proveer seguridad, salud y mantener la estabilidad social.	Acción institucional realizada; Estudio de campo	Venema and Cisse 2004; Edison.I, SCE2013; Zachariadis and Poullikkas. 2012; Bryan S. 2011; León et al., (2013); McLellan, B. et al (2012). Spisak, J. (2012); GoSolPower
Criterios: (Z <sub>7,1</sub> ) Vigilancia (Z <sub>7,2</sub> ) S.Agua (Z <sub>7,3</sub> ) S.Comercios (Z <sub>7,4</sub> ) S.Educativos (Z <sub>7,5</sub> ) S. Hospitalarios	La cobertura de energía eléctrica en servicios prioritarios es institucional, existen medios alternativos de suministro, estos medios generan soporte social a cualquiera que lo necesite. Las comunidades son dependientes de los sistemas centralizados y descentralizados, ya que existen medidas de prevención y conciencia sobre el uso de los recursos energeticos.		
<b>Habilidades tecnológicas</b>			
Sistemas inter-dependientes	Identificar los servicios críticos interdependientes de una comunidad, cuantificar o estimar la demanda eléctrica de forma individual y global, valorar desde los inconvenientes menores hasta los muy perjudiciales, para poca o mucha gente	Estudio de campo	Trentmann, F. (2009); Kwasinsky, A.(2013); Ackerman et al. (2001); Wade; Sims, R. (2009);
Recursos energéticos locales	Identificar las fuentes de generación de energías fósiles existentes y las fuentes de generación de energías limpias existentes, particularmente las renovables (Eololéctrica, y Fotovoltaica)	Estudio de campo	Fahimi et al 2011; Wade; Bauer et al.2009; Mussal and Kuik. 2011; Collins 2012; Parajuli. R. (2010);
Evaluación económica de recursos energéticos	Elaborar un análisis técnico-económico sobre la factibilidad de cada una de las fuentes, incluyendo los sistemas de almacenamiento	Análisis económico	

Fuente: Elaboración Propia, con datos de Gupta et al (2010).

### 3.5 Capacidad de respuesta en la comunidad de estudio

Mediante una exploración de campo, se realizó una encuesta en el municipio de Alvarado, Veracruz, lo cuál permitió evaluar las habilidades institucionales existentes y la percepción social de los residentes sobre los servicios críticos y los fenómenos climáticos en la región.

#### 3.5.1 Identificación Geográfica de la región

La región de Alvarado, se localiza en 18°46' Latitud Norte, 95°46' Longitud Oeste, a 10 m sobre el nivel del mar, en la zona costera del golfo de México. Ubicada en la región del Papaloapan; limita al norte, a 60 Km, con el municipio de Boca del Río, colinda al Sur con los municipios de Acula, Tlacotalpan y Lerdo de Tejada, y al Oeste con Ignacio de la Llave. Su población es de 52,000 habitantes, de los cuales el 14% son mayores de 60 años. La mayor parte de la población subsiste del ingreso por la comercialización de pescado, de venta de comida en pequeños restaurantes, y sobresalen la gran cantidad de pequeños negocios de venta de cerveza y alcohol. Las condiciones del municipio son pobres, la inseguridad y el desempleo son altos. El FONDEN, realizó 21 declaratorias de desastre por lluvias y ciclones para la región de estudio en el periodo 1999-2011. En los últimos 5 años se han perdido 50 Km de costa debido al incremento en el nivel del mar en la región mencionada.



Figura 3.4 Mapa de la región en estudio



Fuente: Google earth

### 3.5.2 Identificación de Infraestructura crítica

**Farmacias.** Los consumos típicos de electricidad, están orientados a iluminación, refrigeración de vacunas, medicamentos, radio, televisión y carga de celulares. En el caso de vacunas, estas deben permanecer a una temperatura entre 2 a 8°C, con una vida útil de 1 año. En farmacias, constituidas como franquicias, los datos no llegan directamente al establecimiento, son concentrados en una empresa matriz, por lo cual se negó la información, sin embargo, en aquellas farmacias con dueños únicos, la información fue facilitada, además de que los dueños se manifestaron con interés por bajar los costos que pagan por la electricidad, usando fuentes alternas de energía.

**Escuelas.** Los consumos típicos están orientados a la iluminación, uso de computadoras, servicios administrativos, alarmas de protección frente a sismos, u otros peligros. Lo servicios educativos son los más abundantes.

**Clínicas.** El consumo de energía va orientado a iluminación (salas, oficinas, seguridad); equipo médico (lámparas de exploración, concentradores de oxígeno, microscopios, aparatos de succión, centrifugadoras, máquinas de rayos X, máquinas de filtración, ultrasonidos, etc); Area de comunicaciones y audiovisuales (radio, telefonía celular, televisión, video-grabadora, reproductor de dvd, computadora, impresora); refrigeración (vacunas, banco de sangre, propósitos generales); Analizador bioquímico de sangre; purificación de agua y esterilizadores, cocina, y calentamiento de agua; Equipo neo-natal (césarea), monitoreo, succión. En el caso

de Clínicas médicas, los responsables no se encontraban, para facilitar los datos de consumo eléctrico.

Figura 3.5 Servicios de salud y escolares de la región



**Gasolineras y Gaseras.** Los consumos típicos en estos establecimientos, están orientados a telemedición en tanques, unidad central de control volumétrico de combustible, impresión de comprobantes, interfase y comunicación a dispensarios, telefonía, radio, televisión, carga de celulares, sistema de iluminación y servicios administrativos. En las Gasolineras dieron datos aproximados. Dos de los servicios críticos, llaman la atención, 1) Gasolinera (número 6571), fue la única en la que se encontro planta de generación diesel de respaldo y, 2) Gasera, (se negaron a dar información de consumo eléctrico). Ambas estaciones de suministro de combustible se ubican a las orillas de la laguna, y están proximas a hogares y pequeños negocios circundantes.

Figura 3.6 Servicios para el transporte y el hogar



Existen 7 bancos en el municipio, ubicados principalmente sobre la zona centro.

Figura 3.7 Servicios financieros



### 3.5.3 Zonas Expuestas

La irregularidad geográfica del terreno, propicia que solo aquellos que viven en la orilla del río, sean los más expuestos, esto debido a que llegaron a habitar esas zonas de forma arbitraria. Los riesgos para explorar la zona son altos por la inseguridad, incluso los mismos habitantes

alertan sobre medidas de prevención para llegar a zonas habitadas ubicadas en la orilla de la laguna.

Figura 3.8 Vista aérea de Alvarado



Las zonas más expuestas a inundación son las que se encuentran en la proximidad de la Trocha, ya que la zona de Juan Soto, tiene una barrera de protección de aproximadamente 1.5 metros de alto, que protege a los habitantes.

### 3.5.4 Medidas de adaptación institucionales

En esta exploración de campo fueron entrevistadas 30 personas, de las cuales 23 fueron jóvenes y 7 adultos, quienes son los que mayores experiencias y críticas mostraron sobre el lugar. A continuación se muestran las preguntas realizadas a los residentes del lugar, y a algunas autoridades.

1. ¿Cuáles son los tipos de impacto que se esperan en la región, relacionados con el cambio climático?
2. ¿Sabe a quien acudir en caso de perdidas materiales por eventos climáticos extremos?
3. ¿Sabe cuales son sus derechos y obligaciones frente al Cambio climático?
4. ¿Conoce la palabra adaptación?
5. ¿Existen estrategias disponibles para la adaptación en el lugar?
6. ¿Cuales son las principales instituciones encargadas de asistir a los residentes en caso de un impacto climático severo?
7. ¿Existen medidas para fomentar la protección del medio ambiente?
8. ¿Saben que hacer en caso de que la marea de la laguna se incremente?
9. ¿Que tan frecuente le informan sus autoridades municipales, sobre los retos y posibles soluciones a problemas existentes en la región?
10. ¿Cuenta con alguna fuente alterna de energía para cubrir necesidades de emergencia, en caso de que los cortes de electricidad sean de más de 72 horas (más de 3 días)? Marque con una X

Planta Diesel	Celdas Solares	Energía de viento	Otra:	Ninguna:
1	0	0	0	29

11. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con el tiempo de restablecimiento del servicio eléctrico después de un corte de energía eléctrica? Marque con una X

Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Neutral	Satisfecho	Muy satisfecho
0	0	25	5	0

12. ¿Conoce su consumo de energía eléctrica en Kw? Marque con una X

<input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
--	-----------------------------

13. Cuando surge un corte repentino de energía eléctrica, usted, ¿conoce las causas? Marque con una X

<input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
--	-----------------------------

14. ¿Su compañía de servicio eléctrico, le informa con anticipación del corte eléctrico y su duración: Marque con una X

Correos Electrónicos		Mensajes cortos a celular		Mensajes por radio		Mensajes por TV		Correspondencia local		Altavoz	
<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> SI

15. Durante el último mes has padecido algún corte de energía eléctrica?

<input type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> SI
-----------------------------	--

16. En caso de que su respuesta anterior fuera SI, en que rango, coloca la duración del corte?

<input type="checkbox"/> 1 min	<input type="checkbox"/> 5 min	<input type="checkbox"/> 15 min	<input checked="" type="checkbox"/> 1 hora	<input type="checkbox"/> 4 horas	<input type="checkbox"/> 8 horas	<input type="checkbox"/> 1 día	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días	<input type="checkbox"/> 1 S	<input type="checkbox"/> 1 M	<input type="checkbox"/> +
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--	------------------------------	------------------------------	----------------------------

17. Durante un corte de energía eléctrica, causado por eventos naturales extremos, la compañía toma la iniciativa y, ¿te informa las acciones a seguir?

<input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
--	-----------------------------

18. ¿Sabe usted que hacer en caso de padecer un corte de energía eléctrica de más de 72 horas?, y que acciones tomaría?

19. En caso de que usted sea dueño o responsable de proveer algún tipo de servicio indispensable como los mencionados en la pregunta 1. ¿Nos podría indicar la lectura de su recibo? Nota: No deseamos conocer el monto en pesos del pago, sólo la lectura de consumo registrada.

<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
-----------------------------	-----------------------------

En la exploración del municipio, se identifico, que la conciencia ambiental en el lugar es reducida, fueron identificadas zonas de desfogue de aguas negras vertidas en la laguna de Alvarado, la cual confluye con el rio papaloapan y con el golfo de México, además se observaron a algunos habitantes tirando basura a la laguna.

Figura 3.9 Contaminación de laguna



Fuente: Elaboración propia. A) Fotografías tomadas el 23, y 24 de Febrero del 2015

Existen otros problemas como la iluminación pública, la falta de agua limpia, instalaciones de drenaje adecuadas, además no existen evidencias documentadas sobre las acciones para apoyar a los refugiados de otras comunidades, aunque los barcos existentes en la región apoyan a otras regiones más afectadas, sólo esta documentado en la experiencia de los habitantes con más años de antigüedad en la región. En general, se identico falta de confianza y temor para compartir la información; algunos entrevistados señalaron que los recibos los tenían perdidos. Ninguno de los entrevistados lleva un registro sobre los cortes de electricidad.

A nivel federal, México cuenta con la estrategia nacional de cambio climático, la ley general y un plan especial de cambio climático 2012, (PECC 2009-2012). Entre sus instituciones más importantes para la atención de impactos meteorológicos, son el Centro Nacional de Prevención de Desastres, Protección Civil, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2012), estos últimos actualmente se encuentran en reestructuración. A nivel estado, Veracruz cuenta con la Ley estatal de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático 2010, así como el programa veracruzano de protección civil, (2011-2016), y recientemente, el estado entregó a sus municipios, los mapas de vulnerabilidad en su nivel básico (2012), mismos que cada municipio deberá complementar con datos propios. Para el análisis de capacidades de adaptación, las instituciones anteriores y la visita de campo fueron necesarias para complementar la evaluación de capacidades de adaptación. Un resumen de los resultados del análisis de capacidades con la ACW para el municipio de Alvarado es ilustrado en la tabla 3.5. La primera columna indica, las 7 dimensiones de la capacidad de adaptación, la segunda columna los hallazgos relacionados con cada uno de los criterios de las dimensiones, y la tercera columna es el score alcanzado en la evaluación.

Tabla 3.5 Dimensiones de la rueda de capacidades de adaptación ACW

Dimensión	PARAMETROS	SCORE
Variedad -1.5	Problemas y Soluciones. Los enfoques sobre la visión, adaptación, mitigación y políticas transversales son muy generales. Resaltando la atención en resolver problemas de reducción de emisiones, que sobre la vulnerabilidad. Los problemas de las grandes mayorías no están completamente definidos: problemas como la iluminación pública, la falta de agua limpia, instalaciones de drenaje adecuadas, inseguridad pública y falta de empleos. Las soluciones para la adaptación se plantean en el largo plazo, con medidas de política correctiva en el presente. Las soluciones dependen en gran medida de apoyos financieros y tecnológicos internacionales. A nivel estatal, sólo algunos estados cuentan con su ley de Cambio Climático, y el apoyo a los problemas del estado, depende en gran medida de las propuestas y peticiones de los municipios, mismos que no cuentan con los suficientes recursos para el análisis de toda la problemática. El municipio en cuestión es afectado año con año, con inundaciones; 50 km de costa pérdida por el incremento en el nivel del mar, durante los últimos 5 años, no hay soluciones.	-1
	Multi-actores. Diferentes tipos de actores principalmente gubernamentales, la coordinación de instrumentos se da en diferentes niveles verticales, sin embargo el principal actor coordinador de acciones está en proceso de reestructuración (INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático), esto implica que las acciones se encuentran en fase inicial, de acuerdo al plan especial PECC. Así mismo la reciente creación de la ley estatal de Mitigación y Adaptación ante los efectos del Cambio Climático (2010), y en 2011, la creación de la secretaria del medio ambiente del estado de Veracruz (Unidad de Cambio Climático), indica que hay muchas acciones a coordinar.	-2
	A nivel municipal, las acciones de preparación ante riesgos se encuentran en un proceso de actualización, el gobierno estatal recién entregó el atlas municipal de riesgos nivel básico (2011) a la comunidad de Alvarado; aún no hay actualizaciones del mapa de riesgos, por lo que la certidumbre está en función de los hechos reales. Mucha burocracia desde los niveles superiores a nivel federal hasta los niveles locales. La toma de medidas de prevención civil requiere una coordinación entre el sistema estatal de protección civil y el sistema municipal de protección civil, mismo conformado por un consejo de protección civil, una dirección de protección civil, unidades de zona, y grupos de trabajo.	-1
	Diversidad. Depende de la problemática (hay más diversidad para mitigar que para adaptar), no se aprecian soluciones a nivel local en el corto horizonte. Gran diversidad de problemas, pero las acciones para su atención se encuentran en un proceso inicial, el principal enfoque está en la diversidad de energías y acciones para reducir emisiones de gases de efecto invernadero. La localidad no cuenta con diversas medidas para la adaptación, todo está en función de prevenir con unas cuantas horas de anticipación.	-2

	apoyos financieros hacia las comunidades tardan en llegar. Se menciona de forma genérica (atender vulnerabilidades), la calidad de la naturaleza en riesgo.	
Capacidad de Aprendizaje -0.75	Confianza. Al estar las principales instituciones encargadas de coordinar y orientar esfuerzos en un proceso de reestructuración, la implementación de medidas correctivas es una constante, lo cual no permite generar confianza sobre las buenas intenciones de la ley general, el plan especial, y la ley estatal de cambio climático para activar las medidas de precaución, y prevención. La falta de participación ciudadana, y mayores medidas de protección ambiental en lo local, así como la falta de soluciones en lo inmediato, ponen en riesgo la capacidad de adaptación. Se identifica falta de confianza y temor para compartir la información. No hay confianza entre las autoridades gubernamentales, por los antecedentes de endeudamiento. El último presidente municipal en la cárcel con demandas por desvío de recursos.	-1
	Aprendizaje de Bucle simple. La educación sobre el comportamiento amigable con la naturaleza se da a nivel de ley, en todos los niveles educativos, pero este proceso se encuentra en sus etapas iniciales, por lo cual no se cuenta con experiencias sobre la evaluación apropiada del aprendizaje. Se cuenta con la estrategia Nacional para la participación ciudadana en el sector ambiental, pero también se encuentra en etapa inicial. La apertura de la educación ambiental a nivel nacional está en sus inicios, desde la educación preescolar hasta el bachillerato. Hace falta más investigación a nivel local. El municipio no cuenta con participación en los programas de capacitación sobre cambio climático, con todo y que el estado los proporciona. Los encuestados identifican la palabra adaptarse, como acostumbrarse, conformarse, si bien, han escuchado el término, desconocen el contexto y la importancia de la adaptación en función del cambio climático. La conciencia ambiental en el lugar es escasa. No saben que hacer en caso de una crisis climática, su referente inmediato es auxiliarse del municipio más próximo, Boca del Río.	-2
	Discusión de dudas. El IFAI, permite el acceso a la información, y la respuesta a dudas, sin embargo, los tiempos de respuesta son muy largos, y sujetos a la disponibilidad de información. El involucramiento de autoridades gubernamentales a nivel local aún no es claro. Las Universidades son el principal foro de debate, sin embargo en el municipio no existen.	0
	Memoria institucional. Existe información disponible y dispersa. La falta de soluciones inmediatas a problemas de inundación, y la falta de tecnologías de adaptación (barreras protectoras) contra el incremento en el nivel del mar, ponen en riesgo la capacidad de adaptación. No existen evidencias documentadas sobre las acciones para apoyar a los refugiados de otras comunidades, aunque los barcos existentes en la región apoyan a otras regiones más afectadas, sólo esta en la experiencia de los habitantes con más años de antigüedad en la región.	-1
Espacio para el cambio autónomo -1.33	Acceso continuo a la información. La ley establece y promueve la comunicación y transparencia; está contemplada la formulación y la implementación de la estrategia de comunicación del plan especial, tanto en la ley general como en la ley estatal, en esta última mediante consejos regionales. Diversos medios, tv, radio e internet son utilizados para alertar a la población de riesgos de olas de calor, lluvias e inundaciones, en algunas ciudades y municipios, a nivel de localidades estas son las que más carecen del acceso a la información. El reglamento de protección civil establece que es deber de la sociedad informar a las autoridades competentes sobre riesgos para la seguridad de la población, pero no menciona las formas y tecnologías facilitadas para la comunicación e información (Vital en caso de eventos climáticos extremos)	-1
	Actuar de acuerdo al plan. Existe un plan de acción para actuar de forma correctiva, mediante los mecanismos del Sistema Nacional de Protección Civil, Cenapred (Centro Nacional de prevención de desastres), y la utilización de recursos por medio del Fonden y Fopreden. La entrega del atlas nacional de vulnerabilidad aún no ha sido difundida. El reglamento de protección civil, no aclara como su consejo abordará las medidas de prevención, y no indica como vigilar la adecuada aplicación de uso y destino de recursos asignados a la prevención, auxilio, recuperación de la población, de sus bienes y zonas de siniestro. Burocratiza más la ayuda al crear un subprograma de auxilio, que solo funciona en casos de riesgo, siniestro o desastre; así como al crear un subprograma de restauración el cuál determina las estrategias necesarias para recuperar la normalidad, una vez ocurrido el siniestro o desastre.	-1
	Habilidad para improvisar. No hay una cultura de frente a la crisis climática, la intervención política se da en forma reactiva, se generan alertas en los sitios web de las instituciones, radio y TV, los controles son planteados posteriores al desastre. La ayuda gubernamental se da de acuerdo a instrumentos creados por Protección Civil. No hay capacidad de improvisar ante problemas climáticos. Los controles son planteados posteriores al desastre; No son claros los mecanismos para salvaguardar la adecuada aplicación de uso y destino de recursos asignados a la prevención, auxilio, recuperación de la población, de sus bienes y zonas de siniestro. Existen planes de acción para actuar de forma correctiva, mediante acceso a los mecanismos del Sistema Nacional de Protección Civil, y la utilización de recursos por medio del Fonden. La falta de inversión, apoyos y prevención obstaculizan el cambio autónomo.	-2
Liderazgo -0.66	Visión. El plan especial está soportado por la visión de largo plazo. La visión está condicionada por los mecanismos de apoyo internacionales tanto financiera como tecnológicamente. Así mismo, las prioridades de acción a nivel regional y local dependen de los diagnósticos de vulnerabilidad estatales, los cuales no cuentan con los suficientes recursos para desarrollar escenarios y mapas de vulnerabilidad. Los municipios formulan, aprueban y administran los planes o programas municipales de cambio climático, brechas con la norma a nivel federal. No queda claro como, si no cuentan con recursos, y las medidas de asistencia son cubiertas desde el nivel federal. La Subsecretaría apoyará y asesorará a los municipios que lo soliciten, en la formulación, ejecución y operación de sus programas de atención al cambio climático. No es obligatorio.	-1
	Emprendedurismo. Las acciones a nivel local no son claras, la ley y el plan especial contemplan la participación social, privada y gubernamental, con rumbos a finales del 2013. La participación de	-1

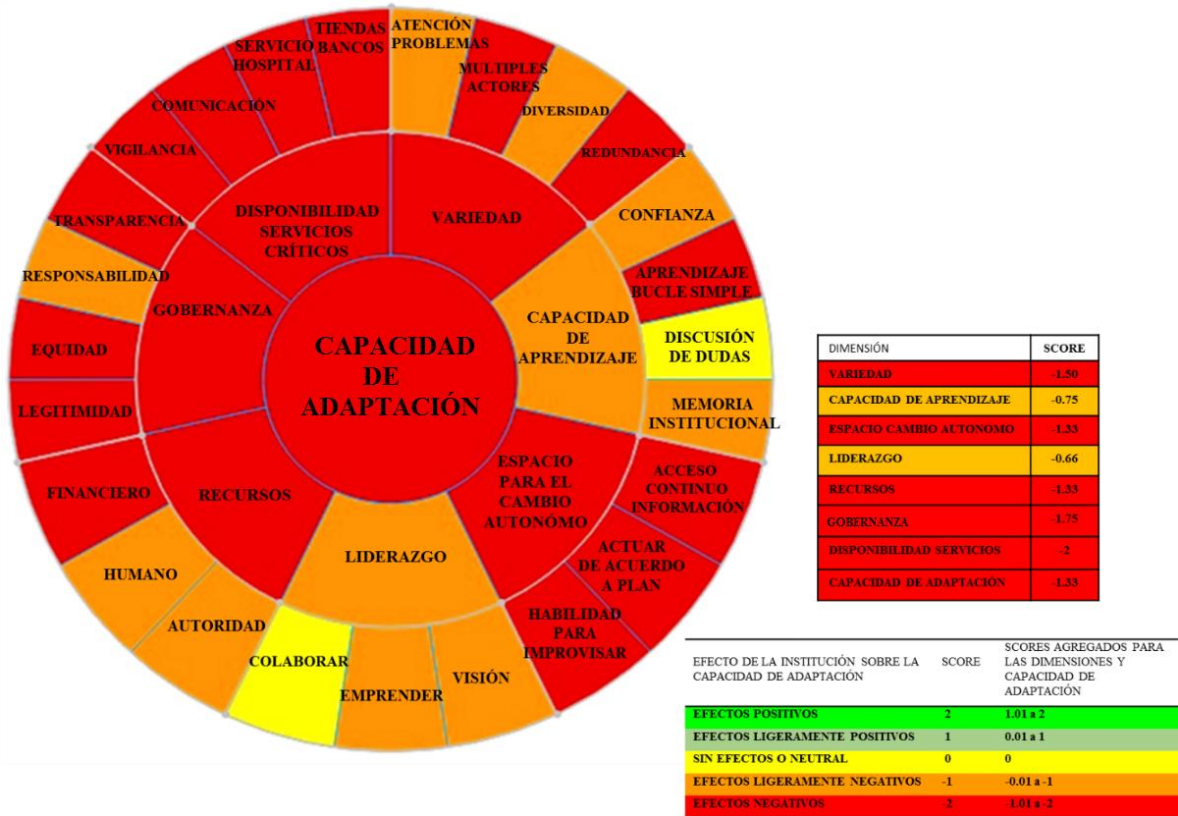
	fuentes renovables de energía en el esquema de autoabastecimiento es apoyada por el gobierno, pero no por la sociedad de las localidades afectadas. La coordinación se da solo en eventos que alteran la estabilidad del sistema. La falta de educación en temas ambientales no facilita el liderazgo local.	
	Colaboración. La coordinación, y vinculación con la sociedad se da en situaciones posteriores a la emergencia. La ley general, el plan especial y la ley estatal contra el cambio climático contemplan la participación activa de manera ordenada y activa de la sociedad civil en la mitigación y prevención de la vulnerabilidad ante eventos naturales extremos, sin embargo a nivel local no se cuenta con las experiencias y la transmisión de conocimientos a nuevos gobiernos municipales. La ley general, el plan especial y la ley estatal contemplan la participación activa de la sociedad civil. En la ley estatal es mandatorio que los habitantes del Estado deberán participar, de manera ordenada y activa, en la mitigación y prevención de la vulnerabilidad ante el cambio climático	0
Recursos -1.33	Autoridad. A nivel local, las decisiones son tomadas en coordinación con el estado, en función de la emergencia. Los representantes de protección civil son fundamentales, sin embargo la estructura local es limitada, se requiere soporte estatal y militar para la atención de emergencias	-1
	Humanos. La investigación y la educación están contemplados en la ley general y en la ley estatal del cambio climático, pero en la práctica los recursos son muy limitados. El Inifed (Instituto Nacional de Infraestructura física educativa), coordina las actividades derivadas de la Prevención, y atención de daños causados en la infraestructura física educativa, ocasionados por desastres Naturales y proporciona capacitación, consultoría y asistencia técnica. Sin embargo, no hay coordinación con los cuerpos de protección civil.	-1
	Económicos. Falta de transparencia en los recursos económicos. El uso de los recursos no es claro, no existen evidencias sobre resguardos de bienes muebles del municipio, ni de planes de desarrollo municipal, mucho menos de los ejercicios operativos anuales. No hay evidencias sobre programas anuales de adquisiciones, arrendamientos y servicios. Muchos apoyos a fines distintos a la prevención. Falta de regulación en el endeudamiento de municipios y estados. Los recursos económicos se asignan en función del daño, sea perteneciente al estado o al particular. Los municipios no tienen capacidad de respuesta en situaciones críticas. Los apoyos tardan en llegar a las comunidades locales. Medidas de adaptación son solicitadas, pero la respuesta tarda años. No se liberan recursos del fondeo para la atención de desastres naturales. Políticas de bajas tarifas eléctricas, usadas con fines electorales.	-2
Governanza -1.75	Legitimidad. Diversas injusticias relacionadas con el clima, escasez de agua, incremento en sequías, pérdida de recursos naturales, conflictos socio-ambientales. Las autoridades estatales en muchos casos no atienden las denuncias sociales. Las características del PECC son aspiracionales y de largo plazo.	-2
	Equidad. En la ley general se procura la equidad de género y la representación de las poblaciones más vulnerables, sin saber a fondo las vulnerabilidades locales. No hay una amplia participación social en la toma de decisiones, por lo que no hay un desarrollo equitativo y sustentable. No hay obligación alguna de tomar en cuenta la opinión comunitaria en la toma de decisiones (la ley no lo contempla, artículo 34 de la LGEEPA (ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente))	-2
	Responsabilidad. Los criterios para la adaptación se considerarán en el aprovechamiento de recursos naturales. Promover y realizar acciones e inversiones para la conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, atendiendo a los mapas de riesgo. Si estos no existen a nivel local, entonces no se puede promover y realizar acciones. Las responsabilidades están orientadas a la toma de decisiones en el largo plazo, la ley y el plan especial de cambio climático contemplan la revisión y el fortalecimiento del sistema de planeación para adecuarlo a horizontes temporales más allá de pocas décadas de tal modo que no se limite a medidas reactivas de corto plazo. El proceso de reestructuración para responsabilidades se reestructuro en 2013. Es una comunidad con un presupuesto superior a los 60 millones de pesos para 50,000 habitantes. Endeudamiento por servicios de aproximadamente 12 millones (energía eléctrica, más de 2 millones), Servicios médicos (imss, más de 7 millones), agua (más de 7 millones). En total las deudas alcanzan más de 28 millones de pesos, la mitad de su presupuesto y no existen responsables, lo cuál contribuye a la falta de confianza.	-1
	Rendición de cuentas. Los cortos periodos de gobierno, la cadena burocrática de mando, la falta de transparencia en el manejo de recursos, opacan la rendición de cuentas. El manejo de información está en niveles agregados y poco claros. La sociedad percibe a los gobiernos como carentes de credibilidad y honestidad. No hay evidencias sobre la promoción de rendición de cuentas y la transparencia en la gestión pública. No existen marcos legales claros para la rendición de cuentas. Proteccionismo	-2
Disponibilidad de Servicios Críticos	La infraestructura es centralizada, y la información estadística sobre el consumo de electricidad, en un nivel agregado, lo cuál no facilita la toma de decisiones para la atención proactiva ante emergencias; los sectores de consumo eléctrico elaborados por la CFE, no contemplan el consumo destinado a servicios críticos. La generación de electricidad para el uso en emergencias resultante de interrupciones en el suministro eléctrico no es considerado por la (ley de servicios públicos; Lokey, E. (2009); Ruíz-Mendoza et al. (2010)), no especifica quien debe generar la energía, no define o menciona los puntos de suministro, la cobertura, y el pago de servicios. Además, no se requieren licencias especiales para operar plantas de energía, cuando estas son utilizadas exclusivamente para uso personal en caso de emergencias. Cuando surgen cortes repentinos de electricidad, el 100% de los entrevistados desconocen las causas. El 56% de los entrevistados, señalaron que sí habían padecido un corte de energía eléctrica; El 43% asignaron la duración del corte en 1 hora, y el restante hasta en 3 días, los fines de semana. En el caso de cortes de energía eléctrica, lo único que les queda por hacer es esperar a que el suministro se reestablezca, no tienen otra opción. La comunidad es altamente dependiente del sistema centralizado y no tienen medidas de suministro energético alternativo en condiciones de emergencia. Existen medidas para la atención del suministro eléctrico en caso de interrupción, de forma general. La CFE, atiende los	-2

	problemas derivados de impactos climáticos por medio del SIRETIIH (Sistema de respuesta temprana ante el impacto de huracanes), y el SECRE (Sistema estratégico de comunicaciones) Sin embargo, no existen medidas que mantengan el suministro continuo y confiable. No se menciona el tema de la energía distribuida como prioridad.	
<b>CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN</b>		<b>-1.33</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la metodología ACW

Los resultados anteriores se muestran de forma grafica en la rueda de capacidades, los efectos institucionales sobre la capacidad de adaptación son negativos.

Figura 3.10 Rueda de capacidades de adaptación para el municipio de Alvarado, Veracruz



Fuente: Elaboración propia, con datos de Gupta (2010)

Bajas capacidades de adaptación restringen las respuestas y la adaptación eficaz, las condiciones institucionales limitan los derechos sociales a una aspiración por el bienestar. No permite a los individuos responder, hacer frente, recuperarse, y adaptarse al stress externo sobre los medios de vida. Limitada confianza institucional, bajas capacidades de aprendizaje, acceso limitado a la información, finanzas poco o nada transparentes, restringen las acciones para la gobernanza, además la falta de medidas de prevención para los servicios críticos colocan en una situación de corrección y no de prevención ante crisis climáticas.



### 3.6 Conclusiones

La interacción entre medidas de adaptación, comportamiento individual, y una estructura institucional flexible y robusta, contribuyen a contrarrestar causas y reducir consecuencias frente al cambio climático. Diversas metodologías y herramientas de evaluación para la adaptación fueron estudiadas, con la finalidad de identificar una metodología apropiada que integrará medidas de adaptación y mitigación.

Cuatro problemas se enfrentaron en esta sección, 1) Identificar, entender, seleccionar y aplicar la metodología apropiada para el análisis de adaptación; 2) Identificar, entender y seleccionar una metodología apropiada para el análisis de cortes eléctricos por causas naturales; 3) identificar, y entender una metodología integradora para ausencia de energía eléctrica y adaptación; y 4) Proponer elementos para la conjunción de metodologías existentes. En el primer caso, se hace uso de la metodología CAM, (Climate Change Adaptation and Mitigation Methodology), la cual fue desarrollada específicamente para la región Asia Pacifico, e integra un enfoque para la mitigación del cambio climático y la planeación para la adaptación. La metodología permitió entender la definición de alcances, vulnerabilidades, hasta la vinculación de la adaptación con el potencial de mitigación. La metodología AMICA, (Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach), tiene un enfoque sobre políticas ambientales diseñadas para combinar la protección del clima futuro, con medidas de adaptación a corto y mediano plazo, en niveles locales, así como mejorar la toma de decisiones coherentes y la asignación de recursos financieros. La única metodología identificada para el análisis institucional fue la ACW, (Adaptative Capacity Wheel), que por medio de indicadores y criterios valora la variedad, capacidad de aprendizaje, cambio autonomo, liderazgo, recursos, y gobernanza institucional; sin embargo, no cuenta con una dimensión que considere los aspectos críticos de la adaptación, en específico, los relacionados con los medios que soportan la vida y permiten la funcionalidad estructural de las instituciones.

En el segundo problema mencionado, se identificaron diversos trabajos que estudian el problema de cortes eléctricos por causas técnicas, y contados fueron los trabajos enfocados hacia los cortes por causas naturales, entre ellos los trabajos del profesor Kwasinsky de la Universidad de Texas en Austin, USA; el Blackout and Power Outage Tracker de Eaton, que muestra las causas e impactos a nivel estatal o regional sobre cortes eléctricos, y la vulnerabilidad de la red centralizada en Estados Unidos, y casos particulares, como los ocurridos recientemente en la ciudad de Nueva York, con el Huracán Sandy, y en México, con el Huracán Odile.

El problema de vincular medidas de adaptación y mitigación, se debe a que los impactos están en el nivel local, en función de escalas espaciales y temporales. La capacidad de adaptarse depende de factores que influyen la acción, (Adaptación proactiva), frente a la diversificación de los peligros, que implica paralizar sectores críticos, y que los daños se diversifiquen hacia los sectores domésticos y de los más vulnerables. La forma que tiene una sociedad de enfrentarse a los peligros, refleja su situación socio-cultural, económica, y características políticas.

En el tercer problema abordado, la información existente es limitada y ambigua. En la búsqueda de información se identificó el proyecto Spon-Climate de la comunidad económica Europea, donde se analiza, el ¿cómo? y, ¿hasta que grado?, el cambio climático podría impactar la competitividad y la cohesión de todas las regiones europeas; además, de la contribución política para mitigar el cambio climático y adaptarse para manejar y controlar, los cambios que no pueden evitarse. Sin embargo, la valoración de sinergías entre mitigación y adaptación es ambigua, subjetiva, y poco clara. Con base en lo analizado, fue necesario atender una problemática adicional, la de conjuntar las metodologías existentes.

Hoy día, el bienestar simplemente es dependiente del uso de tecnologías, todos los sistemas funcionan bajo el consumismo, desde la disposición de desechos, el uso de infraestructura, e incluso el estar condicionados a buscar de otros para proveernos de medios que cubran nuestras necesidades. Bajo este contexto, las localidades, deben funcionar como sistemas dinámicos capaces de evolucionar y adaptarse para subsistir a las fallas en los sistemas y ante la ausencia de resiliencia, para enfrentar las crisis. Sinergías y antagonismos son detonados, durante y después de eventos climáticos extremos. Por lo menos, los servicios interfuncionales deben mantenerse estables y continuos como una meta en común, es por ello, que se decidió incorporar en la ACW, una dimensión más, “Disponibilidad de Servicios Críticos”, relacionada por un lado, a mantener funcionales a las instituciones que proveen de medios de vida y estabilidad social, y a contar con habilidades tecnológicas, que son un determinante de la capacidad de adaptación. La dimensión agregada es un puente de unión entre capacidades y habilidades, las cuales son embebidas en la capacidad de respuesta, fundamental ante la ausencia de electricidad, este fue el último problema que se atendió para la construcción de la metodología.

En el capítulo anterior se observó que para la comunidad bajo estudio, existen niveles muy altos de vulnerabilidad. Mientras que en esta sección, los resultados del análisis de capacidad de adaptación mostraron efectos Negativos, con instituciones débiles frente al cambio en el

clima, por ello, deben generarse rutas o trayectorias de adaptación ( $A_t$ ), que promuevan una sólida capacidad de respuesta, desde la adaptación como proceso ( $A_p$ ), con la idea de hacer cambios en los patrones de desarrollo; Adaptación como estado ( $A_e$ ), la cuál se establece en función de las acciones, y si la sociedad está adaptada o no a la actual variabilidad climática; y Adaptación como estrategia ( $A_{est}$ ), que incluye tanto el concepto de intención, como el concepto de anticipación y la consideración de los problemas presentes y futuros, Magnan, A. (2010)

$$A_t = f(A_p, A_e, A_{est}) \dots (3.6)$$

Con base en los resultados aquí evaluados, las  $A_t$  presentan efectos negativos en sus tres estados, ya que los cambios en los patrones de desarrollo, no se visualiza que cambien en el corto, o mediano plazo; no se visualizan estrategias, ni formas para generar un mayor entendimiento y aprendizaje social sobre los impactos del cambio climático; y por los mismos problemas institucionales por los que atraviesa el municipio, no se identifican medidas de intención, y de anticipación, para fortalecer la resiliencia local.

En el capítulo siguiente, se aborda el problema de cuantificar los servicios críticos, la demanda eléctrica, así como los recursos energeticos renovables en la localidad, entre ellos, energía de viento, fotovoltaica, y medios para el almacenamiento. Ello implica, el análisis de cargas, la confiabilidad en las velocidades de viento existentes en la región, el tamaño apropiado de turbinas de viento, la potencia eólica disponible, la potencia eléctrica final en el eje de los rotores eólicos; las horas efectivas de sol, la potencia de los paneles solares instalados, el número de módulos fotovoltaicos requeridos; así como, el cálculo de baterías en función de la autonomía, la profundidad de carga a lo largo de un año, bajo tres comportamientos de suministro, 10, 15 y 20 días, y el número de baterías necesarias, considerando diversas capacidades (Ah). Lo cuál permitirá evaluar el impacto que tienen estos sistemas en los servicios críticos y en la reducción de vulnerabilidad.



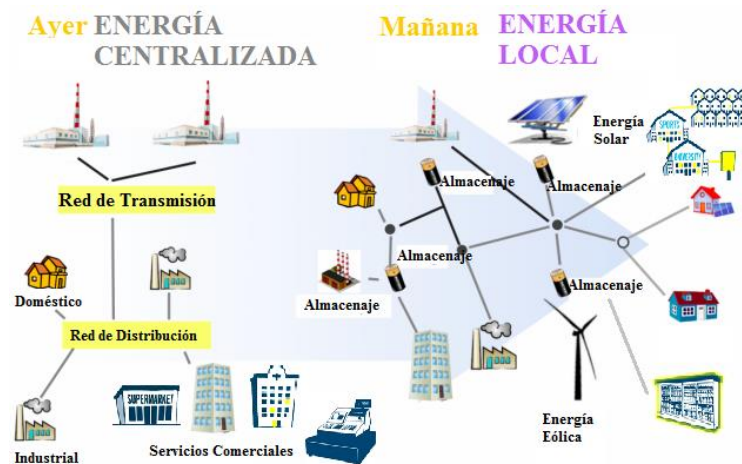
# Capítulo 4

Energías Distribuídas para  
soporte en servicios críticos

## 4.1 Introducción

El uso de fuentes distribuidas en las localidades como alternativa de generación eléctrica frente a la interrupción del servicio centralizado, fortalece la resiliencia en las comunidades afectadas por eventos climáticos. Esto permite valorar la importancia que tienen los servicios críticos y despertar conciencias sobre el uso de nuevas tecnologías para el soporte social en cualquier comunidad. El flujo de energía centralizado, es en un solo sentido, desde la red de transmisión, hasta la distribución a los sectores industriales, comerciales, y domésticos, generando, una elevada dependencia social, al no permitir la participación activa e involucramiento de los usuarios finales, quienes podrían hacer uso de los recursos renovables distribuidos de forma aislada, y además, conectarse a la red centralizada de forma complementaria.

Figura 4.1 Energía centralizada vs Energía distribuida local



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con climatetechwiki (2015), actualmente, existen más de 200 tecnologías para la mitigación, y otro tanto, para la adaptación, que permiten reducir la vulnerabilidad, las emisiones contaminantes, y promover la transferencia tecnológica, lo cual abre un abanico de oportunidades para mantener estables y continuos los servicios prioritarios. La evaluación del diseño de un sistema de generación eléctrica, es analizado en este capítulo, y comprende los usos de fuentes distribuidas como la energía fotovoltaica, y, eolo-eléctrica.

## 4.2 Resiliencia

Un sistema de energía resiliente es aquel que exhibe la capacidad de adaptación para enfrentarse (preparar, evitar, moderar), y responder, (recuperarse) a las interrupciones, reduciendo las vulnerabilidades y explotando las oportunidades beneficiosas mediante la co-evolución socio-técnica. Es caracterizada por el conocimiento, habilidades y la capacidad de

aprendizaje de grupos de interés para utilizar los recursos endógenos que permitan proveer de suministro eléctrico y dar atención a los servicios demandantes, O'Brien et al, (2010). Conceptualmente, la resiliencia no se centra en lo que falta (necesidades y vulnerabilidades), sino en lo que está presente (**recursos y capacidad de adaptación**), (O'Brien et al. 2006).

El acceso a la tecnología es un determinante de la capacidad de adaptación que incrementa el potencial de opciones disponibles para las comunidades, (Dolan and Walker.2006). Los principios para elegir soluciones de energía resiliente, que apoyen la revitalización de infraestructura, durante la recuperación de un desastre, se basan en dos aspectos principales, (1) Tipo de instalación frente a emergencias; y (2) Tecnologías de soporte en condiciones de crisis climática:

Tabla 4.1 Instalaciones y tecnologías que ofrecen resiliencia energética

Principios de selección	Evaluación
<b>Instalaciones:</b> Potegen la vida Protegen la propiedad Proporcionan estabilidad social	1)Plantas de tratamiento de agua 2)Hospitales, clínicas, farmacias 3)Colegios, universidades 4)Prisiones, policía, bomberos
<b>Tecnologías:</b> Ofrecen resiliencia energética en casos donde la red centralizada falla por clima extremo	5)Sistemas de comunicación 6) Suministro de combustible 7)Pequeños negocios 8)Iluminación pública 3)Tecnologías de energía limpia: 4)Cogeneración y celdas de combustible; 5)Microgrids

Fuente: Elaboración propia

Las energías distribuidas, están categorizadas en tres tipos: 1) Atención de sistemas individuales (hogares e iluminación); 2) Minigrids (atención de cargas productivas y hogares); 3) Atención de servicios de emergencia, figura 3.11.

Figura 4.2 Energías descentralizadas o Distribuidas frente a crisis climática



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2 Características de los sistemas de energía bajo condiciones de desastre

Factores	Características	Referencia
Robustez	Se define como la habilidad de los elementos, sistemas y otras unidades de análisis para soportar presiones o demandas sin sufrir daños, ó, pérdida de función. Es clave en la selección del diseño al menor costo y mayor beneficio, ya que está en función de la resistencia a desastres naturales. Promueve el espacio al cambio autonomo, al fomentar las habilidades para improvisar. La energía solar es aceptable frente a lluvias e inundación; La energía eólica es de riesgo en zonas donde prevalecen huracanes.	Kwasinsky (2013); González-Muzzio (2013); Christie et al. (2014); Action plan amendment number 7 (2014).
Disponibilidad	Reinicio y Suministro de energía de forma continua, despues de un desastre. Es uno de los elementos principales, en la resiliencia energetica, comprende tanto aspectos institucionales como técnicos. Este elemento funciona como puente entre las capacidades de adaptación (Availability), y el uso de tecnologías energeticas para la satisfacción de servicios indispensables, además de promover la gobernanza, al asumir responsabilidades. Una “interrupción sostenida” es definida como cualquier interrupción que al menos dura cinco minutos y no es clasificada como interrupción momentanea).	León et al., (2013); McLellan, B. et al (2012). Spisak, J. (2012); GoSolPower; Spisak (2012);
Confiabilidad e integración	Proporcionar energía de forma segura sin generar problemas adicionales; evitando caídas de tensión; blackouts; picos de tensión, (sobretensiones); ruido eléctrico. Capaz de ser apagados y reiniciados con facilidad, dependiendo de las condiciones. Promueve las capacidades de aprendizaje, al fomentar una base de conocimientos locales adecuados para la operación, la confiabilidad del equipo, promueve la confianza de los usuarios, de los grupos de interés. Promueve el trabajo colectivo de forma concensada y efectiva hacia metas comunes. También depende de aspectos culturales, sociales y la forma en como las comunidades reaccionan a la introducción de energías alternas no convencionales y que afectan el comportamiento de la gente en relación con la energía	Schneider et al., (2007). Spisak, J. (2012); Walker et al 2006; Walker and Devine-Wright, (2008); Sinclair and Loefstedt, 2001.
Capacidad local (Recursos Energéticos)	Se define como la capacidad para identificar problemas, establecer prioridades y movilizar recursos para evitar o enfrentar el daño o la disrupción; la habilidad de emplear recursos materiales y humanos para satisfacer las prioridades y cumplir metas. Disponer de información, sobre los recursos endogenos de la región, como mapas solares o datos meteorológicos sobre las condiciones climáticas del lugar, permiten hacer uso de recursos tecnologicos con energía solar o energía eólica. Identificar la existencia de estaciones de suministro de combustible y su ubicación en lugares críticos son indispensables para fortalecer la resiliencia en la localidad.	Irfan Guney and Nevzat Onat (2010); El Bassam et al (2013)
Satisfacer demanda (acceso y calidad)	Proporcionar energía funcional, en el lugar y en el momento adecuado, requiere el análisis de costos directos (Pérdida de producción, pérdida de datos, daño a productos, daño al equipo, mantenimiento, pérdida de materia prima, costos por salarios en horas no productivas) y costos indirectos (costo por pérdida de ventas, costo por productos fuera de especificaciones costos asociados con pobre reputación por falta de cumplimiento en entregas a clientes, etc.). Identificar el consumo energetico de los servicios críticos, puede ser obtenido directamente desde las compañías proveedoras de servicio, siempre y cuando exista la información, sin embargo puede ser un valor difícil de obtener, si en la localidad no existe la confianza, y el acceso a la información. Esto último es lo más común, e implica identificar en sitio, cada uno de los servicios prioritarios. Los subsidios (financiamiento al consumo de opciones tecnológicas de bajo costo), las politicas y practicas empresariales, pueden ayudar a los consumidores fuera de red (off-grid) a pagar los costos iniciales del acceso a nuevas tecnologías descentralizadas.	Sunipod; Irfan Guney and Nevzat Onat (2010); Christie et al., 2014; Spisak, J. (2012); GoSolPower; Ackermann (2001)

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Energías renovables descentralizadas o distribuídas

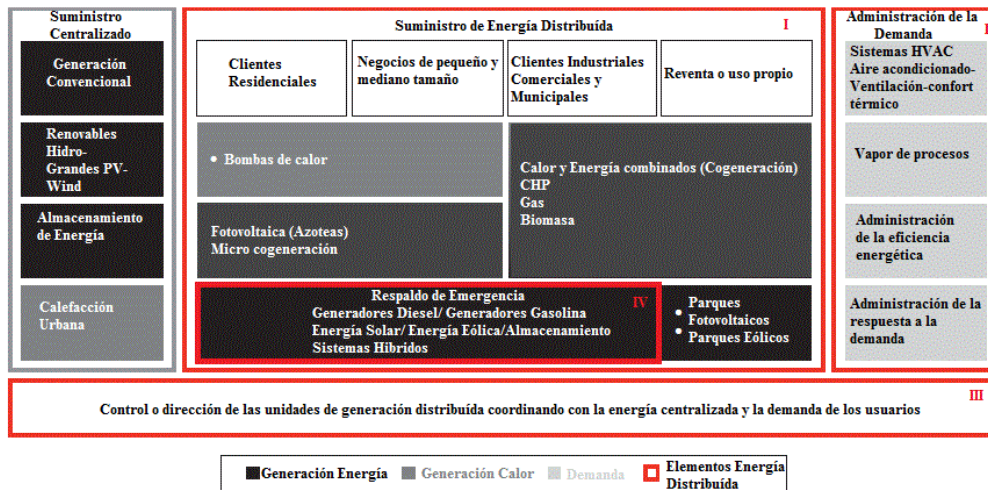
No existe una definición formalmente aceptada, para la generación distribuída, depende del sitio en donde es generada. Múltiples términos existen, desde, energía distribuída, microgeneración, energía ininterrumpida (UPS), de respaldo, microredes, recursos distribuidos. Ackerman et al (2001), definen a la generación distribuída cómo aquellos medios conectados directamente a la red de distribución, y, estan en función de: 1) Propósito al que son destinadas, 2) Ubicación, y, 3) Tipos de tecnología. Es usada para mejorar las operaciones de los sistemas de suministro de energía en o cerca de los usuarios finales. Estos sistemas pueden o no, estar conectados a la red eléctrica centralizada, El Bassam et al (2013).



El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), define generación distribuída, cómo: instalaciones de generación eléctrica, conectadas a una área denominada EPS (Electrical power system) en puntos de acoplamiento común y mediante subconjuntos de recursos distribuídos. El área EPS son las instalaciones que suministran energía eléctrica a la carga, (incluye unidades de generación) que sirven a los EPS´s locales. Los recursos distribuídos, son los recursos eléctricos que no están directamente conectados al sistema de transmisión de mayor potencia y donde la generación distribuída incluye generación y tecnologías de almacenamiento de energía. La Alianza mundial para la energía descentralizada WADE, (World Alliance for Decentralized Energy), indica que las energías descentralizadas son aquellas que permiten la electricidad **en o cerca del punto de uso**, independientemente de su tamaño, tecnología o combustible utilizado, tanto fuera como dentro de la red, esto incluye, Energía renovable en sitio, cogeneración de alta eficiencia, reciclaje energético industrial y generación en sitio.

La energía distribuída incluye 4 áreas de oportunidad: I) Ayudar a los usuarios a generar energía; II) Administrar su demanda; III) Balancear el suministro de energía y la demanda a través de la red; y IV) Apoyar el suministro de electricidad en servicios críticos.

Figura 4.3 Areas de la Energía Distribuída



Fuente: Elaboración propia con adaptación de Hannes and Abbott (2013).

#### 4.4 Perfiles de carga de servicios críticos

Después de una búsqueda en la CFE, y en el Inegi, se identificó la ausencia de información sobre el consumo eléctrico municipal, por lo cual se realizó la solicitud de información **IFAI-1816400141613** (7/07/2013-9/09/2013). Los datos corresponden al 2013, en 5 sectores de consumo, categorizados por volumen de ventas y usuarios.

Tabla 4.3 Perfil de carga eléctrica del municipio

Volumen Ventas MWh (Megawatts-hora)										
Año 2013	Sector Residencial		Sector Industrial y de servicios		Sector Alumbrado Público		Bombeo de Agua Potable y Negra		Sector Agrícola	
<b>56,661</b>	37,330	66.6%	15,582	27.5%	2,076	3.6%	1,542	2.72%	131	0.23%
Usuarios										
<b>20,013</b>	18,026	90.07%	1,900	9.49%	70	0.34%	11	0.054 %	6	0.03%

Fuente: Elaboración propia con datos de IFAI y CFE

Entre los principales servicios críticos identificados, se hallaron los siguientes:

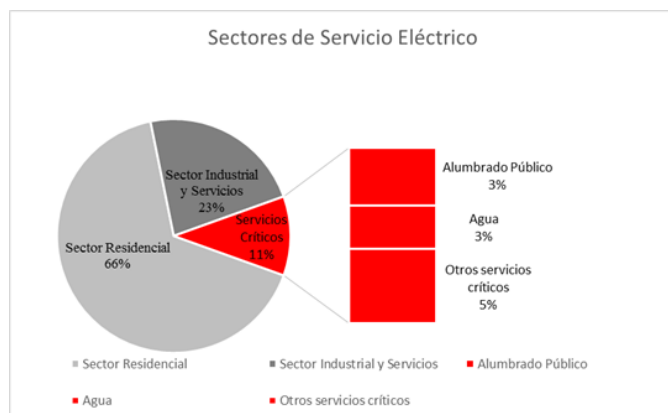
Tabla 4.4 Consumo estimado de electricidad en servicios críticos

Descripción	Cantidad	Consumo eléctrico estimado [MW-h/año]	[%] consumo Total de electricidad
Bombeo de Agua <sup>1</sup>	S/D <sup>2</sup>	<b>1542 MWh/año</b>	2.72 %
Alumbrado Público <sup>1</sup>	S/D <sup>2</sup>	<b>2076 MWh/año</b>	3.6 %
Farmacias <sup>1</sup>	10	1200 KWh/mes*12 mes/año=14,400 KWh/año=14.4 MW 14.4MW*10 unidades= <b>144 MWh/año</b>	0.25 %
Gasolineras <sup>1</sup>	5	1000 kwh/mes*12 mes/año=12,000 kWh/año 12 MWh*5 unidades= <b>60 MWh/año</b>	0.11 %
Escuelas <sup>1</sup>	163	<b>1073.84 MWh/año</b>	2 %
Servicios de Salud <sup>3</sup>	11	<b>1320 Mwh/año</b>	2.32 %
Gaseras	1	No Disponible	
Vigilancia <sup>2</sup>	1	No Disponible	
Bancos <sup>3</sup>	7	No Disponible	
<b>TOTAL</b>		<b>6215.84</b>	<b>11 %</b>

<sup>1</sup>Consumos promedio; <sup>2</sup>S/D sin datos; <sup>3</sup>Estimación de datos

Algunos servicios críticos, no fueron asequibles durante el estudio de campo.

Figura 4.4 Consumo de Energía por sectores



Fuente: Elaboración propia

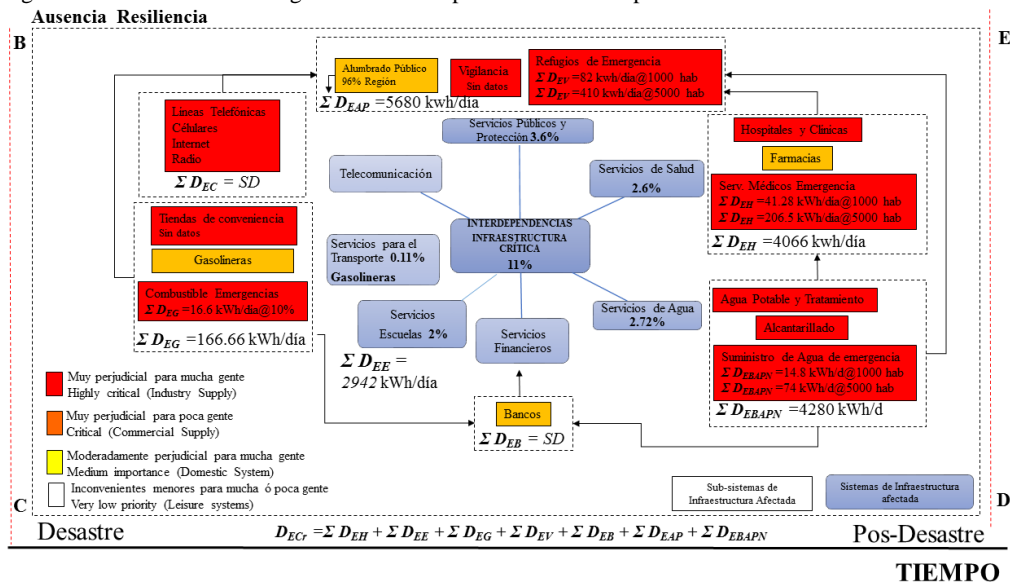
#### 4.5 Diagrama de Interdependencias (IFI's)

Diferentes análisis son utilizados para cuantificar los costos económicos y los impactos de las interrupciones eléctricas: 1) análisis de apagones históricos, capítulo 1, anexo A; 2) Valor de carga perdida, capítulo 2; 3) encuestas de campo. Estos últimos, permiten elaborar diagnósticos sobre los servicios críticos locales, y, sus interrelaciones. En la zona de ausencia de resiliencia de la figura 1.27, se ubican las interdependencias de infraestructura crítica, (IFI's,

Infraestructure Failure Interdependence), definidos cómo: la relación bidireccional entre dos ó más infraestructuras mediante las cuales el estado de cada infraestructura influye o está correlacionada al estado de la otra, es decir, se generan efectos secundarios (spill overs) sobre otras infraestructuras. A menudo suele llamarsele **interacción de líneas de vida**, (Rinaldi et al., 2001; Trentmann. 2009). Los IFI's, permiten además estimar 1) los impactos económicos directos, debido a pérdida de producción, costos por el arranque de operaciones, daño en equipo, deterioro de materia prima; 2) Impactos económicos indirectos, debido a costos de ingresos pospuestos, costos financieros de pérdida en mercados; y, 3) Impactos sociales, debido a temperaturas incómodas en los hogares, el trabajo, la pérdida de tiempo libre, y los riesgos para la salud y la seguridad.

El siguiente IFI, se obtuvo, con base en la información existente en la localidad.

Figura 4.5 Estimación del Diagrama de Interdependencias. Participación de Sectores Críticos



Fuente: Elaboración propia con datos de Rinaldi et al., 2001; encuesta de campo, y diversas fuentes en internet.

Utilizando el siguiente procedimiento: Análisis por sectores; Estimación de consumos eléctricos, anuales, y diarios; Elaboración de gráfica de consumo eléctrico; Asignación de la demanda mínima para suministro de electricidad; Estimación de costos por apagón.

### Servicios de agua

a) Consumo eléctrico. Se mantienen constantes durante el día; las cargas estimadas son de 200 kWh, mientras que en las noches, el consumo cae a 126 kWh. En la figura 4.6, se muestra un consumo normal, durante 5 días, al inicio del día 6, se da la interrupción del suministro de forma inesperada, durante 10 días, equivalentes a 240 horas.

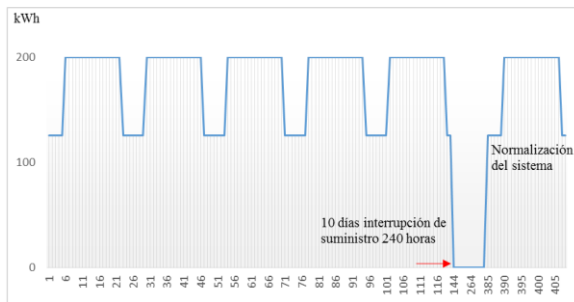
Tabla 4.5 Consumo de electricidad diario asignado al agua

Consumo Total	Mayor consumo		Menor consumo		Consumo mayor demanda		Consumo menor demanda	
	17 hrs	79.4%	7 hrs	20.6%	3400 kWh-día	200 kWh	880 kWh-día	126 kWh

Fuente: Elaboración propia. Datos estimados

b) Grafica del consumo eléctrico. El consumo por hora es de 200 kW, que se mantiene constante durante 17 horas. Durante 10 días de corte, dejan de suministrarse 42,800 kWh, en 15 días 64,200 kWh, y en 20 días, 85,600 kWh.

Figura 4.6 Suministro de electricidad para utilización de agua



Fuente: Elaboración propia

c) Demanda mínima para suministro. El consumo de agua diario por persona indispensable para sobrevivir, en condiciones críticas será asignado en 40 litros/persona (0.040 m<sup>3</sup>/persona/día), esto incluye agua para beber, higiene personal, lavado de manos e inodoros. La energía necesaria para producir 1 m<sup>3</sup> de agua es: a\*) 0.37 kWh/m<sup>3</sup> si la fuente es un río; b\*\*) 0.745 kWh/m<sup>3</sup> si la fuente son aguas residuales tratadas; y c\*\*\*) 1.75 kWh/m<sup>3</sup> si la fuente son aguas residuales reutilizadas, WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). La ecuación siguiente permite estimar los litros de agua necesarios al día:

$$\text{Necesidad de agua} = (\text{Consumo agua por persona}) * (\# \text{ de personas afectadas})$$

Tabla 4.6 Demanda de electricidad para suministrar agua

Población Afectada %	Población afectada (Hab)	Demanda agua (m <sup>3</sup> /día)	Electricidad necesaria (kwh/día)			Electricidad necesaria 10 días (kwh)		
			a*	b**	c***	a*	b**	c***
100%	50,000	2000	740.0	1,490	3,500	7,400	14,900	35,000
50%	25,000	1000	370.0	745.0	1,750	3,700	7,450	17,500
10%	5,000	200	<b>74.0</b>	149.0	350	<b>740</b>	1490	3500
2%	1000	40	14.8	29.8	70	148	298	700

Fuente: Elaboración propia con datos de WBCSD

d) Estimación de costos por apagón eléctrico. Estimando los costos de una botella de agua de 2 Litros, en \$20.0 c/u, una familia de 5 integrantes podría gastar desde \$100/día, hasta \$1000, en caso de que el corte dure 10 días. La tabla 4.7, muestra los costos totales, con base en la población afectada, y la pérdida porcentual respecto al PIB\*.

Tabla 4.7 Costos por agua

Afectados (Hab)	\$/día	\$/10 días	\$/15 días	\$/20 días	Pérdida PIB @15 días	Pérdida PIB @20 días
1000	20,000	200,000	300,000	400,000	0.05%	0.067
5000	100,000	1,000,000	1,500,000	2,000,000	0.25%	0.33%
25000	500,000	5,000,000	7,500,000	10,000,000	1.25%	1.67%
50000	1,000,000	10,000,000	15,000,000	20,000,000	2.51%	3.35%

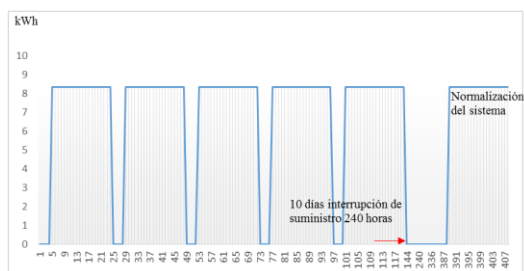
Fuente: Elaboración propia. PIB Alvarado, Veracruz: \$596,866 miles de pesos

### Servicios para el transporte

a) Consumo eléctrico. En la localidad existen 5 gasolineras, el consumo de cada una, es de 1000 kWh/mes, ó, 33.3 kWh/día; en conjunto, consumen, 166.66 kWh/día, con 60 Mwh/año, equivalente al 0.11% del consumo de electricidad anual, en la localidad. En total, se estima que la demanda por combustibles para las 5 estaciones de carga es de, 105,000 litros/día.

b) Comportamiento diario estimado. Los consumos para gasolinas y Diesel, son constantes durante el día (20 horas), de 166.66 kWh/día. En 10 días de corte, dejan de suministrarse 1660 kWh, en 15 días 2500 kWh, y en 20 días, 3333 kWh.

Figura 4.7 Suministro de electricidad para abastecimiento de combustibles (gasolinas)



c) Demanda mínima para suministro. El suministro es recortado en un 90%, por lo que cada gasolinera solo tiene capacidad para entregar 2100 litros/día

Tabla 4.8 Demanda de electricidad para suministrar combustibles

Suministro de combustible	Demanda combustibles Litros/día	Electricidad necesaria l(Kwh)			
		1 día	10 días	15 días	20 días
100%	105,000	166.5	1666	2497.5	3333.33
50%	52,500	83.250	832.500	1248.750	1,665.000
10%	10,500	<b>16.650</b>	166.500	249.75	333.000

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos con los responsables de las estaciones de combustible

d) Estimación de costos por apagón eléctrico. La pérdida de ganancias para cada gasolinera, por 10 días de interrupción de electricidad, podría ascender hasta \$215,000. El acumulado de las 5 unidades sería de \$1, 075, 000. En la tabla 1.7, puede verse que, el precio de 1 litro de gasolina, puede llegar hasta los \$35.0, 2.6 veces más su precio normal. Durante 10 días de corte, dejan de suministrarse 1666 kWh, en 15 días 2499 kWh, y en 20 días, 3332 kWh. La pérdida porcentual por 15 y 20 días de interrupción, va desde 0.72% hasta 1% del PIB

municipal, en ganancias; los ingresos que deja de recibir Pemex, van desde \$1, 337,150 por día, hasta \$26, 743,000 por 20 días, sin suministro para las 5 gasolineras del lugar.

Tabla 4.9 Precios de combustibles e ingresos por cada gasolinera

Tipo	Compra \$ (A)	Venta (B)	Ventas día Prom Litros (C)	Ingresos \$/día (BxC)	Ingresos Pemex \$/día (AxC)	Ganancia \$/Litro (D)	Ganancia \$/día (CxD=E)	Ganancia \$/hora (E/24)	Ganancia \$ @ 10 d (E x 10)
Magna	12.57	13.57	15,000	203,550	188,550	1	15,000	625	150,000
Premium	12.88	14.38	1,000	14,380	12,880	1.5	1500	62.5	15,000
Diesel	13.20	14.20	5,000	71,000	66,000	1	5000	208.33	50,000
Total			21,000	288,930	267,430		21500	895.83	215,000

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos con los responsables de las estaciones de combustible

### Servicios de alumbrado público

a) Consumo eléctrico. Está destinado al uso nocturno, en parques, avenidas, calles, entre otros, de 7:00 pm, a 7:00 am, de forma constante, la carga estimada es de 5.68 Mwh/día. Lo anterior equivale al 3.6% del total de consumo eléctrico anual. El consumo por hora es de 284 Kw.

b) Comportamiento diario estimado. En la figura 4.8, se muestra un consumo normal, durante 5 días, al inicio del día 6, se da la interrupción del suministro de forma inesperada, durante 10 días, equivalentes a 240 horas. En 10 días de corte, dejan de suministrarse 56.8 MWh, en 15 días 85.31 MWh, y en 20 días, 113.6 MWh.

c) Demanda mínima para suministro. Uno de los servicios que más electricidad demandan son los de iluminación pública, en muchos de los impactos por desastres naturales, se procede al toque de queda, y la recomendación a no salir de noche. Ante la ausencia de autoridades, se forman brigadas de vigilancia, con los grupos de interés. En condiciones críticas el suministro es recortado al 90%, tabla 4.10.

Figura 4.8 Suministro de electricidad en alumbrado público

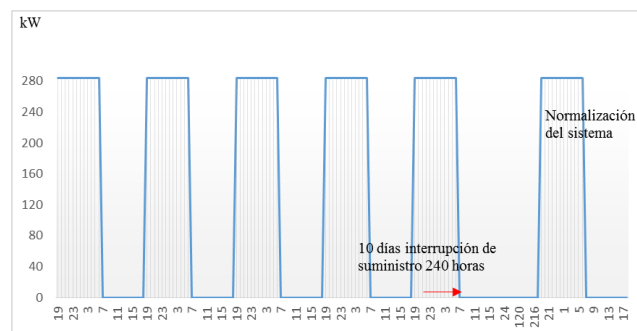


Tabla 4.10 Demanda de electricidad para suministro de servicios de iluminación pública

Suministro de electricidad	Electricidad necesaria			
	1 día	10 días	15 días	20 días
10%	568 kWh/día	5680 kWh	8520 kWh	11360 kWh
50%	2.84 Mwh/día	28.4 Mwh	42.6 Mwh	56.8 Mwh

Fuente: Elaboración propia

d) Estimación de costos por apagón eléctrico. Los impactos por falta de iluminación pública son diversos. Su ausencia promueve el vandalismo, desde la pérdida de bienes materiales por asaltos a domicilios, negocios, oficinas, centros comerciales, daños y robo de vehículos, incremento en el tráfico, por ausencia de señalamientos, hasta robo a bancos y cajeros automáticos. Los costos son variables y dependientes de cada condición y registro.

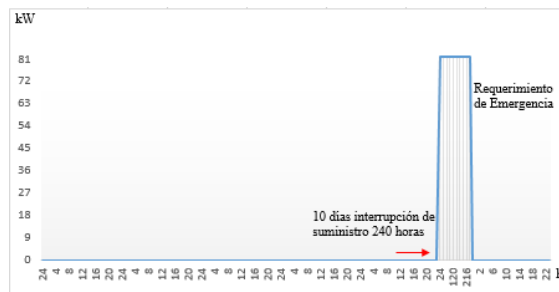
### Servicios en refugios de emergencias

Regularmente ante un desastre, la protección en casa, en la oficina, en un establecimiento comercial o en un refugio de emergencia son los sitios más comunes para el resguardo, estos últimos coordinados por un grupo de ayuda y las autoridades municipales. Dada la complejidad de las necesidades, y tamaño de los posibles albergues temporales, los cuales pueden ser escuelas, iglesias, estadios deportivos, etc.

a) Consumo eléctrico. Las condiciones de confort se reducen al mínimo. Es considerado un refugio para 5000 personas, con iluminación por 5 horas, 5 tv's, 5 radios, 5 refrigeradores, y 5 máquinas de oxígeno. La carga estimada es de 82 kw/día.

b) Comportamiento diario estimado. Son considerados para temporadas de uso desde 1 día hasta 10 días. No existe consumo durante los días previos a la crisis, al inicio del día 6, se genera la interrupción, durante 10 días, equivalentes a 240 horas. En este lapso de tiempo deben suministrarse de forma adicional, desde 819 kwh hasta 1637 kwh, en caso de 20 días.

Figura 4.9 Suministro de electricidad para un pequeño refugio de emergencia



c) Demanda mínima para suministro.

Tabla 4.11 Demanda mínima de electricidad para suministro de servicios en un refugio de emergencia

Consumos eléctricos 1000 afectados @ 1 refugio					Consumos eléctricos 5000 afectados @ 5 refugio				
Equipo	1 d	10 d	15 d	20 d	Equipo	1 d	10 d	15 d	20 d
Iluminación	50000	500000	750000	1000000	Iluminación	250000	2500000	3750000	5000000
TV	500	5000	7500	10000	TV	2500	25000	37500	50000
Radios	375	3750	5625	7500	Radios	1875	18750	28125	37500
Maq Oxígeno	7000	70000	105000	140000	Maq Oxígeno	35000	350000	525000	700000
Refrigeración	24000	240000	360000	480000	Refrigeración	120000	1200000	1800000	2400000
Total [kW-h]	81.87	818.75	1228.13	1637.5	Total [kW-h]	409.38	4093.75	6140.63	8187.5

d) Estimación de costos por apagón eléctrico. Los impactos son amortiguados por las contribuciones sociales, como donación de despensas, agua, alimentos, etc., sin embargo, los costos logísticos son absorbidos por el gobierno estatal, federal, y las asignaciones económicas destinadas por el Fonden, dependiendo del tipo de declaratoria. Además de los sueldos caídos por pérdida de empleos.

### Servicios de salud

a) Consumo eléctrico. Dada la gran diversidad de servicios que puede ofrecer una pequeña clínica, hasta un hospital, solo algunos de los servicios se mencionan en la tabla 4.12, además, no existen datos suficientes sobre los consumos en clínicas y hospitales. El consumo eléctrico puede ser desde 41.28 kWh/día hasta 825 kWh para 20 días de interrupción, bajo consideraciones de recursos muy limitados.

b) Demanda mínima para suministro. Algunos servicios como el de bancos de sangre, o analizadores bioquímicos de sangre, se utilizan en hospitales de tamaño considerable, en este caso, son tomados en cuenta, debido a condiciones de crisis, y a un latente riesgo de adquirir enfermedades.

Tabla 4.12 Demanda mínima de electricidad para suministro de servicios en una clínica hospitalaria

Dispositivos	Cantidad	Energía [w]	Horas de uso	[kWh/día]	10 d [kWh]	15 d [kWh]	20 d [kWh]
Refrigerador de banco de sangre	1	100	24	2.4	24	36	48
Analizador bioquímico de sangre	1	120	3	0.36	3.6	5.4	7.2
Refrigerador de vacunas	4	200	16	12.8	128	192	256
Monitor de computadora	1	120	8	0.96	9.6	14.4	19.2
Computadora	4	150	8	4.8	48	72	96
Lampara de exploración	5	20	8	0.8	8	12	16
Computadora portátil	4	100	8	3.2	32	48	64
Luces en mesa de operaciones	5	100	4	2	20	30	40
Cargador de teléfono	4	20	4	0.32	3.2	4.8	6.4
Radio	4	60	16	3.84	38.4	57.6	76.8
Ventilación	1	300	10	3	30	45	60
Bomba de agua	1	400	2	0.8	8	12	16
congelador	1	200	6	1.2	12	18	24
Farmacias	1	200	24	4.8	48	72	96
Carga total				41.28	412.8	619.2	825.6

d) Estimación de costos por apagón eléctrico. No se tienen cuantificados los costos derivados por falta de atención hospitalaria, debido a que dependen de cada paciente, su estado de salud, edad, y condiciones de enfermedad, factores como paludismo, cólera, irritación de ojos, enfermedades estomacales, etc, contribuyen a incrementar los costos.



#### 4.6 Resumen de Consumos críticos y Escenarios

El Volumen de ventas (Mwh), del sector Industrial es desagregado, en críticos y no críticos. Ajustando los volúmenes de este sector, de 27.5% a 23%, para servicios no críticos, mientras que, el 4.5% es asignado a servicios ininterrumpibles. Son incorporados a la categoría de críticos, el alumbrado público, 3.6% y el bombeo de agua, 2.72%, resultando un total acumulado del 11%, figura 4.4. En la tabla 4.13, la población vulnerable equivale a 18,500 habitantes; el voll, equivale a (\$31.4/kwh); el CPH, es de, \$159,200/hora; el consumo es mayoritariamente doméstico. Las ventas anuales, son del orden de \$ 97, 755, 000, equivalentes al 16.37% del PIB municipal.

Tabla 4.13 Datos relevantes del municipio

Población Total Habitantes	Habitantes edad Vulnerable	Usuarios de electricidad	Ventas de electricidad (miles de pesos)						CPH miles de pesos/hra	VOLL \$/kwh
			Total	Doméstico	Alumbrado Público	Bombeo Agua	Agrícola	Industrial		
51955	37%	20,013	97,755	50,803	5325	2629	298	38,701	159.2	31.4

Fuente: elaboración propia

Se plantean 2 escenarios para la población afectada, 10% y 20% de los habitantes totales, ver tabla 4.14.

Tabla 4.14 Escenarios de consumos críticos

1° Escenario				
Suministro de Agua		Demanda mínima Agua [m³/día]	Demanda mínima [kwh/d]	Carga L <sub>CA</sub> [Ah/d]
Población	10%	200	74	3670
Suministro Gasolinas		[Litros/día]	[kwh/d]	[Ah/d]
Suministro	10%	10,500	16.65	843
Alumbrado Público		Iluminación	[kwh/d]	[Ah/d]
Cobertura	10%	Sectores Prioritarios	568	28,167
Refugios Emergencia		Población vulnerable	[kwh/d]	[Ah/d]
Población	10%	Confort mínimo	410	20,332
Clínicas médicas		Sector Médico	[kwh/d]	[Ah/d]
Cobertura	10%	Urgencias*	206.5	10,240
		TOTAL	1275.15	
2° Escenario				
Suministro de Agua		Demanda mín Agua [m³/día]	Demanda mín [kwh/d]	Carga CA L <sub>CA</sub> [Ah/d]
Población	20%	400	148	7,340
Suministro Gasolinas		[Litros/día]	[kwh/d]	[Ah/d]
Suministro	20%	21,000	34	1,686
Alumbrado Público		Iluminación	[kwh/d]	[Ah/d]
Cobertura	0%	Sectores Prioritarios	0	0
Refugios Emergencia		Población vulnerable	[kwh/d]	[Ah/d]
Población	20%	Confort mínimo	820	40,660
Clínicas médicas		Sector Médico	[kwh/d]	[Ah/d]
Cobertura	20%	Urgencias	413	20,480
		TOTAL	1415	

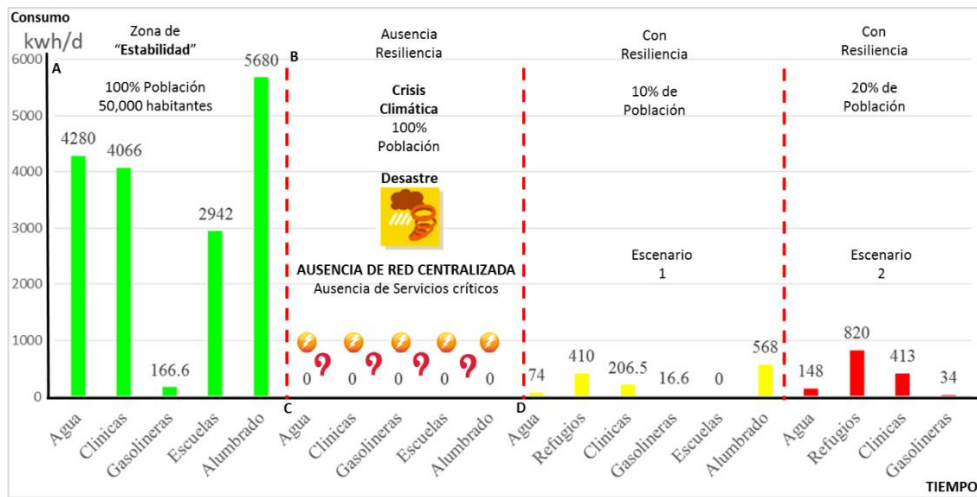
Fuente: Elaboración propia. \* Se consideran los requerimientos básicos y mínimos por unidad médica, con (41.28Kwh/d)\*3

El servicio crítico de máxima prioridad por falta de medidas de adaptación es el agua para beber, higiene personal, y para necesidades médicas; Igualmente, en rango de importancia, están los refugios de emergencia. Las necesidades básicas sólo cubren a un 10% y 20% de la

población total. Las gasolineras reducen el suministro, y sólo despachan al 10%, y 20% de su capacidad normal. Los servicios de alumbrado público son contemplados para un suministro de iluminación del 10% y 0%. Los requerimientos en clínicas son los mínimos, y se establecen 5 unidades para la cobertura a 5000 personas.

Los escenarios mostrados se comportarán bajo 3 tipos de autonomía, 10, 15 y 20 días continuos. En la figura 4.10 se muestra el comparativo entre zona estable, resiliencia cero, y los escenarios de atención 1 y 2.

Figura 4.10 Escenarios de consumo de electricidad, con y sin medidas resilientes



Fuente: Elaboración propia

En caso de un corte masivo en la región, 26 días son suficientes para perder los ingresos equivalentes a las ventas de electricidad de todo un año, con sus respectivos impactos en la producción, el ingreso local, la salud, y educación, los cuales se verían seriamente afectados.

Figura 4.11 Costos por hora



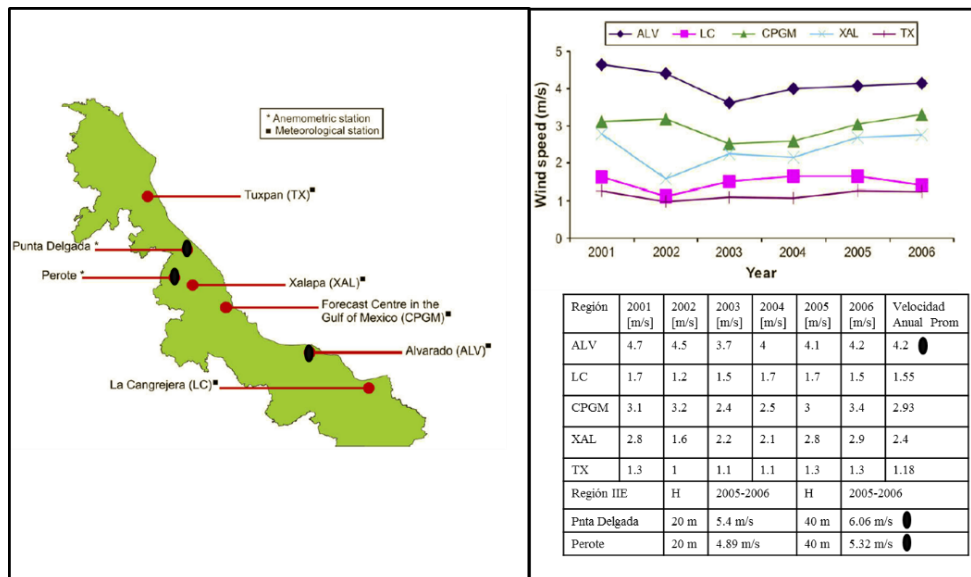
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes secciones se muestra la utilización de recursos renovables en la localidad.

## 4.7 Energía Eólica

En Cancino-Solorzano et al., (2009 y 2010) se identificaron estudios para la evaluación del potencial eólico, para el periodo 2001-2006. Los datos extraídos provienen de las regiones de: Alvarado, Centro de Previsión del Golfo de México, Xalapa, la Cangujeira, Tuxpan, Perote, y Punta Delgada. También en, Hernandez-Escobedo et al. (2012), se analiza la información de estaciones anemométricas de diferentes organismos con datos cada 10 minutos a 50 metros de altura, de los años 2008 y 2009. Los datos extraídos provienen de las regiones de: Acayucan, Alvarado, Ixtahuaco, Cd.Alemán, Coatzacoalcos, Córdoba, Gutierrez Zamora, Jalapa, La tapatía, Ozuhamá, Paso del Macho, La Cangujeira, Tuxpan, y Ursulo Galvan; ver figura siguiente.

Figura 4.12 Estaciones Meteorológicas, anemometricas y velocidades de viento promedio anuales 2001-2006



Fuente: Cancino-Solorzano et al. (2009)

### Velocidades de Viento a diferentes alturas

Las velocidades se incrementan con el aumento de altura, esto permite determinar la producción de energía factible en los aerogeneradores utilizados, dependiendo de necesidades y costos. La expresión comúnmente utilizada en la literatura es la siguiente:

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^\alpha \dots [4.1]$$

$V$ = Velocidad de Viento a la altura  $h$  que va a ser calculada (desde 10 hasta 200 m)

$V_0$ =Velocidad de viento (4.2 m/s) a la altura de referencia  $h_0$  (en este caso 10 m)

$\alpha$ =Parámetro relacionado a la rugosidad superficial (0.14)

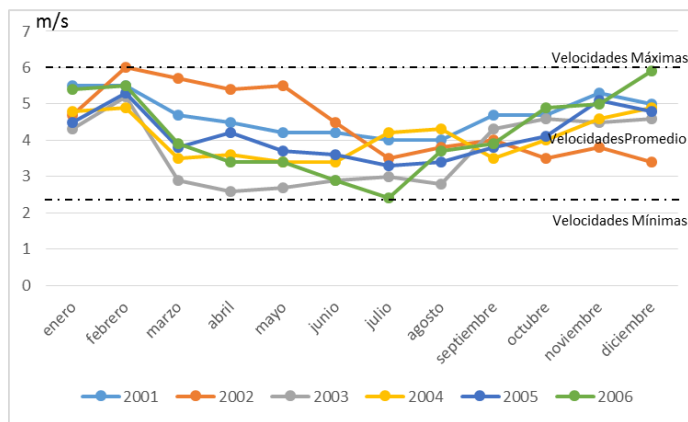
Tabla 4.15 Velocidades de viento a diferentes alturas

Altura h [m]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
V [m/s]	4.2	4.6	4.9	5	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6	6.3

Fuente: Datos aproximados con información de Cancino-Solorzano et al (2009)

Las mayores velocidades registradas en 6 m/s, son del mes de feb (2002), y Dic (2006), fig 4.13. Una de las características más importantes en el análisis de velocidad de viento, es la diferencia de velocidades en el periodo de 24 horas. Durante el día, la velocidad se incrementa, obteniendo las velocidades promedio de viento de hasta 5.57 m/s entre las 8:00 am y las 15:00 hrs; durante la noche decrece la velocidad, figura 4.15.

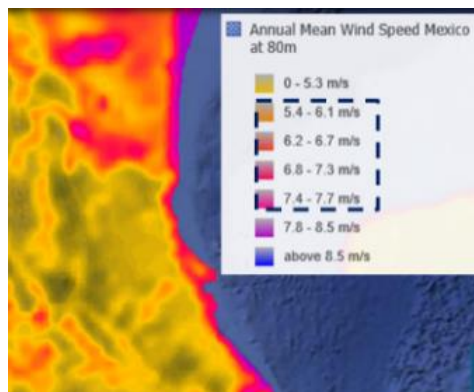
Figura 4.13 Velocidad de Viento mensual 2001-2006, Alvarado, Veracruz



Fuente: Datos aproximados con información de Cancino-Solorzano et al., (2009)

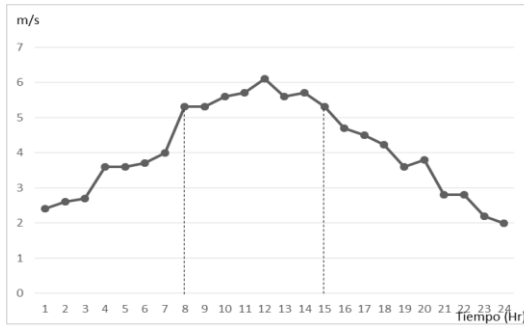
Las velocidades promedio de viento en Veracruz a h=80 m, indican que la zona costera, tiene buen potencial energético-eólico, (IRENA). El sistema de información geográfica para las energías renovables en México, señala que a h=50 m, la velocidad de viento es de 5.60 m/s, y para h=80 m, es de 6 m/s, (SIGER).

Figura 4.14 Velocidades promedio de viento a 80 metros de altura



Fuente: IRENA. <http://irena.masdar.ac.ae/>

Figura 4.15 Variación de las velocidades de viento, por día, Alvarado, Veracruz



Tiempo	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10hr	11hr	12hr
m/s	2.4	2.6	2.7	3.6	3.6	3.7	4	5.3	5.3	5.6	5.7	6.1
Tiempo	13hr	14hr	15hr	16hr	17hr	18hr	19hr	20hr	21hr	22hr	23 hr	24 hr
m/s	5.6	5.7	5.3	4.7	4.5	4.23	3.6	3.8	2.8	2.8	2.2	2

Fuente: Datos aproximados con información de Cancino-Solorzano et al (2009)

### Confiabilidad de la velocidad de viento

La función densidad de Weibull, permite determinar la confiabilidad de que cierta velocidad de viento se produzca, o, la confianza de que un intervalo se presente a lo largo de un tiempo determinado. Es factible determinar, la probabilidad en términos de porcentaje del tiempo estimado que se presentará una velocidad de viento, durante el transcurso del año. Con la siguiente ecuación:

$$P(V) = \frac{K}{c} * \left(\frac{V}{c}\right)^{K-1} * e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^K} \dots [4.2]$$

P(V)=Función de densidad de probabilidad de Weibull (bajo, mediano y alto)

V=Velocidad del viento en (m/s)

K=Factor de forma que caracteriza el sesgo de la función (bajo, mediano y alto)

C=Factor de escala (m/s). Valor próximo a la velocidad media anual

El sesgo, es obtenido para varianza (V), baja ( $k=1.05V_m^{0.5}$ ), media ( $k=0.94 V_m^{0.5}$ ), y alta ( $k=0.73 V_m^{0.5}$ ), con la utilización de la velocidad promedio de viento,  $V_m$  (4.2 m/s).

Así como los factores de integración de escala, los resultados se muestran en la tabla 4.16

$$X = 4 * \left(1 + \frac{1}{K}\right) - 6 \dots [4.3]$$

Tabla 4.16 Factores de forma (k).

Varianza Baja	X	Varianza Media	X	Varianza Alta	X
2.15	-0.14	1.92	0.08	1.49	0.67

El factor de escala se obtiene con:

$$c \cong \frac{V_m}{C_0 + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + C_4x^4} \dots [4.4]$$

Tabla 4.17 Factor de Escala (m/s)

C (Baja)	C (Media)	C (Alta)
4.742	4.734	4.650

La velocidad promedio (4.2 m/s) va a estar presente en un rango de 47 días (13%) a 67 días (18%), todo el año, utilizando la ecuación 4.2.

Tabla 4.18 Función de Weibull

V Baja	V Media	V Alta
0.18265692	0.16461763	0.12960195
Días/año	Días/año	Días/año
66.669	60.085	47.304

Fuente: Elaboración propia

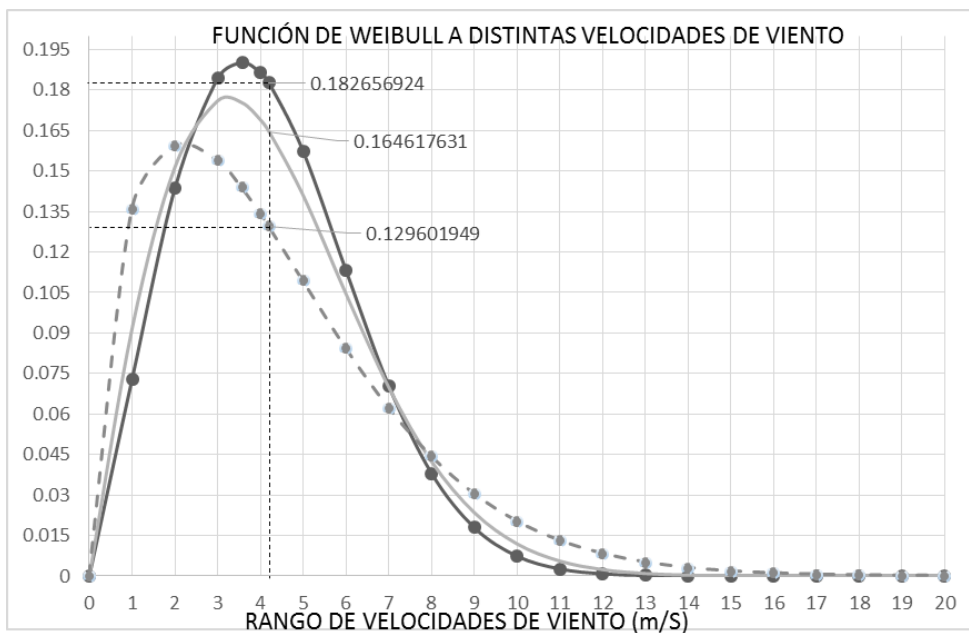
Datos para la gráfica de Weibull.

Tabla 4.19 Función de Weibull a distintas velocidades de viento

V[m/s]	Varianza Baja	Varianza Media	Varianza Alta	V[m/s]	Varianza Baja	Varianza Media	Varianza Alta
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0000	0.0074	0.0119	0.0203
1.0000	0.0729	0.0916	0.1358	11.0000	0.0026	0.0056	0.0131
2.0000	0.1436	0.1514	0.1595	12.0000	0.0008	0.0024	0.0083
3.0000	0.1843	0.1760	0.1540	13.0000	0.0002	0.0009	0.0051
3.5700	0.1901	0.1753	0.1439	14.0000	0.0001	0.0003	0.0031
4.0000	0.1864	0.1690	0.1344	15.0000	0.0000	0.0001	0.0018
4.2000	0.1827	0.1646	0.1296	16.0000	0.0000	0.0000	0.0010
5.0000	0.1573	0.1409	0.1094	17.0000	0.0000	0.0000	0.0006
6.0000	0.1133	0.1046	0.0844	18.0000	0.0000	0.0000	0.0003
7.0000	0.0704	0.0699	0.0623	19.0000	0.0000	0.0000	0.0002
8.0000	0.0381	0.0424	0.0443	20.0000	0.0000	0.0000	0.0001
9.0000	0.0179	0.0235	0.0304				

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Función de Weibull vs Velocidad de viento



Fuente: Elaboración propia

### Probabilidad de cierta velocidad de viento a partir de una velocidad determinada.

Para determinar las probabilidades de que se presenten velocidades de viento mayores a una velocidad de referencia determinada se recurre a la expresión

$$P(V \geq Vx) = e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^K} \dots [4.5]$$

Para velocidades mínimas de 4 m/s para el aerogenerador, se tiene una probabilidad de que entre en operación entre 48.5% y 50%, en todo el año, es decir, desde 175 a 182 días.

Tabla 4.20 Probabilidad de que se presenten vientos mayores a una velocidad de referencia Vx (P(V>=Vx))

Vx	Varianza baja	%	Varianza media	%	Varianza alta	%
1	0.96551008	96.55	0.95121614	95.12	0.95121614	95.12
2	0.85557728	85.55	0.82686871	82.68	0.82686871	82.68
3	0.68849924	68.84	0.66022523	66.02	0.66022523	66.02
4	0.49998836	49.99	0.48547399	48.54	0.48547399	48.54
4.2	0.46305763	46.30	0.4521034	45.21	0.4521034	45.21
5	0.3261462	32.61	0.32932077	32.93	0.32932077	32.93
6	0.19038932	19.03	0.20636074	20.63	0.20636074	20.63
7	0.09914944	9.91	0.11957807	11.95	0.11957807	11.95
8	0.04593852	4.59	0.06413238	6.41	0.06413238	6.41
9	0.01889123	1.88	0.03185915	3.18	0.03185915	3.18
10	0.00688023	0.68	0.01466931	1.46	0.01466931	1.46
11	0.0022149	0.22	0.0062641	0.62	0.0062641	0.62
12	0.00062911	0.062	0.00248205	0.24	0.01608375	1.60

Fuente: Elaboración propia

### Potencial Eólico

También denominado densidad de potencia, es expresado en [W/m<sup>2</sup>], con factores K=2.15, C=4.74, y está dado por la siguiente expresión:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * \rho * Fe * V^3 \dots [4.6]$$

$\rho$ =Densidad del aire=1.23 Kg/m<sup>3</sup>; Fe=Factor de potencial Eólico= 2; V=Velocidad promedio anual

Tabla 4.21 Potencial eólico

V [m/s]	Altura	Potencial eólico [W/m <sup>2</sup> ]	Potencial eólico [kW/m <sup>2</sup> ]	Potencial eólico anual [kWh/m <sup>2</sup> ]*
4.2	10 m	91.12	0.091	797.16
5.2	50 m	172.94	0.173	1515.48
5.7	100 m	227.78	0.23	2014.8
6.3	200 m	307.55	0.31	2715.6

Fuente: Elaboración propia. \*(Densidad de potencia)(8760 horas/año)

El potencial eólico para la turbina, a una  $h=10$  metros, con  $V= 4.2$  m/s, y un  $\varnothing_{rotor}=1m$ . Es de  $91 \text{ wh/m}^2/\text{d}$ . Incrementándose casi al doble, cuando  $h=50$  m, con  $V=5.2$  m/s, resultando en un potencial eólico de  $173 \text{ wh/m}^2/\text{d}$ .

### Potencial Eólico Teórico Disponible en función del radio del Aerogenerador

Evaluado a la altura  $h$ , y a la velocidad promedio, multiplicada por el área del aerogenerador, permite estimar el radio adecuado y el potencial eólico teórico.

Tabla 4.22 Potencial eólico medio anual disponible para un aerogenerador

Radio	Área	h [10 m] @4.2 m/s	h [50 m] @5.2 m/s	h [100 m] @5.7 m/s	h [200 m] @6.3 m/s
[m]	[m <sup>2</sup> ]	Pd[W]	Pd[W]	Pd[W]	Pd[W]
0.50	0.785	71.56	135.82	178.89	241.54
1.00	3.14	286.25	543.29	715.57	966.17
1.50	7.07	644.07	1222.40	1610.03	2173.88
2.00	12.57	1145.01	2173.16	2862.28	3864.67
2.50	19.63	1789.08	3395.57	4472.32	6038.55
3.00	28.27	2576.28	4889.62	6440.14	8695.51
3.50	38.48	3506.61	6655.31	8765.74	11835.56
4.00	50.26	4580.06	8692.66	11449.13	15458.69
4.50	63.62	5796.63	11001.64	14490.31	19564.91
5.00	78.54	7156.34	13582.28	17889.27	24154.21
6.00	113.09	10305.13	19558.48	25760.55	34782.06
7.00	153.93	14026.42	26621.26	35062.97	47342.25
8.00	201.06	18320.22	34770.62	45796.54	61834.77
9.00	254.46	23186.53	44006.57	57961.24	78259.63
10.00	314.15	28625.35	54329.10	71557.09	96616.83
20.00	1256.60	114501.39	217316.40	286228.35	386467.33
30.00	2827.35	257628.13	488961.91	644013.78	869551.49

Fuente: Elaboración propia

La costa del estado de Veracruz es el sitio más adecuado para generar energía eólica. Las mejores **persistencias y velocidades de viento se encuentran en Alvarado y Veracruz**, contrario a otras estaciones climáticas que se encuentran situadas tierra adentro, Cancino-Solorzano et al (2010). Los rangos de viento en Alvarado, desde ( $10 \text{ m} < h < 200\text{m}$ ), están entre  $4.2 \text{ m/s}$  y  $6.3 \text{ m/s}$ . Las máximas velocidades de viento registradas oscilan en los  $6 \text{ m/s}$ , aunque IRENA, y SIGER, plantean que estas podrían ser velocidades promedio. Aproximadamente, 7 horas del día existe buena persistencia de viento, (8:00 am a 15:00 horas). La confiabilidad (Weibull) de que una cierta velocidad de viento se produzca en un determinado tiempo, señala que  $4.2 \text{ m/s}$ , estarían presentes en un rango de 47 días a 67 días durante todo el año. La probabilidad de tener velocidades de viento por arriba de  $4 \text{ m/s}$ , señala que un aerogenerador probablemente operaría en el rango de 175 días a 182 días en el año.



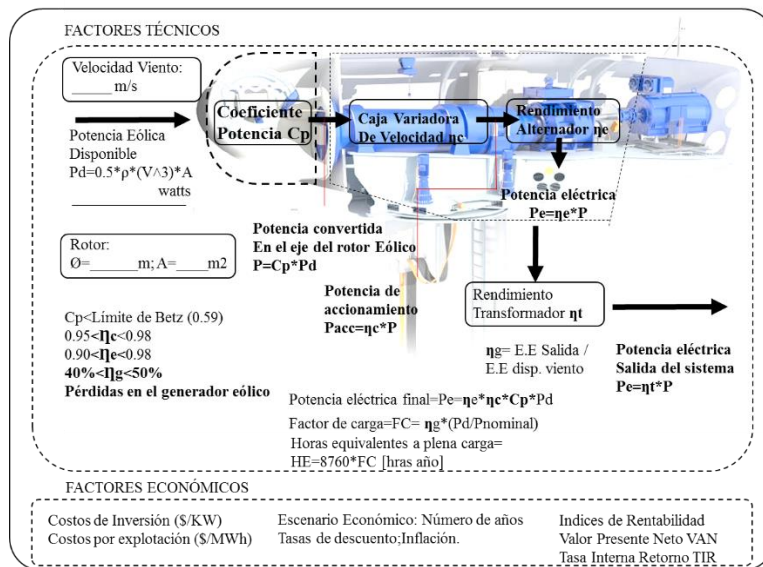
## Potencia eléctrica final

El límite de betz (máxima fracción teórica de la potencia en el viento que se puede extraer para un molino de viento ideal), o coeficiente de potencia ( $C_p=0.59$ ); la densidad del aire ( $\rho=1.225 \text{ Kg/m}^3$ ); la eficiencia en la caja variadora de velocidad ( $\eta_c=0.95$ ); el rendimiento del alternador ( $\eta_e=0.98$ ); el rendimiento del transformador ( $\eta_t=0.98$ ), es factible obtener la potencia eléctrica final ( $P_{ef}$ ), Villarubia (2014), mediante la siguiente fórmula:

$$P_{ef} = C_p * \eta_c * \eta_e * \eta_t * P \dots [4.7]$$

$$P = 0.5 * \rho * V^3 * A \dots [4.8]$$

Figura 4.17 Factores técnicos de evaluación de turbinas eólicas



Fuente: Elaboración propia

El tamaño de la turbina eólica requerida, Mohammad Arif et al. (2013), está dado por  $P_{\text{corriente-alterna}}$ , y por la carga  $P_{\text{corriente-directa}}$ :

$$P_{ca} = \frac{\text{Carga} \left( \frac{kWh}{\text{día}} \right)}{\text{horas de viento}} \dots [4.9] \quad \text{y} \quad P_{cd} = \frac{P_{ca}}{n_{inv}} \dots [4.10]$$

La capacidad de la turbina  $P_{cd}$  es considerada 1.3 veces para condiciones aisladas, (carga ajustada). El área del rotor determina cuánta energía del viento es capaz de capturar una turbina eólica. Dado que el área del rotor aumenta con el cuadrado del diámetro, una turbina que sea 2 veces más grande, recibirá 4 veces más energía. El diámetro requerido del rotor para la turbina eólica se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{8 * \text{Carga}}{(C_p * \eta_c * \eta_e * \eta_t * \rho * v^3 * \pi) (\text{horas de viento})}} \dots [4.11]$$

En la tabla 4.23, se muestran los resultados del diámetro requerido y la potencia eléctrica final que entregarían las turbinas con alturas de 50m, velocidades promedio de 5.2 m/s, para los escenarios 1 y 2, respectivamente.

Tabla 4.23 Cálculo del diámetro requerido para la turbina eólica, y potencia eléctrica final @ h=50m,  $V_v=5.2$  m/s

Sector Crítico	Demanda min	Escenario	Energía (kw) (ajuste días críticos)			Diámetro rotor (m)			Potencia eléctrica final (w)		
	Energía (kwh/día)		10 d	15 d	20 d	10 d	15 d	20 d	10 d	15 d	20 d
Agua	74	10%	0.43	0.65	0.89	1.30	1.60	1.86	439	668	903
	148	20%	0.90	1.30	1.80	1.83	2.27	2.64	878	1336	1807
Gasolinas	16.6	10%	0.10	0.15	0.20	0.62	0.76	0.88	99	150	203
	34	20%	0.19	0.29	0.40	1.24	1.52	1.76	197.51	300.50	406.47
Alumbrado Público	568	10%	3.30	5.02	6.79	4.96	6.12	7.11	3369	5126	6933
	0	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Refugios	410	10%	2.38	3.63	4.90	3.06	3.77	4.39	2432	3700	5005
	820	20%	4.77	7.25	9.81	4.32	5.33	6.20	4864	7400	10009
Clínicas	206.5	10%	1.20	1.83	2.47	2.17	2.67	3.11	1225	1863	2521
	413	20%	2.40	3.65	4.94	3.07	3.80	4.40	2450	3727	5041

Fuente: Elaboración propia.

A una h=50 m, los Ørotores, no tienen impedimento dimensional, las cargas de alumbrado público y refugios de emergencia, requieren las mayores dimensiones para los Ørotores. Así, la  $V_m$  (5.2 m/s) va a estar presente en un rango de 41 días (11%) a 60 días (16%), todo el año. La probabilidad de que se presenten ( $V>4$  m/s) va desde 48.5% hasta 50% al año, es decir, de 175 a 182 d. En la tabla 4.24, se muestran los resultados para los escenarios 1 y 2.

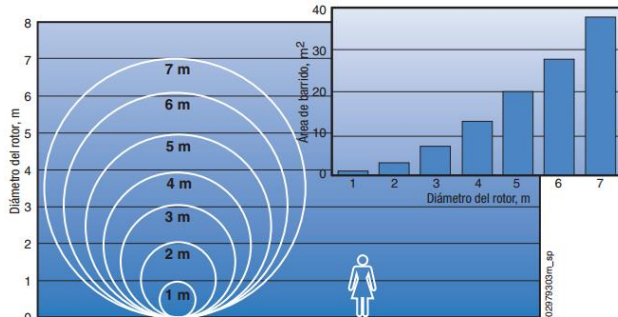
Tabla 4.24 Cálculo del diámetro requerido para la turbina eólica, y potencia eléctrica final @ h=10m,  $V_v=4.2$  m/s

Sector Crítico	Demanda min	Escenario	Energía (kw) (ajuste días críticos)			Diámetro rotor (m)			Potencia eléctrica final (w)		
	Energía (kwh/día)		10 d	15 d	20 d	10 d	15 d	20 d	10 d	15 d	20 d
Agua	74	10%	0.43	0.65	0.89	1.79	2.21	2.57	439	668	903
	148	20%	0.86	1.31	1.77	2.53	3.12	3.63	878	1336	1807
Gasolinas	16.6	10%	0.10	0.15	0.20	0.85	1.05	1.22	99	150	203
	34	20%	0.19	0.29	0.40	1.20	1.48	1.72	197.51	300.50	406.47
Alumbrado Público	568	10%	3.30	5.02	6.79	4.96	6.12	7.11	3369	5126	6933
	0	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Refugios	410	10%	2.38	3.63	4.90	4.21	5.20	6.04	2432	3700	5005
	820	20%	4.77	7.25	9.81	5.96	7.35	8.55	4864	7400	10009
Clínicas	206.5	10%	1.20	1.83	2.47	2.99	3.69	4.29	1225	1863	2521
	413	20%	2.40	3.65	4.94	4.23	5.21	6.07	2450	3727	5041

Fuente: Elaboración propia

A una  $h=10$  m, los Ørotores, no tienen impedimento dimensional, las cargas de alumbrado público y refugios de emergencia, requieren las mayores dimensiones para el diámetro de los rotores. El rango de turbinas pequeñas se encuentra entre 20w y 100kw. Las mini turbinas tienen la ventaja de poderse integrar en instalaciones mixtas, con paneles solares fotovoltaicos o grupos diésel, para mayor efectividad y seguridad de suministro. En la siguiente figura se muestran los tamaños relativos para pequeñas turbinas eólicas.

Figura 4.18 Diámetro de rotores para turbinas eólicas



Fuente: Gipe, P. conceptos básicos de energía eólica

Las turbinas factibles de utilizarse, son las Whisper 200 (H-80), el rango de operación [ 3.1 m/s -10.5 m/s], con un costo de US\$3000 por turbina, @1 kw; y, el modelo Bergey Excel, el rango de operación [2.5 m/s-11 m/s], con un costo de US\$2000 por turbina, @1 kw. Evaluando el requerimiento para el escenario 1, en 10 días a 5.2 m/s, se requieren 7 turbinas de 3 aspas, con un valor entre \$210,000 (Bergey Excel), y, \$315,000 pesos (Whisper). Para el escenario 2, se requieren, 9 Turbinas de 3 aspas, con un valor entre \$270,000 ((Bergey Excel), y, \$405,000 (Whisper). Para 20 días, el requerimiento para el escenario 1, y 2, es de 15 y 17 turbinas, es decir, los costos se duplican.

#### 4.8 Energía Solar

La energía del sol incidente en la tierra se puede aprovechar de la siguiente forma: 1) Concentración de calor, 2) Iluminación natural, 3) Producción de electricidad. Una celda solar o fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que convierte la energía del sol en electricidad. Puede estar conectado o aislado de la red, en este caso, al sistema se le pueden agregar baterías para respaldo, inversores, o el sistema puede combinarse con otros medios de generación de electricidad (sistemas híbridos), figura 4.19.

Diversas instituciones en el país han realizado estudios sobre la radiación solar en México, el servicio meteorológico nacional (SMN-Estaciones meteorológicas automáticas); el Instituto de Geofísica, el Instituto de Energías Renovables de la UNAM; la CFE; el IIE. Este último instaló

entre 2008 y 2010, una red con más de 10 estaciones para la evaluación de recursos solares y eólicos que incluyen piranómetros para la medición de radiación solar, Valdes-Barrón et al (2014). El sistema de Información SIGER, proporciona información sobre irradiación global a nivel local. Para el municipio de Alvarado, se tienen 5.48 kWh/m<sup>2</sup>-día, figura 4.20.

Figura 4.19 Sistemas fotovoltaicos conectados y aislados a red



Figura 4.20 Irradiación global kWh/m<sup>2</sup>-día



Fuente: Sistema de información geográfica para las energías renovables en México, (SIGER)

La energía que pueden generar los paneles solares en un día, depende de las horas efectivas de sol. Las cuales tienen un impacto significativo en los costos de los módulos fotovoltaicos.

Tabla 4.25 Horas pico de sol

Estado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Veracruz	3.7	4.3	5.2	5.92	5.9	5.5	5.4	5.31	4.9	4.4	3.9	3.4	4.81

Monthly averaged insolation incident on a horizontal surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Para el diseño del sistema fotovoltaico, se considerarán 4.81 horas/día, el voltaje de entrada del inversor 24 V, la  $\eta$  del grupo de baterías, 95%, la  $\eta$  del inversor del 95%,  $\eta$  de transmisión de 98%, y la  $\eta$  del regulador de cargas del 95%. El diseño, estará en función de 3 casos de autonomía, 10, 15 y 20 días ( $D_{críticos}$ ), y los módulos utilizados serán de 65W con 4 A y 0.5 m<sup>2</sup>;

85W con 5A y 0.6 m<sup>2</sup>; y 130 W con 8A, y 0.9 m<sup>2</sup> por módulo. La carga en corriente alterna (Ah/día), es calculada con la siguiente ecuación

$$L_{AC} = W_{CA} * \left( \frac{1}{V_i * \eta_i * \eta_w * \eta_b * \eta_{ch}} \right) \dots [4.12]$$

Dónde: V<sub>i</sub>=Valor del voltaje de entrada cd del inversor; η<sub>b</sub>=Eficiencia de las baterías; η<sub>i</sub>=Eficiencia del inversor; η<sub>w</sub>=Eficiencia de conductores; η<sub>ch</sub>=Eficiencia regulador de carga.

La corriente tomada del módulo, I<sub>PV</sub>, considera la carga total entre las horas de sol, y el producto del factor 0.9, de corrección en la corriente tomada del módulo fotovoltaico, Messenger and Ventre 2000.

$$I_{PV} = \frac{\Sigma L}{(\text{horas de sol})(0.9)} \dots [4.13]$$

Número de módulos, N<sub>m</sub>, está en función de la corriente del módulo respectivo, I<sub>m</sub>

$$N_m = \frac{I_{PV}}{I_m} \dots [4.14]$$

Potencia del panel instalado P<sub>PV</sub> [watts], está en función de la potencia del módulo P<sub>m</sub>, respectivamente.

$$P_{PV} = P_m * N_m \dots [4.15]$$

Escenario 1. En las tablas 4.26, 4.27, y 4.28 se muestran los resultados.

Tabla 4.26 Escenario 1. Número de módulos para servicios críticos en función de autonomía y capacidad por modulo

Servicio Crítico (10%)	Carga Kwh/d	Carga Ah/d	Ipv A			Nm 65Wp a 4 A			Nm 85Wp a 5 A			Nm 130Wp a 8 A		
			10d	15d	20d	10d	15d	20d	10d	15d	20d	10d	15d	20d
Agua	74	3670	21	33	44	5	8	11	4	7	9	3	4	6
Gasolinas	17	843	5	7	10	1	2	2	1	1	2	1	1	1
Alumbrado Público	568	28167	165	251	339	41	63	85	33	50	68	21	31	42
Refugios	410	20332	119	181	245	30	45	61	24	36	49	15	23	31
Clínicas	206.5	10240	60	91	123	15	23	31	12	18	25	7	11	15
TOTAL						93	141	191	74	113	152	46	70	95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.27 Escenario 1. Potencia de módulos para servicios críticos

Servicio Crítico (10%)	Pm 65w			Pm 85w			Pm 130w		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Agua	349	531	719	365	556	752	349	531	719
Gasolinas	78	119	161	82	125	169	78	119	161
Alumbrado	2681	4078	5517	2804	4267	5771	2681	4078	5517
Refugios	1935	2944	3982	2024	3080	4166	1935	2944	3982
Clínicas	975	1483	2006	1020	1551	2098	975	1483	2006

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.28 Escenario 1. Costos de módulos para servicios críticos

Servicio Crítico	\$Panel 65wp @\$5000			\$Panel 85wp @\$6000			\$Panel 130wp @\$9000		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Agua (10%)	26,866	40,875	55,290	25,792	39,240	53,078	24,180	36,788	49,761
Gasolinas (10%)	6,021	9,161	12,391	5,780	8,794	11,896	5,419	8,245	11,152

Alumbrado (10%)	206,197	313,714	424,348	197,949	301,166	407,374	185,577	282,343	381,913
Refugios (10%)	148,838	226,446	306,304	142,885	217,389	294,052	133,954	203,802	275,674
Clínicas (10%)	74,965	114,054	154,275	71,966	109,491	148,104	67,468	102,648	138,848
TOTAL (\$)	462,887	704,250	952,609	444,372	676,080	914,504	416,600	633,825	857,348

Fuente: Elaboración propia

Escenario 2. En la tabla 4.29, 4.30, 4.31, se muestran los resultados.

Tabla 4.29 Escenario 2. Número de módulos para servicios críticos en función de autonomía y capacidad por modulo

Servicio Crítico (20%)	Carga Kwh/d	Carga Ah/d	Ipv A			Nm 65Wp a 4 A			Nm 85Wp a 5 A			Nm 130Wp a 8 A		
			10d	15d	20d	10d	15d	20d	10d	15d	20d	10d	15d	20d
Agua	148	7339	43	65	88	11	16	22	9	13	18	5	8	11
Gasolinas	34	1686	10	15	20	2	4	5	2	3	4	1	2	3
Alumbrado Público	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refugios	820	40664	238	362	490	60	91	123	48	72	98	30	45	61
Clínicas	413	20481	120	182	247	30	46	62	24	36	49	15	23	31
TOTAL						103	156	211	82	125	169	51	78	106

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.30 Escenario 2. Potencia de módulos para servicios críticos

Servicio Crítico	Pm 65w			Pm 85w			Pm 130w		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Agua (20%)	699	1063	1438	731	1112	1504	699	1063	1438
Gasolinas (20%)	161	244	331	168	256	346	161	244	331
Alumbrado (0%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refugios (20%)	3870	5888	7964	4048	6159	8331	3870	5888	7964
Clínicas (20%)	1949	2965	4011	2039	3102	4196	1949	2965	4011

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.31 Escenario 2. Costos de módulos para servicios críticos

Servicio Crítico	\$Panel 65wp @\$5000			\$Panel 85wp @\$6000			\$Panel 130wp @\$9000		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Agua (10%)	53,732	81,750	110,580	51,583	78,480	106,157	48,359	73,575	99,522
Gasolinas (10%)	12,359	18,804	25,435	11,865	18,051	24,417	11,123	16,923	22,891
Alumbrado (10%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Refugios (10%)	297,676	452,893	612,609	285,769	434,777	588,104	267,908	407,604	551,348
Clínicas (10%)	149,930	228,107	308,551	143,932	218,983	296,209	134,937	205,296	277,696
TOTAL (\$)	513,697	781,554	1,057,174	493,149	750,291	1,014,887	462,327	703,398	951,457

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 4.21-4.22, se muestran los costos por módulos para coberturas del 10%, y 20%.

Figura 4.21 Costos por módulos Fotovoltaicos, para cobertura del 10%

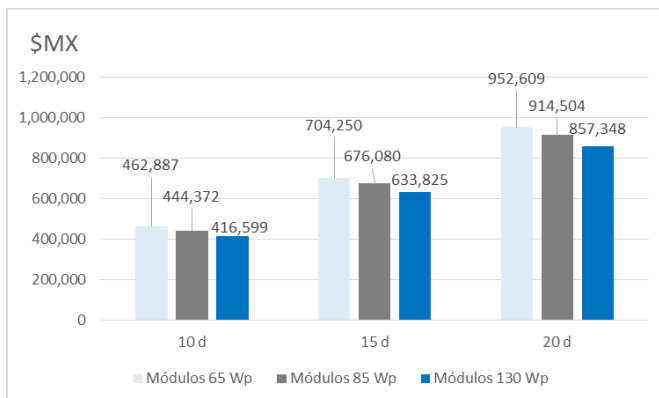
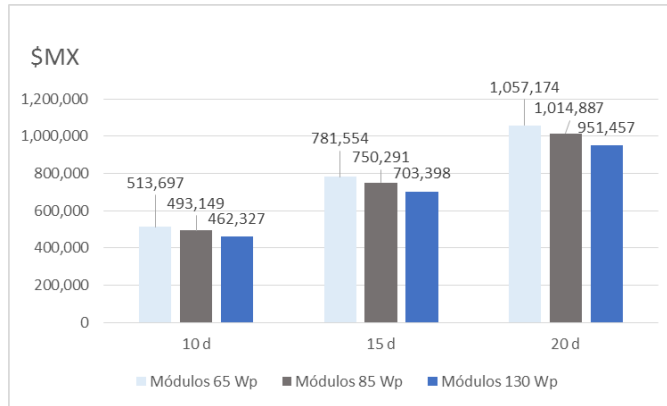


Figura 4.22 Costos por módulos Fotovoltaicos, para cobertura del 20%



Fuente: Elaboración propia

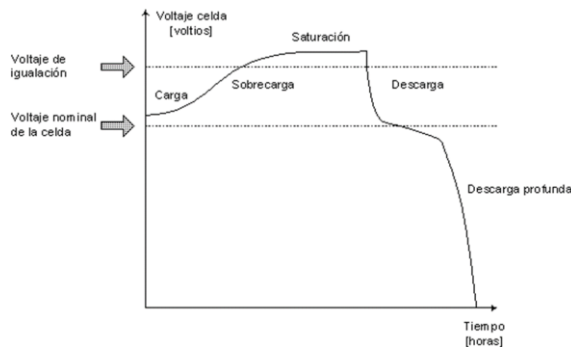
#### 4.9 Almacenamiento en Baterías

Las baterías de plomo-ácido de ciclo profundo, se usan ampliamente en equipos eléctrico-electrónicos para el aprovechamiento y el control de la energía eléctrica, desde fuentes ininterrumpidas de potencia, lámparas de emergencia, bancos de respaldo para paneles fotovoltaicos, y turbinas de viento, etc., (Avia.2002). Prácticamente las baterías son el corazón de los sistemas de energías renovables. Su capacidad de almacenamiento está en función de la energía demandada por día. Sus funciones consisten en: 1) Almacenar energía; 2) Estabilizar el voltaje del sistema eléctrico; 3) Suministrar energía eléctrica de forma despachable.

Los sistemas de energía fuera de red o aislados, generalmente cuentan con un banco de baterías, que es dimensionado respecto a las cargas diarias anticipadas y para una vida óptima; raramente se toman por debajo del 80% de descarga y 50% de carga, esto debido a problemas de 1) sulfatación por las profundidades de descarga, 2) por los efectos de memoria cuando las baterías llevan largos periodos de tiempo sin ser recargadas en toda su capacidad, y 3) Auto descargas, desde 1% hasta 3% diariamente cuando no hay carga. **La relación entre la capacidad total de una batería y su consumo, implica la búsqueda de formas para incrementar la autonomía**, reducir los tiempos de recarga, bajar los costos de inversión, y asegurar la confiabilidad del sistema. Ante condiciones de crisis climática, se vuelve indispensable la elaboración de una planeación de la carga del sistema (State of charge, SOC), ya que en los momentos de urgencias, la capacidad de descarga (Depth of Discharge, DOD) podría ser utilizada por arriba del 80%, además de la disponibilidad de energía (backup-system), que dependerá de los días de interrupción del suministro eléctrico. **Las baterías de ciclo profundo tienen menos energía para uso instantáneo, pero mayor entrega de energía a largo plazo**, de ahí su utilización.

La autonomía recomendada para proyectos domésticos es de 3 y 5 días, zonas de baja irradiación (6 a 7 días), 7 a 10 días, zonas remotas, y de **10 hasta 20 días para servicios críticos**. En la figura 4.23, se muestran los modos de carga y descarga de una batería. En el modo de carga, la corriente, ( $I_{bat}$ ), fluye hacia la terminal positiva de la batería aumentando progresivamente el voltaje sus terminales, ( $V_{bat}$ ), así como también, la carga almacenada. Por el contrario, durante el modo de descarga, cuando se suministra energía a la carga, la corriente circula saliendo por el terminal positivo, lo que trae como consecuencia la disminución de ( $V_{bat}$ ) y de la carga almacenada.

Figura 4.23 Modos de operación de una batería donde se muestran las fases de carga y descarga.



Fuente: Fernández, et al. (2005)

Para el diseño del banco de baterías es necesario contar con la siguiente información:

- 1) Consumo de electricidad por día [wh-día], o Ah-día; 2) Factor de seguridad en las baterías (1.2); 3) La capacidad en función de los días de autonomía, o días críticos.

Si se conoce el valor de horas pico mínimo de sol ( $T_{min}$ ), durante los tiempos de operación de cargas, el número de días de autonomía, puede calcularse con la siguiente ecuación, Güney et al (2010), o puede establecerse un número de días críticos en función del análisis que se requiera, en este caso se establecerá de 10 a 20 días:

$$D_{critico} = -1.9 * T_{min} + 18.3 \dots [4.16]$$

Utilización por día, profundidad de carga (SOC) y descarga (DOD=0.8)

El estado de carga (SOC), está en función de la capacidad entregada por la batería en un tiempo de interés,  $Q$ , (Ah), y por la capacidad de la batería,  $C$ , (Ah), que suele definirse por la siguiente ecuación, Fernández, et al (2005):

$$SOC = (1 - \frac{Q}{C}) \dots [4.17]$$

La profundidad de descarga (DOD), es del 80%, y está definida por la siguiente ecuación:



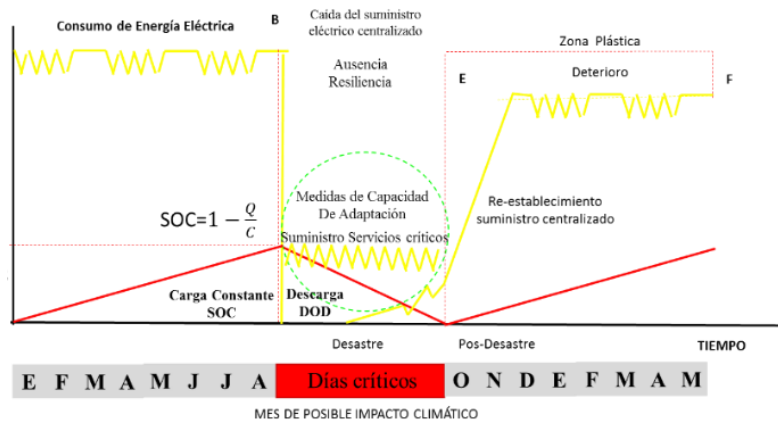
$$DOD = 1 - SOC \dots [4.18]$$

Utilización en función del SOC:  $\frac{B}{D_{no\ críticos}} \dots [4.19]$

Utilización en función del DOD:  $\frac{B}{D_{críticos}} \dots [4.20]$

En la siguiente figura, se muestra el proceso de carga (SOC), a lo largo de 8 meses, constante, (Enero-Agosto). Septiembre, mes de posibles impactos (DOD).

Figura 4.24 Suministro de energía eléctrica a servicios críticos en ausencia de medidas de resiliencia



Fuente: Elaboración propia

#### 4) Confiabilidad por el número de baterías utilizadas

La confiabilidad es la probabilidad de que un producto realizará su función de forma satisfactoria durante un periodo predeterminado en un entorno natural. El nivel de confiabilidad para las baterías ( $C_{conf.}$ ) se establece en 90,95 y 99%. En este caso consideramos el último valor (99%), donde  $N_B$ , es el número de baterías.

$$Conf_{Sist\ Bat} = Conf^{N_B} \dots [4.21]$$

#### 5) Voltaje del sistema y Capacidad total de las baterías B (Ah)

Si la potencia es menor de 1500 watts, se recomienda utilizar baterías de 12 V; entre 1500 y 5000 watts, utilizar baterías entre 24V y 48V; y si la potencia es mayor de 5Kw, es factible utilizar baterías de 48V o 120 V.

Capacidad total de las baterías B (Ah), y consumo diario (Ah), donde el consumo está en función de la carga (SOC) y descarga (DOD)

$$B = 1.5 * (Capacidad\ N\acute{o}minal) \dots [4.22]$$

$$Capacidad\ N\acute{o}minal = L * D\acute{ias}_{críticos} \dots [4.23]$$

## 6) Tipo de Baterías, Número de baterías requeridas y costos

Tabla 4.32 Costos aproximados de baterías

Tipo	Capacidad	Costo \$MX
Trojan T105	217 Ah @C20	\$1,875
Trojan L16	350 Ah @C20	\$5,025
Rolls Surrette S-620	624 Ah@C20	\$9000
Trojan IND9	445 Ah@C20	\$11,340
Concorde	102 Ah @C20	\$2,280
LTH L31T	115 Ah @C20	\$1,575
LTH 27MDC	90 Ah @C20	\$1,395

Fuente: [http://xml.cie.unam.mx/xml/docencia/posg\\_ing/](http://xml.cie.unam.mx/xml/docencia/posg_ing/); <http://autosolar.es>; <http://www.freecleansolar.com/>

Los consumos de electricidad de la tabla 4.4, número de baterías, confiabilidad, costos y SOC, tablas (4.33, a 4.35), para el escenario 1, considerando un corte de 10 días, con (SOC @ 355 días), (DOD @ 10 días), la confiabilidad por el número de baterías utilizadas, y los costos de compra, permiten cuantificar una mejor elección para el sistema.

Tabla 4.33 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 115 A

Días de Autonomía: 10. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>onf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
36700	55050	479	1	753,946	155.0704225
8430	12645	110	33	173,182	35.61971831
281670	422505	3674	0	5,786,482	1190.15493
203320	304980	2652	0	4,176,900	859.0985915
102400	153600	1336	0	2,103,652	432.6760563
	Total	8250	Prom=7	<b>12,994,161</b>	
Días de Autonomía: 15. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>onf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
55050	82575	718	0	1,130,918	232.6056338
12645	18967.5	165	19	259,772	53.42957746
422505	633757.5	5511	0	8,679,722	1785.232394
304980	457470	3978	0	6,265,350	1288.647887
153600	230400	2003	0	3,155,478	649.0140845
	Total	12375	Prom=4	<b>19,491,241</b>	
Días de Autonomía: 20. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>onf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73400	110100	957	0	1,507,891	310.1408451
16860	25290	220	11	346,363	71.23943662
563340	845010	7348	0	11,572,963	2380.309859
406640	609960	5304	0	8,353,800	1718.197183
204800	307200	2671	0	4,207,304	865.3521127
	Total	16501	Prom=2	<b>25,988,322</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 350 A

Días de Autonomía: 10. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
36700	55050	157	21	790,361	155.0704225
8430	12645	36	70	181,546	35.61971831
281670	422505	1207	0	6,065,965	1190.15493
203320	304980	871	0	4,378,641	859.0985915
102400	153600	439	1	2,205,257	432.6760563
		2711	Prom=18	<b>13,621,770</b>	
Días de Autonomía: 15. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
55050	82575	236	9	1,185,541	232.6056338
12645	18967.5	54	58	272,319	53.42957746
422505	633757.5	1811	0	9,098,947	1785.232394
304980	457470	1307	0	6,567,962	1288.647887
153600	230400	658	0	3,307,886	649.0140845
		4066	Prom=13	<b>20,432,655</b>	
Días de Autonomía: 20. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73400	110100	315	4	1,580,721	310.1408451
16860	25290	72	48	363,092	71.23943662
563340	845010	2414	0	12,131,929	2380.309859
406640	609960	1743	0	8,757,283	1718.197183
204800	307200	878	0	4,410,514	865.3521127
		5422	Prom=11	<b>27,243,540</b>	

Tabla 4.35 Escenario 1. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 624 Ah

Días de Autonomía: 10. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
36700	55050	88	41	793,990	155.0704225
8430	12645	20	82	182,380	35.61971831
281670	422505	677	0	6,093,822	1190.15493
203320	304980	489	1	4,398,750	859.0985915
102400	153600	246	8	2,215,385	432.6760563
		1520	Prom=26	13,684,327	
Días de Autonomía: 15. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
55050	82575	132	26	1,190,986	232.6056338
12645	18967.5	30	74	273,570	53.42957746
422505	633757.5	1016	0	9,140,733	1785.232394
304980	457470	733	0	6,598,125	1288.647887

153600	230400	369	2	3,323,077	649.0140845
		2281	Prom=21	20,526,490	
Días de Autonomía: 20. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73400	110100	176	17	1,587,981	310.1408451
16860	25290	41	67	364,760	71.23943662
563340	845010	1354	0	12,187,644	2380.309859
406640	609960	978	0	8,797,500	1718.197183
204800	307200	492	1	4,430,769	865.3521127
		3041	Prom=17	27,368,654	

Fuente: Elaboración propia

Los consumos de electricidad se ubican en la tabla 4.4, el número de baterías, la confiabilidad, costos y SOC, se muestran en las tablas 4.36, a 4.38, para el escenario 2.

Tabla 4.36 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 115 A

Días de Autonomía: 10. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73390	110085	957	0	1,507,686	310
16860	25290	220	11	346,363	71
0	0	0	100	0	0
406640	609960	5304	0	8,353,800	1718
204810	307215	2671	0	4,207,510	865
		9153	Prom=22	14,415,359	
Días de Autonomía: 15. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
110085	165128	1436	0	2,261,529	465
25290	37935	330	4	519,545	107
0	0	0	100	0	0
609960	914940	7956	0	12,530,700	2577
307215	460823	4007	0	6,311,265	1298
		13729	Prom=21	21,623,038	4447
Días de Autonomía: 20. Baterías de 115 A @\$1575					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
146780	220170	1915	0	3,015,372	620
33720	50580	440	1	692,726	142
0	0	0	100	0	0
813280	1219920	10608	0	16,707,600	3436
409620	614430	5343	0	8,415,020	1731
		18305	Prom=20	28,830,717	5930

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.37 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 350 A

Días de Autonomía: 10. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73390	110085	315	4	1,580,506	310
16860	25290	72	48	363,092	71
0	0	0	100	0	0
406640	609960	1743	0	8,757,283	1718
204810	307215	878	0	4,410,730	865
		3007	Prom=31	15,111,611	2965
Días de Autonomía: 15. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
110085	165128	472	1	2,370,759	465
25290	37935	108	34	544,638	107
0	0	0	100	0	0
609960	914940	2614	0	13,135,924	2577
307215	460823	1317	0	6,616,094	1298
		4511	Prom=27	22,667,416	4447
Días de Autonomía: 20. Baterías de 350 A @\$5025					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
146780	220170	629	0	3,161,012	620
33720	50580	145	23	726,184	142
0	0	0	100	0	0
813280	1219920	3485	0	17,514,566	3436
409620	614430	1756	0	8,821,459	1731
		6015	Prom=25	30,223,221	5930

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.38 Escenario 2. Número de Baterías, confiabilidad, costos y profundidad de carga, con baterías de 624 Ah

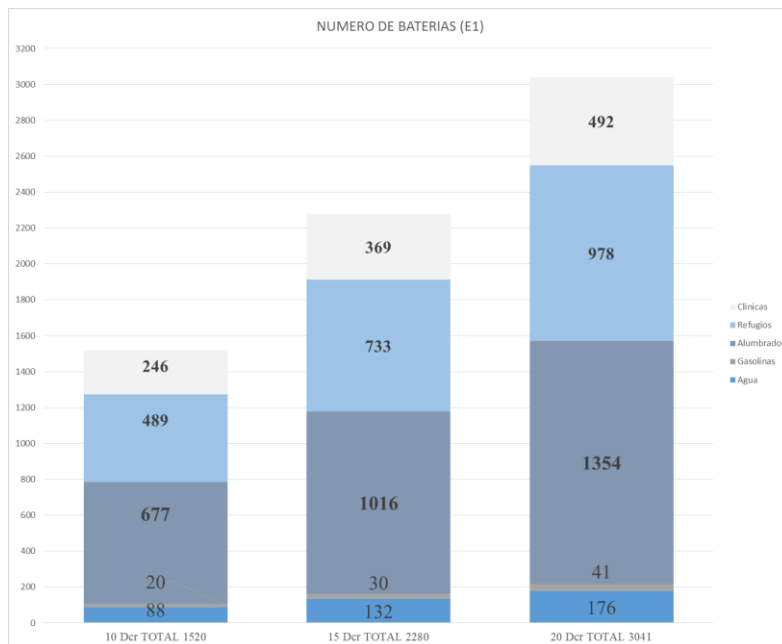
Días de Autonomía: 10. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
73,390	110085	176	17	1,587,764	310
16,860	25290	41	67	364,760	71
0	0	0	100	0	0
406,640	609960	978	0	8,797,500	1718
204,810	307215	492	1	4,430,986	865
		1687	Prom=37	15,181,010	2965
Días de Autonomía: 15. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
110085	165128	265	7	2,381,647	465
25290	37935	61	54	547,139	107
0	0	0	100	0	0

609960	914940	1466	0	13,196,250	2577
307215	460823	738	0	6,646,478	1298
		2530	Prom=32	22,771,514	4447
Días de Autonomía: 20. Baterías de 624 Ah @\$9000					
Capacidad Ah	C. Nominal Ah	N <sub>B</sub>	C <sub>conf</sub>	Costos \$	SOC (Ah/día)
146780	220170	353	3	3,175,529	620
33720	50580	81	44	729,519	142
0	0	0	100	0	0
813280	1219920	1955	0	17,595,000	3436
409620	614430	985	0	8,861,971	1731
		3374	Prom=29	30,362,019	5930

Fuente: Elaboración propia

El número de baterías con capacidad de 115 Ah, es muy alto, lo que implica que la confiabilidad sea muy baja. Incrementando la capacidad a 624 Ah, la confiabilidad aumenta, y el número de baterías se reduce. Para el primer y segundo escenarios, las baterías mejor evaluadas son las de 624 Ah, su costo es más elevado, y la confiabilidad por número de baterías se incrementa, respecto a la utilización de baterías de menor capacidad; además debe considerarse, el espacio dimensional para la ubicación del sistema y su mantenimiento.

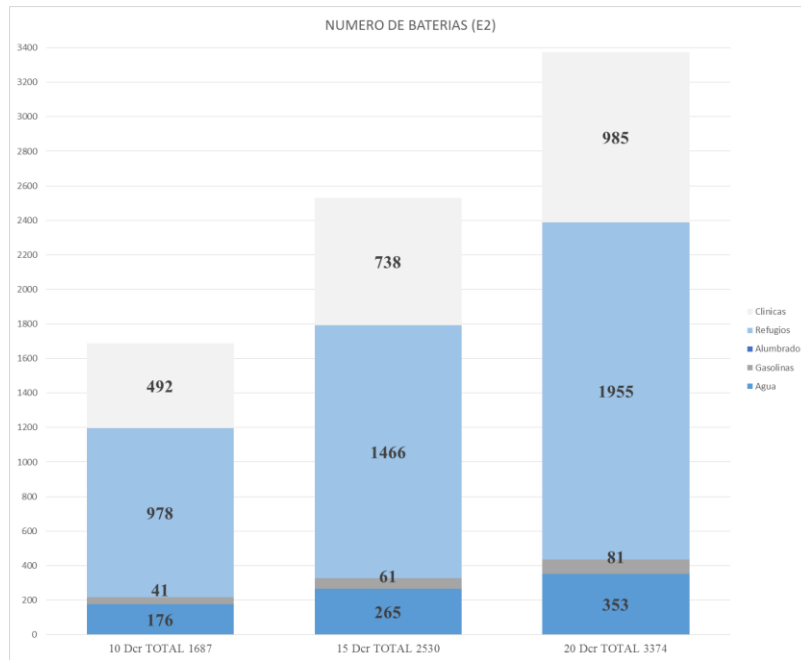
Figura 4.25 Número de baterías utilizadas con respecto a los días críticos de afectación



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.39 se muestra un resumen de los costos por baterías para cada servicio crítico.

Figura 4.26 Número de baterías utilizadas con respecto a los días críticos de afectación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.39 Costos por baterías de capacidad 624 Ah, en función de los días de afectación

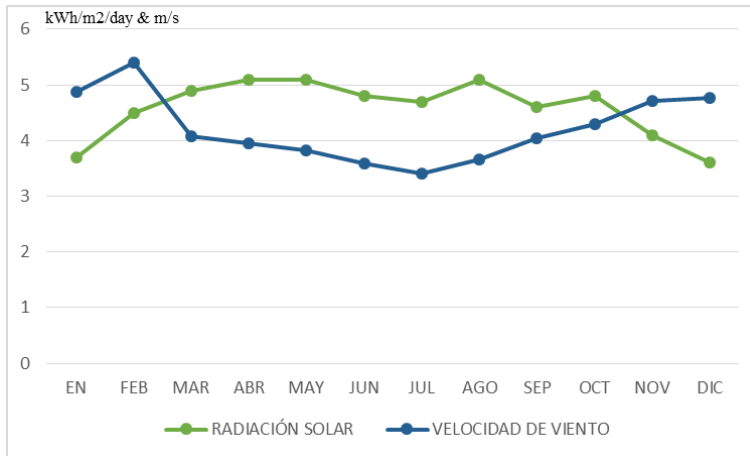
Servicio Crítico	Escenario 1 Costos \$MX			Escenario 2 Costos \$MX		
	10d	15d	20d	10d	15d	20d
Agua	793,990	1,190,986	1,587,981	1,587,764	2,381,647	3,175,529
Gasolinas	182,380	273,570	364,760	364,760	547,139	729,519
Alumbrado	6,093,822	9,140,733	12,187,644	0	0	0
Refugios	4,398,750	6,598,125	8,797,500	8,797,500	13,196,250	17,595,000
Clínicas	2,215,385	3,323,077	4,430,769	4,430,986	6,646,478	8,861,971
Costo Total \$	13,684,327	20,526,490	27,368,654	15,181,010	22,771,514	30,362,019

Fuente: Elaboración propia. Escenario 1, Escenario 2.

#### 4.10 Sistema Híbrido

En otro escenario, las fuentes renovables pueden combinarse. Los sistemas fotovoltaicos podrían cubrir, Marzo-Agosto. Los meses de Septiembre a Febrero, serían cubiertos por viento. También, podrían complementarse ambas fuentes en Febrero, Septiembre y Octubre, (reducción de viento e incremento en radiación solar), lo cual permitiría contar con una infraestructura local más elástica y con capacidad de recuperación.

Figura 4.27 Radiación solar y velocidad de viento



Fuente: Elaboración propia

En el caso de sistemas fotovoltaicos ubicados en zonas costeras, se ha identificado que los paneles solares, ya instalados han soportado vientos desde 50 m/s, hasta 65 m/s. La velocidad máxima del viento registrada por el servicio meteorológico en Nueva Jersey, durante el huracán Sandy fue de 40 m/s, por arriba de la categoría Beaufort 12 (Huracán). Respecto a los sistemas eólicos, se ha registrado, en Cuba, que estos sistemas han soportado vientos de hasta 50 m/s (177 Km/h), sin ningún daño importante.

Para el análisis del sistema híbrido, se consideró un 50% de carga soportada por energía solar y el otro 50%, por energía eólica. Los paneles fotovoltaicos considerados son de 130 Wp con 0.93 m<sup>2</sup> por panel, el costo unitario es de US\$600. Las turbinas eólicas, consideradas, tienen una velocidad de arranque de 2.5 m/s, con velocidad de corte de 11 m/s, con un costo de US\$2000 por turbina, con una potencia de 1 kw y vida útil de 20 años. Las baterías analizadas, son de la marca Rolls, s-620, Costo de capital US\$600 por batería.

Tabla 4.39 Configuraciones para los servicios críticos con fuentes renovables

Descripción del Sistema	Escenario 10%	Escenario 2%
Solar fotovoltaico (PV)	10 días 6 Kw 46 Módulos de 130 Wp 43 m <sup>2</sup> \$416,600	10 días 7 Kw 51 Módulos de 130 Wp 48 m <sup>2</sup> \$462,327
Costo Total/Habitante	\$8.33/Habitante	\$9.24/Habitante
Almacenaje	10 días 0.8 DOD 632,520 Ah N <sub>B</sub> 1520 de 624 Ah \$13,684,327	10 días 0.8 DOD 701,700 Ah N <sub>B</sub> 1687 de 624 Ah \$15,181,010
Costo Total/Habitante	\$273.687/Habitante	\$303.62/Habitante
Eólico (Wind)	10 días 7.41 kw 7 Turbinas de 3 aspas \$315,000	10 días 8.3 kw 9 Turbinas de 3 aspas \$405,000
Costo Total/Habitante	\$6.3/Habitante	\$8.1/Habitante



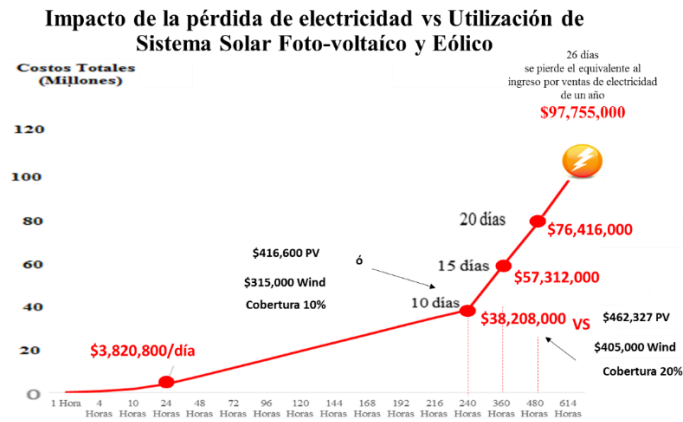
Sistema Híbrido	PV+Baterías	PV+Baterías
	\$14,100,927	\$15,643,337
	Wind+Baterías	Wind+Baterías
	\$13,999,327	\$15,586,010
	PV+Wind+Baterías	PV+Wind+Baterías
\$14,050,127	\$15,614,674	
Costo Total/Habitante	\$281	\$312
Costo Total/Habitante/mes	\$23.4	\$26
Población cubierta	10%	20%

Fuente: Elaboración propia. \$MX15.0 por US\$

Los componentes para el almacenamiento, constituyen los costos más elevados de todo el sistema. El sistema eólico, con baterías, resulta el más conveniente. Siendo el sistema híbrido de menor costo que el solar con baterías. Sin embargo, la combinación de sistemas, resultan más confiables que cualquier sistema renovable por sí solo. La diferencia en costos del sistema eólico, contra el híbrido, resulta muy pequeña. De acuerdo al comportamiento de la radiación solar y velocidad de viento de la figura 4.18, la energía solar es la que mayor presencia tiene a lo largo del año, sin embargo el costo del sistema fotovoltaico aún es elevado, comparado con el sistema eólico.

La autonomía también tiene otras implicaciones, que se relacionan con los costos por hora (CPH), que podrían justificar el sistema de almacenamiento, particularmente por el área de cobertura del apagón, el número de afectados, los servicios críticos interrumpidos, y los costos externos por la falta de servicios críticos. Los CPH, derivados de la parálisis de producción y servicios por falta de electricidad permiten cuantificar los costos por día en \$3, 820,800; durante 10 días, el monto equivale a \$38, 208,000. Tan sólo son necesarios 26 días sin electricidad en toda la región, para tener pérdidas equivalentes al ingreso por ventas de electricidad de todo un año.

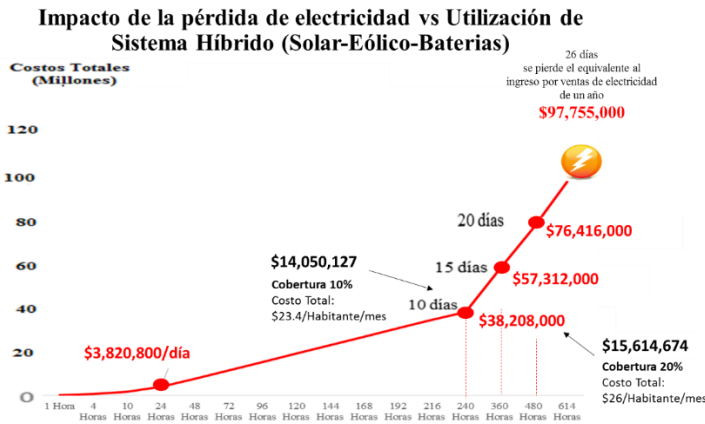
Figura 4.28 Costo por hora y costo por utilización de sistema fotovoltaico y eólico



Fuente: Elaboración propia

Los costos por la implementación de un sistema híbrido, en el escenario 1, para 10 días, equivalen a \$14,050,127, mientras que para el escenario 2, para la misma autonomía, los costos equivalen a \$15,614,674. Estos costos se incrementan por la utilización del sistema de almacenaje, ver figura 4.29.

Figura 4.29 Costo por hora y costo por utilización de sistema híbrido



Fuente: Elaboración propia

#### 4.11 Conclusiones

La identificación de necesidades básicas prioritarias, en hospitales, refugios, servicios de iluminación públicos, etc., demanda la colaboración de responsables directos de estas funciones, con diferentes perfiles de conocimiento, experiencia, y habilidades, para la construcción sólida de las interdependencias estructurales.

En el momento de realizar la exploración de campo, y la recopilación de datos sobre consumo en servicios críticos, las características institucionales de las localidades, evidencian la falta de colaboración, conocimiento, y confianza por parte de los tomadores de decisiones. Desde la falta de transparencia, ausencia de memorias institucionales, falta de preparación, lo cual va acompañado de condiciones de inseguridad para la realización del estudio.

En esta sección, además, se desagrega la demanda de electricidad en servicios críticos ( $D_{Ecr}$ ); son definidas las características de los sistemas de energía bajo condiciones de desastre, como robustez, disponibilidad, confiabilidad, capacidad local, acceso y calidad, así como los beneficios de utilizar energía distribuida. Los consumos de electricidad reportados por la comisión federal de electricidad (CFE), por lo regular **son publicados a nivel estatal**, por lo que fue necesario acceder a peticiones de información ante el Ifai, para obtener los consumos en el nivel municipal; además, la información obtenida, se encontró en un nivel agregado, por

lo que fue necesario desagregar algunos servicios catalogados dentro de los sectores comerciales, e industriales, como farmacias, gasolineras, escuelas, servicios de salud, etc.

Las necesidades mínimas de agua se calcularon con base en la población hipotéticamente afectada. Las necesidades de suministro de combustible se toman con base en el suministro normal promedio de una gasolinera y tomando en cuenta el total de estaciones en la localidad, donde el suministro se ve reducido en un 90%, por cada gasolinera. El alumbrado público, fue calculado, con base en lo reportado por la CFE, y con un recorte del 90%, para toda la localidad. Los refugios de emergencia son considerados sólo para 5000 personas, con servicios de iluminación por 5 horas diarias, 25 televisores de color, radios, refrigeradores y máquinas de oxígeno. Con estos datos se elaboró el diagrama de interdependencias (Ifi's), el cual facilitó categorizar y visualizar los consumos críticos de electricidad, el comportamiento del consumo, la demanda máxima para suministro y la estimación de costos por apagón eléctrico.

Los costos por agua para beber, para la atención de 5000 personas, van desde \$100,000 por día, \$1, 000,000 en 10 días, \$1, 500,000 en 15 días, y \$2, 000,000 en 20 días.

En el caso de suministro en las 5 gasolineras locales, las pérdidas van desde \$107,500 por día, \$1, 075, 000 en 10 días, hasta \$2, 150,000 en 20 días. Lo anterior va acompañado de la pérdida de ingresos que deja de recibir Pemex (Petróleos Mexicanos), por el suministro de estas gasolinas, que va desde, \$1,337,150 por día, hasta \$26,743,000 en 20 días.

Las condiciones del viento, evaluadas a diferentes alturas, y, la confiabilidad, son determinantes para el diámetro de la turbina, y a su vez, para el cálculo de la potencia eléctrica final. Sin embargo, los requerimientos energéticos, establecen las dimensiones para los diámetros, las alturas y las velocidades de viento, así como los costos del sistema. Las velocidades promedio de 5.2 m/s son las más convenientes, a una altura de 50 metros, además de estar presentes en la región desde 41 días hasta 60 días, a lo largo de un año.

Las turbinas factibles de utilizarse, son las Whisper 200, el rango de operación se encuentra entre 3.1 m/s y 10.5 m/s, con un costo de US\$3000 por turbina, con una potencia de 1 kw; y, el modelo Bergey Excel, el rango de operación se encuentra entre 2.5 m/s y 11 m/s, con un costo de US\$2000 por turbina, con una potencia de 1 kw. Evaluando el requerimiento para el escenario 1, en 10 días a 5.2 m/s, se requieren 7 turbinas de 3 aspas, con un valor entre \$210,000 (Bergey Excel), y, \$315,000 pesos (Whisper). Para el escenario 2, se requieren, 9 Turbinas de 3 aspas, con un valor entre \$270,000 ((Bergey Excel), y, \$405,000 (Whisper). Para 20 días, el requerimiento para el escenario 1, y 2, es de 15 y 17 turbinas, es decir, los costos se duplican.

El número de módulos fotovoltaicos es obtenido en función de la energía total requerida durante los días de crisis, y además, del tipo de módulo existente. En este caso, fueron considerados módulos de 65 Wp, 85 Wp, y 130 Wp. Los costos de los módulos fueron obtenidos en función de los días de autonomía, del tipo de módulo, y de los costos unitarios. Para el escenario de cobertura del 10%, los módulos de 130 Wp, son los más convenientes, ya que la inversión es de \$416,600 para 10 días, hasta \$857,348, para 20 días, como se aprecia en la figura 4.15. Para el escenario de cobertura del 20%, los módulos de 130 Wp, son los más indicados, ya que la inversión se incrementa a \$462,327, para 10 días, hasta \$951,457, para 20 días, como se aprecia en la figura 4.18.

Los componentes de almacenamiento, constituyen los costos más elevados de todo el sistema, como se aprecia en la tabla 4.26. Para el escenario 1, con 10 días de autonomía, se requieren 1520 baterías de 624 Ah, con un costo de \$13,684, 327. En el escenario 2, se excluye el suministro eléctrico del alumbrado público, lo cual permite duplicar, los usos de electricidad en otros sectores críticos, con 1687 baterías de 624 Ah, y \$15, 181,010.

En la figura 4.19, se aprecia, que los costos por hora (CPH), son de más de \$38, 000,000, en 10 días, con las implicaciones, de no atender ningún tipo de servicio, contra, lo que un sistema híbrido podría costar, que es del equivalente de 1/3 parte.

La combinación de análisis cuantitativo y cualitativo, presentados en los capítulos 2, 3 y 4, permiten construir las conclusiones generales de la investigación. En el siguiente apartado, se analiza la hipótesis planteada al inicio de este trabajo, definida como: Las energías renovables descentralizadas o distribuídas son un factor esencial para mejorar las capacidades de adaptación frente al cambio climático. Además, se muestran las recomendaciones finales sobre trabajo futuro, y el amplio campo de conocimiento que puede seguirse con el análisis de capacidad de respuesta.

# Capítulo 5

## Conclusiones

## 5.1 Conclusiones finales

El cambio climático es antropogénico y no existen dudas sobre la participación de las emisiones contaminantes en el calentamiento del planeta, atribuidas principalmente al CO<sub>2</sub>, del cual, actualmente existen más de 400 partes por millón en la atmosfera, representando un grave riesgo para la seguridad mundial, (AR5-IPCC).

Es común, escuchar diariamente en los medios de información, noticias sobre comunidades devastadas, impactadas por eventos meteorológicos, y, que se encuentran en estado de emergencia, o desastre. De forma natural, atribuimos los daños al cambio climático. Muchas de estas comunidades afectadas, ven seriamente deteriorado su desarrollo económico, por la falta de medidas de prevención, e incluso por no tener forma de responder con autonomía suficiente ante los desastres. Esta ausencia de respuesta, genera el colapso institucional, el cuál no ocurre como consecuencia del evento climático, sino como el resultado de la acumulación de factores estresantes, los cuales se producen de forma cíclica en un ambiente vicioso.

Los diversos ejemplos sobre impactos climáticos reales, existentes en la literatura, dan muestra, sobre la necesidad de cambiar la denominada trayectoria “Business as Usual”, y las perturbaciones generadas, que ocasionan cambios en el umbral de estabilidad de un sistema, y su inestabilidad, o dicho de otra forma, “Tipping-points”, los cuales, no han podido ser evitados.

Los sistemas interdependientes desempeñan el papel predominante para mantener la continuidad institucional, y con ello la “gobernanza”. Estos sistemas dependen de la utilización de electricidad para mantenerse funcionales. Sin embargo, los sistemas actuales de suministro de electricidad son centralizados, lo cual incrementa la dependencia social ante la interrupción del suministro. Actualmente, estos sistemas, no contemplan de forma desagregada los usos finales en los servicios críticos, como el suministro de gasolinas, el aseguramiento de agua para vivir sanamente, los requerimientos de energía para refugios de emergencia, escuelas, y servicios de vigilancia, entre otros. Lo anterior, tiene serias implicaciones dentro de la ley de servicios públicos de electricidad en México, donde, la energía eléctrica no es considerada como un derecho humano, y no tiene dimensiones similares a las del agua, como las de disponibilidad, acceso físico, económico y de información. Actualmente no existen reglas, ni estrategias, ni mercados para el suministro de energía eléctrica de respaldo bajo condiciones de apagones eléctricos, y las soluciones más comunes, son esperar hasta 72 horas hábiles, a que el suministro sea restaurado por la compañía proveedora, siempre y cuando no se tenga ningún adeudo con la empresa, además de que los servicios de restablecimiento solo se atienden

vía telefónica. La comunicación vía Facebook, o twitter es limitada, y de baja difusión pública. Ante apagones eléctricos, no existe una articulación congruente para proveer bienes públicos, por lo cual el caos es recurrente, como se apreció en eventos pasados, como el huracán Odil, en Baja California Sur, o los huracanes Manuel en el Pacífico, e Ingrid en el Atlántico. Además de que nuestro país, depende del sistema de alerta temprana de huracanes de Estados Unidos, porque no cuenta con uno propio debido a la falta de inversión.

La gran brecha entre la atención de la emergencia, derivada del colapso institucional causado por apagones, evidencia, la falta de atención en la medición del tiempo que dura la interrupción del suministro local, y los impactos económicos que pueden darse por la parálisis de servicios críticos, y de todas las funciones económicas de las regiones afectadas. El problema es tan complejo, que existe una gran necesidad de hacer más investigación entre los vínculos de adaptación y la energía eléctrica descentralizada.

En el corto y mediano plazo, continuaremos siendo testigos de la frustración de clientes, en términos de la cantidad de cortes eléctricos; las encuestas en campo, y el análisis histórico de eventos, son buenas referencias cualitativas, sobre el comportamiento de los apagones. Un método adecuado, y de carácter cuantitativo es el que se desarrolla con la evaluación de la carga pérdida (Voll), y el costo por hora (CPH), analizados en el capítulo 2 de esta investigación, e incorporados dentro del análisis de vulnerabilidad. El Voll, y el CPH, permiten establecer un parámetro crítico, sobre, los impactos económicos, por la pérdida de electricidad, además de ser herramientas útiles para los tomadores de decisiones, sobre la atención prioritaria y jerarquizada de comunidades. ¿Qué tan aceptable socialmente hablando, es posible dejar a una comunidad sin electricidad durante más de 10 días, 15 días, o hasta 1 mes, o más?, esto dependerá, de: 1) Los atributos económicos de la localidad afectada, y; 2) El valor electoral que tenga la región.

En el capítulo 3, se muestra el modelo de capacidades de respuesta, el cuál integra, la evaluación cualitativa del análisis de capacidades de adaptación institucionales, y en el capítulo 4, se realiza, el análisis cuantitativo de las tecnologías distribuidas. En el primer caso, las capacidades de adaptación resultaron con efectos negativos

En la tabla 5.1, se muestran los efectos que tienen las habilidades tecnológicas sobre las capacidades de adaptación ( $H_T$ ). Si la dimensión de disponibilidad de servicios críticos considera iniciativas para prevenir la caída del suministro en estos servicios y se planea la demanda crítica, con energías distribuidas, la capacidad de adaptación cambia de efectos negativos a efectos ligeramente positivos.

Este cambio impacta en otras dimensiones de la capacidad de adaptación, en el caso de la dimensión: Variedad, modifica los criterios de problemas y soluciones, de atención a la diversidad, y redundancia, cambiando los efectos negativos de la variedad a efectos ligeramente negativos.

Tabla 5.1. Relación entre habilidades tecnológicas y habilidades de adaptación institucional

Habilidades Tecnológicas (H <sub>T</sub> )	Efectos sin Tecnologías distribuidas	Efectos con Tecnologías distribuidas	Impactos en las Habilidades de adaptación H <sub>I</sub>
Robustez	Neutro	Ligeramente positivos	<b>Espacio al cambio autónomo</b>
Disponibilidad	Negativo	Ligeramente positivos	<b>Disponibilidad</b>
		Ligeramente negativos	Gobernanza
Confiabilidad e integración	Negativo	positivos	<b>Aprendizaje</b>
		Positivos	Liderazgo
Recursos energéticos	Neutro	Neutro	Recursos
		Ligeramente negativos	<b>Variedad</b>
Demanda	Negativo	Ligeramente positivos	Disponibilidad
		positivos	<b>Aprendizaje</b>
Accesibilidad	Negativo	Ligeramente positivos	<b>Disponibilidad</b>

Fuente: Elaboración propia

El uso de energías renovables genera el aprendizaje social, ya que permiten el intercambio de experiencias informales, promueven la construcción y cohesión social, así como el bienestar, impactando en mejorar la capacidad de respuesta. Si bien, estos recursos son intermitentes, es factible maximizar su aprovechamiento, utilizando sistemas híbridos y medios para el monitoreo del consumo. Además, generan conciencia, al conocer las formas del uso de las tecnologías, incidiendo en la confianza, en la discusión de dudas y generando efectos positivos en la capacidad de aprendizaje. Promueven el doble aprendizaje, al facilitar la interacción entre grupos de interés que fortalezcan la innovación; facilitan la diseminación de información, promoviendo la cultura del aprendizaje y la transición a sistemas inteligentes, y micro redes.

Vivir en una región propensa a desastres, donde la localidad cuente con energías distribuidas, para suministrar medios de vida, por ejemplo, comunicación funcional y estable, permite que la sociedad reduzca su grado de incertidumbre, al conocer la evolución de la emergencia, y contar con planes de acción, así mismo se desarrolla la conciencia sobre la importancia de las tecnologías renovables, anexo B, generando efectos ligeramente positivos sobre el espacio al cambio autónomo. La colaboración entre los grupos de interés, y su capacidad de emprender, son la base de una visión a corto, mediano y largo plazo, al proteger los servicios interfuncionales, fomentando efectos positivos sobre el liderazgo. El uso de energía solar para emergencias y la mitigación en situaciones de desastre puede hacer que el mercado crezca, especialmente para los gobiernos locales. La energía solar es una tecnología probada en situaciones de desastre. Tienen la habilidad para actuar como un catalizador que incrementa el

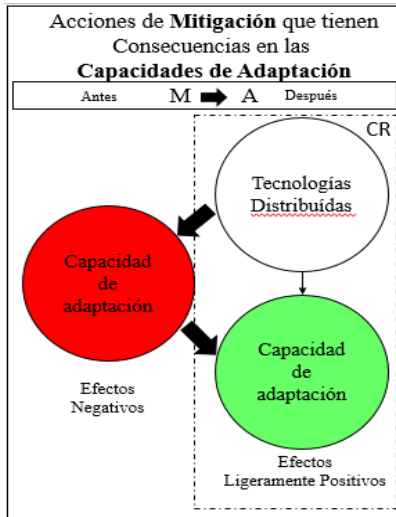


despliegue de las aplicaciones solares eléctricas e involucrar a la comunidad con respecto a la electricidad solar, modificando la dimensión de Recursos de la capacidad de adaptación.

La rigidez institucional de la localidad, genera niveles bajos de capacidad de respuesta. Para transitar a instituciones flexibles, es preciso cambiar el ciclo vicioso mencionado antes, por un ciclo virtuoso, capaz de enfrentar los problemas del cambio climático, vinculando el acceso a tecnologías amigables con el medio ambiente y activando las capacidades de adaptación, lo cuál sería traducido, como, acciones de mitigación que tienen consecuencias en la capacidad de adaptación, de acuerdo al diagrama de Holdridge, presentado en el informe del IPCC (AR4-2007), el cual plantea las necesidades de conocer las conexiones entre mitigación, adaptación y sus impactos.

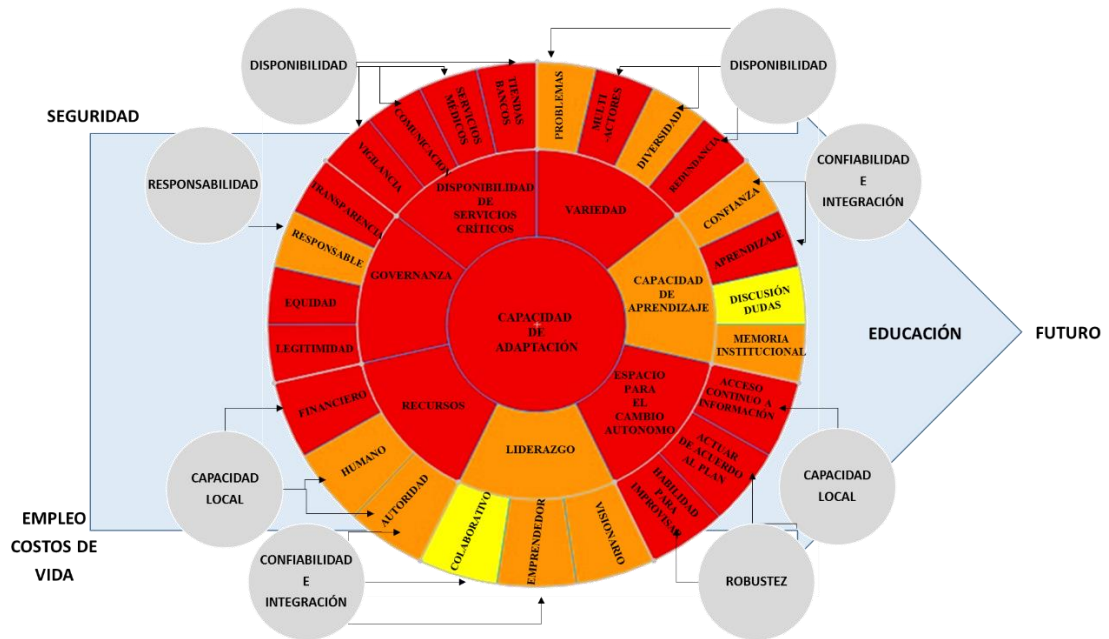
En la figura 5.1, del lado izquierdo se muestra la rueda de capacidades de adaptación global con efectos negativos. Del lado derecho, dentro del espacio de capacidad de respuesta (CR), se observan las consecuencias que tiene integrar, las tecnologías distribuidas sobre la capacidad de adaptación global, modificando los efectos negativos a efectos ligeramente positivos. La figura 5.2, ilustra las habilidades tecnológicas detonantes del cambio

Figura 5.1 Consecuencias de las tecnologías distribuidas sobre la capacidad de adaptación



Fuente: Elaboración propia

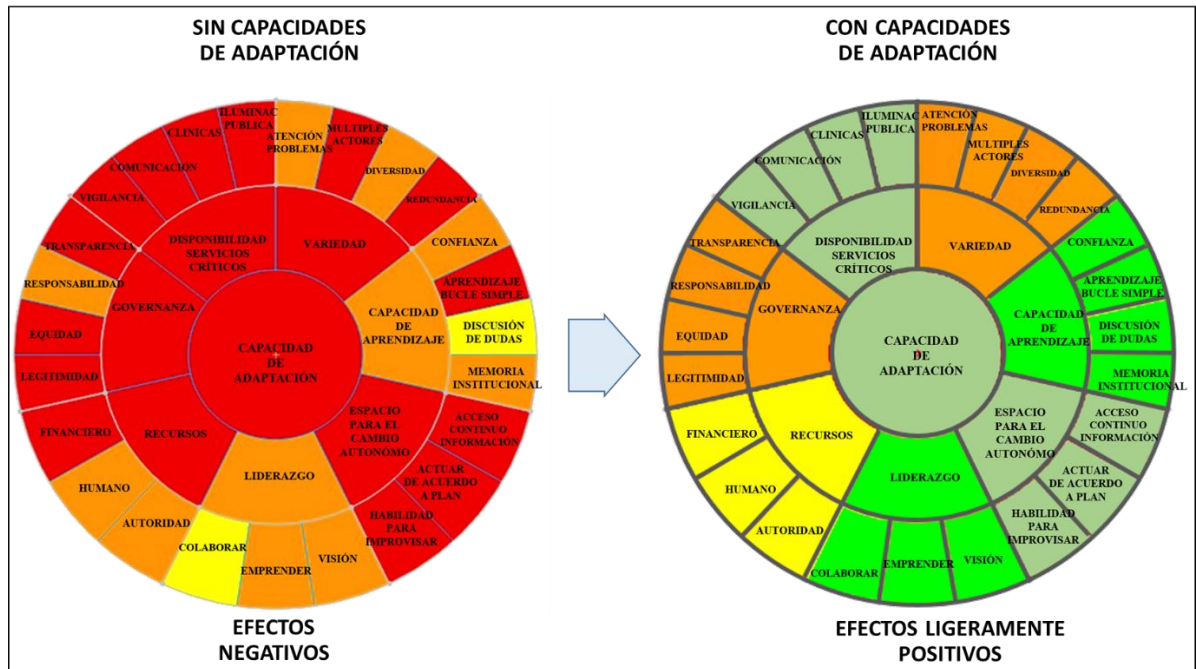
Figura 5.2 Habilidades de las tecnologías distribuidas que fortalecen las capacidades de adaptación en condiciones de desastre.



Fuente: Elaboración propia

Realizando la modificación cualitativa, sobre la matriz de capacidades de adaptación de la región bajo estudio, para los criterios respectivos, se aprecian los cambios, pasando de efectos negativos a efectos ligeramente positivos.

Figura 5.3 Mejoras sobre la capacidad de adaptación con energías distribuidas.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.2, se muestran los criterios para el cambio de la rueda de adaptación.

Tabla 5.2 Criterios considerados para la modificación de Capacidades de Adaptación

Criterios	Con Capacidades de adaptación	Score		
		Sin CA	Con CA	
Problemas y Soluciones	La creciente frecuencia y gravedad de los impactos climáticos está provocando que la administración de las condiciones extremas y desastres sea más importante en el enfoque abajo-arriba de las empresas públicas. Implica un incremento en los costos por reparación, y pérdidas económicas por la interrupción del suministro. Se enfatiza, la exposición ante la falta de herramientas y capacidades para enfrentar los problemas derivados de los cortes eléctricos. La atención de la interrupción y la parálisis de actividades, permite un campo de oportunidad para que las fuentes renovables de energía, sean utilizadas para atender la demanda en los servicios críticos, propiciando que su existencia y utilización traslade los efectos ligeramente negativos de la capacidad de adaptación a efectos ligeramente positivos. Es recomendable, realizar simulación de eventos, evaluación de impactos por zonas geográficas diversas, análisis de costos, atender diversos escenarios. Lo anterior implica una regulación gubernamental más rigurosa, y más investigación.	-1	1	
Múltiples actores	Los cortes que únicamente duran 10 minutos o hasta 1 hora solo afectan los indicadores del SAIFI (The System Average Interruption Frequency Index, Corte sostenido), y MAIFI (The Momentary Average Interruption Frequency Index, interrupción momentánea), pero eventos climáticos como los ocasionados por Katrina, Sandy, Ingrid y Manuel, han puesto la necesidad de atender nuevas leyes y protocolos de emergencia, sin embargo, en materia de interrupción, por causas “Naturales”, no se aprecia en el corto y mediano plazo, una legislación que proteja al usuario, véase el caso de: Commonwealth Edison. Por lo cual, es necesario realizar cambios a nivel gubernamental, sobre la medición en los índices de interrupción, en la ley de servicios públicos, en la cual se proteja al usuario frente a cortes eléctricos, y la colaboración de múltiples actores para la identificación de interdependencias.	-2	-2	
Diversidad	La Diversidad es considerada un principio fundamental de la seguridad, requiere el análisis de eficiencias, reservas, e, información que permitan monitorear el comportamiento de sistemas, y aquellas políticas que faciliten la adaptación cuando surgen eventos inesperados. También provee de respuestas variables e inmediatas a los desbalances en la estructura de la demanda y suministro de electricidad.	-1	1	
Redundancia	Los servicios críticos (SC) dependen de la robustez del sistema, para ello, necesitan mostrar diversidad y redundancia. Al ser más autónomos los servicios interdependientes tienden a ser más resilientes a eventos sorpresa.	-2	-1	
Dimensión	VARIEDAD	TOTAL	-1.5	-0.25
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Confianza	Los sistemas descentralizados permiten ampliar el espectro de soluciones, a diferentes escenarios y condiciones de cortes, utilizando, y combinando diversos recursos, (Sistemas híbridos), modificando con ello los resultados potenciales, y detectando fortalezas y debilidades. En momentos críticos, alternativas de solución, y eficiencia del equipo generan confianza.	-1	2	
Aprendizaje de Bucle simple	Incrementar las expectativas de información, conciencia ambiental, desarrollar capacidades de movilidad, y definir tiempos específicos para el restablecimiento eléctrico, además de entender el funcionamiento de los sistemas de energía renovable, promueven el aprendizaje y la innovación.	-2	1	
Discusión de dudas	Responsabilizar a las empresas públicas por los cortes eléctricos prolongados, aclarar los alcances del estado, y aclarar dudas sobre la atención a problemas de interrupción por causas naturales o “antropogénicas”, permite cambiar de un estado neutro, a un estado ligeramente positivo en las capacidades de adaptación, dado que se establece el campo de acción para la discusión.	0	1	
Memoria Institucional	Registros, evidencias, experiencias, talleres de análisis, permiten contar con memorias institucionales, los servicios que se mantienen funcionales, permiten el intercambio de experiencias, soluciones, además de fomentar la integración social.	-1	1	
	CAPACIDAD DE APRENDIZAJE	TOTAL	-1	1.25
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Acceso continuo a información	Al mantener los servicios de comunicación funcionales, la sociedad puede estar informada sobre la evolución de los cortes de energía, mantiene comunicación con familiares, identifica zonas anegadas, ubica refugios, dispense de alimentos, agua.	-1	1	

Actuar de acuerdo a un plan	Tener un plan para el manejo de residuos sólidos, dispendio de agua, tratamiento de aguas negras, atención en hospitales, servicios de vigilancia, permite que el sistema gubernamental en la localidad, sea ágil en la atención de crisis, para ello requiere sistemas de generación de electricidad alternativos.	-1	1	
Habilidad para improvisar	La resiliencia es vista como la capacidad de soportar tensiones o choques y recuperarse rápidamente después de una interrupción. Esto refleja una reconocida necesidad por ampliar las medidas preventivas, que reduzcan al mínimo las consecuencias negativas de eventos disruptivos. Ver anexo B.	-2	1	
	ESPACIO PARA EL CAMBIO AUTÓNOMO	TOTAL	-1.3	1
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Visión	Tener la capacidad de visualizar en el largo plazo, el desarrollo local, permite definir un rumbo, y orientar las decisiones estratégicas de crecimiento junto a las de competitividad. El cambio climático pone en riesgo, la seguridad y estabilidad económica local. El uso, y conocimiento de tecnologías renovables, promueve su difusión, autonomía, activa la generación de empleos, y reduce la contaminación.	-1	2	
Emprendedurismo	Las tecnologías descentralizadas son un agente de cambio, que facilitan la inclusión de población vulnerable, son promotoras de sociedades incluyentes y solidarias con los más necesitados. En el emprendedurismo se tiende a capitalizar en oportunidades todo aquello que es visto como desventaja y amenaza. La creatividad e innovación desempeñan un rol fundamental, Anexo B.	-1	1	
Colaboración	La continuidad en el suministro eléctrico a los servicios prioritarios, bajo condiciones críticas, permite compartir y generar experiencias de colaboración con entidades próximas al servicio interfuncional. Las exigencias por recibir el servicio centralizado, pueden convertirse en autonomías. Diversos casos exitosos de colaboración se mencionan en el último anexo.	0	1	
	LIDERAZGO	TOTAL	-0.66	1.33
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Autoridad	La ausencia de autoridades en condiciones de crisis, y el emprendedurismo pueden generar figuras de autoridad entre las comunidades. Se requieren planes de acción, y asignación de responsables, desde el nivel gubernamental local, o en su caso por los mismos locatarios.	-1	0	
Humanos	El soporte en generación eléctrica de los SC, y el manejo de sistemas de respaldo, con personal calificado, permite que las limitaciones de recursos, tiendan a transformarse en suficiencias, haciendo más conscientes a los prestadores de servicios, ayudando a reducir la inestabilidad, y mantener la continuidad en los servicios inter-funcionales.	-1	0	
Económicos	La utilización de sistemas fotovoltaicos y eólicos para atender las necesidades prioritarias de servicios, son de bajo costo, comparado con las pérdidas del Voll; además, la inversión económica en energías distribuidas puede repartirse entre la población local, reduciendo con ello los costos de inversión, y garantizando que los servicios prioritarios sean continuos, posterior a una eventualidad climática. Sin embargo, los dispositivos para el almacenamiento, aún siguen siendo muy elevados en costo, ver capítulo 4.	-2	0	
	RECURSOS	TOTAL	-1.33	0
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Legitimidad	Una definición incompleta del riesgo que enfrentan los sistemas de transmisión de alto voltaje, se encuentra al adecuarse a la definición de riesgos por eventos de muy alto impacto y baja frecuencia. Las regulaciones nacionales, estatales y municipales que los sectores críticos enfrentan para la prevención de cortes, son deficientes en varias formas, desde la separación conceptual de daños naturales y daños técnicos. Las empresas proveedoras de electricidad deben prevenir el suministro continuo, o al menos garantizar su reparación inmediata, ya que la suspensión, ocasiona daños a terceros. Las reglas deben fortalecerse primero, de tal forma que la justicia y eficacia se hagan evidentes, especialmente frente a eventos climatológicos que se vuelven más severos. Hacen falta estudios para la modelación en la distribución de apagones, alcances, cobertura y capacidad de respuesta.	-2	-2	
Equidad	Las energías distribuidas son un medio para apoyar el suministro eléctrico en condiciones de crisis, es posible la imparcialidad en el suministro, siempre que existan los medios y los recursos, sin embargo, depende de las reglas, organización, y planeación establecidas, ejemplo de ello, es la moderación en el precio de los productos, los cuales se disparan de forma inequitativa, al no existir, reglas que moderen, o que cuiden, el sobreprecio de los insumos, por lo tanto el efecto negativo, sólo cambia a efectos neutrales, dependiendo de las reglas institucionales y el cumplimiento que se les dé.	-2	0	
Responsabilidad	Deben tomarse medidas precautorias, aun cuando algunas relaciones de causa y efecto no hayan sido totalmente determinadas de forma científica. La utilización de sistemas	-1	0	

	distribuidos en servicios críticos, previene de eventos no deseados. El enfoque de inversión y preparación posterior al desastre, implica respuestas lentas, y las pérdidas económicas y de vidas sean mayores. Las empresas proveedoras de electricidad, deben asumir su responsabilidad de mantener la continuidad, y el gobierno debe legislar para favorecer la seguridad social. Con la idea de que, la seguridad no sea sólo un proceso tecnológico, sino, un proceso organizacional e institucional.			
Transparencia	Saber el tiempo que pasa la gente sin energía eléctrica, en un año, sin importar su ubicación geográfica, no es fácil, debido a que no existen bases de datos estandarizadas que provean información confiable. Las mismas compañías proveedoras del servicio eléctrico, le dan énfasis a los cortes en las plantas de energía y a las líneas de transmisión, no a las líneas que conducen el suministro directo a los usos finales. El tipo de información necesaria para el entendimiento sobre la confiabilidad de la empresa y los impactos “naturales” sobre la infraestructura eléctrica no es transparente. Crear transparencia, mejora el mercado, al conocer las fallas de equipos, y los proveedores de servicios, además estimula la competitividad, al identificar, zonas, localización, unidades afectadas, tipo de generación eléctrica, capacidades disponibles, razones de corte, tiempos de inicio, tiempos estimados, estatus, registros históricos. Primero deben fortalecerse las reglas*.	-2	-2	
GOBERNANZA		TOTAL	-1.75	-1
Criterios	Con Capacidades de adaptación	Sin CA	Con CA	
Vigilancia	Modificar la ley de servicios públicos y crear un mercado para el diseño de sistemas eléctricos resilientes, facilita contar con energía necesaria para condiciones de vigilancia, comunicación, servicios en clínicas, hospitales, gasolineras, gaseras, entre otros. Diversos casos de éxito se mencionan en el anexo B.	-2	1	
Comunicación		-2	1	
Clínicas		-2	1	
Otros Servicios		-2	1	
DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS CRÍTICOS		TOTAL	-2	1

Fuente: Elaboración propia. \*Ver SSE, <http://sse.com/whatwedo/wholesale/generation/powerplantoutages/>; <http://insideenergy.org/2015/03/20/ie-questions-how-long-is-your-blackout/>

Reevaluando la matriz de CA, normalizando los valores para las 212 entidades, y asumiendo, que del total de municipios, sólo 1 cuenta con CA, (Alvarado), su posición en el ranking del IV, lo ubica, del lugar 5, al lugar 10, utilizando, energías distribuidas como medio para incrementar las capacidades de adaptación.

Tabla 5.3 Índice de Vulnerabilidad (IV) con capacidades de adaptación

Municipio	IV	Ranking	Municipio	IV	Ranking
Mixtla de Altamirano	0.115742551	1	Tlacotepec de Mejía	0.072920485	108
Tehuipango	0.115374229	2	Cosamalooapan de Carpio	0.072814488	109
Filomeno Mata	0.109024658	3	Maltrata	0.072774493	110
Coatzacoalcos	0.108148724	4	Ixcatepec	0.072497772	111
Texcatepec	0.103514322	5	Huayacocotla	0.072441787	112
Ilamatlán	0.103030593	6	Zaragoza	0.072376742	113
Tecolutla	0.102479913	7	Chocamán	0.072342242	114
Mecatlán	0.10238853	8	Tres Valles	0.066240746	166
Zontecomatlán L y Ftes	0.101679058	9	Mariano Escobedo	0.066017091	167
<b>Alvarado</b>	<b>0.105621583</b>	<b>10</b>	Xico	0.065948154	168
Angel R. Cabada	0.084004975	43	Sayula de Alemán	0.065928227	169
Uxpanapa	0.083760662	44	Catemaco	0.065864463	170
Chumatlán	0.083726573	45	Otatitlán	0.065806459	171
Poza Rica de Hidalgo	0.08334291	46	Teocelo	0.065788839	172
Coxquihui	0.083308047	47	Sochiapa	0.065748048	173
Texhuacán	0.082532832	48	Juan Rodríguez Clara	0.065743028	174
Álamo Temapache	0.082515457	49	Oluta	0.052687514	209
Zongolica	0.082111108	50	Orizaba	0.048717318	210
Pueblo Viejo	0.081800425	51	Tierra Blanca	0.048149138	211
Chiconamel	0.081525333	52	Córdoba	0.045383771	212
Las Vigas de Ramírez	0.072950127	107			

Fuente: Elaboración propia con base en el método de Patnaik and Narayanan

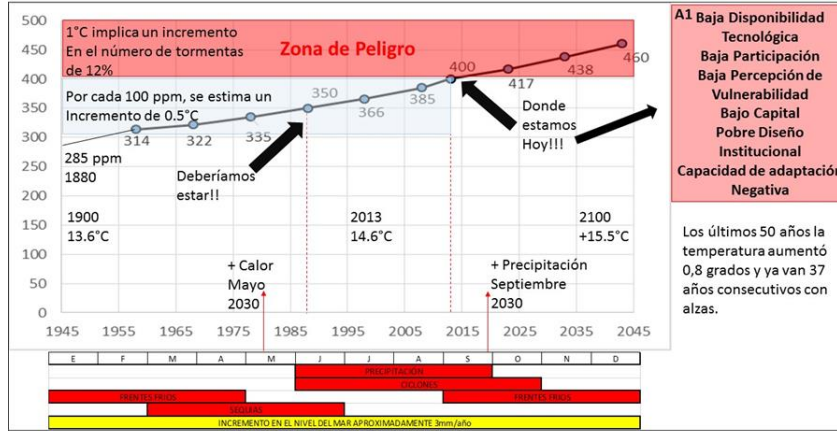
La Hipótesis planteada en esta investigación: Las Energías renovables distribuidas son un factor esencial para mejorar las capacidades de adaptación, se cumple, ya que efectivamente se reducen los efectos negativos, y activan el desarrollo institucional, al mantener los servicios críticos funcionales y desencadenar efectos positivos en diversos criterios del análisis dimensional de la adaptación local, figura 5.2. Además se reduce el nivel de vulnerabilidad de la localidad, lo cual se aprecia en la evaluación de Patnaik y Narayanan, tabla 2.28, tabla 5.3.

Muchos de los artículos de investigación sobre energías renovables, y su implementación para la reducción de las emisiones contaminantes, sólo se enfocan en los aspectos técnicos, y muy pocos, hablan de los vínculos con la capacidad de adaptación institucional y los efectos resultantes de estos vínculos. Recordando que la adaptación, es definida como la prevención directa del daño, mientras que la mitigación es la prevención indirecta del mismo. En la figura 5.4, en la parte inferior, se muestra la escala anual climatológica, distribuida en meses, para la región de estudio, en el estado de Veracruz, la cual, es sujeta de diversos cambios meteorológicos, que contribuyen en la alteración del clima, y generan un ambiente de complejidad que requiere mayor atención, y recursos para la investigación. El crecimiento de emisiones de CO<sub>2</sub>, se conjuga con la gran cantidad de humedad del Golfo de México por la influencia de brisas marinas, precipitaciones sobre la región, en los meses de Junio a Septiembre; de presencia de ondas del este, turbonadas, depresiones y ciclones tropicales desde Junio hasta Octubre; frentes fríos durante ocho meses; sequías, durante Marzo, Abril, Mayo y Junio, y el constante e imparable aumento del nivel de mar, cada año, de 3 mm. El efecto del cambio climático sobre estos fenómenos, se presenta en la forma de tormentas más severas, sobre todo en la zona de montaña, estiajes más pronunciados en la zona norte y cambios en la temporada de lluvia en todo el estado de Veracruz.

Estas variaciones climáticas hacen inoperantes las constantes climatológicas como definidas para periodos de 30 años. Se estima que en 2030, el mes de Mayo sea el más caluroso, y la precipitación se incremente en el mes de Septiembre, temporada reconocida actualmente de eventos climáticos extremos. Efectivamente, las zonas costeras están siendo impactadas cada año por huracanes, e inundaciones que reducen el desarrollo de las comunidades, lamentablemente, muy poco se ha documentado al respecto, debido a que los impactos inciden directamente sobre la evolución institucional local, y, además, las evaluaciones de vulnerabilidad basadas en metodologías comunes no consideran escalas apropiadas, lo suficientemente finas como para proveer una guía adecuada en el nivel comunitario respecto a

la adaptación al cambio en el clima, aunado, a que los resultados de los modelos climáticos y sus escenarios son demasiado amplios, para su aplicación local.

Figura 5.4. Emisiones de CO<sub>2</sub>, en partes por millón, y comportamiento anual de eventos climáticos



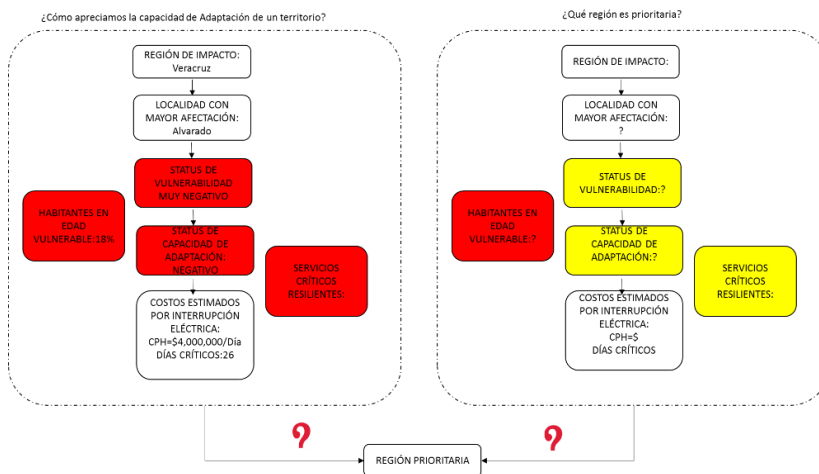
Fuente: Elaboración propia

El espacio de respuesta, de la región bajo estudio, cuadro A1, indica el status actual y las necesidades de transitar hacia un espacio con alta disponibilidad y alta participación.

## 5.2 Trabajo de Investigación futuro

El estudio desarrollado, muestra diversas localidades críticas, que requieren el estudio de CA. En la figura 5.5, se muestran 2 regiones de impacto, donde se requiere identificar, cual es la región prioritaria para su atención, posterior a una crisis climática. Esta comparación, puede hacerse entre comunidades afectadas por el mismo tipo de evento meteorológico, o por diferentes, (sequia o inundaciones).

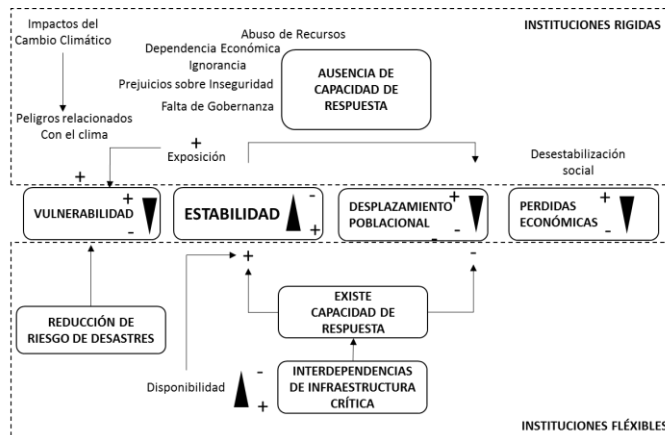
Figura 5.5. Apreciación de la capacidad de adaptación y definición de prioridades



Fuente: Elaboración propia

Automatizar, el proceso de vínculos de adaptación y tecnologías distribuidas, mediante software, reduciría los tiempos de evaluación. La creación de un simulador de escenarios que indique los efectos negativos y positivos sobre aspectos económicos, sociales y ambientales es otra área de oportunidad que requiere ampliar las bases de datos de exposición, sensibilidad, y CA, para otras regiones.

Figura 5.6. Evaluación por medio de herramientas de cómputo para diversos escenarios de vulnerabilidad, y Estabilidad



Fuente: Elaboración propia

La creación de mapas locales digitales de alta resolución por medio de Orto fotografía, permitiría identificar en tiempo real, las zonas impactadas. Tan sólo en México, existen más de 2400 municipios, los cuales no cuentan con un análisis de capacidades de adaptación institucional, lo cual genera un amplio espacio de oportunidades para la investigación.



# Referencias Bibliográficas

## A

Abbasi, T., Premalatha, M., (2011). The return to renewables: will it help in global warming control?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 891-894, Elsevier.

Ackermann, T., Andersson, G., Söder L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research* 57 (2001) 195–204

Action plan amendment number 7 (2014). State partnership with the U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL). [Available on line at [www.state.nj.us/dca/](http://www.state.nj.us/dca/)]

Agus-Setiawan, A., Nayar, Ch. Design of hybrid power system for a remote island in Maldives. Department of electrical and computer engineering. Curtin University of Technology, Australia.

Agrawal, A. (2008). The role of local institutions in adaptation to climate change. In: Bank, W. (Ed), *Social Dimensions of Climate Change*. Washington, DC.

ADAM. Adaptation and mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy. [Available on line at <http://adam-digital-compendium.pik-potsdam.de/macro-economic-analysis/direct-impacts-1/impacts-by-sector/energy-1/>;<http://adam-digital-compendium.pik-potsdam.de/macro-economic-analysis/direct-impacts-1/references/>]

Adger, W. Neil. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268–281.

Akella, A., Saini, R. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems, *Renewable Energy* 34, 390-396

AMICA. (2014). Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach [Available on line at [www.climatealliance.org](http://www.climatealliance.org); [http://www.amica-climate.net/online\\_tool.html](http://www.amica-climate.net/online_tool.html)];[http://www.amica-climate.net/fileadmin/amica/inhalte/dokumente/Amica\\_Adap\\_Mitig\\_web.pdf](http://www.amica-climate.net/fileadmin/amica/inhalte/dokumente/Amica_Adap_Mitig_web.pdf)

Annual Disaster Statistical Review. (2012). The numbers and trends. [Available on line at <http://www.emdat.be/classification>]

Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *The London Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science [Fifth Series]* April 1896. *Phi. Mag. S. 5. Vol. 4. No. 251.* April 1896. [Available on line at: <http://www-users.math.umn.edu/~mcgehee/Seminars/ClimateChange/references/Arrhenius1896-ocr.pdf>]

Atlas nacional de riesgos. [Disponible en línea en <http://atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>]

Avia, F. (2002). Estado de desarrollo tecnológico del aprovechamiento de la energía eólica. Departamento de energías renovables. *Tecnologías Energéticas e impacto ambiental*. CIEMAT. Madrid, Mc Graw Hill, 2002, pp. 371-381.

## B

Barnett, J., 2001. Adapting to climate change in Pacific Island countries: The problem of uncertainty. *World Development*, 29(6), 977-993.

Baumgärtner, S., Quaas M. (2010). What is sustainability economics, *Ecological Economics* 69, 445-450, Elsevier.

Bauer, E., Zhang, X., Kimber, A. (2009). *Practical System Reliability*. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470455401.app2>

Benjamin McLellan \*, Qi Zhang, Hooman Farzaneh, N. Agya Utama and Keiichi N. Ishihara. (2012). Resilience, Sustainability and Risk Management: A Focus on Energy. *Challenges* 2012, 3, 153-182; doi: 10.3390/challe3020153

Berkes, F., J. Colding, and C. Folke. (2003). *Navigating social–ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Berman, R., Quinn, C., Paavola, J. (2012) The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity. *Environmental Development* 2 (2012) 86-100

Berry, P., et al, (2008). Minimisation of and adaptation to climate change: impacts on biodiversity (MACIS), [Available on line at <http://macis-project.net/>]

BIINEGI. PIB 2008, Banco de Información, producción bruta total (2008). [Disponible en línea en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/default.aspx>]

Biermann, F. (2007). Earth system governance' as a crosscutting theme of global change research. *Global Environmental Change* 17, 326–337.

Birkmann, J. (2011). First-and second order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change, *Natural Hazards*, 1-30.

Blackout Tracker. United States Annual Report (2012). Power Outage Annual Report; [Available on line at [www.eaton.com/blackouttracker](http://www.eaton.com/blackouttracker)]

Bliem, M. (2005): Eine makroökonomische Bewertung zu den Kosten eines Stromausfalls im österreichischen Verteilungsnetz. Discussion Paper No. 02/2005 of the Institute for Advanced Studies Carinthia.

Bluepacific solar. <http://www.bluepacificsolar.com/emergency-solar-backup-power.html>; [Available on line at [http://prepforshftf.com/mini-grid-solar-power-system-emergency-lighting/#.VL2Xk0eG\\_3S](http://prepforshftf.com/mini-grid-solar-power-system-emergency-lighting/#.VL2Xk0eG_3S)]

Bohle, H-G. (2001) Vulnerability and critically: perspectives from social geography. Newsletter of the international human dimensions programme on global environmental change

Bohle, H-G, Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography. IHDP Update 2/2001, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. 2001200117. In Ciurean R., Schröter D., Glade T. (2013). Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction. Intech. <http://dx.doi.org/10.5772/55538>

Botello, A., et all (2010). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Disponible en línea [http://etzna.uacam.mx/epomex/publicaciones/vulnerabilidad/vulnerabilidad\\_CCParte1a.pdf](http://etzna.uacam.mx/epomex/publicaciones/vulnerabilidad/vulnerabilidad_CCParte1a.pdf)

Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre.

Bryan S. (2011). Saving Electricity in a hurry. International Energy Agency Update 2011. [Available on line at [www.iea.org](http://www.iea.org)]

Burton I. (1992). Adapt and thrive. Canadian Climate Centre unpublished manuscript, Downsview, Ontario.

## C

California Public Utilities commission (CPUC). (2014). 2014 Self Generation Incentive Program Handbook. Accessed September 2015: [www.selfgenca.com/documents/handbook/2014](http://www.selfgenca.com/documents/handbook/2014)

Cancino-Solorzano, Y., Xiberta-Bernat, J. (2009). Statistical analysis of wind power in the region of Veracruz (Mexico). *Renewable Energy* 34. 1628–1634

Cancino-Solórzano, Y., Gutiérrez-Trashorras, A., Xiberta-Bernat, J. (2010). Analytical methods for wind persistence: Their application in assessing the best site for a wind farm in the State of Veracruz, Mexico. *Renewable Energy* 35 (2010) 2844-2852

Carbajal, J. (2010) Zonas costeras bajas en el Golfo de México ante el incremento del nivel del mar. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (Eds.) (2010) *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*.

Carew-Reid, J., Ketelsen, T., Kingsborough, A., and Porter, S. (2011). Climate Change Adaptation and Mitigation (CAM) Methodology Brief. ICEM – International Centre for Environmental Management. Hanoi, Vietnam. [Available on line at <http://www.icem.com.au/>]

CEIEG (2012). Comité estatal de información estadística y geográfica de Veracruz. [Disponible en línea en <http://ceieg.veracruz.gob.mx/difusion/publicaciones/cuadernillos-municipales-de-veracruz-2012/>]

CENAPRED, Segob. (2011). Atlas Nacional de Riesgos. Base de datos sobre declaratorias de emergencia, de desastre y contingencia climatológica. [Disponible en línea en [http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=48&Itemid=215](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=48&Itemid=215)]

CENAPRED, Segob. (2012). Centro Nacional de Prevención de Desastres. [Disponible en línea en <http://www.cenapred.com.mx; http://www.cenapred.unam.mx/es/AnalisisYGestionDeRiesgos/>]

Centro Tyndall para la investigación del cambio climático. <http://www.tyndall.ac.uk/biblio>; [Available on line at <http://www.tyndall.ac.uk/publications/journal-article/2008/electricity-security-vs-climate-change-experiences-german-and-greece/http://www.tyndall.ac.uk/publications/conference-proceedings/2005/sulphur-dioxide-emissions-due-electricity-generation-aegean>]

Chidiak, M., Tirpak, D. (2008). Los desafíos de la tecnología para la mitigación: consideraciones para la formulación de políticas nacionales relativas al cambio climático, An Environment and Energy Group Publication of PNUD.

Christie, C., Guadagno, K., Constable, E., (2014). Action plan amendment number 7. New Jersey Department of Community Affairs. [Available on line:

<http://www.nj.gov/dca/divisions/sandyrecovery/pdf/NJ%20Action%20Plan%20Substantial%20Amendment%20202%2020final.pdf>].

Choi S., Kim D., Jeong S., Ryu H. (2002). Evaluation of the customer interruption cost taking into consideration macroeconomic approach in Korea. In power system technology. Proceedings. PowerCon 2002. International Conference on 2002, vol 4, pp 2358-2362.

Chowdhury, S., Higelin, J., Holmes, K., (2010). Evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático, UNFCC, PNUD

Cities and climate change adaption. [Available Online at [http://ew.eea.europa.eu/cites\\_ccc/european-projects](http://ew.eea.europa.eu/cites_ccc/european-projects)]

Climate Change Vulnerability Index (CCVI). Maplecroft. [Available Online at <http://maplecroft.com/about/news/ccvi.html>]

Climate Projections (with focus on NYS and the greater NYC metro region). FCC-NR 2013-Brooklyn, New York, Feb 6, 2013. [Available Online at <http://edas.info/web/fcc-nr2013/program.html#S1569467079>].

CLIMDEX. Datasets for Indices of Climate Extremes. [Available on line at: <http://www.climdex.org/index.html>]

Climatetechwiki. [Available on line at <http://www.climatetechwiki.org/>]

ConEdison (ConEd). (2013). Demand Management Incentives. Accessed September 2015: [www.coned.com/energyefficiency/demand\\_management\\_incentives.asp](http://www.coned.com/energyefficiency/demand_management_incentives.asp)

COP18. (2012). The eighteenth session of the Conference of the Parties (COP 18). Doha, Qatar. [Available on line at [http://unfccc.int/meetings/doha\\_nov\\_2012/session/7049.php](http://unfccc.int/meetings/doha_nov_2012/session/7049.php)]

Costa, L., and Kropp, J. (2012), Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies, Sustainability Science, Published, ISSN 1862-4065.

Collins. (2012). Decentralized Renewable Energy Systems Will Make Us Less Vulnerable to Hurricanes. [Available Online at <http://energy.aol.com/2012/11/27/decentralized-renewable-energy-systems-will-make-us-less-vulnerable/>; <http://www.solar1.org/>]

Comisión Federal de Electricidad (2011). Cálculos 2011 para el Consumo Promedio de Electricidad por Familia. [Disponible en línea en <http://www.cfe.gob.mx/calculosconsumo>]

Conagua. (2009). Sistema Nacional de Información del Agua (sina), Conagua, México.

Conde, C. (2005) Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales. [Disponible en línea en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/508/vulnerabilidad.pdf>]

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. [Disponible en línea en <http://www.conafor.gob.mx/web/>]

CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. [Disponible en línea en <http://www.coneval.gob.mx/Paginas/principal.aspx>]

Connor R.F. and K. Hiroki. (2005). Development of a method for assessing flood vulnerability, Co-operative Programme on Water and Climate (CPWC), Water Science & Technology Vol 51 No 5 pp 61–67, IWA Publishing 2005

COVECYT. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz.

Crutzen, P. J. (2002). Geology of Mankind. Nature 415: 23.

Cruz-Mata, I., (2009). Propuesta para la regulación de la calidad del servicio en los sistemas de distribución de la CFE, Esime, IPN, pc 60.

Cutter, Susan L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography 20,529–539.

## D

DARA. Climate Vulnerability Monitor. [Available on line at <http://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/climate-vulnerability-monitor-2012/>]

Diario El Universal. 16 de Mayo de 2014. Convención nacional de protección civil 2014. Acapulco Guerrero, México

Diario La Jornada (2015/01/31); <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/01/31/recortes-presupuestales-de-pemex-y-cfe-implicaran-ajustes-en-gastos-personales-8621.html>

Dolan, A.H., Walker, I.J., (2006). Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risk. Journal of coastal research, SI 39 (proceedings of the 8° International Coastal Symposium), 1317-1324. Itajai, SC, Brazil, ISSN 0749-0208

Dumont J. (2012). Solar Backup System Powers through Hurricane Sandy with Sunny Centrals. Accessed September 2015: <http://www.smainverted.com/2012/12/27/solar-backup-system-powers-through-hurricane-sandy-with-sunny-centrals/>

## E

Ebinger, J., (2011). Climate impacts on energy systems, key issues for energy sector adaptation, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

Edison International. Centro virtual de simulación de cortes de energía eléctrica. [Available on line at [https://www.sce.com/nrc/poweroutagecenter/sce-map\\_new2.swf](https://www.sce.com/nrc/poweroutagecenter/sce-map_new2.swf)]

El Bassam, N., Maegaard, P., Lawton, M. (2013). Distributed renewable energies for off-grid communities. Elsevier.

ENIGH. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares [Disponible en línea en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/>]

Enviro-Windows, EEA platform for knowledge sharing and development. [Available Online at <http://ew.eea.europa.eu/>]

Epri (2009). Key Climate Variables Relevant to the Energy Sector and Electric Utilities. Climate Science Newsletter.

Ertas, A. (2010). Understanding of transdiscipline and transdisciplinary process. Transdisciplinary Journal of engineering and science, Vol 1, pp 55-73.

ESPON Climate. (2011). Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. ESPON & IRPUD, TU Dortmund. [Available on line at [http://www.espon.eu/main/Menu\\_Projects/Menu\\_AppliedResearch/climate.html](http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/climate.html)]

Estrategia Nacional de Cambio Climático, (2013-2018). [Disponible en línea en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013)]

Evans, P., and Fox-Penner, P. (2014). Resilient and Sustainable Infrastructure for urban energy systems. Solutions. Vol 5, No. 5. Pp.48-54. Accessed September 2015: [www.thesolutionsjournal.com/node/237206](http://www.thesolutionsjournal.com/node/237206);

## F

Fahimi et al., "Charge it," IEEE Power Energy Mag., vol. 9, no. 4, pp. 54–64, Jul–Aug. 2011.

Fernández, H., Martínez, I., Guzmán, A., Giménez, M. (2005). Modelaje y simulación de una batería de plomo ácido mediante fuentes dependientes de voltaje – corriente y bloques de funciones aritméticas. Universidad, Ciencia y Tecnología. Versión impresa ISSN 1316-4821. [Available on line at [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212005000100005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212005000100005)]

Folger, T. (2013). Rising Seas. National Geographic. Volume 224. No.3. September 2013. Lawson parker, ngm staff. Sources: Josh Willis, Nasa/jpl; John Church and Neil Wwhite, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; Andrew Kemp et al., 2011; R. Steven Nerem et al., 2010; NOAA

Folke C, Hahn T, Olsson P, Norberg J. (2005). Adaptive governance of social–ecological systems. Annu Rev Environ Resour 2005; 30:441–73.

Folke, C.; Carpenter, S.; Walker, B.; Scheffer, M.; Chapin, T. y Rockström, J. (2010). «Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability ». Ecology and Society, 15 (4), 20.

Fischer, S., Kubis, M. Greve, Rehtanz, C. (2013). Macro-Economic Calculation of the Value of Lost Load and the Costs per Hour of Blackouts in Germany, IEEE PESS 2013, Bielefeld, Germany, Jan. 2013; [Available on line at <http://www.ie3.tu-dortmund.de/cms/de/Institut/index.html>]; [http://www.for1511.tu-dortmund.de/cms/de/Projekte/Teilprojekt\\_4/index.html](http://www.for1511.tu-dortmund.de/cms/de/Projekte/Teilprojekt_4/index.html)]

Florida State Energy Center (FSEC). (2014). Accessed September 2015: SunSmart E-Shelters Program. [www.fsec.ucf.edu/en/education/sunsmart/index.html](http://www.fsec.ucf.edu/en/education/sunsmart/index.html)

Fondo para la atención de emergencias, (FONDEN). [Available Online at <http://www.proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil/Fonden>, <http://diariolavozdelsureste.com/veracruz/veracruz/pierden-50-km-de-costa-en-alvarado/>]

Fowler HJ, Kilsby CG. (2002). Precipitation and the North Atlantic Oscillation: a study of climatic variability in Northern England. International Journal of Climatology 22: 843–866.

## G

Gay, C. (2000). México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP 220. [Disponible en: <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/>]

- Generac. [Available on line at <http://www.generac.com/for-homeowners/home-backup-power>]
- Giddens, Anthony. (2010). *The politics of climate change*, Polity Press Ltd, Cambridge.
- Glaser, M., Krause, G., Ratter, B., Welp, M., (2008). "Human-Nature interaction in the Anthropocene: potential of social-ecological systems analysis". *GAIA*, 17(1): 77-80.
- Global Natural Catastrophe Update.Loss Events Worldwide 1980 – 2013 Number of events
- Global Risk (2013-2015). World Economic Forum. [Available on line at [www.weforum.org](http://www.weforum.org)]
- Global Risk (2016). World Economic Forum. [Available on line at [www.weforum.org](http://www.weforum.org)]; [reports.weforum.org/global-risks-2016/press-releases/](http://reports.weforum.org/global-risks-2016/press-releases/)
- Goalzero. [Available on line at <http://www.goalzero.com/emergency-prep>]
- Goldemberg, J. (2004). *Development and Energy*. Encyclopedia of Energy, Elsevier Science. Vol 1.
- González-Muzzio, Claudia. (2013). El rol del lugar y el capital social en la resiliencia comunitaria posdesastre: Aproximaciones mediante un estudio de caso después del terremoto del 27/F. *EURE* (Santiago), 39(117), 25-48. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612013000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612013000200002&lng=es&tlng=es). 10.4067/S0250-71612013000200002.
- GoSolPower. [Available on line at <http://www.go-sol-power.com/product/190/>]
- Gosolpower. [Available on line at <http://gosolpower.lhtech.com/solar-generators.html>]
- Goto, Y., Suzuki, T., Suetomi, I., Shoji, Y., Tsuruta, M., Kataoka, S., Suzuki, H. (2006). Damage propagation caused by interdependency among critical infrastructures. Disponible en línea en <http://civil.ccc.yamanashi.ac.jp/~takeyasu/pdf/Nanjing2007.pdf>
- Grothmann, T, Siebenhüner B, et al. Assessing adaptive capacities in decision making. *Nordwest 2050*. [Available Online at [http://www.nordwest2050.de/index\\_nw2050.php](http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php)]
- Grothmann, T., Siebenhüner, B. (2011). Social learning – integrating perspectives from political sciences and psychology for understanding capacities to adapt to climate change, presented at the ESEE conference, June 14-17 2011, Istanbul
- Guha-Sapir, D., Hoyois, P., Below, R. (2013). *Annual Disaster Statistical Review 2012. The numbers and trends*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED); Institute of Health and Society (IRSS); Université catholique de Louvain – Brussels, Belgium; [Available on line at [http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR\\_2012.pdf](http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2012.pdf); <http://www.emdat.be/classification>]
- Güney, I., Onat, N. Cost calculation algorithm for photovoltaic systems. [Available on line at [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)]
- Gupta, J, Termeerb, C, Klostermann, J, Meijerink, S, Margo van den Brinke, Jongf, P, Nootboom, S, Bergsma, E. (2010) "The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society", *Environmental Science & Policy*, Volume 13, Issue 6, Pages 459–471.

## H

- Hamachi, K., Eto, J. (2004). *Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. [Available on line at <http://certs.lbl.gov/pdf/55718.pdf>]
- Hannes and Abbott. (2013). *Distributed energy: Disrupting the utility business model*. Bain Company. [Available on line at [http://www.bain.com/Images/BAIN\\_BRIEF\\_Distributed\\_energy\\_Disrupting\\_the\\_utility\\_business\\_model.pdf](http://www.bain.com/Images/BAIN_BRIEF_Distributed_energy_Disrupting_the_utility_business_model.pdf)]
- Hedde, C. (2013). *Natural Catastrophe Year in Review*. Presented on January 7, 2014. Munich Reinsurance America, Inc.; [Available on line at [http://homepage.univie.ac.at/franz.diboky/MunichRe\\_III\\_NatCatWebinar\\_012014.pdf](http://homepage.univie.ac.at/franz.diboky/MunichRe_III_NatCatWebinar_012014.pdf)]
- Hernandez-Escobedo, Q., Espinoza-Arenal, F., Saldaña-Flores, R., Rivera-Blanco, C. (2012). Assessment to wind power for electricity generation in the state of Veracruz (México). *Dyna* 2012 79(171). [Available on: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49623207028.pdf>]
- Hill, T., Polsky, C. (2005). Suburbanization and adaptation to the effects of suburban drought in rainy central Massachusetts. *Geographical bulletin* 47 (2), 85-100.
- Holsten A, Kropp JP (2012): An integrated and transferable climate change vulnerability assessment for regional application. *Natural Hazards*. [Available on line at <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-012-0147-z>]

Hotchkiss, E., Metzger, I., Salasovich, J., Schwabe, P. (2013). *Alternative Energy Generation Opportunities in Critical Infrastructure: New Jersey*. NREL/TP-7A40-60631. Golden, CO, National Renewable Energy Laboratory. Accessed September 2015: [www.nrel.gov/docx/gen/fy14/60631.pdf](http://www.nrel.gov/docx/gen/fy14/60631.pdf)

## I

Ibarrarán, M., Malone, E., (2009), *Climate change vulnerability and resilience: current status and trends for Mexico*, Springer Science+Business Media B.V.

Ibarrarán, M., Malone, E. & Brenkert A. (2010) *Climate change vulnerability and resilience: current status and trends for Mexico*. *Environ Dev Sustain*, 12, 365–388.

IEEE P1547/D08. Draft Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

IMCO. Instituto Mexicano para la competitividad. (2011-2012). *Política de prevención de riesgos y peligros Municipios, con base en cuestionario de IMCO 2011*. [Disponible en línea en <http://imco.org.mx/home/>]

INAFED. (2010). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. *Anuario Estadístico*. [Disponible en línea en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae11/estatal/ver/default.htm>; <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825054021&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=8&pg=0>]

INEGI (2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (Inegi). Disponible en línea en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx); <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Ver/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=30>; [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora\\_socio/ver/Panorama\\_Ver\\_T1.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/ver/Panorama_Ver_T1.pdf); <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est; Coneval>

INEGI (2010). Sistema para la consulta de las Síntesis Estadísticas Municipales 2010; <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sem10/default.htm>

INEGI (2012). [http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC\\_INEGI\\_Sistema\\_Municipal\\_de\\_bases\\_de\\_datos\\_SIMIPCC](http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_INEGI_Sistema_Municipal_de_bases_de_datos_SIMIPCC), FAR (2007).

International Renewable Energy Agency. IRENA. [Available on line at <http://irena.masdar.ac.ae/>]

IPCC, FAR (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. [Available on line at [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch19s19-1-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch19s19-1-2.html)]

———. 2007a. *Climate Change 2007. Working Group 3: Mitigation and Climate Change; Summary*, [Available on line at: <http://www.mnp.nl/ipcc/docs/FAR/ApprovedSPM0405rev4b.pdf> ]

———. 2007b. Working Group II Contributions to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report: *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*; [Available on line at <http://www.ipcc.ch/SPM6avr07.pdf>; <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=8>]

IPCC (2012). *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. [Disponible en línea: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC\\_SREX\\_ES\\_web.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf); <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>]

IPCC (AR5-2013). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; [Available on line at <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/factsheet/documents/ClimateChangeInfoSheet2013-11rev5FINAL.pdf>; [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WG1AR5\\_Headlines.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WG1AR5_Headlines.pdf)]

IPCC (AR5-2014). *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers*. [Available on line at <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>]

Ilskog, E., Kjellstrom, B., (2008). And then they lived sustainably ever after?—Assessment of rural electrification cases by means of indicators. *Energy Policy* 36 (2008) 2674– 2684

IRI. International Research Institute for climate and society, The Earth Institute, Columbia University, the Lamont Campus. [Available on line at: <http://iri.columbia.edu/news/maps-made-for-disaster-managers/>]

Irfan Guney and Nevzat Onat (2010). *Cost Calculation Algorithm for Photovoltaic Systems, Paths to Sustainable Energy*, Dr Artie Ng (Ed.), ISBN: 978-953-307-401-6, InTech, [Available from: <http://www.intechopen.com/books/paths-to-sustainable-energy/cost-calculation-algorithm-for-photovoltaicsystems>]

ISDR. International Strategy for Disaster Reduction. (2009). “unisd Terminology on Disaster Risk Reduction”, [Available on line at: <http://www.unisd.org/eng/terminology/terminology-2009-eng.html>]

## J

Jamieson, D., (2005), Adaptation, mitigation, and justice, Perspectives on Climate Change: Science, Economics, Politics, Ethics (Advances in the Economics of Environmental Resources, Volume 5), Emerald Group Publishing Limited, pp. 217 – 248

Janssen, M.A., Ostrom, E., (2006). “Governing social-ecological systems. Chapter 30 in Handbook of Computational Economics, vol 2”. Elsevier: 1465-1509.

## K

Keeling, Ch. (2016). Accurately Recording CO2 Atmospheric Levels. 2016 American Physical Society. [Available on line at: <https://www.aps.org/programs/outreach/history/historicsites/keeling.cfm>]

King, D. (2007). Climate Change Science: Adapt, mitigate or ignore?, Science, 303,2007, pp.177

Klein, R., (2005). Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, Environmental Science and Policy 8, 579-588, Elsevier.

Klein, R.J.T., S. Huq, F. Denton, T.E. Downing, R.G. Richels, J.B. Robinson, F.L. Toth, (2007). Inter-relationships between adaptation and mitigation. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777; [Available on line at [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch18.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch18.html); <http://unfccc.int/2860.php>]

Klinke, A. and Renn, O. 2012. Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. Journal of Risk Research, 15, 273-292.

Klostermann, J, Bergsma, E, Gupta, J and Jong, P. (2010). Applying the Adaptive capacity wheel on the background document of the Content Analysis IC12 Institutions for Adaptation, Working Document 5.

Klostermann, J., Gupta, J., Termeer, K., Meijerink, S., Van den Brink, M., Nooteboom, S., Jong, P., Bergsma, E., Biesbroek, R. (2009). How to assess the adaptive capacity of legislation and policies. Paper for the 2009 Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change ‘Earth System Governance. People. Places and the Planet. Amsterdam.

Kwasinski, A. (2013). Lessons from Field Damage Assessments about Communication Networks Power Supply and Infrastructure Performance during Natural Disasters with a focus on Hurricane Sandy. Workshop on network resiliency 2013; [Available on line at <http://edas.info/web/fcc-nr2013/program.html>; <http://users.ece.utexas.edu/~kwasinski/>]

## L

Landstedt, J., Holmstroen, P. (2007). Electric Power Systems Blackouts and the Rescue Services: the Case of Finland. CIVPRO Working Paper 2007:1 pp 26-32. [Available on line at: <http://www.helsinki.fi/aleksanteri/civpro/publications/WP1.pdf>]

Lawn (2010). Routledge Handbook of Climate Change and Society. Edited by Constance Lever-Tracy

Lemus, M. Transitioning to a Better World - University of Michigan. Kavli Frontiers of Science. Disponible en: <http://vimeo.com/33145654>.

León, H. (2012). Integración de las tecnologías energéticas a la capacidad de adaptación: Una visión trans-disciplinaria para enfrentar el cambio climático. 2° Congreso Nacional de Investigación en Cambio climático. UNAM-IPN.

León, H. (2013). Energía renovable descentralizada y capacidad de Adaptación de frente al Cambio Climático. 3° Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Instituto Politécnico Nacional. 14-18 Octubre 2013. [Disponible en: <http://www.pincc.unam.mx/congresonacional2013/>]

León, H., Morales, A., Gandlgruber, B. (2014). Methodology for evaluating climate change adaptive capacities when using decentralized renewable energies. Energy Procedia Volume 57, Pages 791–800. 2013 ISES Solar World Congress. [Available on: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214016543>]

Ley General de Cambio Climático (2012). [Disponible en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>]

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, Última reforma publicada DOF 09-04-2012. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría de Servicios Parlamentarios.

Lidar.Inegi. (2010). [Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/cubiertaaltimetria.aspx>]



Lokey, E. (2009). Barriers to clean development mechanism renewable energy projects in Mexico, *Renewable Energy* 34, 504-508, Elsevier.

Lonsdale, K.G., Gawith, M.J., Johnstone, K. Street, R. B., West, C. C. and Brown, A. D. (2010). Attributes of Well-Adapting Organisations. A report prepared by UK Climate Impacts Programme for the Adaptation Sub-Committee. [Available on line at <http://ew.eea.europa.eu/>; [http://ew.eea.europa.eu/cites\\_ccc/european-projects](http://ew.eea.europa.eu/cites_ccc/european-projects)]

## M

Magaña, V., Gay C., (2012). Vulnerabilidad y Adaptación Regional Ante El Cambio Climático y sus Impactos Ambiental, Social y Económicos

Magaña V., Vargas N., Galguera G., Neri C. (2012). Estudio para sistematizar una propuesta metodológica del análisis de la vulnerabilidad actual y bajo cambio climático. Instituto Nacional de Ecología, Instituto de geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Maliszewski, P.J.; Perrings, C. (2012). Factors in the resilience of electrical power distribution infrastructures. *Appl. Geogr.* 32, 668–679.

Malthus, T. (1998). *An Essay on the Principle of Population*. Electronic Scholarly Publishing Project. [Available on line: <http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>]

Massey, E. & Bergsma, E. 2008, *Assessing adaptation in 29 European countries*, IVM Institute of Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.

McLellan, B. \*, Qi Zhang, Hooman Farzaneh, N. Agya Utama and Keiichi N. Ishihara. (2012). Resilience, Sustainability and Risk Management: A Focus on Energy. *Challenges* 2012, 3, 153-182; doi: 10.3390/challe3020153

Meijerink, S., Bergsma E., Gupta J., Klostermann J., et al. Cross case analysis of institutions and adaptive capacity in The Netherlands. IVM Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam. (2010)

Mendelsohn, R., Nordhaus, W. (1999). The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis: reply. *American Economic Review* 89 (4), 1046–1048.

Messenger, R.A. & Ventre, J. (2000). *Photovoltaic System Engineering*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA.

METOFFICE: Weather and climate change. [Available on line: <http://www.metoffice.gov.uk/>; <http://www.metoffice.gov.uk/climate-guide/climate-change>]

Metz, B. (2009). *Controlling climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Miranda-Alonso, S. (2010); El Mapa Climático como Estrategia de Políticas Públicas frente al Cambio Climático: El Caso de Veracruz, p. 157-166. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.), *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. INECOL A. C., Texas Sea Grant Program, INE-SEMARNAT, México D. F., 180 páginas.

Mittelstrass, J. (2003). *Transdisziplinarität.wissenschaftliche zukunft und institutionelle Wirklichkeit*. ISBN 387940786X

Mohammad Taufiqul Arif, Amanullah M. T. Oo and A. B. M. Shawkat Ali (2013). Estimation of Energy Storage and Its Feasibility Analysis, *Energy Storage - Technologies and Applications*, Dr. Ahmed Zobaa (Ed.), ISBN: 978-953-51-0951-8, InTech, DOI: 10.5772/52218. Available from: <http://www.intechopen.com/books/energy-storage-technologies-and-applications/estimation-of-energy-storage-and-its-feasibility-analysis>Berkes, F., Colding, J., Folke, C., (2003). "Introduction". En Berkes, F., Colding, J., Folke, C. (Eds.). *Navigating Social-Ecological Systems: building resilience for complexity and change* (págs 1-30), Cambridge University Press, New York.

Moss, R.H., Brenkert, A.L., Malone, E. L. (2001). *Vulnerability to climate change: A Quantitative Approach*, Pacific Northwest National Laboratory. PNNL-SA-33642

Munaretto S., Klostermann J. (2011). Assessing adaptive capacity of institutions to climate change: A comparative case study of the Dutch Wadden Sea and the Venice Lagoon. *Climate Law* 2.

MunichRe. (2008). *Annual Report, Knowledge at work*, MunichRe, Munich

Mustafa, D. (1998). Structural causes of vulnerability to flood hazard in Pakistan. *Economic Geography* 74 (289-305).

Mussal, F., Kuik, O. (2011). Local acceptance of renewable energy – A case study from SouthEast Germany. *Energy Policy* 39, 3252-3260.

## N

Narayanan, K., Parthasarathy, D., Patnaik, U. (2006). Tools for Assessing Vulnerability and Adaptation. Proceedings of the International Workshop on Vulnerability and Adaptation to Climate Change: From Practice to Policy. Indian Institute of Technology, Mumbai.

Narayan, A., Granger-Morgan, M. (2012). Sustaining critical social services during extended regional power blackouts. Risk Analysis, Vol 32, No 7.

National Hurricane Center. (2006). "Dennis, Katrina, Rita, Stan, and Wilma "Retired" from List of Storm Name". National Oceanic and Atmospheric Administration. [Available on line at <http://www.noaa.gov/stories/2006/s2607.htm>. Retrieved April 27, 2010]

National Renewable Energy Laboratory (NREL), (Undated). Distributed Solar PV for Electricity System Resiliency. Accessed September 2015: <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62631.pdf>

Nelson, R., Kocic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S.M., de Voil, P., Nidumolu, U. (2010). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change. Part II. Integrating impacts with adaptive capacity. Environmental Science & Policy 13, 18–27.

Nishikawa, S. (2015). Incorporating Science and Technology for Disaster Risk Reduction, – the Japanese Experience. GRF Davos Planet@Risk, Volume 3, Number 1, Special Issue on the 5th IDRC Davos 2014. [Available at: <https://planet-risk.org/index.php/pr/article/view/225>]

NJBIZ.(2012).Backup support from solar provided power in Sandy's aftermath. Accessed September 2015: <http://www.njbiz.com/article/20121114/NJBIZ01/121119936/Backup-support-from-solar-provided-power-in-Sandy's-aftermath>

NOAA (2015). National Oceanic & Atmospheric Administration, Up-to-date weekly average CO2 at Mauna Loa. [Available at:<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>; <http://www.elnino.noaa.gov/>]

Nooij M., Koopmans C., Bijvoet C. (2007). The value of supply security. The costs of power interruption: Economic input for damage reduction and investment in networks. Energy Economics 29, 277-295.

North, D.C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge University Press, Cambridge.

## O

O'Brien, G., O'Keefe, P., Rose, J., Wisner, B., (2006). Climate change and disaster management Disasters, 2006, 30(1): 64–80.

O'Brien, Geoff and Hope, Alex (2010) Localism and energy: Negotiating approaches to embedding resilience in energy systems. Energy Policy, 38 (12). pp. 7550- 7558. ISSN 0301-4215

OCDE (2013). Estudio de la OCDE sobre el Sistema Nacional de Protección Civil en México, OECD Publishing. Página 18. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200210-es>

OECD. (2014). Better Life Index; [Available on line at <http://www.oecd.org/statistics/BLI%202014%20Mexico%20country%20report%20Spanish.pdf>;

<http://www.eluniversal.com.mx/notas/925740.html>]OMM (2014). Organización Meteorológica Mundial. Comunicado de prensa 991. [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_991\\_es.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_991_es.html)

OMM (2015). Organización Meteorológica Mundial. Comunicado de prensa 1009. [Available on line at [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_1009\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_1009_en.html); <http://www.giss.nasa.gov/>; <http://www.ncdc.noaa.gov/>; <http://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/cambio-climatico/4529-2014-fue-el-año-mas-caliente-de-la-tierra-desde-1880>

ONU. (2011). Organización de las Naciones Unidas. [Available on line: <http://www.voanews.com/content/article-2011-costliest-year-in-history-for-catastrophes-137585693/159469.html>]

ONU-2015. Organización de las Naciones Unidas. [Disponible en línea en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>]

Ostrom, E. (1990). Governing the commons. The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press, Cambridge

Ostrom, E. (2008). Institutions and the environment. Economic Affairs 28 (3). 24-31.

Oswald-Spring, U. (2010). Cambio climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social. En México frente al cambio climático : retos y oportunidades / Gian Carlo Delgado ... [et al.] (Coordinadores). México: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades: Programa de Investigación en Cambio Climático: Programa Universitario de Medio Ambiente, 2010. 240 p. – (Colección El Mundo Actual: Situación y Alternativas) ISBN 978-607-02-1879-8. ISBN 978-607-02-2889-6 (edición electrónica)

## P

- PACMUN. Plan de Acción Climática Municipal. [Available on line at <http://pacmun.org.mx/>]
- PACT. (Performance Acceleration through Capacity Building). [Available on line [http://www.pact.co/home;http://alexanderballard.co.uk/?page\\_id=242;PACT\ACB\\_Handbook\\_v2003\\_final\\_with\\_logos\\_rev.pdf](http://www.pact.co/home;http://alexanderballard.co.uk/?page_id=242;PACT\ACB_Handbook_v2003_final_with_logos_rev.pdf)]
- Parajuli. R. (2010). Climate Change and local impacts-Synergy between Adaptation and Renewable Energy Development for Nepal. Preliminary Understanding to Issues of Climate Change. Adaptation and Linkages with renewable energy. [Available on line <http://www.environmentalexpert.com/resultEachArticle.aspx?codi=209871>]
- Patiño, C., Martínez P. (2012). Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático. Instituto mexicano de tecnología del agua, XXII congreso nacional de hidráulica acapulco, Guerrero, Mex, Nov 2012. [www.revistalaloc.org.mx/amh\\_congreso/articulos/CambioClimaticoyEventosExtremos/089ART\\_pgc%5B1%5D.pdf](http://www.revistalaloc.org.mx/amh_congreso/articulos/CambioClimaticoyEventosExtremos/089ART_pgc%5B1%5D.pdf)
- Patnaik, U. & Narayanan, K. (2005) Vulnerability and Climate Change: An Analysis of the Eastern Coastal Districts of India. Proceedings International Workshop on Human Security and Climate Change, Asker, Oslo
- PECC. Plan Especial de Cambio Climático (2009-2012). [Disponible en línea en [http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PECC\\_DOE.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PECC_DOE.pdf)]
- Peer Inform. Europe Adapts to Climate Change. Comparing National Adaptation Strategies. Partnership for European Environmental Research (Peer). [Available on line at <http://www.peer.eu>]
- Pielke, R., Prins, G., Rayner, S., Sarewitz, D. (2007). Lifting the taboo on adaptation. NATURE, Vol 445, February 2007.
- Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. Nature, 307(26), 321e326.
- Plass, G. (2010). Carbon Dioxide and the Climate. American Scientist, Volume 98. [Available on line at: <http://www.americanscientist.org/> ]
- Poder ejecutivo federal, Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2009-2012), Comisión intersecretarial de cambio climático.
- Polsky, C., Neff, R., Yarnal, B. (2007). Building Comparable Global Change Vulnerability assessments: The Vulnerability scoping diagram. Global Environmental Change. Elsevier
- Presidencia de la República, (2007; 2008; 2009; 2010). 1er informe de gobierno, Eje 4, Sustentabilidad Ambiental, 4.6 Cambio climático, [disponible en línea en [www.presidencia.gob.mx](http://www.presidencia.gob.mx) ]
- Princeton University, (2012). [Available on line at <http://dailyprincetonian.com/news/2012/11/ahead-of-sandy-campus-labs-took-precautions-to-save-experiments;http://dailyprincetonian.com/news/2012/10/in-aftermath-of-sandy-roads-closed-trees-fallen-homes-powerless;http://www.greentechmedia.com/articles/read/how-microgrids-helped-weather-hurricane-sandy;http://www.forbes.com/sites/williampentland/2012/10/31/where-the-lights-stayed-on-during-hurricane-sandy;http://www.technologyreview.com/view/507106/microgrids-keep-power-flowing-through-sandy-outages/>]
- Protección civil. [Disponible en línea en: <http://atlasnacionalderiesgos.gob.mx;http://www.proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil/Fonden>]
- R**
- Rabi, B. (2009). Energy and Environmental Challenges to Security. Springer Science + Business Media B.V. 2009
- Rahmstorf, S., (2010). Climate Change – State of the Science, Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Rahman S. (2005). Impact of Natural Disasters on Critical Infrastructures. The 1st Bangladesh Earthquake Symposium (BES-1). Dhaka, Bangladesh 14-15 Dec 2005. Advanced Research Institute Virginia Polytechnic Inst & State University, U.S.A. [Available on line at <http://www.ari.vt.edu/>]
- Ranjan, P., (2010). Climate change and local impacts- synergy between adaptation and renewable energy development for nepal preliminary understanding to issues of climate, Change, Adaptation and Linkages with renewable energy
- Regional climate change and adaptation. “The Alps facing the challenge of changing water resources”. European Environment Agency (2009)
- Renovables 24/7.(2009). La infraestructura necesaria para salvar el clima, Consejo Europeo de Energías Renovables, GreenPeace International, [Disponible en línea en [www.energyblueprint.info/](http://www.energyblueprint.info/)]
- Resilience Alliance. (2010). Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners. Version 2.0. [Available on line at <http://www.resalliance.org/3871.php>]

Ribeiro, M., Losenno, C., Dworak, T., Massey, E. (2009). Regional climate change and adaptation. "The Alps facing the challenge of changing water resources". European Environment Agency.

Ribeiro, M., Losenno, C., Dworak, T., Massey, E., Swart, R., Benzie, M. & Laaser, C. 2009, Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptation Strategies, Ecologic Institute, Vienna.pc 54 SPON.

Rinaldi, M., Peerenboom, J.P. and Kelly, T.K., Critical Infrastructure Interdependencies, IEEE Control System Magazine, 12/2001

Romps, D., Seeley, J., Vollaro, D., Molinari, J. (2014). Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. Science 14 November 2014: Vol. 346 no. 6211 pp. 851-854. DOI: 10.1126/science.1259100Pielke, R., Prins, G., Rayner, S., Sarewitz, D. (2007). Lifting the taboo on adaptation. NATURE, Vol 445, February 2007.

Ruíz-Mendoza, B., Sheinbaum, C., (2010). Mexican renewable electricity law, Renewable Energy 35, 674-678, Elsevier.

## S

Salas, M., Jiménez, M. (2007). "Inundaciones", ISBN: 9706288708

SCE. Southern California Edison. Centro de apagones, (2013). [Available on line at <https://www.sce.com/>; [https://www.sce.com/nrc/poweroutagecenter/sce-map\\_new2.swf](https://www.sce.com/nrc/poweroutagecenter/sce-map_new2.swf)]

Schipper, L., Cigarán, M. (2008). Adaptación al cambio climático: El nuevo desafío para el desarrollo en el mundo en desarrollo, An Environment and Energy Group Publication of PNUD.

Schneider, D., Duic, N., Bogdan, Z. (2007). Mapping the potential for decentralized energy generation based on renewable energy sources in the republica of croatia. Energy (32), 1731-1744

Schröter, D., Polsky, C., Patt, A. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 10 (4), 573-595.

Secretaría de Protección Civil. Atlas Municipal de Riesgos nivel básico, ALVARADO 2011. Impreso en la editora del gobierno del estado de Veracruz.

SENER, Gobierno federal, (2011). Estrategia nacional para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía, secretaria de energía

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/>]

SIGER. Sistema de información geográfica para las energías renovables en México. [Disponible en <http://vmw11.iiie.org.mx/sitioIIE/sitio/indice.php>; <http://sag01.iiie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx>; <http://evaluarer.iiie.org.mx/evaluarer/siger/inicio.htm>]

SIMBAD. Sistema estatal y municipal de base de datos. [Disponible en [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)]

Sims, R. (2009). Can energy technologies provide energy security and climate change mitigation? .Energy and Environmental Challenges to Security, Springer Science + Business Media B.V. 2009

SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=23&Itemid=28](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=28)

SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Observando el tiempo-Estaciones meteorológicas automáticas (EMA'S). [smn.cna.gob.mx/emas](http://smn.cna.gob.mx/emas)

Smit B., Burton I., Klein R., Wandel J. (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. Climate Change 45: 223-251.

Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J.T., Yohe, G., Adger, N., Dowing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J., Wandel, J., (2001). Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. In: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leavy, N.A., Dokken, D. J., White, K.S. (Eds.), Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working Group II to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

SNIM. Sistema nacional de información municipal. [www.snim.rami.gob.mx](http://www.snim.rami.gob.mx);

Solarstik. [Available on line <http://www.solarstik.com/stikopedia>; <http://home-designswallpaper.blogspot.mx/2013/12/portable-wind-power-generator.html>]

Solartoday, (2013). [Available on line <http://solartoday.org/2013/03/renewable-energy-to-the-rescue/>; <http://solartoday.org/2013/01/after-sandy-will-backup-solar-boom/>]

Spiegel. [Available on line <http://www.spiegel.de/panorama/hochwasser-der-elbe-magdeburg-evakuiert-zehntausende-einwohner-a-904636.html>]

Spisak, J. (2012). SolaRover. Generador solar hibrido móvil. Mobile solar power systems (MSPS). [Available on line <http://www.solarover.com/news.php>]

Steffen, Will, A. Sanderson, P. D. Tyson et al., (2003). Global Change and the Earth System. A Planet Under Pressure, Springer Verlag, Berlín.

Stern, N (2007). The Economics of Climate Change. Cambridge ed.Sunipod. Top 4 golden reasons to go solar- a sunipod business guide. [Available on line at [www.sunipod.com/blog/solar-photovoltaic](http://www.sunipod.com/blog/solar-photovoltaic); [www.sunipod.com/tools/for-solar-power-and-solar-energy.php](http://www.sunipod.com/tools/for-solar-power-and-solar-energy.php)]

Stocker T., (2013). IPCC 2013 WG I [Available on line at <http://www.theguardian.com/environment/2013/sep/27/ipcc-climate-report-un-secretary-general>]

Superstorm Sandy Action Plan and Resources. [Available on line at <http://www.nj.gov/dca/announcements/sandy.html>; <http://www.njspotlight.com/stories/14/02/10/state-proposes-special-fund-to-bankroll-energy-resiliency-projects>; <http://www.nydailynews.com/new-york/hess-fighting-cuomo-sandy-gas-plan-article-1.1291434?pgno=1>; <http://www.businessweek.com/articles/2012-11-09/why-hess-stations-recovered-faster-from-sandy>]

Swart, R., Biesbroek, R., Binnerup, S., Carter, T., Cowan, T., Henrichs, T., Loquen, S., Mela, H., Morecroft, M., Reese, M., and Rey (2009). Europe Adapts to Climate Change: Comparing National Adaptation Strategies. PEER Report No 1. Helsinki: Partnership for European Environmental Research; [Available on line at [http://www.peer.eu/fileadmin/user\\_upload/publications/PEER\\_Report1.pdf](http://www.peer.eu/fileadmin/user_upload/publications/PEER_Report1.pdf)]

Swart, R., Benzie, M. & Laaser, C. (2009). Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptation Strategies, Ecologic Institute, Vienna.

## T

The New York Times. (1912). Sees glacial era coming. [Available on line at: <http://ruby.fgcu.edu/courses/twimberley/EnviroPhilo/Schmidt.pdf>]

Thywissen, Katharina. (2006). Components of Risk. A Comparative Glossary, Source 2, unu-ehs, Bonn.

Trendhunter. [Available on line at <http://www.trendhunter.com/trends/agricultural-wind-generator>]

Trentmann, F. (2009). Disruption is normal. In Shove, E., Trentmann, F, and Wilk, R. (Eds). Time, consumption and everyday life. Oxford

Tompkins, E., Adger, N. (2005). Defining response capacity to enhance climate change policy. Environmental Science and Policy 8, 562-571.

Top 4 Golden Reasons to go solar. A sunipod business guide. [Available on line at <http://www.sunipod.com/>]

Tucker, M., Loo, L. Linking Solar Photovoltaics with Building Disaster-Resistant Communities. Building Industry Trends. [Available on line at [https://www.aceee.org/files/proceedings/2000/data/papers/SS00\\_Panel10\\_Paper26.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2000/data/papers/SS00_Panel10_Paper26.pdf)]

Turnpenny, J., Haxeltine, A., O’Riordan, T. (2003). A scoping study of UK user needs for managing climate futures Part 1 of the pilot-phase interactive integrated assessment process (Aurion Project). Tyndall Working Paper 31: Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK.

## U

Ugwu, O., Haupt, T.C. (2007). Key performance indicators and assesment methods for infrastructure sustainability- a South African construction industry perspective. Building and Environment 42, 665-680

United Nations Development Programme. UNDP. (2004). Reducing disaster risk: a challenge for development.

United Nations Development Program. UNDP. (2006). Human Development Report. [Available at: <http://hdr.undp.org/hdr2006/statistics/>; <http://hdr.undp.org/eng/2013-report>]

Union of concerned Scientist 2013. [Available at: <http://www.ucsusa.org/sealevelrisescience>]

## V

Valdes-Barrón, M., Riveros-Rosas, D., Arancibia-Bulnes, C., Bonifaz, R. (2014). The solar resource assesment in Mexico: State of the art. Energy procedia 57. 2013 ISES solar world congress.

Venema D., Cisse M. Seeing the Light: Adapting to climate change with decentralized renewable energy in developing countries. 2004 International Institute for Sustainable Development. [Available on line at <http://www.iisd.org>]

Venema, H., Hafeezur, I., (2007), Decentralized renewable energy and the climate change mitigation-adaptation nexus, Springer Science+Business Media B.V.

VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S., (2012), A review of climate change, mitigation and adaptation, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 878-897, Elsevier.

Vilariño, V. (2009). Rutas al 2050: Energía y Cambio Climático, Petrotecnia

Villarubia, M. (2014). Ingeniería de la energía eólica. Editorial Alfaomega

Villavicencio, A. (2002). Sustainable Energy Development: The case of photovoltaic home systems. UNEP Collaborating centre on energy and environment, Riso National Laboratory, Roskilde, DK.

Vogel, C, Brien, O. (2004). Vulnerability, K. and global environmental change: rhetoric and reality. Aviso: An Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security. 1-8.

## W

WADE, World Alliance for Decentralized Energy. [Available Online at [http://www.localpower.org/deb\\_what.html](http://www.localpower.org/deb_what.html)];

Walker, B.H. y Salt, D. (2006). Resilient thinking: Sustaining Ecosystems and people in a changing world. Washington, DC: Island Press.

Walker, G., Devine-Wright, P. (2008). Community renewable energy: What should it mean? Energy Policy 36 (2008) 497–500

Ward, David. (2013). The effect of weather on grid system and the reliability of electricity supply. Springer Science. Climatic Change

Wardekker, J.A.; de Jong, A.; Knoop, J.M.; van der Sluijs, J.P. (2010). Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes. Technol. Forecast. Soc. Chang.

WCDR-2005. International Strategy for Disaster Reduction. (2005). Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the resilience of nations and communities to disasters: United Nations. (World Conference on Disaster Reduction WCDR-2005). [Available on line at <http://www.unisdr.org/2005/wcdr/wcdr-index.html>]

World Alliance for Decentralized Energy (WADE). [Available Online at [http://www.localpower.org/deb\\_what.html](http://www.localpower.org/deb_what.html)]

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). [Available on line at <http://www.wbcsd.org/home.aspx>; <http://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/cuanta-energia-se-necesita-producir-1-metro-cubico-agua>]

Worldoils. [Available on line at <http://www.worldoils.com/generators/mobilegenerators.php>]

World Resources Institute (WRI) in collaboration with United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. 2011. World Resources 2010–2011: Decision Making in a Changing Climate—Adaptation Challenges and Choices. Washington, DC: WRI. [Available on line at <http://www.wri.org>]

## Y

Yohe, G., Neumann, J., Marshall, P., Amaden, H. (1996). The economic cost of greenhouse-induced sea-level rise for developed property in the United States. Climatic Change 32, 387–410.

Yohe, G., Tol, R.S.J. (2002). Indicators for social and economic coping capacity – moving toward a working definition of adaptive capacity. Global Environmental Change 12, 25–40.

## Z

Zachariadis T., Poullikkas A. (2012). The costs of power outages: A case study from Cyprus. Energy Policy 51. 630-641

# Anexos

## ANEXO A. Impactos sobre el sistema centralizado

<sup>1</sup> US Department of Energy federal energy regulatory commission, "The Con Edison power failure of July 13 and 14, 1977", Final staff report, June 1978. [http://www.blackout.gmu.edu/archive/a\\_1977.html](http://www.blackout.gmu.edu/archive/a_1977.html)- accessed , August 2009, Pages 1 \_ 50.

<sup>2</sup> Kurita A., Sakurai T., "The power system failure on July 23, 1987 in Tokyo", 27th IEEE Conference Proceedings on Decision and Control, Volume 3, 7th - 9th December 1988, Pages 2093 - 2097.

<sup>3</sup>U.S. Department of Energy. October 1995. "Nature's Power on Demand: Renewable Energy

<sup>4</sup> Tucker, M., Loo, L. Linking Solar Photovoltaics with Building Disaster-Resistant Communities. Building Industry Trends. [https://www.aceee.org/files/proceedings/2000/data/papers/SS00\\_Panel10\\_Paper26.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2000/data/papers/SS00_Panel10_Paper26.pdf)

<sup>5</sup> Risk Management Solutions, Inc. 2008; [https://support.rms.com/publications/1998\\_ice\\_storm\\_retrospective.pdf](https://support.rms.com/publications/1998_ice_storm_retrospective.pdf)

<sup>6</sup> [www.bancomundial.org/](http://www.bancomundial.org/)

<sup>7</sup> Landstedt, J., Holmstroen, P. (2007). Electric Power Systems Blackouts and the Rescue Services: the Case of Finland. CIVPRO Working Paper 2007:1 pp 26-32. Disponible en: <http://www.helsinki.fi/aleksanteri/civpro/publications/WP1.pdf>

<sup>8</sup> IEA 2005:39-41

<sup>10</sup> <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/27710/L751-13.pdf>

<sup>12</sup> Power System Operations, "Control of Power System Frequency and Time Error", Document number SO\_OP3151, Australian Energy Market Operator. www.aemo.com.au-accessedAugust2009.VI7 - I" July 2009, Pages 1-17.

<sup>13</sup> Centro Nacional de Prevención de Desastres. Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. 1ª edición 2009. Pp 125.

<sup>16</sup><http://www.nydailynews.com/new-york/hurricane-sandy-death-toll-reaches-74-article-1.1195335>;  
<http://news.blogs.cnn.com/2012/10/30/superstorm-sandys-wrath>;<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2225108/Hurricane-Sandy-2012-pictures-FIFTY-DEAD--NOT-over.html>;  
<http://archive.app.com/article/20131027/SPECIAL1804/310270060/Superstorm-Sandy>; <http://go.bloomberg.com/hurricane-sandy/2012/11/02/the-35-shower-and-other-foes-of-the-hurricane-economy/>;  
[http://www.huffingtonpost.com/2012/11/01/hurricane-sandy-gas\\_n\\_2061305.html](http://www.huffingtonpost.com/2012/11/01/hurricane-sandy-gas_n_2061305.html); <https://blog.gasbuddy.com/posts/NJ-Helping-Gas-Stations-With-Back-Up-Power/1715-553734-2065.aspx>; Action plan amendment number 7 (2014). State partnership with the U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL). www.state.nj.us/dca/.

<sup>17</sup>Chatterjee, M. Case Study: Floods in Mumbai, Chapter 9, on Lever-Tracy, C. (2010).Routledge Handbook of climate Change and society.

<http://www.theguardian.com/environment/2005/jul/29/india.naturaldisasters>;  
[http://www.nytimes.com/2012/08/01/world/asia/power-outages-hit-600-million-in-india.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/08/01/world/asia/power-outages-hit-600-million-in-india.html?_r=0)

<sup>18</sup><http://www.lanacion.com.ar/1569401-inundaciones-la-plata-scioli>;  
<http://www.emol.com/noticias/internacional/2013/04/02/591372/temporal-de-viento-y-lluvia-cause-inundaciones-y-cortes-de-luz-en-buenos-aires.html>;<http://www.notitarde.com/Internacional/Inundacion-por-temporal-cause-al-menos-seis-muertos-en-Argentina/2013/04/02/174923>

<sup>21</sup>Local Disaster Index (LDI). (2010); [http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5237/Indicator\\_-\\_Sep\\_2010\\_ENG\\_Summary%5b1%5d.pdf?sequence=1](http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5237/Indicator_-_Sep_2010_ENG_Summary%5b1%5d.pdf?sequence=1);<http://www.animalpolitico.com/2013/09/mexico-territorio-de-ingrid-y-manuel/#axzz2zf6HO6oZ>;<http://noticieros.televisa.com/mexico/1309/cfe-restablece-electricidad-99-74-afectados-lluvias>;<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/18/919076>;<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/19/919359>;<http://www.excelsior.com.mx/especial/lluvias/las-imagenes#imagen-1>;<http://www.excelsior.com.mx/especial/lluvias/las-imagenes#imagen-120>;<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/17/919052#imagen-9>;<http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/17/918960>;<http://aristeginoticias.com/2409/mexico/emergencia-por-lluvias-ascienden-a-123-los-muertos-y-59-mil-evacuados>;<http://www.elfinanciero.com.mx/secciones/politicassociedad/34058-segob-asciende-a-139-los-decesos-por-ingrid-y-manuel.html>

<sup>22</sup>[http://www.clarin.com/sociedad/Llegaron-afectados-cortes-crisis-sigue\\_0\\_1056494423.html](http://www.clarin.com/sociedad/Llegaron-afectados-cortes-crisis-sigue_0_1056494423.html);  
<http://web.iae.org.ar/recomendados/los-cortes-electricos-de-diciembre-de-2013-en-el-area-metropolitana/#.U160MRtOXIX>;<http://www.cadena3.com/contenido/2013/12/28/123322.asp>;  
<http://web.archive.org/web/20131227173447/http://www.lanacion.com.ar/1650982-una-noche-en-el-infierno-peregrinar-en-busca-de-alivio-tras-6-dias-sin-luz>

<sup>23</sup> La Jornada, México. (2014). Más de 600 mil hogares de EU sin luz por nevadas. Jueves 6 de febrero 2014



<sup>24</sup><http://www.rtve.es/noticias/20140214/cortes-luz-miles-hogares-asturias-galicia-fuerte-viento-hasta-160-km/878800.shtml>

<sup>25</sup><http://jramosgarcia.wordpress.com/2014/01/03/11-mil-hogares-se-quedaron-sin-energia-electrica-en-uruguay-tras-tempestad-de-lluvias/>

<sup>27</sup><http://news.yahoo.com/ice-storm-39-wake-leaves-power-customers-dark-110902059.html>;  
<http://www.reuters.com/article/2014/02/05/utilities-power-outages-idUSL2N0LA0RP20140205>;  
<http://www.newser.com/story/181894/583k-still-have-no-power-after-ice-storm.html>

## Anexo B. Soluciones Portátiles de generación de energía eléctrica

Hoy día, se ha incrementado el desarrollo de tecnologías que aportan soluciones móviles a las interrupciones del suministro eléctrico, desde el diseño de remolques con generadores de energía solar integrados, torres de energía solar para la iluminación, para su uso en hogares descentralizados (off-grid homes), respaldo de energía (energy backup), recuperación post-desastres, soporte a sistemas de comunicación, hasta sistemas distribuidos portátiles, que captan la energía del sol, viento, y generadores diesel, hasta sistemas distribuidos híbridos portátiles, con captación de energía solar, viento y diesel.

Existen muchas aplicaciones solares que mejoran los servicios comunitarios, algunos de ellos incluyen: señales eléctricas, iluminación de seguridad, suministro de agua, suministro eléctrico a pequeñas estaciones para llamadas de emergencia, iluminación en paradas de autobús, suministro a refugios, estaciones de carga de celulares, y señales de tráfico, entre otras.

Tecnologías distribuidas portátiles



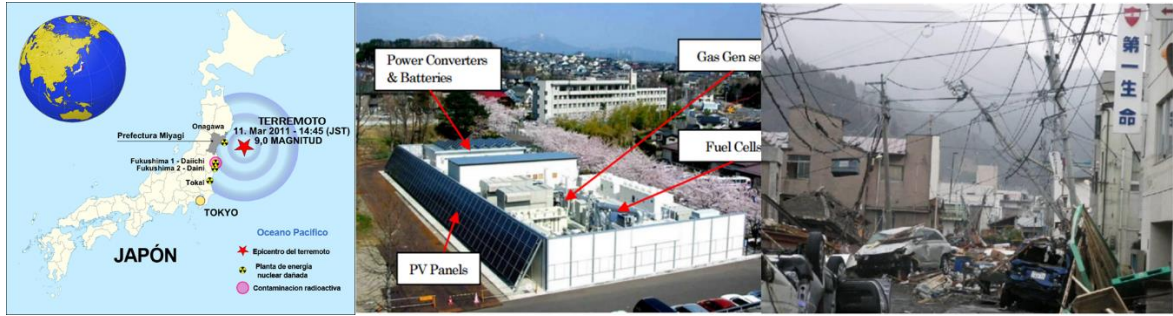
Fuente: Worldoils, Solarstik, Trendhunter, Goalzero, Bluepacific solar, Generac, Aceee, Gosolpower, Solarover

### Casos de éxito

Diversos casos de éxito, donde las energías descentralizadas fueron utilizadas después de impactos climáticos, fueron identificadas, y son mencionados a continuación. En Agosto del 2002, una fuerte inundación golpeo muchas zonas de el Este Alemán, en particular, la comunidad de Zchadras, la cuál, visualizo y dimensionó las oportunidades para integrar su concepto de energía para la reconstrucción de actividades, así, los residentes comenzaron a invertir en instalaciones fotovoltaicas y energía eólica, Mussal, F., Kuik, O. (2011).

Durante los apagones ocurridos después del terremoto de Marzo del 2011, en Japón Oriental, de magnitud 9.0 y que generó olas de hasta 40 me de altura, una comunidad cosechó los beneficios del sistema energético alterno, “The Sendai micro-grid”, en Tohoku Fukushi University, manteniendo el suministro continuo de energía mediante sus generadores distribuidos y baterías. Algunas instalaciones de atención a ancianos, 1 centro de datos, y 1 hospital, todos ellos mantuvieron su electricidad y calor, a pesar de los cortes de energía eléctrica prolongados en las zonas circundantes.

## Impactos en infraestructura eléctrica de Japón 2011



Fuente: Central Disaster Management Council; <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/9/sub2.pdf>; [https://building-microgrid.lbl.gov/sites/all/files/Sendai\\_paper\\_2013-01-13.pdf](https://building-microgrid.lbl.gov/sites/all/files/Sendai_paper_2013-01-13.pdf); The Sendai Microgrid Operational Experience in the aftermath of the Tohoku Earthquake: A case study. <https://building-microgrid.lbl.gov/news/sendai-microgrid-operational-experience>; <http://www.csmonitor.com/Environment/Energy-Voices/2012/1102/Can-renewables-prevent-future-blackouts-from-storms>

El Huracán Sandy que impacto Nueva Jersey, y Nueva York, USA, en Octubre del 2012, con vientos sostenidos de 129 km/h, lanzó una marejada ciclónica de 4m frente a Nueva Jersey, y que obligó a la cancelación de más de 10,000 vuelos, es un referente importante del uso de energías distribuidas, ya que dejó sin energía eléctrica a más de 8 millones de clientes, aproximadamente 32,000,000 de personas afectadas (8,000,000x 4 habitantes/usuario). Este evento ha sido visto como una oportunidad para fortalecer la resiliencia ante eventos climáticos extremos, ya que algunos hospitales, universidades, plantas de tratamiento, y complejos residenciales permanecieron con energía eléctrica, gracias al uso de sistemas de cogeneración, y en otros por medio del uso de celdas solares, y generadores diesel. Después de los impactos, el proyecto Sandy Solar, llevó electricidad con celdas fotovoltaicas a 17 diversos lugares en Rockaways, Red Hook, Nueva Jersey, Staten Island y Long Island. Con los generadores, las comunidades tuvieron la oportunidad de cargar teléfonos celulares, encender laptops, y PDA's, (Collins.2012).

Sistemas de energía descentralizada que fueron utilizados para amortiguar los impactos climáticos.



Fuente: Imagen Izquierda: Sistema de energía renovable descentralizado en Nueva York después del huracán Sandy, <http://breakingenergy.com/>; Centro: <http://www.solarover.com/products.html>; Derecha: Sistema fotovoltaico complementado con energía eólica para lugares remotos que requieren un método limpio y rápido de suministro de electricidad. <http://www.fastcoexist.com/tag/sandy>

La generación de energía local con microgrids mostró los beneficios de fiabilidad durante el huracán, y, enfatizo los beneficios de la generación de energía distribuida, ya que permiten a las organizaciones operar en modo “isla” o independientes de la red, por largos periodos. Una diferencia entre el “Smart Grid” y el “microgrid”, es que en el primero, estos **reaccionan** a las tormentas, cortes de energía, y limitan la cantidad de estos cortes, mientras que el segundo busca detener los cortes desde el principio, anticipandose.

El Centro de investigación, White Oak research de la administración federal de drogas (The Federal Drug Administration's facility (FDA)) en Maryland, por ejemplo, ha ido docenas de veces a modo "isla" desde la creación de una microrred. Durante el huracán Sandy, la red local falló y las instalaciones del campus cambiaron por completo al suministro con gas natural para alimentar todos los edificios de la FDA en el campus durante dos días y medio .

La Universidad de Princeton normalmente obtiene su energía eléctrica a partir tanto de la red local y una planta de cogeneración en las instalaciones que suministra electricidad y vapor para la calefacción, durante el huracán Sandy, fue capaz de desconectarse de la red centralizada, y alimentó un sector del campus, con unos 11 MW de generación local. Parte de esa energía fue destinada a algunos laboratorios de ciencias, para asegurar que los experimentos en curso no fuesen interrumpidos, además de estar preparados con generadores de respaldo para los refrigeradores y congeladores, incluso fueron capaces de ofrecer servicios de apoyo a la comunidad, Princeton University, (2012). La tormenta Sandy es un recordatorio de los peligros que implican los apagones masivos y la posibilidad de utilizar generación distribuida para facilitar energía de forma independiente de la red centralizada.

El estado de Florida, USA, también ha desarrollado uno de los mejores equipos de manejo de emergencias y cuenta con programas avanzados para la atención de desastres. Uno de sus programas desarrollados: (Florida Solar Energy Center (FSEC)), y lanzado en febrero 2010, fue el "SunSmart Emergency Shelter School Program". Donde las escuelas (actualmente 101), cuentan con sistemas fotovoltaicos para el suministro ininterrumpible de energía eléctrica particularmente para cargas críticas (refugios). La idea, es contar con refugios resistentes a desastres naturales, confortables para aquellos desplazados, manteniendo funcionales los sistemas de iluminación, radios, cargadores de teléfonos, equipos de soporte de vida, etc.

Programa SunSmart, Florida



Fuente: Solartoday; <http://solartoday.org/2013/03/renewable-energy-to-the-rescue/>

El Centro de Energía Solar de Florida (FSEC, Florida Solar Energy Center) y el laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, National Renewable Energy Laboratory) han sido líderes en el uso de energía fotovoltaica para situaciones de emergencia. Algunos ejemplos sobre la utilización de energía solar para proveer energía en refugios de emergencia y hospitales se dieron en los huracanes Hugo, 1989, y Andrew, 1992, (tercer huracán más desastroso en la historia de USA, después de Katrina y Sandy).

El huracán Sandy, es uno de los casos más representativos del uso de las fuentes descentralizadas, y que ha generado propuestas para la utilización de fondos federales para el soporte a la sociedad y su infraestructura, (Christie et al., 2014), entre ellos, la creación de un banco verde, resiliente en energía, que apoyaría con financiamiento, la infraestructura energética del estado que incluya tecnologías bajas en carbono, el aprovechamiento de medidas de eficiencia energética y energía distribuida, que permitan la reducción de afectaciones, es decir, garantizar que las instalaciones públicas, como hospitales, escuelas,

instalaciones de tratamiento de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales, no pierdan la energía eléctrica durante períodos de tiempo prolongados, dando mayor capacidad de respuesta frente a los fenómenos meteorológicos extremos.

Bancos verdes

### Governor Christie Proposes New Energy Resilience Bank to Prevent Future Superstorm Blackouts

By ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND ENERGY EXCHANGE BLOG on February 25, 2014 at 10:00 AM



Fuente: <http://breakingenergy.com/2014/02/25/governor-christie-proposes-new-energy-resilience-bank-to-prevent-future-superstorm-blackouts/>

El pueblo de Bayonne, Nueva Jersey, fue impactado, por el huracán Sandy, en Octubre 29, inmediatamente la energía centralizada se perdió por instantes. La escuela comunitaria del centro funcionó como centro de evacuación para emergencias. En el 2004, se instaló un sistema de respaldo con energía solar (Advanced Solar Products), por lo que la iluminación fue un servicio constante para los evacuados a lo largo de la tormenta. El sistema actuó como un microgrid, único en su tipo, y trabaja con un generador diesel para generar energía de respaldo.



Fuente: Dumont (2012); NJBIZ (2012). a) Vista aérea del pueblo de Bayonne, Nueva Jersey. b) Vista aérea de los impactos de Sandy

El sistema de respaldo, permitió que la escuela, mantuviese la energía por más de una semana después de la tormenta, mientras que muchas regiones permanecieron sin energía eléctrica. El sistema fue un excelente ejemplo de como los sistemas solares pueden ser utilizados para suministrar energía bajo condiciones de emergencia cuando la red centralizada se cae.

Muchos gobiernos estatales en USA, están fomentando la adopción de tecnologías para el almacenamiento de electricidad mediante sistemas distribuidos, desplegando objetivos, incentivando programas, y realizando ajustes regulatorios. Diversos ejemplos adicionales, existen en la literatura, por ejemplo: El programa de incentivos a la autogeneración en California, USA, (CPUC, 2014); el programa de energía limpia de Nueva Jersey, el cuál da prioridad a proyectos que suministren electricidad a instalaciones críticas bajo condiciones de emergencia (Hotchkiss et al 2013); la empresa ConEd, ofrece incentivos a proyectos que ayuden a reducir la demanda durante horas pico, y que fomenten la estabilidad del sistema eléctrico (ConEd 2014; NREL (Undated)).

