



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TESIS DE MÁSTER

Máster

Ingeniería estructural y de la construcción

Título

**Mejora de la Resiliencia en la Red Eléctrica de
Santo Domingo, República Dominicana.**

Autor

Flor Yleana Rojas Selmo

Tutor

Manuel Valdés López

Intensificación

Construcción

Fecha

Febrero 2014

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primeramente a Dios, mi Padre Celestial, mi fortaleza, él que me guía y me sostiene en cada paso que doy. Infinitas gracias te doy a ti Señor, sin ti no soy nada, todo te lo debo a ti, porque *“Tú eres el que da la sabiduría, y de Tú boca viene el conocimiento y la inteligencia. Cada día te bendeciré, y alabaré tu nombre eternamente y para siempre (Prov. 2; 6, Salmo 145; 2)”*. Te amo mi Dios.

Le doy gracias a mi madre Flor Vitalina Selmo Moreno, mi mejor amiga, la persona más importante de vida; gracias por siempre estar para mí, por tu apoyo incondicional, tanto emocional como profesional y espiritual; te amo. También agradezco a mis familiares que aun desde lejos, me brindaron palabras de motivación, alegría y cariño, en especial mi hermano Roberto (Junior) y mi padre Roberto Rojas.

Agradezco a mi asesor Ing. Manuel Valdés López por su esfuerzo, tiempo, apoyo, comprensión y buena voluntad para obtener los mejores resultados posibles en este trabajo. Le agradezco de manera especial a mi amiga Johanny Vizcaíno por su apoyo y colaboración en la elaboración de esta tesis.

A la universidad Politécnica de Cataluña, una gran plataforma que me permitió desarrollarme favorablemente en el transcurso de este Máster y a los excelentes profesores por sus enseñanzas, dedicación y comprensión.

A mis amigas y compañeras de piso Persia Melissa, Ana Ysabel, Elaine Galván, Marlix Martínez; gracias por su amistad y gran apoyo. De igual manera, a mis amigos y compañeros del Master Gregorio Valdez, Letty Rojas, Johanna Pérez, Stendhal Ramírez y Carlos Velázquez por su ayuda, comprensión, las inolvidables amanecidas de estudio, no hubiese sido lo mismo sin ustedes, muchas gracias.

A mis hermanos de la Iglesia Evangélica Bautista la Torrassa, les agradezco que me hayan recibido y acogido con tanto cariño; han sido parte importante de mi crecimiento espiritual, con lo cual he podido acercarme más a Dios durante mi estadía en Barcelona.

A mis amigos que se convirtieron en mi familia de Barcelona Yeiry Rodríguez, Johana Prado, Rubén Sánchez, Marlyn Montero, Maribel Prado, Arisleidy Mesa, José Aníbal, Favio Gonell, Jatnna Sánchez, Ricardo Mateo, Nathanael Muñoz, Celio Marte, Ilonca Justo, José Ernesto, Carlos Eduardo, Edwin Ramírez y a todos con los que tuve la oportunidad de estudiar y compartir durante este trayecto; gracias por todos los momentos felices que pasamos juntos en el transcurso de esta experiencia.

Muchas bendiciones a todos.

RESUMEN

Las ciudades son los motores de crecimiento de un país, con sistemas y capacidades de gobernanza dinámicos. En los últimos años las áreas urbanas están incrementando el riesgo de sufrir desastres naturales, industriales o sociales debido a procesos globales como el cambio climático y el crecimiento urbano. Las ciudades deben ser resilientes, es decir, ser capaces de reducir su vulnerabilidad: anticipar y responder constantemente a los cambios previstos, pero también a cambios bruscos económicos, sociales y ambientales, evitando las situaciones críticas o recuperándose de ellas lo antes posible.

La ciudad de Santo Domingo, capital y mayor ciudad de la República Dominicana, es altamente vulnerable a los riesgos producidos por esos procesos globales. Este trabajo está orientado a determinar cuáles son las medidas concretas más efectivas a considerar desde el punto de vista ingenieril para hacerla más resiliente, a partir del escenario general analizado. La ciudad de Barcelona ha sido tomada como modelo de resiliencia de este estudio.

A partir de los resultados de una encuesta se determinó que entre los principales riesgos en el contexto urbano de la ciudad de Santo Domingo se encuentra la deficiencia de los servicios básicos, y concretamente del sistema eléctrico. Este es el servicio de mayor importancia para el desarrollo de Santo Domingo y de la reforma de este sistema depende en gran medida la revitalización de la economía dominicana.

En las conclusiones obtenidas de la diagnosis de la red eléctrica de Santo Domingo se determinó que hay falta de control y una gestión ineficiente, que genera una mayor cantidad de fallas y averías, pérdidas técnicas y no técnicas en el sistema eléctrico, disminución de la calidad del suministro, etc.

Con fines de obtener mejores resultados, se aprovecha la experiencia de Barcelona como modelo de resiliencia urbana y de control de la red eléctrica de alta y media tensión para proponer los cambios estructurales que permitan realizar una mejora de la ciudad de Santo Domingo por un camino más corto y con menor coste.

De acuerdo al diagnóstico realizado, el objetivo del proyecto de resiliencia consiste en optimizar la automatización de la red eléctrica de transporte y distribución de la ciudad de Santo Domingo y al mismo tiempo mejora su control, para solucionar muchos de los principales problemas identificados. Esto permitirá, como es lógico, mejorar la calidad del servicio, la seguridad de las personas e importantes ahorros económicos.

ABSTRACT

Cities are the engines of growth in a country with dynamic systems and governance capabilities. In recent years, urban areas are increasing the risk of natural, industrial or social disasters due to global processes such as climate change and urban growth. Cities should be resilient, in order to be able to reduce their vulnerability: constantly anticipate and respond to expected changes, but also economic, social and environmental swings, avoiding critical situations or recovering from them as soon as possible.

The city of Santo Domingo, the capital and largest city of the Dominican Republic, is highly vulnerable to the risks posed by these global processes. This work is intended to determine the most effective action to consider from the engineering point of view to make it resilient from the general scenario analyzed. The city of Barcelona has been taken as a model of resilience in this study.

From the survey results was revealed that the main risk in the urban context of the city of Santo Domingo is the deficiency of basic services, and specifically electrical system. This service is the most important for the development of Santo Domingo and the reform of this system depends largely on the revitalization of the Dominican economy.

The conclusions drawn from the mains diagnosis of Santo Domingo was determined that there is lack of control and inefficient management, which generates a greater number of failures and breakdowns, technical and non-technical losses in the power system, decreased quality supply, etc.

In order to obtain better results, the experience of Barcelona as a model of urban resilience and control grid of high and medium voltage, is used to propose structural changes that allow for an improvement in the city of Santo Domingo on a path more short and less cost.

According to the diagnosis made, the objective of the resilient project is to optimize the automation of electrical transmission and distribution network of the city of Santo Domingo and, at the same time, improve its control to solve many major problems identified. This will improve the quality of service, security of people and significant economic savings.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos del estudio.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3. Interés por el enfoque de resiliencia	5
1.4. Estructura del trabajo.....	5
2. ANTECEDENTES	7
2.1. Introducción	7
2.2. Principales riesgos en contexto urbano de la República Dominicana	8
2.3. La resiliencia de las ciudades	12
2.4. Barcelona ejemplo de ciudad resiliente	14
3. ESTADO DEL ARTE	17
3.1. Introducción	17
3.2. La Ciudad de Santo Domingo	18
3.2.1 Reseña histórica del sector eléctrico	20
3.2.2 Topología de la Red eléctrica	21
3.2.3 Generación y consumo	22
3.2.4 Gestión	24
3.2.5 Marco legal	27
3.3. La Ciudad de Barcelona	29
3.3.1 Reseña histórica del sector eléctrico	30
3.3.2 Topología de la Red eléctrica	30
3.3.3 Generación y consumo	31
3.3.4 Gestión	35
3.3.5 Marco legal	36

3.4.	Análisis Comparativo.....	38
4.	DIAGNOSIS DE LA RED ELÉCTRICA DE SANTO DOMINGO	41
4.1.	Introducción	41
4.2.	Situación actual de la matriz energética nacional.....	42
4.3.	Sector Vivienda.....	48
4.4.	Sector Industrial	49
4.5.	Redes y servicios públicos.....	50
4.6.	Sector transporte.....	50
4.7.	Análisis de la Red eléctrica.....	51
4.7.1	Calidad de la frecuencia.....	55
4.7.2	Calidad del voltaje	56
4.7.3	Disparos de las unidades de generación	57
4.7.4	Seguimiento a la Ejecución del Programa de Mantenimiento	57
4.7.5	Protecciones de las líneas de transmisión del SENI	59
5.	PROYECTO DE RESILIENCIA.....	61
5.1.	Introducción	61
5.2.	Fases para la creación de la resiliencia.....	61
5.3.	Proyecto de creación de la resiliencia	63
5.3.1	Medidas de resiliencia.....	64
5.3.2	Comunicación	66
5.3.3	Seguimiento.....	67
5.4.	Propuesta de implementación.....	70
5.5.	Perspectiva futura de la Red eléctrica.....	71
6.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	79
6.1.	Introducción	79
6.2.	Conclusiones.....	79
6.3.	Futuras líneas de investigación.....	81
7.	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Asentamientos urbanos informales en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.	2
Figura 1.2 Robo de electricidad.	3
Figura 2.1 Principales riesgos en contexto urbano de la República Dominicana.	10
Figura 2.2 Riesgo de desastre.	13
Figura 2.3 Grupos de trabajo de la TISU.	14
Figura 3.1 Modelo energético actual.	18
Figura 3.2 Mapa de la República Dominicana.	19
Figura 3.3 Sección de Santo Domingo del Mapa eléctrico y energético de la República Dominicana 2013 (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).	22
Figura 3.4 Generación de electricidad por tipo de combustible en el 2013 (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).	23
Figura 3.5 Mapa de España.	29
Figura 4.1 Análisis de las pérdidas de electricidad en el 2012.	43
Figura 4.2 Demanda Estimada versus oferta (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana). .	44
Figura 4.3 Esquema de los objetivos del plan integral del sector eléctrico 2013-2016.	47
Figura 4.4 Tasa de fallo global (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).	52
Figura 4.5 Duración Total de Fallas Global (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).	52
Figura 4.6 Identificación de las causas de los eventos ocurridos en el SENI 2011 (Fuente: Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la Rep. Dom., Inc.).	54
Figura 4.7 Energía no suministrada en MWH (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).	55
Figura 4.8 Número de mantenimientos ejecutados y suspendidos por transmisión y generación año 2012.	58
Figura 5.1 Fases para la Resiliencia.	62
Figura 5.2 Esquema de visualización del operador del sistema cuando se presenta la avería de un tramo de cable (Fuente: Endesa Española).	65
Figura 5.3 Ciclo de actualización y contraste de proyectos de resiliencia.	67
Figura 5.4 Diagrama de Gantt estimativo de propuesta de implementación de proyecto.	71
Figura 5.5 Sistemas de energía eléctrica tradicional (a) y de próxima generación (b). (Fuente: The Top- Bottom Structure y The Bidirectional Paradigm)	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características de líneas de transmisión de 69 y 138 kV de la red eléctrica de la República Dominicana 2010. (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).	21
Tabla 3.2 Potencia Instalada y Energía generada según la fuente de energía en el 2013. No incluye los meses de octubre a Diciembre (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).	23
Tabla 3.3 Consumo de electricidad en Barcelona por sectores en el 2008.	34
Tabla 3.4 Datos de superficie y población.	38
Tabla 3.5 Electricidad producida según la fuente de energía.	39
Tabla 4.1 Concesiones definitivas para explotar obras eléctricas para diferentes fuentes de energía. (Fuente: Comisión Nacional de Energía, memoria institucional 2013).	48
Tabla 4.2 Calidad de la Frecuencia.	56
Tabla 4.3 Calidad del Voltaje	56
Tabla 4.4 Número de disparos por empresa año 2012.	57
Tabla 4.5 Estado de cumplimiento Protección diferencial en el sistema de transmisión.	59
Tabla 5.1 Ficha de trabajo del proyecto de resiliencia (Fuente: Ayuntamiento de Barcelona).	69
Tabla 5.2 Diferencia entre la red eléctrica existente y la red inteligente.(Fuente: the path of Smart grid)	72

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La República Dominicana, tanto por superficie como por población, es el segundo país más grande del Caribe y tiene cerca de 10 millones de habitantes. La ciudad de Santo Domingo es la capital y el mayor núcleo de población de la República Dominicana y sus infraestructuras conforman una red compleja que es absolutamente imprescindible para poder garantizar el buen funcionamiento de la ciudad y la calidad de vida de los ciudadanos.

Debido a procesos globales que cambian rápidamente el entorno socioeconómico y medioambiental tales como el crecimiento urbano o el cambio climático, las áreas urbanas están incrementando el riesgo de sufrir desastres naturales, industriales o sociales que pueden poner en crisis los servicios. La ciudad de Santo Domingo es altamente vulnerable a estos procesos globales, como ejemplo se muestra en la **Figura 1.1** los asentamientos informales urbanos y su vulnerabilidad ante las amenazas naturales.



Figura 1.1 Asentamientos urbanos informales en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana.

Partiendo de estas premisas, se ha intentado determinar qué tipo de acciones ingenieriles se pueden llevar a cabo para reducir la vulnerabilidad de la ciudad, teniendo en cuenta alguna fuente fiable de información global, combinándola con la consulta local a personas conocedoras de la ciudad, utilizando las redes sociales como herramienta.

Hecho el análisis de los resultados se ha llegado a la conclusión de que era necesario actuar sobre el sistema eléctrico para producir los mayores beneficios con el coste más acotado posible. Como pasa en muchas ciudades, el sistema eléctrico en Santo Domingo es el servicio más crítico, ya que su deficiencia o fallo puede afectar en cadena a otros servicios como el agua, las telecomunicaciones, la distribución de combustibles, etc. que dependen de este para su funcionamiento.

No hay duda que el agua es el recurso más importante para la vida y que utilizamos cada día, sin embargo para que los consumidores finales dispongan del servicio de agua potable es necesario consumir energía eléctrica en las bombas que elevan el agua a la cota necesaria para tener la presión adecuada y llegar a todos los consumidores.

El sector energético dominicano ha evolucionado hacia un sistema que exhibe en estos momentos una grave crisis financiera, la cual involucra y compromete seriamente al Estado y a las principales empresas generadoras y distribuidoras a través de complejas relaciones de endeudamiento intersectorial. Según el Banco Mundial, la

revitalización de la economía dominicana depende en gran medida de una importante reforma del sistema energético.

Una de las principales causas del problema energético son los altos niveles de pérdidas técnicas y no técnicas, estas últimas debido al robo de electricidad y fraude, como se puede ver en la **Figura 1.2** a continuación.



Figura 1.2 Robo de electricidad.

Las pérdidas y limitaciones de la distribución generan la necesidad de mejorar y expandir la red nacional, incluso a través de la integración de recursos de energía renovable nacional. La inestabilidad de la electricidad le cuesta al país anualmente un estimado de setecientos millones de dólares estadounidenses, o aproximadamente el 3.4% del PBI.

Es evidente que se necesita realizar una mejora de la resiliencia en la red eléctrica de la ciudad de Santo Domingo para disminuir dichas vulnerabilidades y de esta forma lograr reducir los costos y mejorar la calidad del servicio para todos los ciudadanos. Este trabajo propone además el sector de la red donde es más rentable actuar para generar el mayor beneficio posible.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Crear un proyecto de resiliencia que permita disminuir o eliminar la vulnerabilidad de las infraestructuras del servicio eléctrico de Santo Domingo, determinando las principales acciones ingenieriles a implementar para aumentar su resiliencia frente a cualquier causa en general haciendo un análisis lógico y progresivo de lo general a lo particular.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Partiendo de un análisis, se han planteado concatenadamente objetivos encaminados a focalizar al máximo las medidas a implementar, hasta lograr la mayor concreción posible:

1. Determinar el ámbito donde se debía actuar a partir de las necesidades globales de la ciudad.
2. Realizar una diagnosis de la red eléctrica de Santo Domingo, Distrito nacional, en busca de las principales debilidades del sistema.
3. Realizar un análisis comparativo con la red eléctrica de Barcelona para determinar la posibilidad de tomarla como referencia, en términos de la tipología de la red, el uso de la energía y la gestión.
4. Establecer un plan de mejora con medidas de incremento de la resiliencia que permitan lograr un sistema eléctrico sostenible y que el foco de inversiones en el sector de energía este orientado tanto a la mitigación, como a estrategias y medidas de adaptación.
5. Preparar una propuesta de implementación donde se presentara la vía y mecanismos a utilizar para la puesta en marcha del proyecto de resiliencia con el apoyo de las Instituciones del sector energético dominicano.
6. Preparar un cronograma de actividades donde se definan las diversas etapas del proyecto, las metas a corto y mediano plazo, el calendario estimado de duración y los criterios que faciliten la medición de los resultados en cada etapa.

7. Aportar valor a la sociedad dominicana y que se puedan implementar metodologías que permitan planificar la ciudad con conceptos de resiliencia en todos los sectores y ámbitos.

1.3. INTERÉS POR EL ENFOQUE DE RESILIENCIA

En los últimos años la resiliencia de las ciudades ante las presiones ambientales y sociales es vista como una cuestión principal para los gobiernos y las personas alrededor del mundo, ya que es considerada como un componente clave en el camino hacia el desarrollo sostenible y se convertirá en la fuerza conductora del mismo para los próximos años.

La Resiliencia Urbana es la capacidad para prevenir las amenazas, absorber los impactos, responder a las crisis que presentan las ciudades, así como la agilidad de recuperarse y aprender de la experiencia.

Debido a una crisis en el sistema de suministro eléctrico y una serie de incidentes que pusieron en manifiesto la vulnerabilidad de la ciudad de Barcelona en el año 2007, el ayuntamiento crea la Mesa de Infraestructuras y Servicios Urbanos con el fin de mejorar la resiliencia de las infraestructuras de abastecimiento y los servicios esenciales, evitando los riesgos y sus eventuales consecuencias para el ciudadano.

Hoy en día la ciudad de Barcelona se ha convertido en un modelo de medición resiliencia urbana, debido a que han dado lugar a metodologías de trabajo y a bancos de buenas prácticas que pueden resultar de aplicación en otras ciudades. Tomando en cuenta la importancia de Barcelona en este sentido y que es la sede de las oficinas del Programa de perfiles de ciudades resilientes de ONU-Hábitat, es nuestro punto de partida y referencia para esta tesis.

1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

En este apartado se plantea la estructura del desarrollo de la tesis, para tener una idea somera de en qué consisten cada uno de los capítulos que se han propuesto para alcanzar los objetivos planteados en el apartado anterior 1.2.

El presente capítulo 1 se da una idea clara del alcance del documento y los objetivos que se pretenden lograr así como la motivación para abordar el estudio y la investigación del tema.

En el capítulo 2 se describen los antecedentes de la encuesta realizada para determinar los principales riesgos en contexto urbano de la ciudad de Santo Domingo,

la importancia de Barcelona como ciudad resiliente y los aspectos principales de todo lo que implica el concepto de resiliencia.

En el capítulo 3, denominado estado del arte, se plantean informaciones explicativas de las infraestructuras eléctricas y aspectos fundamentales del sector energético de la ciudad de Santo Domingo y la ciudad de Barcelona para posteriormente realizar una comparativa entre ambas ciudades.

En el capítulo 4 se realiza una diagnosis sobre la vulnerabilidad y puntos débiles de la red eléctrica de la ciudad de Santo Domingo. A partir de los riesgos detectados en la fase de diagnosis se plantea el proyecto de mejora de resiliencia en el capítulo 5. Así mismo se presenta la propuesta de implementación y el calendario estimado para la realización del proyecto de resiliencia.

En el capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado partiendo de los resultados de los capítulos anteriores y se plantean líneas futuras de investigación.

2. ANTECEDENTES

2.1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades son los motores de crecimiento de un país con sistemas y capacidades de gobernanza dinámicos [1]. Según la oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres (UNISDR) actualmente más de la mitad de la población mundial vive en ciudades. El clima extremo y cambiante, los terremotos y las emergencias provocadas por las amenazas inducidas por el hombre cada vez más están ejerciendo presión en la población y en la prosperidad de las ciudades.

En las últimas décadas, la vulnerabilidad a los impactos de las amenazas naturales ha aumentado en la República Dominicana, muy especialmente como consecuencia de una expansión urbana que podría definirse como rápida y desordenada. En muchos casos no se han tomado en cuenta las medidas preventivas adecuadas en el diseño de la infraestructura y en el desarrollo de la producción de bienes y servicios, así como en su ubicación, en el control de la calidad de la construcción o en su mantenimiento. Debido a la falta de conocimientos sobre el riesgo, se siguen invadiendo áreas peligrosas y sin aplicar las prácticas adecuadas de prevención y mitigación. [2]

En este apartado se exponen los antecedentes de los principales riesgos en contexto urbano de América Latina y el Caribe, de manera especial la República Dominicana y un análisis de los resultados de la encuesta realizada a partir de dichos riesgos.

Así mismo se hace una atención a la resiliencia de las ciudades, que es lo que permite que una ciudad funcione diariamente a través del proceso de urbanización y

planificación, y mediante acciones específicas para reducir los riesgos y adaptarse los cambios climáticos.

2.2. PRINCIPALES RIESGOS EN CONTEXTO URBANO DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

La Federación Internacional de sociedades de la Cruz Rojas y la Media Luna Roja realizaron un estudio de los riesgos en contexto urbano de América Latina y el Caribe, en la búsqueda de soluciones para reducir el riesgo y aumentar la resiliencia de las comunidades urbanas, como medio para reducir la pérdida de vidas y la afectación que los desastres traen a las personas. [3]

Las ciudades son centros de dirección del conjunto de la sociedad y estas pueden estar expuestas a diversos riesgos. Si dicho riesgo deviene en desastre, cuando se trata de ciudades importantes, esto tiene un efecto ampliado que va más allá de su propio territorio, dado el carácter central de la ciudad en la dirección y coordinación de un conjunto de funciones socio económicas nacionales e internacionales.

La concentración y la densidad de la población, la construcción, las líneas vitales y las redes de vialidad son sus rasgos distintivos de los espacios urbanos. En dichos espacios los procesos de desarrollo socio económico, las condiciones materiales sobre las cuales se asienta (edificaciones, líneas vitales, carreteras), y los diversos tipos de amenazas socio-naturales y antrópicas conforman sobre todo en las grandes ciudades, formas de riesgo intensivo.

América Latina es la región con el ritmo más elevado de crecimiento urbano entre los países en vías de desarrollo y la República Dominicana de esta exenta de esto.

Simultáneo al crecimiento urbano y a la densificación acelerada, se ha experimentado un aumento también en la vulnerabilidad de la población urbana, sobre todo a causa de los patrones irregulares de asentamiento, al escaso acceso a la propiedad de la tierra, y las condiciones socioeconómicas con las que los nuevos pobladores urbanos llegan. Esto se ha constituido en un aumento significativo de situaciones de desastre, caracterizadas además por nuevos patrones de amenaza y por complejas características comunitarias.

También las ciudades son lugares en donde se realiza un consumo desmedido y en algunos casos opulento. Tal cosa provoca la producción de desechos de distinto tipo, con los cuales no se sabe qué hacer, ya sea porque no se los puede procesar, o porque no existen condiciones en esas ciudades para darles un uso apropiado y no

contaminante. Además, según el Banco Mundial, las ciudades son los lugares principales en la producción de gases de efecto invernadero.

Todo lo anterior ha conformado espacios urbanos altamente frágiles, riesgosos, que, a su vez, transfieren tales condiciones a los otros ecosistemas, directa o indirectamente. Existen diferentes factores de riesgo entre los cuales están [1]:

- El crecimiento de las poblaciones urbanas y su creciente densidad, que ejerce presión en los suelos y servicios, y origina el aumento de asentamientos humanos en tierras costeras, a lo largo de laderas inestables y en zonas propensas al riesgo.
- La concentración de recursos y capacidades a nivel nacional, con falta de recursos fiscales, humanos y limitadas capacidades en el gobierno local, incluyendo mandatos poco definidos para la reducción del riesgo de desastres y la respuesta.
- La débil gobernanza local y la pobre participación de los socios locales en la planificación y la gestión urbana.
- La inadecuada gestión de los recursos hídricos, de los sistemas de alcantarillado y de los residuos sólidos, que son la causa de emergencias en materia de salud pública, inundaciones y deslizamientos.
- El declive de los ecosistemas debido a las actividades humanas como la construcción de carreteras, la contaminación, la recuperación de humedales y la extracción insostenible de recursos que ponen en peligro la capacidad de brindar servicios básicos como la regulación y la protección en caso de inundaciones.
- Las infraestructuras debilitadas y los estándares de construcción inseguros que pueden provocar el desplome de estructuras.
- Los servicios de emergencia descoordinados, con la consiguiente disminución de la capacidad de respuesta rápida y del estado de preparación.
- Los efectos negativos del cambio climático que probablemente aumenten o disminuyan las temperaturas extremas y la precipitación, dependiendo de las condiciones de la región, con repercusiones en la frecuencia, la intensidad y la ubicación de las inundaciones y de otros desastres relacionados con el clima.

Basado en el estudio de la Federación Internacional de sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja se realizó una encuesta de opinión con 29 riesgos con el objetivo de establecer el orden de importancia de cada uno de ellos para los ciudadanos dominicanos (Ver *Anexo 1*). Esta encuesta fue realizada en la ciudad de Santo Domingo a 100 personas mayores de 18 años y de diferentes ocupaciones. En la *Figura 2.1* se muestra la posición en orden de prioridad de los 15 riesgos principales basados en los resultados de la encuesta.



Figura 2.1 Principales riesgos en contexto urbano de la República Dominicana.

Las causas de la falta de educación y cultura y las relaciones comunales agresivas y de delincuencia provienen de factores sociales, psicológicos y pedagógicos. Añadido a lo anterior las políticas económicas, de seguridad social y de salud inciden directamente sobre la política de educación y la pobreza, por lo cual estos riesgos van más allá del alcance de esta tesis.

Sin embargo en términos de ingeniería los principales riesgos en que se puede incidir de una forma más precisa son la falta de servicios básicos para toda la población y los riesgos naturales, los cuales ocupan la posición 3 y 5 respectivamente.

En los últimos años las ciudades latinoamericanas están creciendo desordenadamente y sin contar con los suficientes servicios para la población, por ello también, se han convertido en espacios concentradores de la vulnerabilidad y el riesgo. No obstante está expuesta a varias amenazas meteorológicas, geológicas, y antrópicas, como huracanes, tormentas, inundaciones, marejadas, sequías, terremotos, incendios, y riesgos tecnológicos, que pueden afectar las líneas vitales las cuales son sistemas imprescindibles para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones.

Las fuerzas destructivas de estos fenómenos pueden ser enormes; en la República Dominicana el Huracán Georges de 1998 causó pérdidas económicas estimadas en 2,193 millones de dólares (14% del PIB) y la muerte de 235 personas. Una prolongada interrupción de las líneas vitales como el abastecimiento de agua o energía eléctrica de una ciudad o región urbana inevitablemente induciría a pérdidas económicas importantes, deterioro de la salud pública y, eventualmente, migración de la población. [4]

El crecimiento demográfico junto con el deterioro acelerado del ambiente, la deforestación, y la carencia de medidas de mitigación resultaran en la intensificación de los impactos de desastres en el futuro.

La resiliencia y la reducción del riesgo de desastres deben formar parte del diseño y estrategias urbanas para lograr un desarrollo sostenible, así como también reformar los servicios básicos, los cuales son los componentes primarios y fundamentales para el desarrollo humano.

Si bien el agua es un recurso vital y esencial que utilizamos cada día, para que los consumidores finales dispongan de un servicio de agua potable garantizado es necesario consumir energía eléctrica.

La cantidad de energía necesaria para hacer funcionar el ciclo integral del agua ha aumentado en los últimos años ya que las tecnologías de uso y tratamiento de aguas han evolucionado muy rápidamente para disminuir riesgos para la salud, aumentar la eficiencia y precisión con que se usa el agua y disminuir la carga de contaminantes con que se devuelve a las fuentes naturales o se reintegra en el ciclo de usos.

Desde que el hombre comenzó a utilizar la energía eléctrica este ha sido el elemento evolucionario de la industria, la medicina, la ciencia, el comercio, la tecnología, etc., convirtiéndose así en uno de los servicios de mayor importancia para el desarrollo de las ciudades y de la humanidad. Sin ella no se podría tener iluminación

por las noches, los hospitales no brindarían atención, las industrias dejarían de producir, las personas no tendrían el uso de sus aparatos eléctricos, en fin, sin electricidad no habría desarrollo en el País.

En la República Dominicana el sector eléctrico es considerado una retranca para el crecimiento económico del país, con una prolongada crisis e ineficaces medidas correctivas que han terminado con un círculo vicioso de apagones habituales, altos costos operativos de las compañías de distribución y para los consumidores, grandes pérdidas, elevadas tarifas minoristas, con una significativa carga fiscal para el Gobierno a través de subsidios directos e indirectos. [5]

Ante esta situación, el país se ha enfrentado a uno de sus mayores retos: crear una situación legal que resuelva problemas derivados de una antigua y deficiente infraestructura en el sistema de suministro de energía, y tratar de cambiar la matriz energética del país en los próximos años.

El sector energético dominicano necesita inversores con experiencia en desarrollo de empresas de energía en mercados emergentes, así como una gestión de alta calidad y el impulso emprendedor para prosperar en el mercado.

2.3. LA RESILIENCIA DE LAS CIUDADES

El concepto de ciudades resilientes constituye una metáfora emergente para describir e interpretar la capacidad mostrada por algunas para enfrentar adversidades, origen de graves impactos que cuestionaron su futuro, consiguiendo recuperarse y continuar su proceso de desarrollo.

El término Resiliencia proviene del latín *resilio* que significa volver atrás, volver de un salto, rebotar, saltar hacia atrás, ser repelido o resurgir. Surge de la física y la mecánica de la metalurgia, y se refiere a la capacidad de los metales de resistir un impacto y recuperar su estructura original acumulando energía [6]. La Real Academia Española RAE la define como “la capacidad de un material elástico para absorber y almacenar energía de deformación”.

United Nations Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) propone: “ la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a peligros para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de un peligro en forma oportuna y eficaz, incluyendo la preservación y restauración de sus funciones y estructuras básicas esenciales”. [6]

La Resiliencia Urbana a partir de las definiciones de Walker (2007) y Twigg, (2007) se propone como una conceptualización de la capacidad de una ciudad para prevenir las amenazas, absorber los impactos, responder a las crisis, recuperarse y aprender de la experiencia.

La Resiliencia de los Servicios Urbanos (SU) será en consecuencia su capacidad para conocer los riesgos, adaptarse a los acontecimientos, responder a las agresiones, recuperar el normal funcionamiento y aprender para mejorar la calidad y eficiencia de los servicios. En la misma línea, la Inteligencia de los servicios urbanos (SUS) será su capacidad de funcionar conectados para ser más seguros y eficientes.

Las ciudades son centros de dirección del conjunto de la sociedad y estas pueden estar expuestas a diversos riesgos. Si dicho riesgo deviene en desastre, cuando se trata de ciudades importantes, esto tiene un efecto ampliado que va más allá de su propio territorio, dado el carácter central de la ciudad en la dirección y coordinación de un conjunto de funciones socio económicas nacionales e internacionales.

En las ciudades hay un alto volumen de edificaciones, población y líneas vitales, que además están encadenados por múltiples vínculos; por lo cual el proceso de construcción del riesgo se hace con una intensidad distinta; de todo ello resulta un tipo de riesgo que es propio de las áreas urbanas.

Para entender que los desastres “no son naturales” es importante considerar los elementos del riesgo [1]. El riesgo es una función de la amenaza (un ciclón, un terremoto, una inundación, o un incendio por ejemplo), la exposición de la población y sus bienes a la amenaza, y de la situación de vulnerabilidad a la que se expone la población y sus activos como se muestra en la **Figura 2.2**. Estos factores no son estáticos y se pueden mejorar, dependiendo de la capacidad institucional e individual de hacer frente y/o de actuar para reducir el riesgo.

$$\frac{\text{Amenaza x Vulnerabilidad x Exposición}}{\text{Resiliencia o capacidad de afrontamiento}} = \text{Riesgo de desastre}$$

Figura 2.2 Riesgo de desastre

Los modelos sociales y ambientales de desarrollo pueden aumentar la exposición y la vulnerabilidad, por lo tanto pueden agravar el riesgo. Se pueden aplicar estrategias y políticas para atender cada uno de estos problemas, como parte de una

visión más general para hacer que las ciudades de todo tamaño y perfil sean más resilientes y más habitables.

2.4. BARCELONA EJEMPLO DE CIUDAD RESILIENTE

Durante el año 2007 en la ciudad de Barcelona se produjeron una serie de incidentes que pusieron de manifiesto la vulnerabilidad de la ciudad. Entre los cuales están: un apagón eléctrico, los problemas con el tren de alta velocidad y la sequía provocaron interrupciones en las infraestructuras y los servicios de abastecimiento que suministran a la ciudad y que generaron restricciones de uso y funcionamiento a los ciudadanos.

A partir de este momento, el Ayuntamiento establece un convenio con el “Institut Químic de Sarrià de la Universitat Ramon Llull” para desarrollar el proyecto 3Ss (Garantía de los servicios de suministro) que, con la ayuda de los propietarios, los operadores y los diferentes departamentos del Ayuntamiento, realizaron un primer diagnóstico sobre la vulnerabilidad de los servicios y la interconexión con el resto de servicios e infraestructuras.

Como resultado de este diagnóstico se crea la TISU (Taula d’Infraestructures i Serveis Serveis Urbans) que es la Mesa de Infraestructuras y Servicios Urbanos y está organizada en ocho grupos de trabajo como se muestra en la

Figura 2.3, los cuales son: Servicios Municipales, Túneles Urbanos, Suministro eléctrico, Ciclo del Agua, Combustibles, Movilidad y transporte público, Telecomunicaciones y Obras subterráneas y Galerías, que de manera transversal desarrollan distintos proyectos cuyo objetivo es reducir los riesgos y las vulnerabilidades detectados en la fase de diagnóstico.

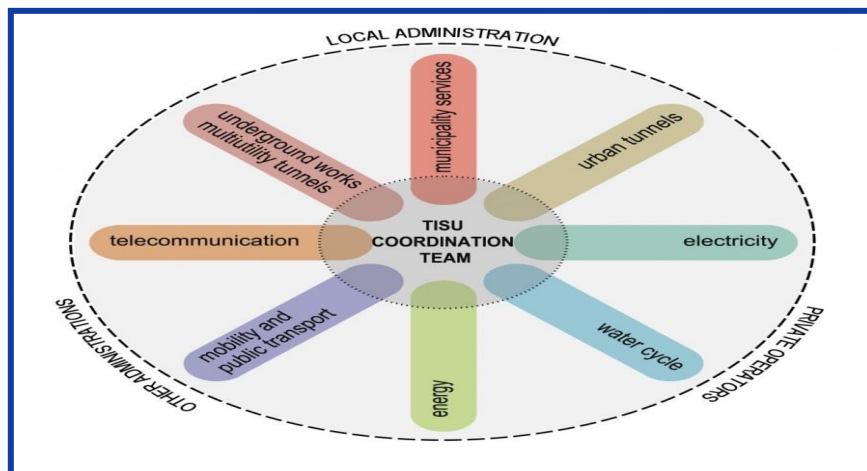


Figura 2.3 Grupos de trabajo de la TISU.

La guía se desarrolla de acuerdo a las conclusiones obtenidas y en relación siempre a la red interconectada y compleja que forman las infraestructuras y los servicios urbanos. Su objetivo es dar apoyo a los propietarios y operadores de las infraestructuras de servicios, a aquellos que deben dar respuesta a las emergencias, a los grupos industriales, a los reguladores y a los departamentos del Ayuntamiento para trabajar conjuntamente con el fin de mejorar la resiliencia de las infraestructuras de abastecimiento y los servicios esenciales, evitando los riesgos y sus eventuales consecuencias para el ciudadano.

La guía contempla los siguientes aspectos:

1. Establece los principios que sustentan la resiliencia en el ámbito urbano (focalizado en las infraestructuras y los servicios) y proporciona una metodología los principios que sustenten la resiliencia a través de la necesidad de compartir información y de trabajar de forma transversal.
2. Ofrece buenas prácticas y asesoramiento a las organizaciones (propietarios, operadores, reguladores y protección civil) para garantizar que el proceso de mejora de la resiliencia sea continuo.
3. Fomenta el trabajo de forma conjunta y transversal con el fin de mejorar la resiliencia de las infraestructuras y de los servicios implicando a los propietarios y operadores de las infraestructuras y los servicios de abastecimiento, a los que deben dar respuesta a las crisis, a los reguladores y a los departamentos correspondientes del Ayuntamiento.

Actualmente Barcelona acoge la oficina del Programa de Perfiles de Ciudades Resilientes del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). El objetivo principal de este programa en Barcelona es tomar como base las experiencias innovadoras de la ciudad, para ayudar a ciudades y gobiernos sin recursos económicos a hallar soluciones.

El director del Programa de Ciudades Resilientes, Dan Lewis, explica que están trabajando 10 empleados con perfiles técnicos y universitarios para configurar un modelo de medición de la resiliencia de las ciudades en base a Barcelona y participan desarrollando modelos de recogida de datos.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura básica de un país es un componente clave para el desarrollo económico de éste. Según el banco mundial, mejorar la infraestructura de los países en desarrollo es un aspecto que se considera cada vez más importante para reducir la pobreza, aumentar el crecimiento y lograr los objetivos de desarrollo del Milenio. La calidad y la cantidad de dichos servicios están determinadas por las características de las infraestructuras instaladas en cada uno de los sistemas.

La red de suministro de energía es fundamental, ya que su objetivo es garantizar la producción, almacenamiento y distribución de energía para el transporte, la vida doméstica y la productividad de una sociedad de modo que ésta crezca y se desarrolle. Por tanto es importante reconocer los rasgos físicos que caracterizan la infraestructura eléctrica y sus diversas componentes.

La infraestructura de energía eléctrica incluye tanto la generación de electricidad como su transmisión, almacenaje y distribución, como se muestra en la **Figura 3.1** más adelante. Entre estos elementos se encuentran las plantas de generación que producen electricidad de combustibles fósiles como el carbón, gas natural y biomasa o combustibles no fósiles como la eólica, solar, nuclear, hidráulica, etc.

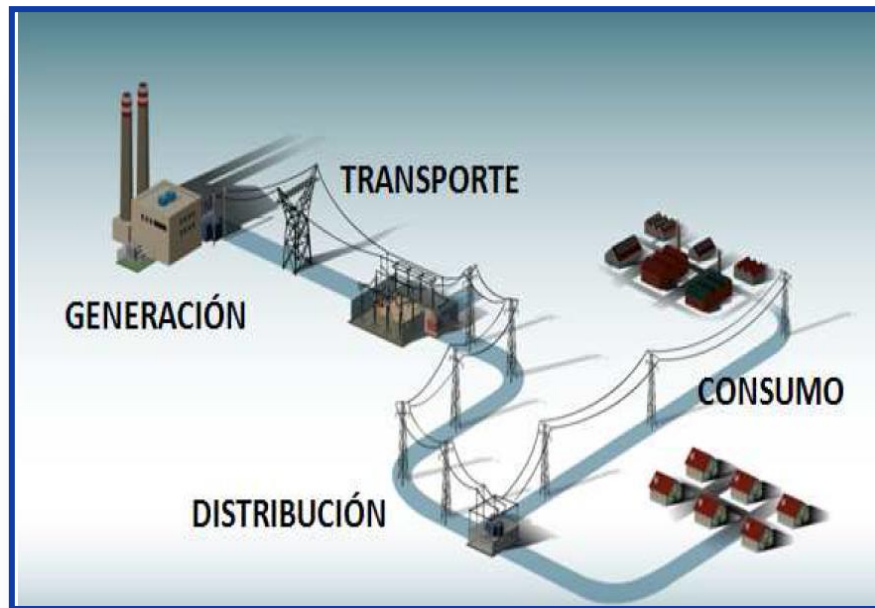


Figura 3.1 Modelo energético actual.

De igual forma se deben incluir las redes de electricidad, como los sistemas de transmisión de alto voltaje, los transformadores, las subestaciones y las estaciones de distribución local.

El Estado ocupa un papel fundamental ya que es el responsable de la visión estratégica del desarrollo del sector eléctrico y canalizarla a través de instituciones, de instrumentos, de mecanismos de estímulo, de planificación y, finalmente de regulación.

En este capítulo inicialmente se dan a conocer los aspectos generales de la ciudad de Santo Domingo y la ciudad de Barcelona y realiza una breve descripción de la Historia del sector eléctrico de cada una de ellas.

Posteriormente se expone de forma detallada los aspectos antes mencionados relacionados con la infraestructura eléctrica, desde los proveedores hasta los consumidores. También cómo se maneja el sector en términos legales, de gestión e institucionalidad y luego se plantea un análisis comparativo de las dos ciudades.

3.2. LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO

La República Dominicana está formada por 31 provincias y un Distrito Nacional, cada una de las provincias tiene su capital o municipio cabecera. En la *Figura 3.2* se muestra la ubicación de la ciudad de Santo Domingo en el mapa de la República Dominicana.



Figura 3.2 Mapa de la República Dominicana.

Santo Domingo (oficialmente Santo Domingo de Guzmán) es la capital y ciudad más grande de la República Dominicana. La ciudad está situada sobre el Mar Caribe, en la desembocadura del río Ozama. Se encuentra dentro de los límites del Distrito Nacional, y este último a su vez limita al sur con el Mar Caribe, al este con la ciudad de Santo Domingo Este, al oeste con Santo Domingo Oeste y al norte con Santo Domingo Norte; entre todas forman el Gran Santo Domingo.

En la actualidad Santo Domingo se considera la metrópolis más importante de la República Dominicana. En el Distrito Nacional se estimó una población de 965,040 en el 2010 [7], con una extensión territorial de 104.44 km². Es la demarcación geográfica de mayor densidad poblacional con 9,240.138 Hab/km² y tiene la particularidad de ser totalmente urbano.

La ciudad es el centro de la actividad económica en la República Dominicana. Muchas empresas nacionales e internacionales tienen sus sedes u oficinas regionales en Santo Domingo. La ciudad atrae a muchas empresas internacionales y franquicias debido a su ubicación geográfica y estabilidad económica. La infraestructura es adecuada para la mayoría de las operaciones de negocio, sin embargo, los cortes de energía siguen siendo un problema en ciertas partes de la ciudad.

3.2.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL SECTOR ELÉCTRICO

En el Año 1845 se instala en el país el primer alumbrado público en la ciudad de Baní, ya que el existente consistía en el uso de faroles de velas de cera. En 1928 se inicia el Sistema Eléctrico Nacional, cuando mediante Decreto Presidencial se autorizó la creación de la Compañía Eléctrica de Santo Domingo, la cual quedó encargada de generar, construir, rehabilitar y extender las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Mediante el Decreto No. 584 en el año 1979 se creó la Comisión Nacional de Energía, la cual se le atribuyó las funciones de delinear y proponer al Poder Ejecutivo los programas de inversión para la generación de energía. A inicios de la década de los 90 se promulgó la Ley No. 14-90 sobre Incentivo al Desarrollo Eléctrico Nacional y se inició el proceso de reestructuración de la Corporación Dominicana de Electricidad. Mediante el Decreto No. 148-93 en 1993 se crea el Consejo Nacional para la Energía con la finalidad de continuar con la reforma y reestructuración del Sistema Eléctrico Dominicano.

En el 1998 se creó la Superintendencia de Electricidad y se aprueba el Reglamento No. 428-98, para el funcionamiento de la Corporación. El año 1999 marca un cambio trascendental en el Sector Eléctrico Nacional, con la materialización de la ejecución de las disposiciones del Decreto No. 428-98, mediante el cual se divide la Corporación Dominicana de Electricidad en 7 unidades de Negocios y una Unidad Corporativa que operarían como empresas independientes, facilitando así el proceso de capitalización de la CDE.

Como consecuencia de este proceso, surgieron tres empresas de distribución de electricidad y dos empresas de generación: Las Empresas Distribuidoras de Electricidad del Norte, S.A. (EDENORTE), del Sur, S.A. (EDESUR) y del Este, S.A. (EDEESTE); y las Empresas Generadoras de Electricidad Itabo, S.A. ("EGE ITABO") y Haina, S.A. ("EGE HAINA"), como sociedades comerciales independientes, sujetas a las disposiciones del Código de Comercio Dominicano y sus respectivos Estatutos Sociales.

En el 2001 mediante la Ley General de Electricidad No. 125-01 se crea la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE), la Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana (ETED) y de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID). La CDEEE fue creada con la finalidad de liderar y coordinar las empresas eléctricas, llevar a cabo los programas del Estado en materia de electrificación rural y suburbana a favor de las comunidades de escasos recursos económicos, así como de la administración y aplicación de los contratos de suministro de energía con los Productores Independientes de Electricidad (IPP).

En el 2004 se transfiere a la CDEEE el Programa de Reducción de Apagones (PRA), con los objetivos de incentivar, conjuntamente con las Empresas Eléctricas de Distribución, las condiciones para la prestación y mejoría del servicio de energía eléctrica y facilitar los arreglos de pagos entre las Empresas Eléctricas de Distribuidoras de Electricidad.

En fecha 30 de diciembre del 2009, el Poder Ejecutivo promulgó el Decreto No. 923-09, a través del cual se establece a la CDEEE como líder y coordinadora de todas las estrategias, objetivos y actuaciones de las empresas eléctricas de carácter estatal, así como aquellas en las que el Estado sea propietario mayoritario o controlador y los entes o unidades que dependan de esta Institución o de cualquier otra empresa estatal vinculada al sector eléctrico. A tales fines, se incluye dentro de dicho régimen, a las empresas ETED, EGEHID, EDENORTE, EDESUR y EDEESTE y a la UERS.

3.2.2 TOPOLOGÍA DE LA RED ELÉCTRICA

El sistema de transmisión está formado por una red troncal de 138 kV, que conecta Santo Domingo con las tres zonas (Norte, Sur y Este) y tiene una longitud aproximada de 1.799 km, y una red secundaria de 69 kV con una longitud de 1.461 km. En atención a diversas restricciones, el sistema es operado de manera radial en zonas específicas, lo que reduce su confiabilidad; sin embargo, esto se hace con la finalidad de evitar que las perturbaciones ocurridas en dichas zonas produzcan salidas en cascada y resulten en una salida total del sistema. [8]

La Red del sistema eléctrico nacional interconectado (SENI) de la República Dominicana está compuesta por líneas en alta tensión y líneas de distribución en Media Tensión (MT). En la **Tabla 3.1** se presentan las características de las líneas de transmisión de 69 y 138 kV.

Tabla 3.1 Características de líneas de transmisión de 69 y 138 kV de la red eléctrica de la República Dominicana 2010. (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).

Voltaje Diseño/Operación (kV)	Número de Líneas	Número de circuitos	Longitud (km)	Capacidad de transmisión (MVA)
69	344	344	1,797.54	21,541.57
138	90	108	1,719.52	17,447.75

La Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana (ETED) se encarga de la operación, mantenimiento y administración de todas las redes de alta tensión, subestaciones, equipos, maquinarias, sistemas de transmisión de electricidad, bienes muebles e inmuebles transferidos desde la CDE. En la **Figura 3.3** se muestra de forma esquemática los componentes de la red eléctrica de Santo Domingo. (Ver **Anexo 2**).

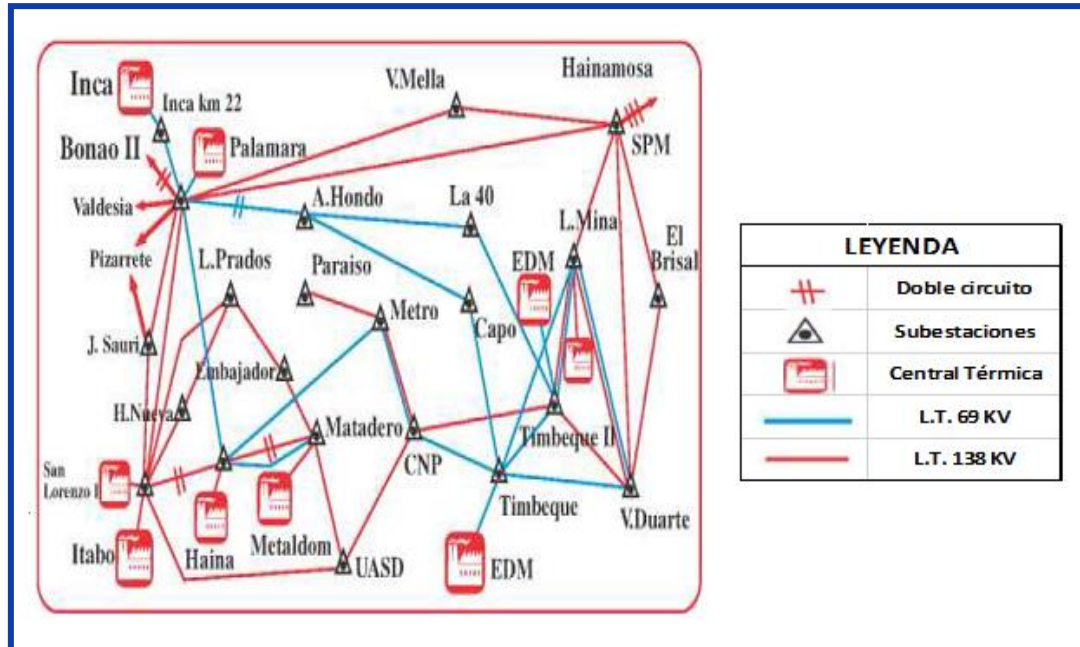


Figura 3.3 Sección de Santo Domingo del Mapa eléctrico y energético de la República Dominicana 2013 (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).

En Santo Domingo existen 74 líneas de transmisión de 69 kV, que tienen en total 159.57 km y 32 líneas de transmisión de 138 kV que tienen un total 352.34 km, ambas líneas son tipo aérea y están apoyadas en postes de madera, poste de acero y torres, respectivamente. (Ver desde **Anexo 3 al 7**)

3.2.3 GENERACIÓN Y CONSUMO

El 82% de la producción eléctrica de la República Dominicana se basa en combustibles fósiles, donde el petróleo representa 36% de los mismos. En la **Figura 3.4** se puede ver la distribución de la generación de energía según el tipo de combustible.

La generación de electricidad está dominada por plantas térmicas que mayoritariamente funcionan con combustible o gas (o gas natural líquido) importado, para un total de 62 plantas en funcionamiento en el 2013. [9]

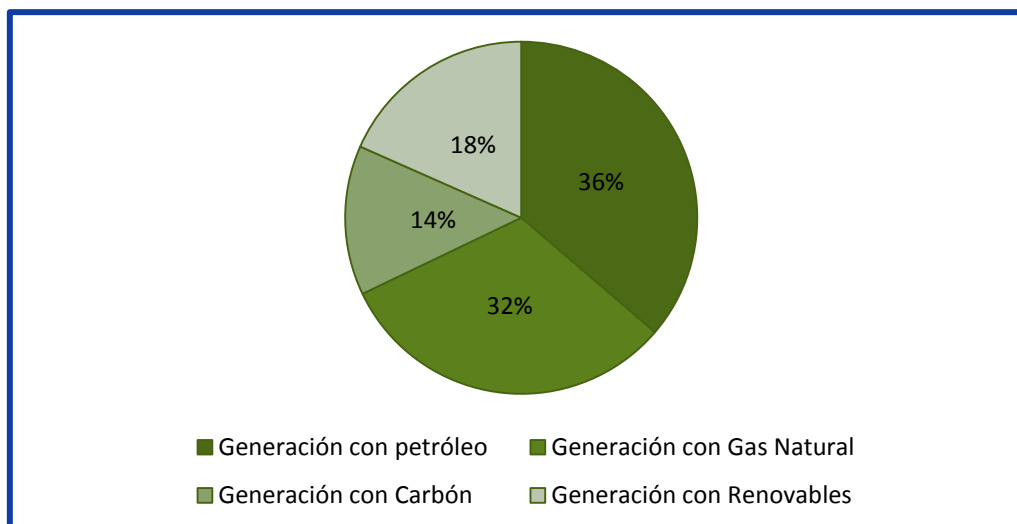


Figura 3.4 Generación de electricidad por tipo de combustible en el 2013 (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).

Sólo el 18% de la electricidad proviene de recursos renovables nacionales, generados por 14 plantas de energía hidroeléctrica grandes y un parque eólico (Los cocos). Recientemente sea incorporado energía fotovoltaica pero la Comisión Nacional de Energía aún no cuenta con informaciones específicas en cuanto a la generación.

Para reducir la dependencia del petróleo, fue aprobada la Ley N° 57-07 de Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes Especiales, que impulsa iniciativas para la producción de fuentes de energía renovable. De esta forma, se estableció como objetivo que en 2020, que el 20 % de las necesidades del consumo nacional sean cubiertas con energías renovables. [10]

En el 2013 la energía generada hasta septiembre era 13,849 GWh para una potencia total instalada de 3,238 MW. En la **Tabla 3.2** se muestra de forma detallada los datos anteriores según la fuente de energía.

Tabla 3.2 Potencia Instalada y Energía generada según la fuente de energía en el 2013. No incluye los meses de octubre a Diciembre (Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE).

FUENTES	POTENCIA INSTALADA (MW)	ENERGIA GENERADA (GWh)	% MW	% GWh
CARBON MINERAL	313.63	2,124.08	9.69%	15.34%
GAS NATURAL	690.00	4,255.73	21.31%	30.73%
FUEL OIL	959.56	4,307.63	29.63%	31.10%
DIESEL	401.90	658.67	12.41%	4.76%
AGUA	603.13	1,782.89	18.63%	12.87%
DIESEL / FUEL OIL	185.00	624.69	5.71%	4.51%
VIENTO	85.00	95.82	2.62%	0.69%
Total	3,238.22	13,849.51	100.00%	100.00%

En lo que se refiere al consumo, en el año 2010 el consumo final de electricidad nacional fue de 13,113 GWh, de los cuales 5,342 GWh fueron usados por la industria, 4,327 GWh por el sector residencial, 2,005 GWh por el comercio y los servicios públicos y 1,439 GWh por la agricultura y la actividad forestal. [11]

En el sector residencial algo más de la mitad de la electricidad (55%) se usa para ventilación y aire acondicionado. El resto se distribuye en artefactos eléctricos (16.5%), refrigeración (14.8%) e iluminación (10.5%). Cocción y calentamiento de agua tienen participaciones muy pequeñas.

En el sector industrial las tres ramas industriales que consumen más energía en República Dominicana, son la industria azucarera (28.9%) y las de cemento y cerámica (25.4%), entre ambas absorben algo más de la mitad de los consumos, principalmente en usos térmicos. Las zonas francas (13.2%) y el resto de la industria alimenticia (17.7%) representan un segundo conjunto de ramas industriales intensivas en electricidad. De menor importancia, están los consumos de la industria química (6.1%), resto de la industria (6.0%), textiles (2.5%) y tabaco (0.2%).

En los hoteles, restaurantes, el sector comercio, gobierno y servicios públicos, la electricidad absorbe casi las tres cuartas partes ($\frac{3}{4}$) de los consumos energéticos, en el cual predominan los usos de iluminación, ventilación y acondicionamiento de ambiente y por último conservación de alimentos, que son típicamente eléctricos.

3.2.4 GESTIÓN

En la actualidad la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) funciona como ente líder y coordinador de todas las estrategias, objetivos y actuaciones de las empresas eléctricas de carácter estatal, así como aquellas en la que el estado sea propietario mayoritario o controlador y se vincule al funcionamiento del sistema eléctrico nacional. Lo anterior incluye a su vez a todas aquellas unidades o entes que dependan de la CDEEE o de cualquier otra empresa estatal vinculada al sector eléctrico.

Sus funciones consisten en liderar y coordinar las empresas eléctricas, llevar a cabo programas del Estado en materia de electrificación rural y suburbana a favor de las comunidades de escasos recursos económicos, así como de la administración y aplicación de los contratos de suministro de energía eléctrica con los productores independientes de electricidad.

De manera específica se consideran empresas y/o entes eléctricos estatales, al menos, los siguientes:

1. La Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana (ETED)

Su objeto principal es operar el sistema de transmisión interconectado para dar servicio de transporte de electricidad a todo el territorio nacional, para lo cual podrá diseñar, construir, administrar los sistemas de transmisión del Estado, habidos y por haber, ejecutar todo género de proyectos, negocios e inversiones en general, incluyendo la comercialización, administración y desarrollo de las operaciones de transmisión eléctrica de alta tensión.

2. La Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID)

Su objeto principal es diseñar, construir, administrar y operar las unidades de generación de energía hidroeléctrica, habidos y por haber, mediante el aprovechamiento de la energía cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas y de cualquier otra fuente hidráulica; la ejecución de todo tipo proyectos, negocios e inversiones en general, incluyendo la comercialización, administración y desarrollo de operaciones de esa clase de energía.

3. La Empresa de Distribuidora de Electricidad del Este (EDEESTE), del norte (EDENORTE) y del sur (EDESUR)

Estas empresas son las encargadas de la comercialización y distribución de energía eléctrica en todo el país. EDEESTE distribuye y comercializa electricidad desde la acera Este de la Máximo Gómez hasta la provincia La Altagracia (Higüey), incluyendo Monte Plata y Santo Domingo Norte y EDESUR tiene un área de concesión que se inicia en la acera oeste de la Avenida Máximo Gómez, en el Distrito Nacional y termina en la provincia fronteriza de Elías Piña. EDENORTE tiene la concesión de la comercialización y distribución de energía eléctrica en las 14 provincias de la Zona Norte de la Republica Dominicana

4. La Unidad de Electrificación Rural y sub-urbana (UERS)

Conforme a lo dispuesto en la Ley No. 125-01, se creó la UERS, con la misión esencial de implementar los programas del Estado en materia de electrificación rural y sub-urbana, en favor de las comunidades de escasos recursos económicos, con el propósito de contribuir con su desarrollo socioeconómico, mejorar su calidad de vida, combatir la pobreza, restringir la migración del campo a la ciudad y fomentar el aprovechamiento de fuentes de energía limpias y renovables.

Por otro lado existen instituciones titulares, regulatorias y de coordinación técnica, como:

- **La Comisión Nacional de Energía (CNE)**

Es la institución encargada de trazar la política del Estado en el Sector Energía, el cual está compuesto por el sub sector eléctrico, Hidrocarburos, Fuentes Alternas y Uso Racional de Energía. CNE es la responsable de dar seguimiento al cumplimiento de la Ley de Incentivo al desarrollo de las Energías Renovables y sus Regímenes Especiales (Ley No.57-07). El ámbito de sus atribuciones comprende:

- ✓ Energía Convencional, procedente de los combustibles derivados del petróleo, gas natural y carbón.
- ✓ Energías Renovables, provenientes de fuente solar, eólica e hidráulica.
- ✓ Biocombustibles, tales como el bioetanol, el biodiesel, biogás y sus potenciales en nuestro país.
- ✓ Elaborar y coordinar los proyectos de normativa legal y reglamentaria.
- ✓ Trazar la política del Estado en el sector energía.
- ✓ Elaborar planes indicativos del sector energía.
- ✓ Promover las inversiones en concordancia con el Plan Energético Nacional.
- ✓ Velar por la correcta aplicación de la Ley 57-07 y su Reglamento.
- ✓ Regular las actividades que involucren la utilización de sustancias radioactivas y artefactos generadores de radiaciones ionizantes.
- ✓ Promover y difundir los usos y aplicaciones de la tecnología nuclear en el país.

- **La Superintendencia de Electricidad (SIE), encargada de la regulación económica**

Es la encargada de la regulación económica del sector eléctrico y es una institución descentralizada del Estado Dominicano con personalidad jurídica de derecho público, con patrimonio propio y capacidad para adquirir, ejercer derechos y contraer obligaciones, que se relacionará con el Poder Ejecutivo por intermedio de la Comisión Nacional de Energía. Son funciones de la Superintendencia, entre otras:

- ✓ Elaborar, hacer cumplir y analizar la estructura y niveles de precios de la electricidad.
- ✓ Fijar las tarifas y peajes. Autorizar o no modificaciones a la tarifa.
- ✓ Fiscalizar y supervisar el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias.
- ✓ Evitar prácticas monopólicas.
- ✓ Aplicar multas y penalizaciones en casos de incumplimientos de la ley.
- ✓ Analizar y tramitar las solicitudes de concesiones.
- ✓ Presidir el Organismo Coordinador.

- **El Organismo Coordinador (OC)**

Su función es la programación del despacho económico de carga y de la operación del mercado. Las atribuciones del O. C. son las siguientes:

- ✓ Planificar y coordinar la operación de las centrales generadoras de electricidad, de las líneas de transmisión, de la distribución y comercialización del sistema a fin de garantizar un abastecimiento confiable y seguro de electricidad a un mínimo costo.
- ✓ Garantizar la venta de la potencia firme.
- ✓ Calcular y valorizar las transferencias.
- ✓ Facilitar el derecho de servidumbre sobre las líneas de transmisión.
- ✓ Entregar a la SIE las informaciones que esta le solicite.
- ✓ Hacer públicos sus cálculos, estadísticas relevantes al sub –sector.
- ✓ Cooperar con la SIE y la CNE en la promoción de la competencia.

Otras instituciones relacionadas son el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA) el cual es el emisor de la autorización para el uso de los recursos naturales (agua, viento, etc.) de acuerdo con las leyes ambientales y la Secretaría de Estado de Industria y Comercio (SEIC) la cual es una institución gubernamental responsable de formular y aplicar la política industrial, comercial y minera, participando en la formulación de la política de energía, de acuerdo con la política económica y planes generales del Gobierno Central.

3.2.5 MARCO LEGAL

La promulgación en el año 2001 de la Ley General de Electricidad No. 125-01 estableció el marco normativo sobre el cual opera el mercado eléctrico dominicano [12]. En esta, se establecen como algunos de sus principios fundamentales: la promoción de la participación privada en el sector eléctrico y la promoción de una sana competencia en aquellas actividades que no posean un carácter monopólico. De modo específico esta ley tiene los siguientes objetivos:

- ✓ Promover y garantizar la oportuna oferta de electricidad.
- ✓ Promover la participación del sector privado en el negocio de la electricidad.
- ✓ Promover la competencia en aquellas actividades en que ello sea factible.
- ✓ Regular los precios de aquellas actividades que representan carácter monopólico.
- ✓ Velar porque el suministro y la comercialización se efectúen con criterio de neutralidad y sin discriminación.
- ✓ Asegurar la protección de los derechos de los usuarios.

También regula la instalación de los servicios eléctricos, las servidumbres y peajes, la puesta en servicio y la explotación de obras eléctricas y los precios; establece disposiciones penales y disposiciones legales relativas al sub-sector eléctrico.

Existe la Ley 57-07 la cual tiene por objeto establecer un marco regulatorio para incentivar y desarrollar las inversiones en fuentes de energías renovables. El objetivo principal es aumentar la diversidad energética en República Dominicana y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mitigando sus efectos ambientales negativos. Algunas de las medidas importantes son:

- ✓ Establece los incentivos que se pueden conceder a parques eólicos con una potencia instalada inferior a 50 MW.
- ✓ Los incentivos se puede extender cuando se haya instalado al menos el 50% de la capacidad del proyecto inicial.
- ✓ Existe un 100% de exención de impuestos a la importación de maquinaria relacionada con la producción de energía renovable.
- ✓ También hay exención de impuestos de los servicios y los impuestos de transferencia de bienes.
- ✓ Hay 10 años de exención del impuesto sobre los ingresos, válido sólo hasta el año 2020.
- ✓ Las empresas deben dirigirse al Régimen Especial de Producción de Energía (concesión temporal y definitiva) si quieren producir con recursos renovables.
- ✓ Si una empresa tiene un régimen especial de producción no existe obligación de informar o declarar su oferta en el MEM. Sin embargo, tienen derecho a vender su energía a las empresas de distribución a un coste marginal, más un bono o incentivo por las externalidades que el mercado no cubre.

El objetivo a largo plazo es alcanzar el 25% de la producción por medio de energías renovables en 2025, y al menos un 10% en 2015. Mediante el reglamento de la Ley 57-07 determina el valor del bono o incentivo para las instalaciones de generación de energía renovable conectadas al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado SENI. Cabe destacar que no existen incentivos si está conectada a un sistema aislado.

El valor del incremento de los incentivos fue de 4% en 2009 y 2010. El incentivo se incrementa desde 2011 de acuerdo con el IPC de EE.UU. hasta el año 2017, y a partir de enero de 2018 se reduce un 1% hasta el año 2027. La CNE evaluará los incentivos de 2028.

Las empresas generadoras en régimen especial tienen un envío preferente. Las energías renovables no sólo tienen el derecho de inyectar su energía a la red, sino que

deben ser consideradas en el envío del Operador del Sistema, y por lo tanto, deben ser programadas. Las energías renovables no gestionables (eólica) no disponen de esta capacidad, por lo que se establecerá de acuerdo a la Ley 125-01 y su reglamento.

Las energías renovables podrían ser desconectadas o limitar su producción sólo en caso de riesgo del sistema, pero únicamente después de que todas las tecnologías restantes (excepto la fotovoltaica) sean desconectadas.

3.3. LA CIUDAD DE BARCELONA

Barcelona es una ciudad española, capital de la provincia homónima y de la comunidad autónoma de Cataluña, cuya ubicación se puede ver en la *Figura 3.5* del mapa de España. Barcelona se ubica a orillas del mar Mediterráneo, apenas 120 km al sur de la cadena montañosa de los Pirineos y de la frontera con Francia, en un pequeño llano litoral limitado por el mar al este, la Sierra de Collserola al oeste, el río Llobregat al sur y el río Besós al norte.



Figura 3.5 Mapa de España.

Con una población de 1.620.943 habitantes en 2012 es la segunda ciudad más poblada de España, tras Madrid, y la undécima de la Unión Europea.

Barcelona ha sido escenario de diversos eventos mundiales, que han contribuido a configurar la ciudad y darle proyección internacional. Los más relevantes han sido la Exposición Universal de 1888, la Exposición Internacional de 1929, los

Juegos Olímpicos de verano de 1992 y el Fórum Universal de las Culturas 2004. Es también sede del secretariado de la Unión para el Mediterráneo.⁶

En la actualidad, Barcelona está reconocida como Ciudad global por su importancia cultural, financiera, comercial y turística. Posee uno de los puertos más importantes del Mediterráneo y es también un importante punto de comunicaciones entre España y Francia, debido a las conexiones por autopista y tren de alta velocidad. El aeropuerto de Barcelona fue utilizado por más de 35 millones de pasajeros en 2012.

3.3.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL SECTOR ELÉCTRICO

Históricamente Barcelona ha sido una ciudad pionera en el desarrollo de la red eléctrica. En 1881 se creó la primera compañía eléctrica comercial, el mismo año en que Edison presentó la primera bombilla incandescente en París. Dos años más tarde se construyó la primera red y central eléctrica en Barcelona, sólo un año después de la primera central eléctrica del mundo en Nueva York. La conexión con centrales hidroeléctricas y la llegada de la primera línea de 110 kV fue en 1912.

En 1944 se integran las redes regionales creando la red nacional, y 31 años después, en 1975, se potenció la generación con las centrales nucleares de Vandellós y Ascó. Desde el 2008 se están sustituyendo las centrales térmicas por las de ciclo combinado, mucho más ecológicas y eficientes.

3.3.2 TOPOLOGÍA DE LA RED ELÉCTRICA

La red eléctrica del área metropolitana está constituida por una red de transporte de 400 kV y una segunda red de tensiones de 220 ó 110 kV. Estas redes son operadas de una manera integrada y centralizada por el Operador del Sistema Eléctrico Estatal. El área metropolitana cuenta con una red de media tensión de casi 1,000 líneas con unos 4,000 km y casi 7,600 centros de transformación con una potencia instalada de 5,688 MVA. [13]

La red de 400 kV conecta la red metropolitana de 220kV y 110 kV con las centrales nucleares de Tarragona, las hidroeléctricas del Pirineo, la red eléctrica europea y el resto de red del estado. Está previsto reforzar las conexiones con la red eléctrica europea con una nueva interconexión con Francia y por otra parte está previsto que en el área metropolitana se implementen 3 nuevas subestaciones y se refuerce el mallado con la red de 400kV de las 5 subestaciones existentes.

Las redes de 220 y 110 kV, además de reforzar la red de 400 kV en funciones de transporte primario, realizan funciones de transporte secundario y de mallado de las subestaciones eléctricas de transformación a Media Tensión.

Esta red de 400 kV va desde las subestaciones que están situadas en los municipios de Sentmenat, Rubí, Pierola y Begues. De estas cuatro subestaciones parten líneas de 220 y 110 kV que entran en Barcelona principalmente por las subestaciones de Hospitalet de Llobregat, Santa Coloma de Gramenet, Sant Andreu y Besòs. Las líneas (aéreas) y cables (subterráneos) que forman actualmente la red eléctrica de Barcelona se clasifican según su tensión en:

- La red de alta tensión (AT). Con una longitud total de 188 km, está formada por cableado de 220 kV (64%) y 110 kV (36%). Su principal función es la distribución, pero por su nivel de tensión forma parte de la red de transporte.
- La red de media tensión (MT). La forman líneas de 25 y 11 kV. El mallado y la coexistencia de estas redes tienen su origen en la existencia de tres empresas distribuidoras que operaban en Barcelona con criterios de explotación y mantenimiento diferenciados. Las nuevas líneas se diseñan a 25 kV, pero todavía se continúan sustituyendo equipos viejos a 11 kV por otros nuevos a la misma tensión.
- La red de baja tensión (BT). Con una longitud total de 3.084 km, enlaza los centros de transformación con el usuario final. También coexisten distintos niveles de tensión -220/127 V y 380/220 V-, aunque progresivamente se irán substituyendo los circuitos de 220/127 V por 380/220V con el objetivo de homogeneizarlos.

La heterogeneidad de la composición de la red de distribución conlleva que resulte compleja de operar; sobre todo la de baja tensión, ya que es la que más influye en la percepción de la calidad por parte del cliente.

La transformación de tensión en Barcelona hasta el usuario se realiza mediante 22 subestaciones AT/MT, enlazadas por líneas de MT con los distintos centros de reparto (CR) y los centros de transformación MT/BT (CT). La potencia total de transformación instalada actualmente en el área de Barcelona es de 6.617 MVA.

3.3.3 GENERACIÓN Y CONSUMO

En las infraestructuras energéticas situadas en el municipio de Barcelona y su entorno Besòs (frontera con Barcelona), se generaron 5.243,2 GWh de energía eléctrica en 2008 y 52,4 GWh de energía solar térmica. El 93% de esta energía se obtuvo en las grandes centrales de generación (Besòs 3 + 4, y Sant Adrià 1 + 3), inscritas en el Régimen ordinario (RO). El 7% restante se obtuvo en pequeñas centrales

inscritas en el régimen especial (RE): motores de generación, instalaciones de energías renovables y la planta de valorización energética de residuos. [13]

En la generación en régimen ordinario se utilizan tecnologías convencionales utilizadas en centrales de carbón, fueloil, gas natural, ciclos combinados, centrales nucleares, etc.

En el ámbito Besós, situado en la frontera con Barcelona, se encuentran situadas diversas instalaciones de generación eléctrica que satisfacen una parte importante de la demanda energética de la ciudad y su área metropolitana: Central de Sant Adrià, con tres grupos de generación térmica convencional (uno de ellos clausurado en enero de 2008), y centrales de ciclo combinado Besós 3 y Besós 4. Anteriormente, se habían clausurado también las centrales Besós 1 y 2 y Badalona II.

La producción en régimen especial incluye la generación en instalaciones de potencia no superior a 50 MW que utilizan como energía primaria fuentes renovables (biomasa, hidráulica, solar y eólica) o residuos, además de otras como la cogeneración que implican un nivel elevado de eficiencia y un considerable ahorro energético.

Además de instalaciones de régimen ordinario, Barcelona cuenta con pequeñas centrales de generación eléctrica enmarcadas en el régimen especial de producción de electricidad (RE), que incluye las fuentes de energía renovables y los procesos de generación de electricidad y calor (cogeneración).

Aunque algunas de estas instalaciones no están situadas en el término municipal de Barcelona como las plantas de valorización energética de residuos, deben incluirse en el balance energético de la ciudad.

En 2008, la mayor parte de la energía se obtuvo en las plantas de cogeneración con gas natural (45,4%) y en la instalación de valorización energética de residuos urbanos de Sant Adrià de Besòs (34,9%).

En los últimos años, la generación de electricidad en el régimen especial alcanzó los 400 GWh anuales, cantidad que en 2008 se redujo hasta los 370 GWh debido a la disminución de la producción de la planta de cogeneración de Metrofang, coincidiendo con un cambio en la tecnología de secado de los lodos de depuradora.

El régimen especial no sólo incluye las tecnologías renovables con las que se obtiene electricidad, sino también, aquellos sistemas de generación eficientes como la cogeneración y la micro cogeneración o la valorización energética de residuos.

El término cogeneración corresponde a generación simultánea y eficiente de calor y electricidad. Esta tecnología es la más eficiente entre los sistemas de producción de electricidad a partir de combustibles gaseosos (gas natural, biogás), líquidos (fueloil, gasoil, GLP) o sólidos (carbón, biomasa, residuos municipales). La generación se produce en motores alternativos, turbinas de gas, turbinas de vapor o pilas de combustible. La cogeneración se puede implantar en todas aquellas instalaciones industriales o del sector terciario que consuman energía térmica.

En Barcelona existen diversas plantas de cogeneración en funcionamiento, tanto en hospitales como en distintas industrias que utilizan principalmente gas natural como combustible. Estas plantas, sumadas a las de valorización energética de residuos del Besòs, generaron en 2008 más de 325 GWh de electricidad.

En lo que se refiere a la generación de energía de origen renovable en Barcelona experimentó entre los años 2003 y 2008 un crecimiento significativo hasta alcanzar un valor de 96,53 GWh y representar el 0,57% de toda la energía consumida.

Las fuentes de energía que contribuyeron a este nivel de generación fueron la solar fotovoltaica, la solar térmica, la mini hidráulica (instalación de la Trinitat) y el biogás (la parte proporcional correspondiente a Barcelona del gas producido en el vertedero de la Vall d'en Joan del Garraf y en las instalaciones de tratamiento de residuos urbanos ubicadas en los ecoparques). Si se considera sólo la electricidad de origen renovable generada en Barcelona (con biogás, solar fotovoltaica y mini hidráulica) sobre el consumo eléctrico global de la ciudad, el porcentaje fue en 2008 del 0,59%.

En lo que se refiere al consumo, Barcelona consumió 7.536,66 GWh de electricidad en 2008, un 29% más que en 1999. Por sectores, el consumo se repartió de la forma siguiente: un 55,1%, el sector terciario; un 30,4%, el doméstico; un 9,4%, el industrial; y un 5,1%, otros sectores minoritarios, como se puede ver en la **Tabla 3.3** siguiente:

Tabla 3.3 Consumo de electricidad en Barcelona por sectores en el 2008.

CONSUMO ELECTRICO POR SECTORES		
SECTOR	1999 [GWH]	2008 [GWH]
Domestico	1.711,36	2.289,58
Terciario	2.961,77	4.148,98
Industrial	845,49	711,57
Traccion	205,83	248,47
Otros	99,75	138,06
Total	5.824,20	7.536,66
Total por habitantes	3,87 MWh/hab	4,66 MWh/hab

Comparando la distribución del consumo eléctrico de 2008 con la de 1999 se observa cómo en este período el sector terciario aumenta un 4,2%, mientras que el sector industrial disminuye un 5,1%.

La evolución del consumo eléctrico en los últimos años ha sido siempre en alza a excepción de 1993 y 1994, sobre todo entre los años 1996 y 2003. No obstante, a partir de 2006 el incremento del consumo se frena en comparación con los años anteriores.

La ratio de consumo de electricidad por habitante tuvo un comportamiento similar, ya que desde o 2006 el aumento fue muy inferior al de años anteriores y se situó en los 4,65 MWh/hab en 2008. No obstante, si sólo se considera el sector doméstico, el consumo por habitante alcanzó los 1,42 MWh/hab en 2008, mientras que este valor era de 1,14 MWh/hab en 1999.

El doméstico es uno de los sectores en el que más ha aumentado el equipamiento tecnológico, especialmente a raíz de la introducción a gran escala de los aparatos de aire acondicionado y del boom de internet. De este modo, el consumo de dicho sector está actualmente por encima del de otros sectores, tanto en valores absolutos como en ratio por habitante. A pesar de este incremento, en los últimos años del período 1999-2008 el consumo de electricidad en el sector doméstico se estabilizó e, incluso, se redujo ligeramente.

El inicio de la crisis económica y la compra de equipamiento tecnológico más eficiente parecen ser las causas que han favorecido el ahorro energético, según un estudio técnico realizado por la empresa Repsol, en el que se estima que el consumo específico de los equipamientos se ha reducido en más de un 20%.

3.3.4 GESTIÓN

Red Eléctrica de España, a través de su Centro de Control Eléctrico (Cecoel), es la responsable de la operación del sistema eléctrico español, que consiste en realizar las actividades necesarias para mantener el equilibrio instantáneo entre producción y consumo, y garantizar la continuidad y la seguridad del suministro eléctrico, asegurando que la energía producida sea transportada hasta las redes de distribución con las máximas condiciones de calidad exigibles.

Para lograr el adecuado equilibrio entre generación y consumo es necesario hacer una buena previsión de la demanda de electricidad. El Cecoel prevé la cantidad de energía que va a ser necesaria en todo el país y para ello, debe manejar innumerables datos que tienen en cuenta desde las previsiones climatológicas, hasta los días en los que los grandes estadios de fútbol albergarán un partido, pasando por las fiestas patronales de cada región, las huelgas en la industria o los acontecimientos que tendrán encendidos miles de televisiones a la vez.

Con esta previsión, las centrales eléctricas preparan sus programas de producción para cada una de las horas del día y así disponer de la energía necesaria para cubrir esa demanda. Posteriormente, Red Eléctrica, a través de su centro de control eléctrico (Cecoel), se encarga de mantener el equilibrio entre la producción programada y el consumo demandado en cada instante. Y, según varíe la demanda, envía las órdenes oportunas a las centrales para que ajusten sus producciones, aumentando o disminuyendo la generación de energía.

Desde el Cecoel también se controla el transporte de la energía eléctrica, desde las turbinas de una central hasta los puntos de distribución de las diferentes compañías eléctricas que suministran energía a todos los consumidores, así como el flujo de energía que se realiza a través de los intercambios internacionales.

En el sistema eléctrico español, Red Eléctrica es el transportista de energía eléctrica en alta tensión y el gestor de la red de transporte, teniendo la responsabilidad de desarrollar, ampliar y mantener dicha red.

Para gestionar fuentes de energía renovables e integrarla en el sistema eléctrico, en condiciones de seguridad, en España contamos con el primer centro del mundo para la gestión de las energías renovables: el Cece, una iniciativa pionera puesta en marcha por Red Eléctrica. Desde él se gestiona y controla la generación de los productores de energías renovables instalados en el país.

El Cecre, que está integrado en el Centro de Control Eléctrico, Cecoel, donde se gestiona y controla toda la energía eléctrica que se produce en el país, es capaz de calcular en cada instante la cantidad de energía renovable, principalmente energía eólica, que se puede incorporar al sistema eléctrico de forma segura; y lo hace de acuerdo a las características de los aerogeneradores y al propio estado del sistema. Segundo recibe, de los centros que controlan la generación de los parques eólicos, toda la información relativa a la potencia eólica disponible, la velocidad del viento y la cantidad de energía que cada parque produce y vierte a la red.

El Gobierno de España es la administración competente en materia de transporte de energía eléctrica. La “Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas 2008–2016” del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo determina el desarrollo de las redes de transporte en el conjunto del estado, incluidas las actuaciones previstas en Barcelona. La Generalitat de Cataluña tiene las competencias de distribución de la energía eléctrica en el territorio catalán.

3.3.5 MARCO LEGAL

La ley 54/1997, del sector eléctrico tiene como fin básico establecer la regulación del sector eléctrico, con el triple y tradicional objetivo de garantizar el suministro eléctrico, garantizar la calidad de dicho suministro y garantizar que se realice al menor coste posible, todo ello sin olvidar la protección del medioambiente, aspecto que adquiere especial relevancia dadas las características de este sector económico.

Ley 53/2002 de 30 diciembre, establece una modificación de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Se modifican los siguientes preceptos:

- ✓ El operador del sistema, como responsable de la gestión técnica del sistema, tendrá por objeto garantizar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico y la correcta coordinación del sistema de producción y transporte.
- ✓ Red Eléctrica de España, Sociedad Anónima", ejercerá las funciones atribuidas en la presente Ley al operador del sistema y al gestor de la red de transporte. La adecuación de las participaciones sociales deberá realizarse en un plazo máximo de doce meses desde la entrada en vigor de la Ley 53/2002, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, mediante la transmisión de acciones o, en su caso, de derechos de suscripción preferente.

También está la Ley 24/2005 de 18 noviembre, la cual introducen reformas de impulso y estímulo a la productividad que forman parte de un conjunto más amplio, en el que se estructuran y coordinan una variedad de actuaciones, en diferentes ámbitos

y con distintos plazos de ejecución, orientadas a dinamizar la economía española e impulsar su productividad.

Ley 17/2007 de 4 de julio incorpora al ordenamiento aquellas previsiones contenidas en la Directiva 2003/54/CE, de 26 de junio, del Parlamento Europeo y del Consejo sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se deroga la Directiva 96/92/CE, que requieren una modificación de la Ley del Sector Eléctrico.

Por lo que se refiere a la obligación contenida en la citada Directiva consistente en que cada Estado Miembro designe formalmente a las autoridades reguladoras de su país, se da cumplimiento a la exigencia de designación explícita de las autoridades reguladoras, modificando el artículo 3 de la Ley del Sector Eléctrico. Con objeto de asegurar, un acceso eficaz y no discriminatorio a las redes de los distribuidores, se reforma la configuración actual de la actividad de distribución en la Ley del Sector Eléctrico.

Recientemente sea incorporado el Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero. Modificación de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. El citado B.O.E. aprueba medidas de reforma energética eliminando las tarifas reguladas de las energías renovables y crea el Registro de Autoconsumo de energía eléctrica. El nuevo y retroactivo Real Decreto Ley deroga:

- ✓ Todas las normas de igual o inferior rango en cuanto contradigan o se opongan a lo dispuesto en el presente real decreto-ley.
- ✓ El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- ✓ El Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- ✓ El artículo 4, la disposición adicional primera y el apartado 2 de la disposición transitoria quinta del Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.

Tras numerosos debates políticos de los equipos negociadores de los Ministerios de Hacienda, Ministerio de Industria, Oficina Económica y Presidencia, y sin haber sido escuchado el sector de las energías renovables el Gobierno, eliminando todas las tarifas de la fotovoltaica, ha aprobado:

- ✓ Un nuevo régimen jurídico y económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica existentes a partir de fuentes de energía renovable, cogeneración y residuos.

3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO

La sociedad contemporánea está cada vez más organizada en torno a asentamientos urbanos, por lo que éstos se convierten en grandes consumidores energéticos. Según las estimaciones de los expertos, un 75% de la energía a escala mundial se destina a mantener la compleja organización de las ciudades.

Una ciudad es un área urbana en la que predominan fundamentalmente la industria y los servicios. Se diferencia de otras entidades urbanas por diversos criterios, entre los que se incluyen población, densidad poblacional o estatuto legal, aunque su distinción varía entre países. La Ciudad de Barcelona y el Distrito Nacional (Santo Domingo de Guzmán) poseen similitud de superficie sin embargo la densidad poblacional de Barcelona es mayor en aproximadamente un 41% como se muestra en la **Tabla 3.4** siguiente.

Tabla 3.4 Datos de superficie y población.

Descripción	Barcelona	Distrito Nacional
Superficie	101.9 km ²	104.44 km ²
Población	1,621,000 Habitantes	965,040 Habitantes
Densidad poblacional	15,885.63 Hab/km ²	9240.14 Hab/km ²

Actualmente, más de un 80% de la energía primaria consumida a escala mundial es de procedencia fósil sin embargo la transformación y el consumo de energía fósil es una de las actividades humanas que más perjudican el medio ambiente. En este sentido tanto España como República Dominicana son altamente dependientes de la importación de combustibles fósiles. En la **Tabla 3.5** se muestra las diferentes fuentes de energía que se utilizan para producir electricidad tanto en República Dominicana como en Barcelona.

Tabla 3.5 Electricidad producida según la fuente de energía.

FUENTE DE ENERGIA	ELECTRICIDAD PRODUCIDA	
	Barcelona %	Rep. Dom. %
Carbón	0.9	13.7
Nuclear	54.1	0
Gas	22.80	31.6
Hidroeléctrica	9.6	16.4
Oil	10.7	36.3
Renovables (no hidroeléctricas)	2.0	2.0

El uso intensivo de la energía de procedencia fósil y nuclear es una de las principales causas del deterioro o del riesgo medioambiental que se está dando actualmente. El uso de energía genera dos tipos de impacto: local y global. El impacto local en forma de contaminación atmosférica, directo, y de agua y suelo, en forma derivada, tiene efectos directos sobre la salud humana, mientras que el impacto global induce al cambio climático así como al agotamiento de los recursos no renovables.

Por esta razón el objetivo común de la mayoría de los países a nivel mundial es llegar a cubrir un porcentaje considerable de la demanda energética con fuentes renovables. Para ello es preciso el desarrollo paralelo de instalaciones de aprovechamiento de energía renovable y al mismo tiempo de medidas de reducción de la demanda energética.

La preocupación por el medio ambiente que existe en la ciudad de Barcelona ha suscitado un creciente interés por limitar el impacto ambiental derivado del consumo de energía. Este interés se materializa en diferentes propuestas y acuerdos para mejorar la eficiencia energética e introducir energías renovables, todo ello en un marco global de preservación del medio ambiente. Como ciudad están comprometidos con la impulsión y la utilización de energías limpias y renovables.

El aumento del peso de las energías renovables en la estructura de generación de 2013 en comparación con años anteriores ha reducido las emisiones de CO₂ del sector eléctrico a 61,4 millones de toneladas, 23,1 % menor que en 2012. Actualmente el sector energético en República Dominicana se centra en el desarrollo de nueva capacidad de generación, incluyendo las energías renovables.

En este sentido fue aprobada la Ley N° 57-07 de Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes Especiales, que impulsa iniciativas para la producción de fuentes de energía renovable. De esta forma, se estableció como

objetivo que en 2020, que el 20 % de las necesidades del consumo nacional sean cubiertas con energías renovables.

En lo que se refiere a la demanda y oferta, mientras en España para garantizar la seguridad del sistema, en ocasiones es necesario emitir órdenes para reducir la producción, con el fin de mantener el equilibrio entre la generación y la demanda; En República Dominicana existen un déficit considerable en cuanto a la producción de energía, ya que la oferta es inferior a la demanda.

Ambas ciudades poseen características similares en cuanto a la topología de la red. Sin embargo existen diferencias muy marcadas cuando se habla de la calidad del suministro. El sector eléctrico dominicano se ha caracterizado durante mucho tiempo por la poca fiabilidad del suministro y por recurrentes problemas financieros.

La red eléctrica de España consta con excelentes índice de calidad en cuanto la continuidad del suministro y disponibilidad de la red, situándose como uno de los puntos de referencia a nivel europeo. Para garantizar la seguridad del sistema eléctrico, los Centros de Control de Red Eléctrica se encuentran soportados por un sistema de control de última generación.

Adicionalmente a estos equipos y aplicaciones informáticas propias del sistema de control, los operadores disponen también, como ayuda en la toma de decisiones de operación, de varios sistemas expertos desarrollados por Red Eléctrica a la medida de sus necesidades y que los operadores pueden utilizar para prevenir y resolver las situaciones anómalas que puedan presentarse en un momento dado en el Sistema Eléctrico. Entre ellos se encuentran:

- El Sistema de Previsión de la Demanda diaria y horaria.
- El Sistema Experto de Análisis de Contingencias (SEACON).
- El Sistema Experto de Ayuda a la Reposición del Servicio (SAR).

4. DIAGNOSIS DE LA RED ELÉCTRICA DE SANTO DOMINGO

4.1. INTRODUCCIÓN

Durante más de cuatro décadas la crisis del sector eléctrico ha generado pérdidas incalculables al desarrollo económico, social y político de la República Dominicana. Este sector se ha caracterizado por la poca fiabilidad del suministro y por recurrentes problemas financieros, los cuales representan una fuerte carga fiscal al pueblo dominicano y una de las principales limitantes a la productividad del país.

En los últimos años el gobierno ha realizado un esfuerzo considerable de inversión y de gestión por mejorar el sector, sin embargo las deficiencias acumuladas han sido muy importantes, por lo cual ha sido insuficiente. La renovación del sector eléctrico constituye una condición necesaria para viabilizar la competitividad de la economía y el desarrollo del país. Dicha transformación implica implementar las medidas necesarias para asegurar un suministro de electricidad confiable y de calidad, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad financiera y ambiental. [14]

La presente diagnosis consiste en un análisis realizado para determinar la situación actual y problemática de la red eléctrica de Santo Domingo, así como las tendencias que se esperan en un futuro próximo. Además para tener una visión más amplia del comportamiento del sistema se realiza la inspección de los diferentes sectores del país, como son: vivienda, industrial, redes y servicios públicos y transporte.

Esta determinación está fundada sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, de diversos estudios e informes anteriores preparados por entidades del sector tanto públicas como privadas, los cuales han permitido juzgar mejor la realidad del sector eléctrico dominicano.

4.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

República Dominicana es el tercer consumidor de energía más grande del Caribe, después de Cuba y Puerto Rico. En 2008, la generación eléctrica fue el 60% del principal consumo de energía del país. La demanda de energía nacional excede en gran medida los recursos de energía principales existentes, generando una alta dependencia de la importación de combustibles fósiles, especialmente petróleo. El 82% de la producción eléctrica del país se basa en combustibles fósiles. [15]

A pesar de la creciente capacidad y producción de energía del país, los cortes eléctricos ocurren frecuentemente. En 2010, no se cumplió con la demanda eléctrica adicional de 1,954 GWh y el déficit alcanzó el 18.4% de las necesidades totales en noviembre de 2010.

El sistema de red en la República Dominicana tiene uno de los índices de pérdidas de distribución más altos del mundo, cercano al 36% en 2012, del cual el 12% corresponde a pérdidas técnicas y 23.6% corresponde a pérdidas no técnicas. De acuerdo con el Departamento de Estado de EE. UU., los factores responsables de las grandes pérdidas incluyen precios de electricidad con tope, robo de electricidad, cortes de electricidad, inversión inadecuada en actualizaciones de capacidad y capacidad regulatoria limitada.

A pesar de que el 92% de las ciudades y pueblos del país tiene acceso a la electricidad, es difícil calcular la parte real de la población con acceso a electricidad confiable debido a las grandes pérdidas y a los robos generalizados.

Las pérdidas y limitaciones de la distribución generan la necesidad de mejorar y expandir la red nacional, incluso a través de la integración de recursos de energía renovable nacional. La inestabilidad de la electricidad le cuesta al país anualmente un estimado de casi 800 millones de dólares estadounidenses [16]. En la *Figura 4.1* se muestra los costos de las pérdidas técnica y no técnicas asociadas a la causa que la provocan.

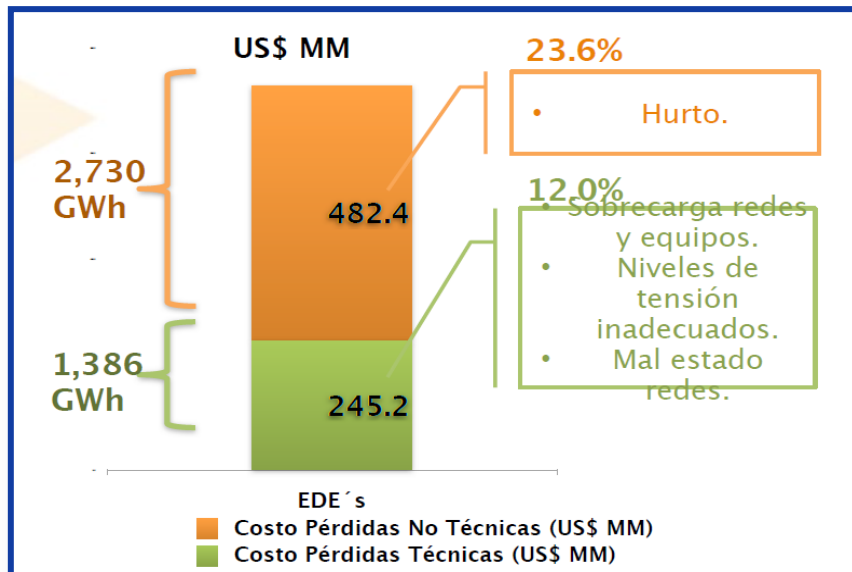


Figura 4.1 Análisis de las pérdidas de electricidad en el 2012.

Las pérdidas no técnicas se deben a la conexión directa de usuarios del servicio a la red sin haber suscrito un contrato o acuerdo con la empresa distribuidora de energía. En este grupo también se encuentran los usuarios que habiendo tenido un contrato con la empresa distribuidora son desconectados de la red, y se vuelven a conectar a esta sin autorización sin tener además energía consumida. Existen casos en que los usuarios están suscritas a las distribuidoras y alteran el intencionalmente el equipo de medición o toman directamente la energía de la red.

En lo que se refiere a las pérdidas técnicas no se pueden eliminar totalmente ya que es normal que ocurran en el sistema pero si se pueden reducir considerablemente mejorando la red eléctrica.

La mayoría de las plantas de energía a petróleo, que proporcionan la mayor parte de la generación eléctrica de la República Dominicana, son viejas y deben ser retiradas o reemplazadas. [5]

Debido a la poca confiabilidad de la red nacional, muchas industrias y particulares generan su propia electricidad usando unidades de combustible fósil de pequeña escala, relativamente ineficientes. Esto perpetúa aún más los altos precios de la electricidad al consumidor del país y la dependencia del petróleo importado.

En 2010, la República Dominicana gastó 2,600 millones de dólares estadounidenses en la importación de combustible fósil, equivalente a más del 5% de su PIB. Antes de que la reciente crisis económica mundial golpeará en su totalidad, la

importación de petróleo representaba más del 9% del PIB, y es probable que pronto se alcance este porcentaje nuevamente y posiblemente se exceda. [15]

Además, el gobierno proporciona exenciones impositivas para la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, así como un subsidio para los consumidores de electricidad, que en conjunto totalizan 700 millones de dólares estadounidenses anuales. La dependencia de combustibles fósiles para la generación eléctrica en la República Dominicana no sólo produce transferencias masivas de riqueza a otros países en concepto de importaciones, sino también altos costes por unidad de energía.

El consumo de electricidad en la República Dominicana en las últimas décadas nunca fue una respuesta de la demanda sino de la oferta, la cual según datos históricos dependía en los años 80 de la disponibilidad muy limitada de un parque de generación en grado de deterioración, en los años 90 aumentó la capacidad de generación por primera vez considerable con productores independientes, mientras la última década fue principalmente caracterizada por una restricción de oferta por cortes de gestión administrativos por las empresas distribuidoras conocidas como PGD. En la *Figura 4.2* siguiente se muestra la demanda no restringida estimada versus la oferta. [17]

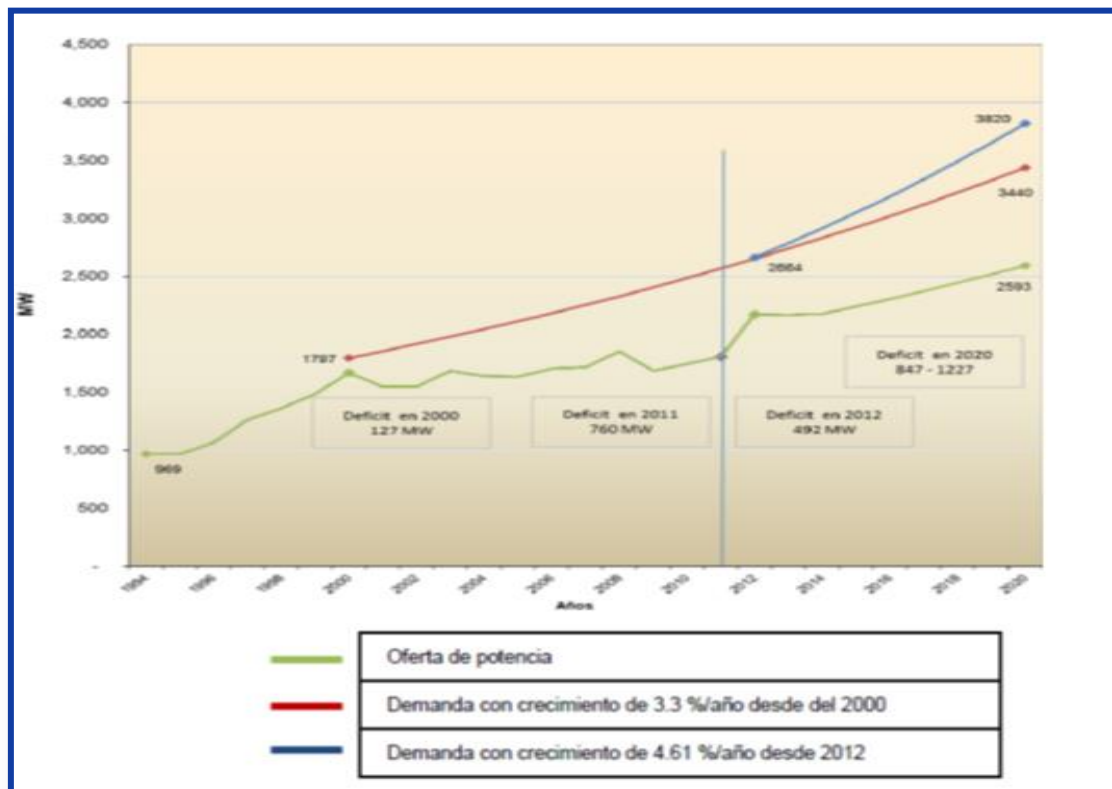


Figura 4.2 Demanda Estimada versus oferta (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana).

La curva de oferta de potencia (en color verde muestra la oferta de la potencia histórica y proyectada por el Organismo Coordinador (OC) hasta el año 2016 con un crecimiento de 3%/año en el periodo 2013-2016. Si se mantiene este crecimiento hasta el año 2020 resultaría una oferta de 2,593 MW al año 2020 con un déficit oscilando entre 847 y 1227 MW a año 2020 en función del crecimiento de la demanda de 2012-2020 de 3.3%/año o 4.61%/año.

La curva de demanda con crecimiento de 3.3%/año (en color rojo) parte del año 2000 donde según la informado por las empresas de distribución y publicado en la primera memoria del OC, el déficit solo fue 127 MW. Tomando un crecimiento conservador de 3.3%/año resulta igualmente una demanda no restringida de 2,664 MW en el año 2012 igual a lo determinado de las informaciones proporcionadas por las EDEs y concluirá con 3,440 MW en el año 2020.

La curva de demanda con crecimiento de 4.6%/año (en color azul) indica la demanda en la cual se basan los cálculos de flujos de potencia para el periodo 2013-2020.

A continuación se presenta una descripción sintética de los principales problemas que caracterizan al sistema energético de la República Dominicana, referida tanto a los del ámbito de los consumos finales de energía como los relacionados con el sistema de abastecimiento.

1. Tarifas no flexibles que no cubren los costos, ni promueven la eficiencia en la cadena de suministro, ni estimulan las nuevas inversiones.
2. Altas pérdidas técnicas y no técnicas (conexiones ilegales) en la distribución de electricidad.
3. Subsidios no focalizados que en personas o familias individuales, sino aplicados a demarcaciones urbanas los cuales fomentan el desperdicio y son regresivos desde el punto de vista distributivo. Esto conlleva a una excesiva dependencia del sector eléctrico de los subsidios por parte del estado para poder subsistir.
4. Alta incidencia de fraude y cultura del “no pago”. Existe una cultura renuente al pago del servicio de energía eléctrica en amplios sectores de la población.
5. Instituciones débiles, con inadecuada capacidad para asumir las responsabilidades atribuidas mediante las leyes y otras normas que rigen el sector.

6. Excesiva dependencia de combustibles derivados del petróleo para la generación de electricidad.
7. Baja eficiencia del parque de generación, predominantemente térmico. Por consiguiente existen serias dificultades para asegurar el abastecimiento eléctrico a partir del servicio público.
8. Alto costo del abastecimiento eléctrico a través del servicio público.
9. Altos precios de compra de energía por parte de las distribuidoras.
10. Baja calidad de la infraestructura eléctrica (redes de transmisión y distribución).
11. Incumplimiento de la legislación que regula la persecución y castigo del robo de electricidad.
12. Poca capacidad de las empresas de distribución para implementar normas y procesos transparentes en el ciclo comercial.
13. Contratos de compra de energía a los generadores mal estructurados, onerosos y lesivos al interés nacional.
14. Proliferación de la autoproducción en todos los sectores de consumo final, alcanzando la capacidad instalada al equivalente de 71% de la existente en el servicio público y el 41% del total (autoproducción + servicio público).

En los últimos años el Gobierno ha hecho un importante esfuerzo de inversión y de gestión para solucionar los problemas descritos anteriormente con la finalidad de reducir las transferencias al sector y mejorar su auto-sostenibilidad financiera. Pero dicho esfuerzo ha sido insuficiente.

A finales del 2012 se realizó el plan plurinacional del sector público 2013-2016. [18] Las medidas de este plan relacionadas al subsector eléctrico están enfocadas a la modificación de la matriz de generación, reducción de pérdidas y la mejora de la eficiencia de la gestión como se muestra en la *Figura 4.3* [16].

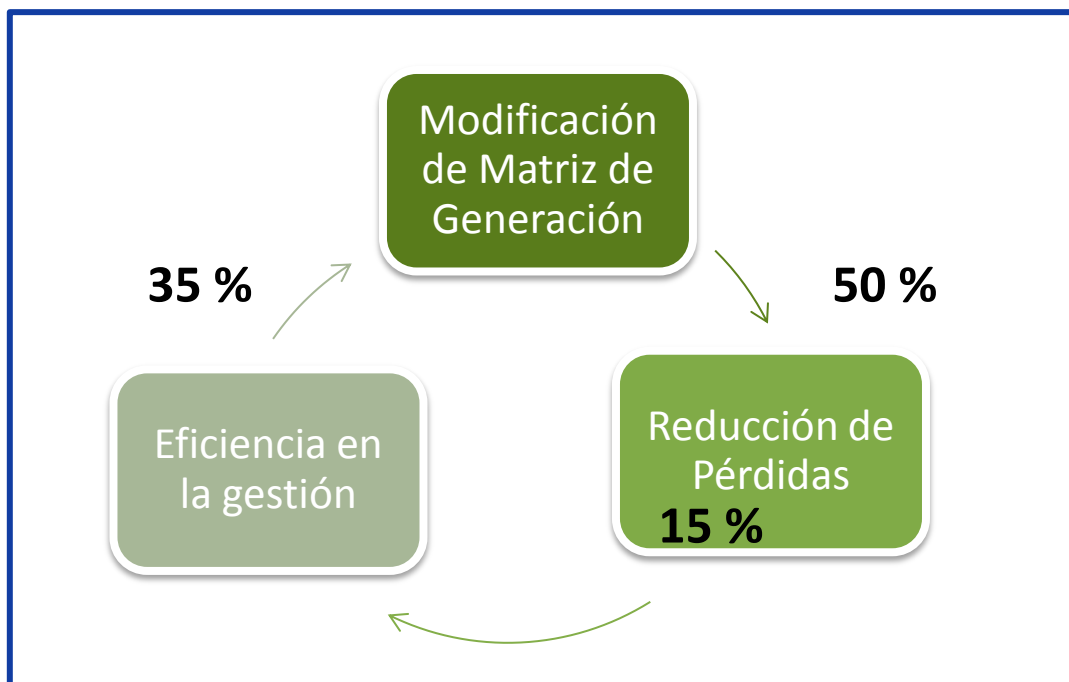


Figura 4.3 Esquema de los objetivos del plan integral del sector eléctrico 2013-2016.

Concretamente se han realizado esfuerzos por establecer un esquema de organización de políticas que permitan implantar acciones y medidas concretas, con impacto de corto, mediano y largo plazo, encaminadas a objetivos diversos como la reducción del consumo de energía, uso eficiente de electricidad y combustibles.

También en el mediano plazo el aumento de la oferta de energía obtenida en base a fuentes renovables y, a más largo plazo, acciones y medidas que incentivan cambios en la oferta energética como son los proyectos eólicos, desarrollo de energía solar, desarrollo de la bioenergía, proyectos hidroeléctricos y el impulso al desarrollo del mercado de gas natural, entre otros.

En el 2012 la CNE otorgó 11 concesiones definitivas para dar derecho a construir y a explotar obras eléctricas, con capacidad de generación de energía de 439.96 MW, como se puede ver en la **Tabla 4.1**.

Tabla 4.1 Concesiones definitivas para explotar obras eléctricas para diferentes fuentes de energía. (Fuente: Comisión Nacional de Energía, memoria institucional 2013).

CONCESIONES DEFINITIVAS		
TIPO DE FUENTE ENERGETICA	CANTIDAD	CAPACIDAD EN MV
Eólica	1	50
Fotovoltaica	1	50
Hidroeléctrica	1	4
Solar fotovoltaica	2	107.96
Térmica	1	14.6
Biomasa	1	1
Gas natural	3	210.4
Obra de distribución de electricidad	1	2
TOTAL	11	439.96

La CNE del 1 de enero 2012 al 15 de noviembre 2012, otorgo 249 concesiones de incentivos, como una forma de incentivar el desarrollo de las energías alternativas, de acuerdo a la Ley sobre “Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales (Ley No. 57-07). Los incentivos ascendieron a unos RD\$ 276.91 MM. Esto representa una gran iniciativa para que en futuro próximo se pueda asegurar el abastecimiento eléctrico partiendo solo del servicio público.

4.3. SECTOR VIVIENDA

De acuerdo a datos oficiales en 2010 vivían en República Dominicana más 9.4 de personas en 2.66 millones de hogares, para un promedio de habitantes por hogar de 3.5 personas [7]. En el 2005 el 81% de los hogares están formalmente conectados a la red eléctrica (cuentan con un medidor) y el restante 19% no cuentan con el servicio eléctrico.

La participación de la electricidad en el consumo neto total aumenta considerablemente con el nivel de ingreso: mientras que el promedio de la participación de la electricidad en los hogares urbanos es de 47.3%, en los altos ingresos esta participación es de 70.4%; en los medios de 50.4%; y en los bajos de 27.0%.

La autoproducción en el sector residencial se ha ido incrementando debido a los problemas en el abastecimiento de electricidad por parte de los distribuidores. Ante ello, la adquisición de plantas eléctricas pequeñas e inversores han sido las soluciones que han adoptado las familias para tener continuidad en el suministro

eléctrico. El 37.4% de los hogares urbanos de altos ingresos disponían de planta eléctrica o inversor; el 17.4% en los medios ingresos y el 3.4% en los bajos ingresos.

En el año 2001 se estimó que existían 47,381 hogares con plantas eléctricas, las cuales tenían una potencia media de 3.83 kW/hogar. La potencia instalada total en autoproducción en el subsector residencial urbano es de 183.2 MW, con una energía generada estimada de 52,517 MWh, con un consumo de 5,385,486 galones de gasolina y 2,912,966 galones de gas oíl. [19]

Aunque ya muchos hogares dominicanos hacen uso de lámparas ahorradoras, con su consiguiente impacto en la demanda eléctrica para aire acondicionado, el alto precio de la electricidad hace que la eficiencia energética en iluminación sea una buena inversión para muchos hogares.

4.4. SECTOR INDUSTRIAL

Dentro de la estructura de utilización de los energéticos en la industria en 2005, es el consumo de electricidad el de mayor importancia ya que representa un 39% del consumo total en energía en este sector. Es claro que la industria dominicana es intensiva en electricidad por su participación ligeramente superior a una tercera parte del total. El resto de fuentes de energía compiten en los usos térmicos y constituyen oportunidades de sustituciones por combustibles alternativos, incluyendo gas natural y carbón. [19]

Dentro del análisis del sector industrial, es fundamental mencionar el autoabastecimiento de electricidad en República Dominicana; siendo los ingenios azucareros los que casi por completo generan la energía eléctrica que consumen (97.5%); siguiendo en orden de importancia: otras industrias que se autoabastecen en un 56.7%, la de cemento y cerámica, la de químicos y plásticos y la alimenticia que se autoabastecen en un 48.3, 47.8 y 43.8% respectivamente.

Las industrias de papel e imprenta, la del tabaco y las zonas francas son las que menor autogeneración tienen, no pasando ninguna de ellas, del 20%.

En función de la información disponible es necesario realizar una serie de potenciales estimados de reducción de consumo de energía y disminución de emisiones de CO₂, basado en forma de eficiencia energética.

4.5. REDES Y SERVICIOS PÚBLICOS

De acuerdo a estudios realizados en el año 2001 por la CNE, en conjunto con NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) y con el apoyo de USAID, el universo completo de las acometidas del sector público representaba un consumo 53 GWh mensuales, 6.5% del total nacional en energía eléctrica. [19]

Considerando la escala de consumo de electricidad del gobierno, las ganancias en eficiencia en los edificios públicos pueden tener un importante impacto en el sistema eléctrico como un todo. Además, el gobierno puede usar su poder adquisitivo para crear demanda de productos y servicios energético-eficientes, ayudando a construir mercados para dichos productos. Estas acciones no solamente pueden tener impactos positivos en las finanzas del gobierno, sino que marcan un ejemplo para el resto de la sociedad, e identifican al gobierno como un líder en cuanto a los esfuerzos por la eficiencia energética.

4.6. SECTOR TRANSPORTE

Red Maestra del Sistema Integrado de Transporte Rápido Masivo de Santo Domingo (Metro) está compuesta por dos líneas. La Línea 1, con sentido Norte-Sur, consiste de 16 Estaciones y tiene una longitud de 14.5 km y la Línea 2 atraviesa esta ciudad de Oeste a Este es totalmente soterrada, tiene una longitud de 34 km de vía férrea y 34 estaciones de pasajeros.

El Metro de Santo Domingo ha estado operando desde el 27 de febrero del 2008 con un sistema compuesto por 9 generadores de emergencia de 2.5 megas cada uno, de los cuales se enciende uno por día.

Para el sistema de Alta Tensión (138 KW) se construyeron dos (2) Sub-Estaciones de Alimentación, (Sub-Estación Eléctrica UASD-Eje Itabo Haina y Sub-Estación Eléctrica Isabela-Eje Palamara) ambas conectadas al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI), con tensión de entrada de 138 KW, tensión de salida de 21KW y potencia de 40 MW, con eficiencia de 98 a 99%, de manera que si ocurriese un apagón nacional (Black Out), automáticamente entrará en servicio el Centro de Generación de Emergencia de 45 MW, compuesto por 18 Generadores Cummings de 2.5 MW c/u construido en la cercanía de Patios y Talleres, en la Av. Reyes Católicos.

Para la red de Media Tensión (21 KW) se construyó una galería visitable desde el parque energético hasta la Sub-Estación de Tracción Isabela, donde se reciben 21,000 Voltios de corriente alterna y transforman en 1,500 Voltios de corriente continua para alimentar los trenes a través de la Catenaria.

El sistema de Baja Tensión (120/208 Voltios y 480/277 Voltios) es derivado desde los distintos centros de transformación de las estaciones y sirve para alimentar los servicios auxiliares de las distintas estaciones, tales como: las escaleras eléctricas, los ascensores, los equipos de aire acondicionado, la iluminación normal e iluminación de emergencia, el sistema contra incendios, entre otros.

Todo el sistema eléctrico tiene un sistema de aterrizaje que permite accionar los dispositivos de seguridad frente a cualquier eventualidad que se presente, tanto en las edificaciones, como en las vías a lo largo de la trayectoria.

El Metro utiliza dos fuentes de energía, lo que significa que en determinados momentos compra a los generadores electricidad para su funcionamiento, ya que le resulta más barato. El Metro puede comprar energía a un precio económico para que la transmisión al usuario en términos de tarifas lo pueda resistir.

El funcionar solo con su planta propia es mucho más costoso, porque diariamente la planta consumiría unos 40 o 50 mil galones de gasoil. Bajo un esquema de mantenimiento efectivo, la planta construida por la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (OPRET) para suplir la energía que requiere el Metro de Santo Domingo para funcionar tendría una vida útil de unos 40 o 50 años.

4.7. ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA

A partir del análisis de la situación actual, se observa que el 20% los problemas del sector eléctrico está relacionado directamente con la red eléctrica, los cuales son: altas pérdidas técnicas y no técnicas en la distribución de electricidad, alta incidencia de fraude y la baja calidad de la infraestructura eléctrica en redes de transmisión y distribución. Es evidente que disminuyendo o eliminando dichos riesgos la crisis en el sector eléctrico puede reducirse considerablemente.

De forma regular se producen interrupciones en el servicio de energía eléctrica por las siguientes situaciones:

- Restricciones del sistema por problemas de tensión, frecuencia, etc.
- Trabajos en las líneas de transmisión.
- Fortuitos o averías que pueden suceder en cualquier momento.
- Salida de plantas de generación.
- Trabajos programados de las EDEs, para evitar fallas y realizar mantenimientos.

La tasa de fallo Global (TFG)¹ y la duración total de fallas global (DTG)² son indicadores de calidad de servicio del sistema de transmisión eléctrico. En la **Figura 4.4** y **Figura 4.5** se presentan la evolución del TFG y el DTG desde el 2008 al 2011 según el nivel de tensión. [17]

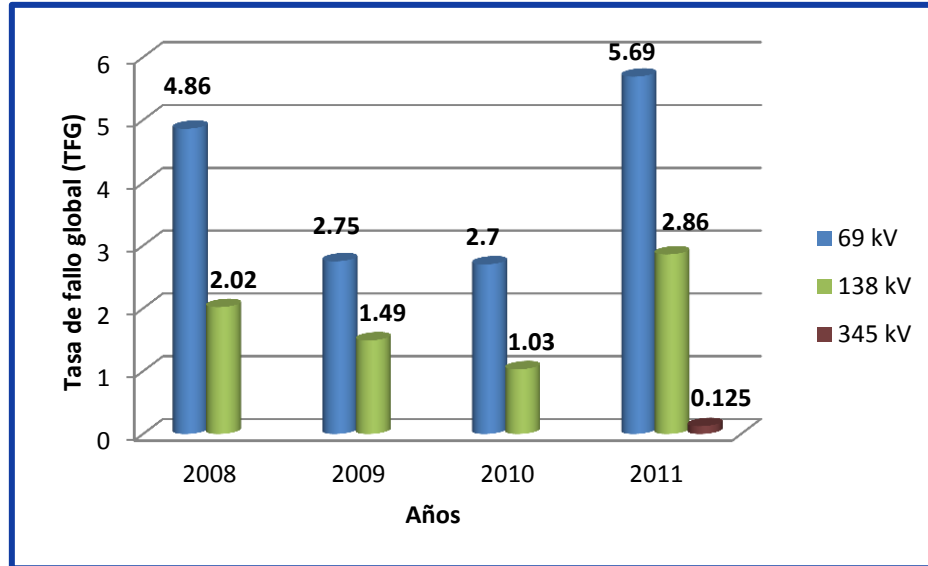


Figura 4.4 Tasa de fallo global (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).

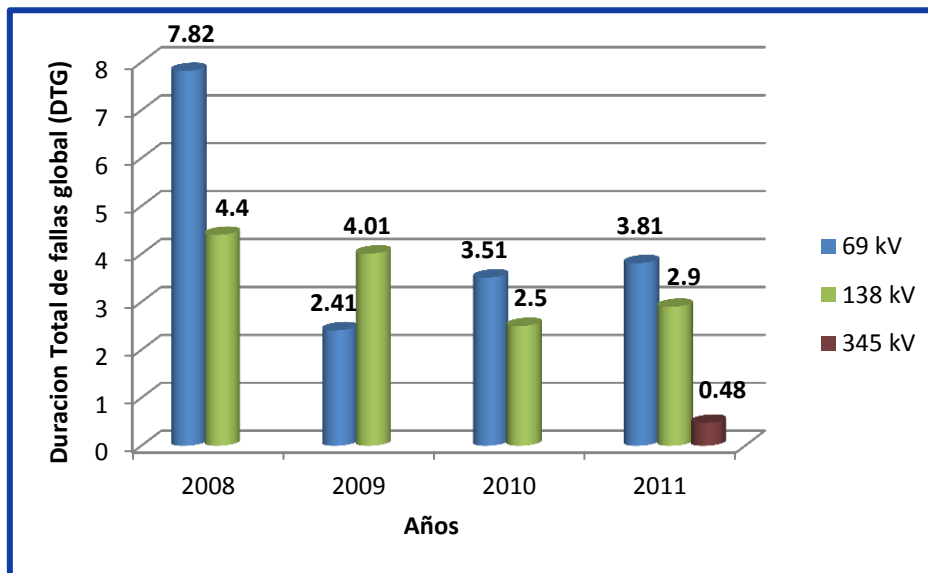


Figura 4.5 Duración Total de Fallas Global (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).

¹ Se refiere al número de salidas de tipo forzadas que han tenido en el año, pero que se analizaran mensualmente, para un determinado nivel de tensión y una categoría dada cada 100 km. de red.

² Se refiere a la duración total promedio de tipo forzadas que las líneas han tenido en un mes para un determinado nivel de tensión.

Estos indicadores han presentado una tendencia decreciente, sin embargo en el 2011 el TFG experimento un incremento considerable debido a la gran cantidad de averías y fallas transitorias registradas.

En el 2012 se registraron 272 eventos que involucran fallas en los sistemas de generación, transmisión, distribución y/o combinaciones de estos en el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI). Esto representa un aumento de aproximadamente un 10% con respecto al 2011 en donde se registraron 245 eventos relacionados a las fallas.

Conforme al informe del SENI de los 272 eventos 162 corresponden a equipos de generación; 49 a equipos de transmisión que involucran líneas de transmisión de 345 kV, 138 kV o 69 kV con "N-2 o mayor"; 43 con fallas en líneas de transmisión de 345 kV, 138 kV o 69 kV con "N-1" y 18 corresponden a transformadores 138/69 o 345/138 kV.

De acuerdo a la metodología para la clasificación y análisis de eventos, sólo requieren análisis profundo:

- 1) De los eventos relacionados a generación un 60.4%, correspondiente a 98 eventos.
- 2) De los eventos relacionados a líneas de transmisión de 345 kV, 138 kV o 69 kV con "N-2 o mayor" un 96%, correspondiente a 47 eventos.
- 3) De los eventos relacionados a líneas de transmisión de 345 kV, 138 kV o 69 kV con "N-1" un 65%, correspondiente a 28 eventos.
- 4) De los eventos relacionados a transformadores 138/69 o 345/138 kV un 100%, correspondiente a 18 eventos.

Solo fue posible realizar el análisis profundo de 132 eventos del total de 191 eventos que requieren los mismos correspondientes a un 69%, ya que no se recibieron todas las informaciones necesarias para realizar el análisis por parte de los Agentes Involucrados en los plazos establecidos en el Manual de Operaciones.

A pesar del que análisis profundo, en concreto solo se logró identificar la causa de 115 eventos, que corresponde a un 42% de los casos referente a los 272 eventos. En la **Figura 4.6** se puede ver cuáles son las causas que han sido detectadas.

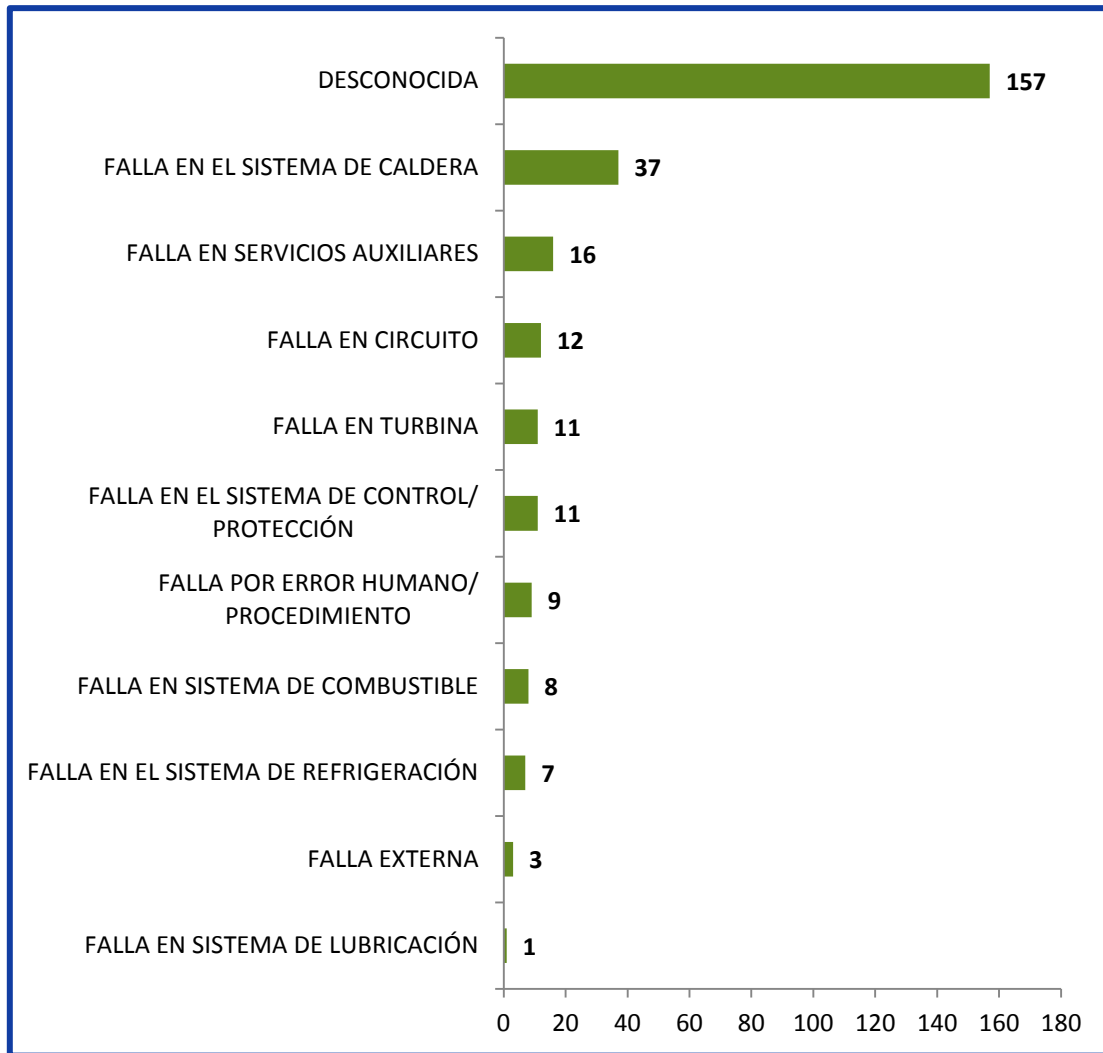


Figura 4.6 Identificación de las causas de los eventos ocurridos en el SENI 2011 (Fuente: Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la Rep. Dom., Inc.).

De los análisis realizados con fallas en sistema de transmisión, se identificó que el 63.16% corresponde a fallas monofásicas y el 36.84% a fallas bifásicas. Las contingencias por baja frecuencia en el SENI sin salidas de generación representaron un 5%, para un total de 13 eventos por esta causa y con salidas de generación representaron un 1%, para un total de 2 eventos, los cuales acarrearán la actuación de los esquemas de desconexión de carga en los escalones 1 y 2 de 59.2 Hz. y 59.1 Hz. respectivamente.

En el 2012 la efectividad de los análisis para determinar las causas disminuyó debido a las deficiencias de los agentes para remitir al OC-SENI los registros de los equipos de sus instalaciones cuando ocurren eventos. De los eventos analizados han surgido recomendaciones, sugerencias y observaciones hacia los Agentes involucrados. Han sido emitidas un total de 656 recomendaciones y/o sugerencias.

Por causa de congestión o sobrecarga en el sistema de transmisión existe una energía que no puede ser suministrada. Excluyendo el año 2008, en el cual hubo una gran cantidad de energía no suministrada, la tendencia ha sido mantenerse en alrededor de 55 GWh/año como se muestra en la *Figura 4.7* a continuación.

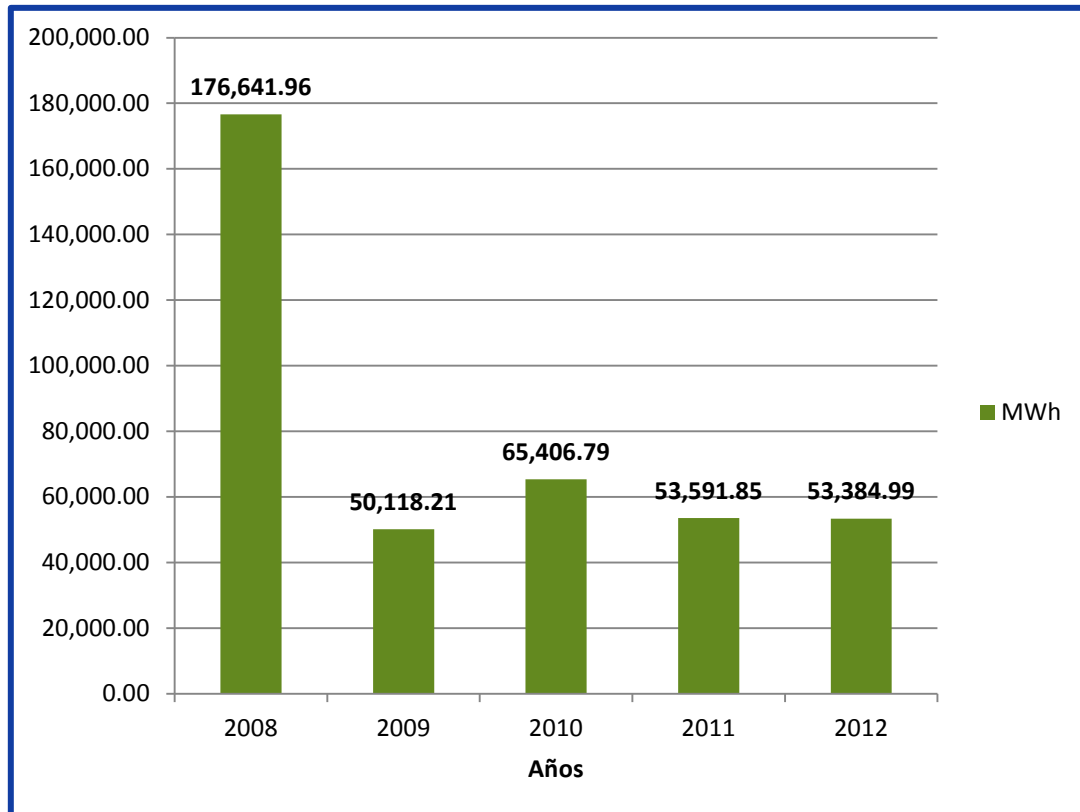


Figura 4.7 Energía no suministrada en MWh (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, ETED).

4.7.1 CALIDAD DE LA FRECUENCIA

El Artículo 150 del Reglamento para la aplicación de la ley general de electricidad (RLGE), establece que la frecuencia en el rango ± 0.15 Hz debe mantenerse en el 99.0% del tiempo, mientras en el rango ± 0.25 Hz, debe estar el 99.8% del tiempo. La frecuencia del SENI para el año 2012 estuvo en promedio el 95.5% del tiempo en el rango de [59.75, 60.25] Hz y el 77.6% del tiempo en el rango de [59.85, 60.15] Hz. En la *Tabla 4.2* se muestra un cuadro comparativo entre los años 2011 y 2012.

Tabla 4.2 Calidad de la Frecuencia.

CALIDAD DE FRECUENCIA		
DURACIÓN DE LA FRECUENCIA EN LOS RANGOS ESTABLECIDOS EN EL ART.150 DEL RALGE		
FRECUENCIA	RANGO [± 0.15 Hz]	RANGO [± 0.25 Hz]
Promedio año 2012	77.60%	95.50%
Promedio año 2012	71.40%	91.80%
Indicadores	-21.40%	-4.30%
Meta RLGE	99.00%	99.80%

La calidad de la frecuencia promedio para el 2012 en cuanto al tiempo de permanencia, aumento en relación al 2011 en un 6.2% en el rango ± 0.15 Hz, y un 3.7% rango ± 0.25 , sin embargo todavía se encuentra en valores fuera de los rangos normados con un número importante de activación del EDAC sin presencia de eventos de salida de generación en el SENI. La operación del SENI continúa realizándose en estado de emergencia. [17]

Según un el análisis de la calidad de la frecuencia por mes, se observó que durante los meses donde se realizó el mantenimiento mayor de la central AES Andrés (marzo en el 2011, y enero 2012) se presentan los índices más bajos.

4.7.2 CALIDAD DEL VOLTAJE

El Artículo 149 del RLGE, establece que el nivel de voltaje en las subestaciones de transmisión debe permanecer dentro del rango [0.95, 1.05], (valores por unidad). Como se puede ver en la **Tabla 4.3** para el 2012 la tensión en barras a 345 kV, permaneció el 99.3% del tiempo dentro del rango de cumplimiento, mientras que en las barras a 138 kV, finalizó en 91.7%, y en las barras a 69 kV, fue de 93.1% del tiempo dentro de los rangos normados.

Tabla 4.3 Calidad del Voltaje

CALIDAD DEL VOLTAJE			
PROMEDIO DE DURACIÓN DENTRO DE LOS RANGOS ESTABLECIDOS EN EL ART.149 DEL RALGE			
NIVEL DE VOLTAJE	345 kV	138 kV	69 kV
Rango RGLGE	[95%, 105%]	[95%, 105%]	[95%, 105%]
Promedio año 2012	99.30%	91.70%	93.10%
Promedio año 2012	98.40%	83.00%	92.60%
Indicadores	-0.70%	-8.30%	-6.90%
Meta RLGE	100.00%	100.00%	100.00%

Comparando los porcentajes calidad del voltaje promedio en cuanto al tiempo de permanencia de la tensión en las subestaciones tomadas como referencia obtenidos en el 2012 con respecto a los del 2011, tenemos que las barras a 345 kV, quedó en un 99.3%, para una mejora de un 0.9%, en las barras 138 kV en un 91.7%, para una mejora de un 8.7% y en las barras a 69 kV fue de un 93.1% para una mejora de un 0.5% todos relacionados al año 2011.

4.7.3 DISPAROS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN

Durante el año 2012 fueron registrados 4316 disparos de unidades en el SENI, una disminución de 10.2 % equivalentes a 489 disparos, en comparación con el año 2011 [20]. Es importante destacar que las Unidades Hidroeléctricas representan el 87.74% de todos esos eventos. Se ha analizado que una posible causa es que gran número de sus unidades están conectadas a circuitos de distribución donde son más vulnerables ante los eventos. A continuación en la **Tabla 4.4** se muestra el número de disparo por empresa para 2012.

Tabla 4.4 Número de disparos por empresa año 2012.

EMPRESAS	NÚMERO DE DISPARO
AES ANDRES	7
RIO SAN JUAN	225
COMPAÑIA ELÉCTRICA DE PUERTO PLATA	35
COMPAÑIA ELÉCTRICA DE SAN PEDRO DE MACORIS	33
COMPLEJO METALURGICO DOMINICANO	8
DOMINICAN POWER	11
EGE-HAINA	43
EGE-HIDROELÉCTRICA	3787
EGE-ITABO	53
GENERADORA PALAMARA LA VEGA	22
GENERADORA SAN FELIPE LP (GSF)	18
LAESA	17
MONTERIO POWER CORPORATION	30
SEABOARD TRANSCONTINENTAL CAPITAL	25
LOS ORIGENES POWER PLANT	2

4.7.4 SEGUIMIENTO A LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Otro ámbito de extrema importancia es la ejecución de los mantenimientos en las centrales de generación y en las instalaciones de transmisión, igualmente es primordial hacer el seguimiento a las desviaciones de su ejecución. [20]

Para el 2012 se programaron 1073 mantenimientos en frío, de los cuales en promedio se dejaron de ejecutar un 33%, correspondiente a 353 mantenimientos no ejecutados, del total suspendidos o no ejecutados 214 son de transmisión y 139 corresponden a generación, como se puede ver en la *Figura 4.8*.

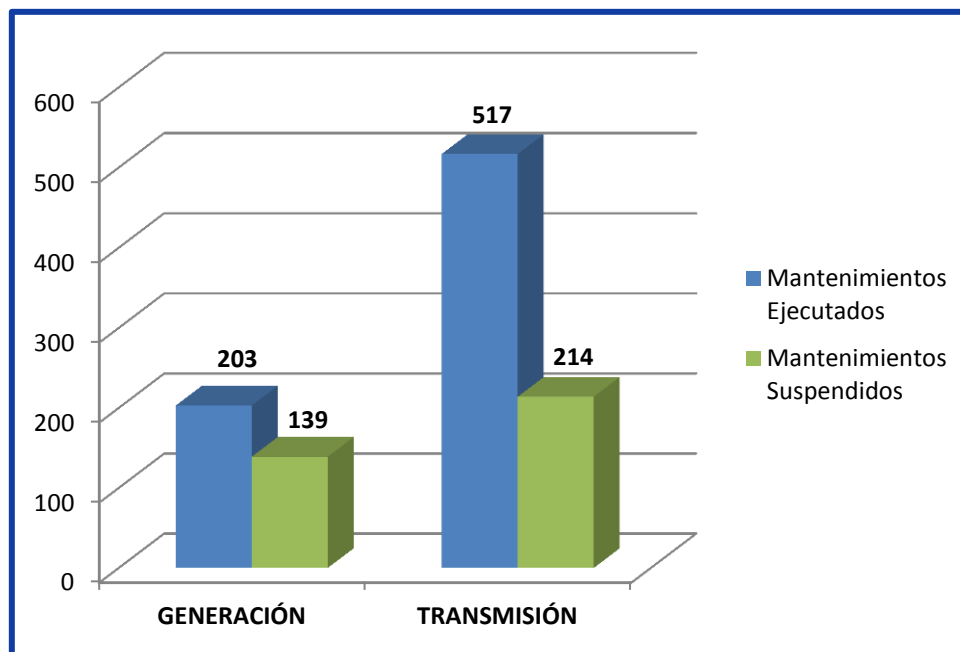


Figura 4.8 Número de mantenimientos ejecutados y suspendidos por transmisión y generación año 2012.

Cabe destacar que los mantenimientos suspendidos en generación, en su gran mayoría corresponden a mantenimientos de hidroeléctrica. Las centrales compuestas por grupos de motores no reportaron al OC-SENI los programas parciales de mantenimientos de las unidades.

La zona Sur presentó las mayores dificultades a la hora de cumplir los programas de mantenimiento. En la zona central que corresponde a la provincia de Santo Domingo y Distrito Nacional 31% de los mantenimientos programados fueron suspendidos. (Ver *Anexo 9*).

En el segundo semestre del 2012 la proporción de mantenimientos programados vs suspendidos presentaba una tendencia a la mejoría, sin embargo el mes de diciembre se retornó a valores del 35% de mantenimientos suspendidos. Añadido a esto según la misma información operativa registrada en tiempo real, el 62% de los mantenimientos ejecutados presentaron un retraso menor que 2 horas respecto de la hora programada. (Ver detalle de esta información en el *Anexo 8*).

4.7.5 PROTECCIONES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DEL SENI

En el estudio Integral de Protecciones para el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) se ha identificado la siguiente información [20]:

- Casi la totalidad de los activos de la ETED (98%) cuenta con la protección principal según los requerimientos del Código de Conexión, en protección del respaldo falta en el 24% de los activos concentrados principalmente en el área Norte del país.
- El nivel de cumplimiento del requerimiento de protección diferencial es de 46% y faltan las subestaciones concentradas principalmente en el área Central del país. A continuación se muestra en la **Tabla 4.5** el estado de cumplimiento de la protección diferencial para las diferentes zonas del país.

Tabla 4.5 Estado de cumplimiento Protección diferencial en el sistema de transmisión.

CUMPLIMIENTO CC6.4.1- PROTECCIÓN DIFERENCIAL					
ESTADO	ÁREA				TOTAL
	Central	Este	Norte	Sur	
No cumple	14	0	8	0	22
Cumple	14	5	0	0	19
No requiere	43	30	63	21	157
Total	71	35	71	21	198

Es necesaria la consideración de esta información para que se instalen o sustituyan las protecciones mencionadas para garantizar la seguridad del SENI ante fallas y dar cumplimiento a los puntos CC6.2.2 y CC6.4.1 de Código de Conexión.

Como conclusión del diagnóstico precedente podemos decir lo siguiente:

- Se presentan muchas averías y fallas en el sistema, registradas cada año.
- En el 2012 el 42% de las causas de los eventos relacionados con las fallas no se identificaron.
- La calidad de la frecuencia y el voltaje no se encuentran en un nivel óptimo.
- Existe congestión o sobrecarga en el sistema de transmisión y debido a esto existe una energía que no puede ser suministrada.
- Existe gran cantidad de disparos de las unidades de generación que afectan la vida útil de las mismas.
- Incumpliendo injustificado de los programas de mantenimiento.
- Falta protección diferencial en parte del sistema de transmisión.

Es necesario crear una infraestructura más fuerte y estable y determinar las medidas para minimizar el efecto de las fallas sobre la estabilidad del SENI, mejorar la calidad del servicio, seguridad de las personas y la vida útil de los equipos. En el subsiguiente capítulo 5 se plantea el proyecto de resiliencia para eliminar o disminuir las vulnerabilidades del sistema antes mencionadas.

5. PROYECTO DE RESILIENCIA

5.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de resiliencia urbana surgen de la necesidad de las actuales ciudades de reinventarse a sí mismos con el fin de resistir el colapso de las infraestructuras y servicios de abastecimiento frente a diferentes situaciones de riesgo detectado. Esta preocupación por reducir la vulnerabilidad de la ciudad y su impacto en los ciudadanos, trae consigo esta nueva línea de acción que centra sus esfuerzos en mejorar la capacidad de recuperación urbana.

Los proyectos de resiliencia pueden ser de inversión, coordinación y gestión o la combinación de los mismos, estos a su vez están asociados a diversos recursos, tiempo y consecuencia. En muchos casos, estableciendo medidas de coordinación puede reducirse significativamente el riesgo o con medidas de inversión relativamente pequeñas también se pueden obtenerse buenos resultados, siempre y cuando dicha inversión este destinada de forma exclusiva a eliminar dicho riesgo.

A continuación se exponen en los apartados siguientes las fases para la creación de la resiliencia y el proyecto con las medidas que permitirán mejorar la red eléctrica de Santo Domingo, ante las situaciones de riesgo detectadas.

5.2. FASES PARA LA CREACIÓN DE LA RESILIENCIA

La aparición de la resiliencia como un conductor de la política urbana ha dado lugar hacia un sistema de planificación más integrado, multidisciplinario y abierto. La resiliencia y la planificación de la sostenibilidad requieren una amplia gama de

disciplinas y perspectivas, como: tecnología de la información, ingeniería, estadísticas, estudios ambientales, administración, comunicación social e institucional, etc.

Para abordar la resiliencia urbana en primer lugar es necesario una cantidad y diversidad de datos e información detallada (Capítulo 3: Estado del Arte), los cuales proporcionan una utilidad directa para facilitar la solución de los problemas. Partiendo de este punto, se realizan las distintas fases que se muestran en la **Figura 5.1**, con la finalidad de determinar las acciones que reduzcan o eliminen el riesgo.

a.



Figura 5.1 Fases para la Resiliencia

La diagnosis permite establecer una diferenciación de los elementos de una determinada situación, distinguir las características y la calidad de las relaciones entre los actores, indicar los principales problemas e identificar las variables que involucran la configuración de esos problemas (Capítulo 4: Diagnóstico de la Red eléctrica de Santo Domingo).

A través de la diagnosis también es posible identificar las potencialidades existentes, reconocer los trayectos causales decisivos y las diversas complejidades, con la finalidad de construir alternativas de acción basadas en una perspectiva de cambio, partiendo de lo global a lo específico.

Posteriormente se ha identificado y evaluado el riesgo, se desarrolla el proyecto de creación de la resiliencia para disminuirlo o eliminarlo definitivamente. Estos proyectos deben ser sostenibles en términos económicos, sociales y medioambientales para que sea posible su continuidad. Las medidas implementadas deben involucrar tanto lo físico como lo social y deben establecer partiendo de lo inmediato a lo futuro.

La comunicación tiene una enorme importancia para la consecución del principio de la colaboración necesaria para avanzar hacia la resiliencia, ya que a través de una comunicación efectiva se pueden generar acciones y cambios hacia la mejora del proyecto.

El procedimiento de seguimiento y control del proyecto se establecen las acciones que se llevarán a cabo para la comprobación de la correcta ejecución de las actividades creadas en la fase de planificación. Su propósito es proporcionar un entendimiento del progreso del proyecto de forma que se puedan tomar las acciones correctivas apropiadas cuando la ejecución del proyecto se desvíe significativamente de su planificación y propósito.

5.3. PROYECTO DE CREACIÓN DE LA RESILIENCIA

En las conclusiones obtenidas de la diagnosis de la red eléctrica de Santo Domingo, se evidencia que existe una gestión ineficiente en cuanto a calidad, proyectos, recursos humanos y medioambiente por parte de las empresas e instituciones encargadas del manejo del sistema eléctrico, tanto en generación como transmisión y distribución.

El control y la calidad son dos aspectos fundamentales para el transporte y la distribución de la electricidad. El proyecto de resiliencia está enfocado en el desarrollo de un sistema eléctrico avanzado en el que sean posibles nuevos y más sostenibles los modelos de producción de energía, distribución y uso.

Conocer a fondo lo que pasa en la red eléctrica permite una operación más eficiente de la misma. La implementación de sistemas automáticos inteligentes puede hacer que las entidades encargadas de la operatividad de la red eléctrica tengan un conocimiento en tiempo real de toda lo que pasa, permitiendo así una rápida reacción, la detección previa de problemas potenciales y la minimización del impacto de un fallo. Con la mejora del control y automatización de la red eléctrica se generan los siguientes beneficios:

- Permite lograr una gestión de fallos eficiente.
- Reduce la tendencia ascendente del número de averías derivadas de una operación, evitando así el envejecimiento prematuro de los cables.
- Reducir los costos debido a la energía no suministrada.
- Mejorar la confiabilidad de la red.

- Mejorar la calidad del suministro de energía a los clientes.
- Disminuye la carga de trabajo del administrador y reduce el riesgo de interrupciones de red debido a configuraciones o cambios incorrectos.
- Permitirá realizar un mantenimiento mucho más eficiente de todos los componentes de la red, incluso implementando soluciones de gestión remota.

Para realizar dicha automatización será necesario realizar una inversión en la renovación de las infraestructuras existentes. Desde un punto de vista técnico, se requiere el despliegue generalizado de dispositivos inteligentes (por ejemplo, sensores, actuadores, contadores inteligentes, ordenadores integrados, etc.) que sean capaces de recoger en tiempo real información sobre los patrones de uso de la electricidad, así como sobre el estado de los recursos energéticos distribuidos y otros componentes de la red eléctrica.

Una vez obtenida la mayor cantidad de información heterogénea posible, recogida por las infraestructuras de medición y monitoreo, se analizan los datos recibidos y se realiza la predicción y la detección de posibles problemas (por ejemplo, los fracasos, la escasez de energía, disturbios), lo cual permite que la toma de decisiones para controlar y optimizar el funcionamiento del sistema sea eficiente.

La mayoría de estas funciones de gestión y control se ejecuta en respuesta a eventos locales, pero que pueden tener un impacto en la capacidad de recuperación y la eficiencia de una gran parte de la red eléctrica.

5.3.1 MEDIDAS DE RESILIENCIA

Automatización

Consiste en la integración masiva de sensores, actuadores, tecnología de medición y esquemas de automatización en todos los niveles de la red. Las principales medidas que se deben establecer son:

- Instalación de indicadores de paso de corriente de cortocircuito, es decir, captadores de intensidad “toroidales”. Estos deben colocarse cada dos Centros de Transformación.
- Automatización de los elementos de maniobra de dos Centros de Transformación, colocados en mitad de la línea, al final de la línea y en la frontera con otras líneas.

- Instalación de dispositivos que automáticamente detectan y responde a transmisiones actuales y problemas en la distribución. Su enfoque se basa en la prevención y minimiza el impacto en el consumidor.
- Instalar en los centro de transformación sistemas de monitorización para la detección de anomalías de funcionamiento, o para la captura de datos que facilite a posteriori la elaboración del modelo de funcionamiento.

A continuación en la **Figura 5.2** se muestra un esquema en donde se simula la visión del operador del sistema en el centro de control, cuando le dispara la cabecera de un cable de media tensión de la subestación automáticamente, a raíz de la avería de un tramo del cable. Con esta estrategia las posibilidades de localizar el tramo averiado se reduce a dos, independientemente del número de Centros de Transformación de la línea.

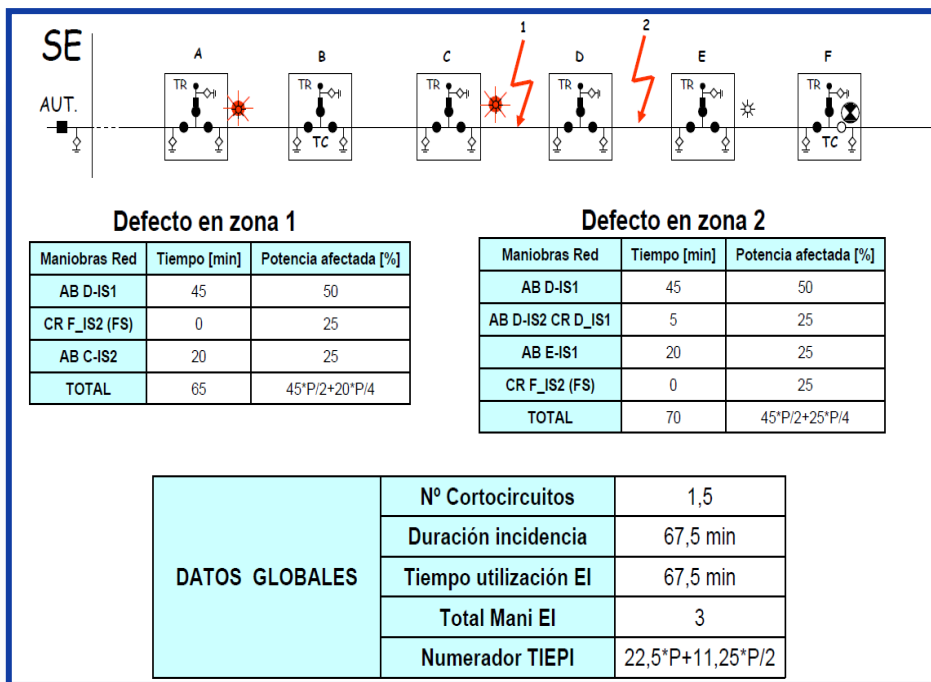


Figura 5.2 Esquema de visualización del operador del sistema cuando se presenta la avería de un tramo de cable (Fuente: Endesa Española).

Optimización y control

La optimización y ampliación de la infraestructura existente requiere métodos de monitorización y visualización de los parámetros críticos, en este sentido, las medidas que deben realizarse son:

- Creación de un sistema de información e inteligencia distribuidas en el sistema.

- Mejorar el sistemas de control, haciéndolo lo más inteligentes posible. Esto permitirá extender los servicios intercambiados entre los distintos agentes del mercado eléctrico y, asimismo, aprovechar eficientemente la capacidad de transmisión de la red.
- Sensado y medida de las condiciones de la red.

Gestión de la comunicación

La automatización de la red, la gestión de la demanda y la generación distribuida requieren de mayor capacidad de comunicación sobre todo en los puntos finales de distribución/producción, ya que estos nuevos servicios necesitan de un sistema de toma de decisiones distribuido, frente al sistema centralizado tradicional.

- Uniformizar los protocolos de comunicación utilizados a todos los niveles de la red, como son: transporte, distribución, subestaciones, unidades de generación y usuario final.
- Introducción de una nueva generación de equipos inteligentes (nuevos sistemas inversores, contadores inteligentes, protecciones, etc.) que implementen dicha capacidad de comunicación y gestión en todos los niveles de la red eléctrica, desde los grandes centros de control, redes de transporte y distribución hasta los puntos de consumo/generación.
- Definir modelos de datos que permitan estandarizar cualquier funcionalidad presente en la red eléctrica, tanto su nomenclatura como su semántica. El objetivo es que cada equipo ofrezca un modelo de datos dependiendo de su funcionalidad e intercambie dicha información a todos los niveles de la red con un protocolo común, con independencia del medio físico.

5.3.2 COMUNICACIÓN

El impacto de un proyecto depende en gran medida de las actividades de comunicación y difusión. Su objetivo principal es optimizar el flujo de la información del proyecto y organizar una comunicación eficiente entre las instituciones participantes.

La implementación, seguimiento y los resultados del proyecto deben ser comunicados a todas las entidades y organismos involucrados e interesados, tanto públicos como privados. Cada vez es mayor el número de agentes implicados en el

futuro del suministro eléctrico, por tanto, se debe tomar en cuenta desde miembros del gobierno hasta los usuarios finales, cada agente colaborará para dar forma al sistema de redes inteligentes. Entre los cuales se distinguen:

- Agentes gubernamentales
- Generadores
- Distribuidoras de electricidad
- Empresas de transmisión
- Compañías de redes eléctricas y servicios energéticos
- Operadores
- Reguladores
- Investigadores y Desarrolladores
- Usuarios/consumidores

5.3.3 SEGUIMIENTO

El seguimiento y evaluación es un aspecto esencial de todo proyecto. Permite determinar el progreso de las actividades y tomar las medidas necesarias para resolver problemas, haciendo los ajustes necesarios en los objetivos y actividades. Este proceso genera con frecuencia la necesidad de seguir y evaluar nuevos aspectos del proyecto. Por esto, tiene que ser un proceso flexible que sea revisado periódicamente.

Esta herramienta permite analizar los resultados y evaluar los fallos con el paso del tiempo, para posteriormente realizar una actualización y contraste, que genere un ciclo mejora continua, como se muestra en la **Figura 5.3** a continuación.



Figura 5.3 Ciclo de actualización y contraste de proyectos de resiliencia.

Para asegurar que la información generada por el proceso de seguimiento y evaluación sea utilizada de modo efectivo en la toma de decisiones y la acción, se requiere de una estructura organizativa, que podría ser el Organismo coordinador del sistema interconectado de transmisión eléctrica (OC-SENI). Debido que existen diferentes organismos involucrados, se debe discutir, diseñar e implementar un sistema conjunto de seguimiento y evaluación.

El seguimiento combina el registro de información específica sobre el progreso de las actividades y las dificultades que se encuentren (Ver *Anexo 10*). De modo general se le debe realizar el seguimiento a las siguientes actividades y procesos:

- El progreso de cada actividad.
- Su efectividad en alcanzar sus objetivos.
- Su concordancia con las prioridades establecidas.
- El modo de funcionar de las entidades a cargo de las actividades.
- La evolución del proyecto en general.
- El funcionamiento del comité coordinador.

En el proceso de seguimiento y evaluación se considera la información pertinente obtenida de la diagnosis de los problemas identificados y se realiza una comparación con los datos recopilados en el análisis del seguimiento para ver los cambios que se hayan generado. En la *Tabla 5.1* se muestra la ficha de trabajo proyecto de resiliencia.

En resumen, una red inteligente se basa en el uso de sensores, comunicaciones, capacidad de computación y control, de forma que se mejora en todos los aspectos las funcionalidades del suministro eléctrico [21]. Un sistema se convierte en inteligente adquiriendo datos, comunicando, procesando información y ejerciendo control mediante una realimentación que le permite ajustarse a las variaciones que puedan surgir en un funcionamiento real.

Tabla 5.1 Ficha de trabajo del proyecto de resiliencia (Fuente: Ayuntamiento de Barcelona).

Código:			
1			
Nombre del Proyecto:			
Control y automatización de la Red de Transporte y distribución eléctrica.			
Riesgo Detectado:			
Poca fiabilidad para garantiza la calidad del suministro y existen gran cantidad de averías y fallas en el sistema, de las cuales no identifican la totalidad de las causas que la provocan.			
Descripción del Proyecto:			
Establecer medidas para transformar la red eléctrica convencional en una red óptima, gestionada a partir de la sensorización y automatización de los elementos, no sólo desde el punto de vista de operación, también pensando en la rentabilidad de la inversión y calidad de suministro.			
Planificación:			
Definir y sensorizar los elementos que ayuden a tomar las mejores decisiones en el menor tiempo, definir y automatizar los elementos críticos y garantizar la comunicación entre los agentes involucrados.			
Grupo de Trabajo:			
Nombre y apellidos	Empresa de transmisión Eléctrica Dominicana	llantigua@eted.gov.do	(809)-255 5555
Nombre y apellidos	Empresa Distribuidora de Electricidad EDESTE	e-mail	(809)-788-2373
Nombre y apellidos	Empresa Distribuidora de electricidad del Sur EDESUR	informacion@edesur.com.do	(809)-683-9292
Otros Participantes:			
Nombre y apellidos	Organismo Coordinador del sistema eléctrico interconectado (OC-SENI)	occoordinador@oc.org.do	(809)-732-9330
Nombre y apellidos	Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE)	mediosociales@cdeee.gob.do	(809)-535-9098
Observaciones:			

5.4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

La implementación de esta propuesta está fuera del alcance de este trabajo, pero puede ser interesante enunciar los siguientes pasos para lograr hacer realidad lo que en este trabajo se propone.

Primeramente se debe hacer un **análisis** a fondo de la **topología de la red** para determinar exactamente la forma de implementar el sistema de sensorización y control. Esto incluye conocer el estado de la red actual en lo que respecta a estos aspectos.

A continuación se debe hacer un **estudio económico** de los costes de implantación de dicho sistema y plantear varias alternativas, de manera que pueda hacerse un análisis coste/beneficio que indique el grado de sensorización óptimo. En base a ello debería elegirse la mejor **alternativa con un análisis multicriterio**.

Luego sería necesario desarrollar una **campaña comunicativa** entre las partes interesadas para promover la implicación máxima en el proyecto y la concienciación con los beneficios que el mismo puede generar. Dentro de esta se debe remarcar el éxito ya obtenido en Barcelona y los elementos de juicio que han permitido identificar el valor de esta propuesta.

Para llevarlo a cabo deberían presentarse diferentes opciones de **implementación** desde la óptica **organizativa**: dentro de la propia empresa, a través de un consultor externo, en colaboración con un asesor.

Por último, debe redactarse el **proyecto ejecutivo** de la propuesta, realizarse toda la tramitación administrativa correspondiente y conseguirse la dotación presupuestaria para llevar a cabo la actuación, así como el mantenimiento, la gestión y el análisis de los datos para la mejora continua del sistema. En caso de que ya exista un sistema, por obsoleto que pueda ser, deberá integrarse con este para obtener el máximo provecho posible.

Temporalmente se considera que estos pasos pueden realizarse en un año y medio aproximadamente, tal como indica el diagrama de Gantt estimativo que aparece a continuación en la **Figura 5.4**.

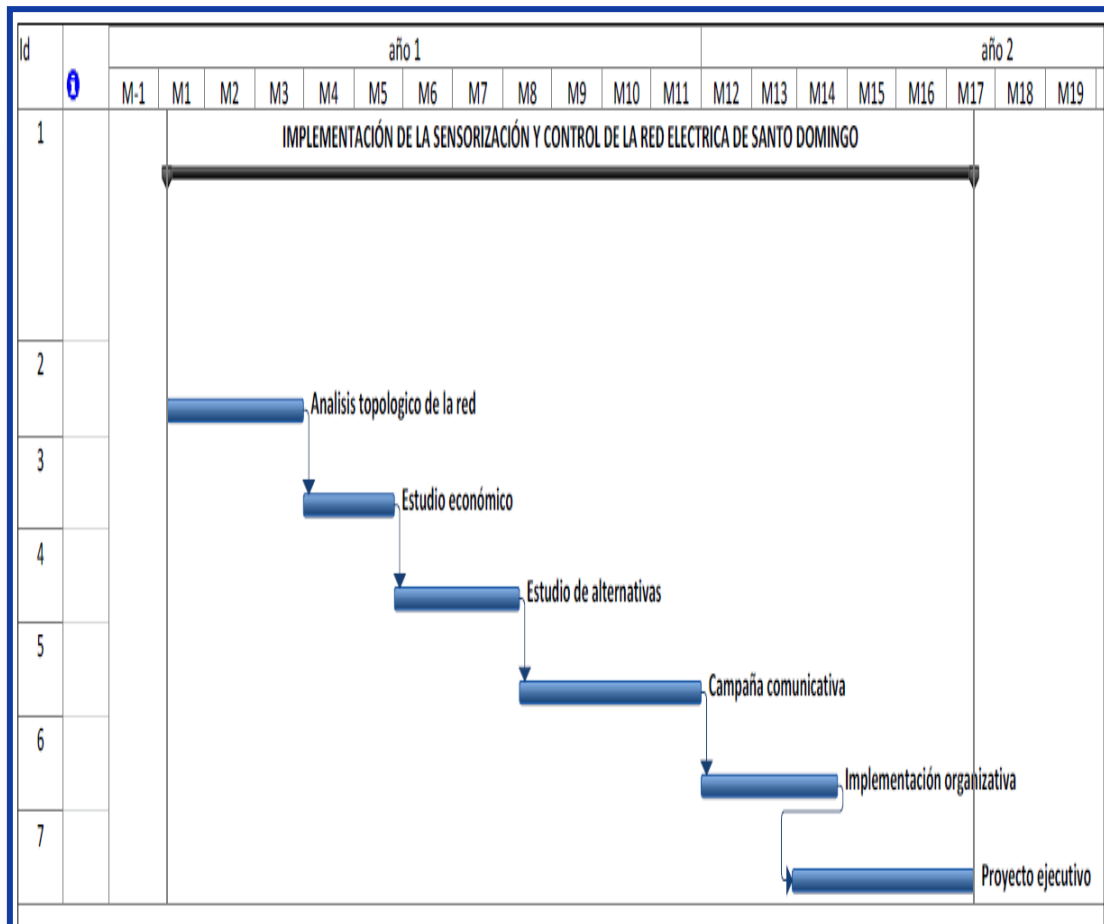


Figura 5.4 Diagrama de Gantt estimativo de propuesta de implementación de proyecto.

5.5. PERSPECTIVA FUTURA DE LA RED ELÉCTRICA

Las previsiones futuras a nivel mundial en lo que se refiere al sector eléctrico, indican un crecimiento de la demanda, un fuerte incremento de las energías renovables y una necesidad de potencia firme y flexible. Todo ello está haciendo que aparezca un nuevo concepto de red eléctrica, las denominadas redes inteligentes [22].

El concepto general de redes smart o inteligentes hace referencia a una red de energía avanzada, acorde con los adelantos y tendencias del siglo XXI, que incorpora los servicios y beneficios de las tecnologías de comunicación y computación digital a una infraestructura de transmisión y distribución de energía eléctrica, y que se caracteriza por un flujo bidireccional de energía e información que incluyen equipos instalados en la parte de la red del cliente y sensores asociados (Hiskens, 2010; Boswarthick, Elloumi, & Ballot, 2010) [21]. En la **Tabla 5.2** se muestran las principales diferencias entre la red actual y la red inteligente del futuro.

Tabla 5.2 Diferencia entre la red eléctrica existente y la red inteligente. (Fuente: the path of Smart grid)

Red existente	Red inteligente
Electromecánica	Digital
La comunicación unidireccional	Comunicación bidireccional
Generación centralizada	Generación Distribuida
Jerarquía	Red
Pocos sensores	Sensores en todo
Ciego	Auto monitorización
Restauración manual	Auto curación
Las fallas y apagones	Adaptable
Comprobación manual/ Prueba	Comprobación remota/ Prueba
Control limitado	Control generalizado
Los clientes tienen pocas opciones	Los clientes tienen muchas opciones

Una de las características más importantes que diferencia una red eléctrica inteligente de una tradicional es su capacidad de soportar un flujo de energía bidireccional, es decir, de pasar del esquema en que el flujo de energía va solo desde las grandes plantas de generación hacia los usuarios finales, particulares o industriales (sección a de la **Figura 5.5**) a otro que incorpora y aprovecha la capacidad de almacenamiento y generación distribuida, con un rol activo para los usuarios, en el que son capaces de proveer energía a otros usuarios (sección b de la **Figura 5.5**) [21].

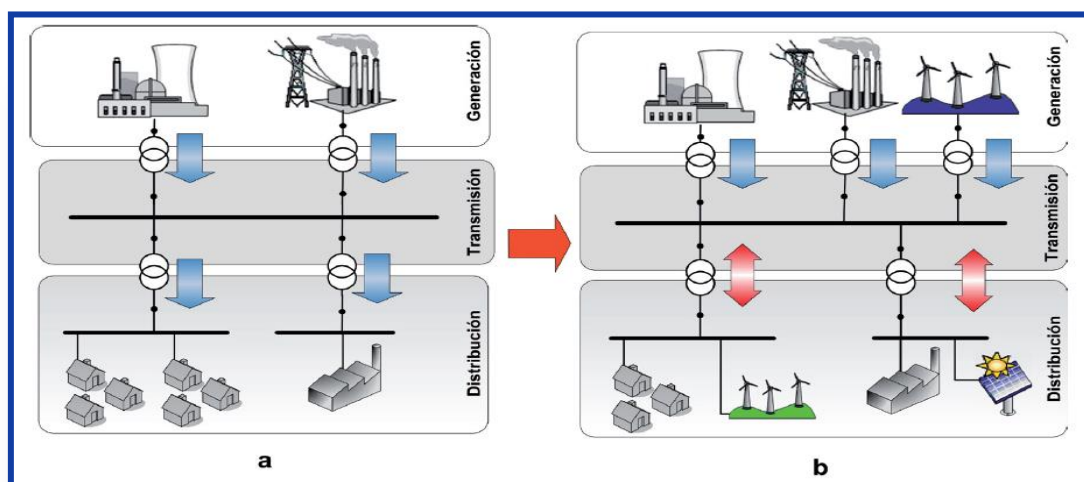


Figura 5.5 Sistemas de energía eléctrica tradicional (a) y de próxima generación (b). (Fuente: The Top-Bottom Structure and The Bidirectional Paradigm)

En cuanto a la implementación de redes inteligentes, existen muchas opciones con diferentes niveles de sofisticación. Sin embargo, entre las distintas formas de implementación, son estándar la optimización de funcionamiento de red y uso, la optimización de la red de infraestructura y las tecnologías avanzadas de comunicación que permiten un mejor uso de los activos de los sistemas de energía existentes y el acceso de los consumidores a una amplia gama de servicios.

Una red inteligente implica la combinación de infraestructura eléctrica e infraestructura de telecomunicaciones. En la actualidad se están empezando a sustituir los tradicionales contadores analógicos por los nuevos contadores digitales con características orientadas a incentivar el ahorro del consumo y la telegestión. Su implementación mejora la eficiencia de las redes de transmisión y distribución energética y permite la integración de fuentes de energía renovable distribuidas, lo cual constituye un gran beneficio medioambiental [22].

La mayor parte de las generadoras de electricidad actuales utilizan combustibles fósiles con sus correspondientes implicaciones en emisiones de humos y gases que provocan el efecto invernadero. Las tecnologías de la red inteligente podrían apoyar estos propósitos al disminuir las emisiones de carbono mediante la gestión de la demanda de energía eléctrica introduciendo más puntos de generación asociados a las energías renovables, tanto desde ubicaciones centralizadas como desde puntos de generación distribuidos.

Se esperan muchos beneficios con la implementación de una red inteligente, pero todavía queda mucho trabajo por hacer y muchos retos por superar para asegurar la transición del concepto a la realidad y poder integrar un abanico de diferentes tecnologías.

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación, se han obtenido una serie de conclusiones producto del cumplimiento de los objetivos propuestos inicialmente. En este capítulo, partiendo del estudio y análisis de los apartados anteriores se exponen las ideas principales del documento, desde el proceso de detección y evaluación de los riesgos hasta llegar a las medidas dirigidas a solucionar algunos de los principales problemas identificados.

Así también se exponen las líneas futuras de investigación con el fin de establecer las pautas que se deben seguir para darle continuidad al proyecto.

6.2. CONCLUSIONES

La Republica Dominicana se encuentra expuesta a diferentes riesgos, de los cuales el más importante que puede ser solucionado con métodos ingenieriles y tecnológicos, es la deficiencia y falta de los servicios básicos para toda la población. El suministro de energía eléctrica es uno de los servicios de mayor importancia para el desarrollo de las ciudades y de la humanidad, y su deficiencia o fallo impacta otros servicios como el agua, las telecomunicaciones, la distribución de combustibles, etc.

A través del análisis comparativo de las redes eléctricas de la ciudad de Santo Domingo y Barcelona, se evidencia que en términos de topología de la red ambas

ciudades presentan semejanzas, sin embargo en la generación y la calidad del suministro se encuentran las diferencias más marcadas, ya que es muy inferior en Santo Domingo.

La ciudad de Santo Domingo presentó un déficit de 492 MW en el año 2012 debido a que la oferta de potencia era mucho menor a la demanda, mientras que en Barcelona en ocasiones es necesario emitir órdenes para reducir la producción, con el fin de mantener el equilibrio entre la generación y la demanda.

A partir de la diagnosis se determinó hay poca fiabilidad para garantizar la calidad del suministro y que existen gran cantidad de averías y fallas en el sistema eléctrico, de las cuales no identifican la totalidad de las causas que la provocan, producto de la falta en el control en la red e ineficiencia en la gestión de la calidad, proyectos y recursos humanos de las empresas encargadas.

De las soluciones que emergen de la investigación, la principal acción para garantizar una mejor calidad, es el conocimiento del comportamiento del sistema a través de la automatización de la red eléctrica de transporte y distribución. Estas medidas permitirán transformar la red eléctrica convencional en una red óptima, gestionada a partir de la sensorización y automatización de los elementos, no sólo desde el punto de vista de operación, también pensando en la rentabilidad de la inversión y calidad de suministro.

Actualmente la ciudad de Barcelona consta con excelentes índices de calidad en cuanto la continuidad del suministro y disponibilidad de la red, situándose como uno de los puntos de referencia a nivel europeo. Gran parte de su éxito es que cuenta con sistemas y equipos de control de última generación, a la medida de sus necesidades y que utilizan para prevenir y resolver las situaciones anómalas que puedan presentarse en un momento dado en el Sistema Eléctrico.

Según la experiencia de Barcelona, invertir en el control de la red es la clave para garantizar la calidad del servicio. Es vital planificar e impulsar el desarrollo de la infraestructura de generación, transmisión y distribución de electricidad, que operen con los estándares de calidad y confiabilidad del servicio establecido por las normas.

Para generar el valor social esperado se debe trabajar en un plan técnico y ejecutivo para mejorar el sistema de control de la red eléctrica. Esto impulsaría el desarrollo de los proyectos de redes inteligentes, con el objetivo de crear una red eléctrica más eficiente y fiable, que mejore la seguridad y calidad del suministro, de acuerdo con los avances de la era digital y la sostenibilidad.

De la implementación de una red inteligente se esperan muchos beneficios económicos y ambientales, pero existen numerosos factores a considerar y pasos que se pueden tomar en el desarrollo definitivo de la misma. Esto les da la oportunidad a los países en vía de desarrollo, como República Dominicana, de participar activamente en su diseño y desarrollo.

6.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo ha permitido identificar el camino para actuar creando resiliencia para la ciudad de Santo Domingo, desde la visión más general y abierta posible hasta la más concreta, el ámbito de la automatización y sensorización de la red eléctrica.

No obstante, para que todo este trabajo acabe aportando el valor necesario a la sociedad es imprescindible que se traduzca en un plan de acción concreto y se encuentre la financiación necesaria para llevarlo a cabo. Es necesario elaborar un plan de negocios que contenga la previsión de estados económicos y financieros del proyecto así como las informaciones adecuadas sobre su viabilidad y solvencia.

Para ello se han de establecer también los contactos necesarios con los encargados de la gestión de la red, que han de aceptar la viabilidad de este proyecto y entender la necesidad de su implantación, ya que esto contribuye a mejorar el servicio que ofrecen.

Una vez en marcha este proceso, es altamente probable que esta propuesta de implementación sea igualmente útil para otras ciudades con esta problemática, tanto dentro como fuera de la República Dominicana. Las indagaciones hechas indican que en Buenos Aires este problema también era muy relevante y ENDESA (Empresa eléctrica Española) lo ha estado trabajando obteniendo buenos resultados, con el mismo equipo de trabajo que estaba en Barcelona.

Todas estas líneas deben ser desarrolladas a continuación, pero requerían ineludiblemente de este trabajo para configurarse como la solución más eficiente a la resiliencia de Santo Domingo desde el punto de vista ingenieril.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Unidas Naciones, «Cómo desarrollar ciudades más resilientes,» 2012.
- [2] VI Plan de Acción DIPECHO para El Caribe, «Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana,» Santo Domingo, República Dominicana, 2009.
- [3] Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, «Riesgo en contextos urbanos,» Centro América.
- [4] Unidad Ejecutora Sectorial del Subprograma de prevención de desastres, «Plan Nacional de Gestión de Riesgos,» Santo Domingo, República Dominicana, 2001.
- [5] Gobierno de la República Dominicana, «Plan de Acción del Sector Eléctrico 2010-2015,» 2009.
- [6] Luis Fontanals Jaumà, Ingeniero Industrial, Profesor Asociado IQS, Universidad Ramon Llull, Socio Fundador OptiCits., *Mejorando la Resiliencia de las ciudades*, 2012.
- [7] Oficina Nacional de Estadística, «IX Censo Nacional de Población y Vivienda,» Santo Domingo, República Dominicana, 2012.
- [8] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), «La República Dominicana en 2030: hacia una nación cohesionada,» México, D. F., 2009.
- [9] Comisión Nacional de Energía, «Balances de Energía 1970-2010,» Santo Domingo, República Dominicana, 2012.
- [10] Congreso Nacional, «Ley sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de

- sus Regímenes Especiales. (Ley No. 57-07),» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2007.
- [11] Comision Nacional de Energia, «DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS SOBRE EL USO RACIONAL DE ENERGÍA (URE) EN REPÚBLICA DOMINICANA,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2006.
- [12] Congreso Nacional, «Ley General de electricidad (Ley No. 125-01),» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2001.
- [13] Ayuntamiento de Barcelona, «Plan de Mejora Energética de Barcelona,» Barcelona, España, 2008.
- [14] CDEEE, CNE, ASI, SIE., «Plan Integral del Sector Eléctrico,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2006.
- [15] Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Santo Domingo, «El mercado de las Energías Renovables en República Dominicana,» Santo Domingo, República Dominicana, 2012.
- [16] CDEEE, «Sector electrico hacia un plan Integral,» 2013.
- [17] ETED - Empresa de Transmision Electrica Dominicana, «Memorias 2008-2012,» Santo Domingo, República Dominicana, 2013.
- [18] Ministro de Economía, Planificación y Desarrollo, «Plan Nacional Plurianual del Sector Público 2013-2016,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2012.
- [19] Advanced Engineering Associates International (AEAI), «Análisis de la Sostenibilidad del Sector Eléctrico,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2003.
- [20] ORGANISMO COORDINADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL INTERCONECTADO DE LA REPÚBLICA DOMINICANA (OC-SENI), «INFORME DE OPERACIÓN REAL DEL AÑO 2012,» Santo Domingo, República Dominicana, 2013.
- [21] Emilio Ancillotti, Raffaele Bruno, Marco Conti, «The role of communication systems in smart grids: Architectures, technical solutions and research challenges,» *Elsevier*, pp. 1665-1697, 2013.
- [22] Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, «SMART GRIDS Y LA EVOLUCIÓN DE LA RED ELÉCTRICA,» España, 2011.
- [23] Banco Internacional de Desarrollo (BID), «Proyecto de Apoyo al Programa de Modernización de la Red de Distribución y Reducción de Pérdidas Eléctricas,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2012.

- [24] T. F. Garrity, «Innovation and Trends for Future Electric Power Systems,» *IEEE power & energy magazine*, pp. 39-45, 2008.
- [25] H. Farhangin, «The Path of Smart Grid,» *IEEE power & energy magazine*, pp. 18-28, 2010.
- [26] Comosion Nacional de Energia, «Reglamento de medicion Neta,» Santo Domingo, Republica Dominicana., 2012.
- [27] ETED-Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, «Direccion de telecomunicaciones,» Santo Domingo, Republica Dominicana, 2008.
- [28] Comisión Nacional de Energía, «Mapa Energético de la República Dominicana,» Santo Domingo, República Dominicana., 2013.
- [29] Comisión Nacional de Energía, «PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2004-2015,» Santo Domingo, República Dominicana., 2004.
- [30] Comisión Nacional de Energía, «PLAN ENERGÉTICO NACIONAL (PEN) 2010-2025,» Santo Domingo, República Dominicana., 2010.
- [31] Carlos Andrés Díaz Andrade, Juan Carlos Hernández, «Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte,» *Revista S&T*, pp. 53-81, 2011.
- [32] Ruiz, José Francisco Delgado, «Estudio para la monitorización y automatización de la red de media y baja tensión de una distribuidora eléctrica.»
- [33] Yuri Lee, Juan Roberto Paredes, Soo Hyun Lee, «Las redes inteligentes de energía y su implementación en ciudades sostenibles,» 2012.
- [34] S. Mossoud Amin, Bruce F. Wollenberg, «Toward a Smart Grid,» *IEEE power & energy magazine*, pp. 35-41, 2005.
- [35] ZHENG Fu-mina, MA Lib, LIU Nianc, CHEN Jin-shanc, «Assessment for Distribution Network Planning Schemes of Urban Electric Power System,» *Elsevier*, pp. 1967-1074, 2012.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para la establecer la prioridad de los riesgos en contexto urbano de la Republica Dominicana.

ENCUESTA

Nombre y apellidos: _____

Carnet de identidad: _____

Ocupación: _____

Listados de riesgos urbanos detectados en Republica Dominicana.

Enumera del 1-29 los siguientes riesgos, colocando el número 1 en el riesgo de mayor importancia desde tu punto de vista y el número 29 en el de menor, así sucesivamente. Sin tomar en consideración la numeración de la izquierda.

1. Crecimiento urbano y la densificación acelerada.
2. Sequias prolongadas.
3. Inundaciones.
4. Migraciones Campo-Ciudad (puesto que mucha de la población que migra, luego no encuentra oportunidades para ganarse la vida y asentarse apropiadamente, ubicándose en zonas inseguras como laderas, bordes de los ríos, o en lugares en donde se producen inundaciones).
5. Espacio vorurbano: un ámbito marginal, originalmente rural, que "agoniza" en los límites de lo urbano y lo rural. En ciudades grandes como es posible observar "islas" rurales en medio de toda la estructura urbana.
6. Falta de servicios para toda la población, debido al crecimiento de la misma.
7. Riesgos naturales (Lluvias, Huracanes, Terremotos, Maremotos, etc.)
8. Deficiencia del Transporte.
9. Construcciones de edificaciones que no cumple con las normativas.

10. Problemas de Infraestructura vial (falta de mantenimiento, mala ejecución o inexistencia).
11. Conflictos políticos.
12. Producción de desechos y gases efecto invernadero.
13. Densidad de las infraestructuras.
14. Relaciones comunales agresivas y diversas formas de delincuencia.
15. Caos vial.
16. Las decisiones políticas, económicas de los países desarrollados (Causas de fondo).
17. Falta de comunidad, en algunos lugares, falta de sentimientos compartidos de pertenencia y propósito.
18. La falta de educación y de cultura.
19. El desempleo.
20. El individualismo.
21. Falta de trabajos estables.
22. El tráfico de droga. Riesgo cotidiano.
23. La prostitución.
24. Dificultades en el financiamiento y poca claridad en los mercados de inversión del micro empresas.
25. La exclusión social.
26. Desequilibrio del sistema urbano.
27. Los deslizamientos de tierra.
28. Riesgo Costero.
29. Riesgos fronterizos.

Anexo 3. Características de las Líneas de transmisión de 69 kV de Santo Domingo (a) (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, 2013)

Línea	Longitud (km)	Conductor	Apoyo
Dajao - Sabana Perdida	4.95	4/0 AAAC	Poste de Madera
Timbeque II - Seaboar	0.23	1272MCM AAAC	Poste de Madera
Timbeque II - Timbeque	0.20	559 MCM -AAAC	Poste de Madera
Timbeque - capotillo	3.57	559 MCM -AAAC	Poste de Madera
Timbeque - Despacho	0.10	4/0	Poste de Madera
Tap Grupo Malla-Tap Petroquímica	0.13	559 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Petroquímica - Capotillo	1.75	560 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Grupo Malla- Grupo Malla	1.10	4/0 AAAC	Poste de Madera
Arroyo Ondo - La 40	3.90	559.5 MCM -AASC	Poste de Madera
La 40 - Tap INCA	1.10	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Inca - Multiplastico 0.46+1.	2.08	4/0 AAAC	Poste de Madera
Tap Inaca - Inaca	2.13	4/0 AAAC	Poste de Madera
Harroyo Hondo- Tap Grupo Malla	3.33	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Grupo Malla- Grupo Malla	1.10	4/0 AAAC	Poste de Madera
Arroyo Hondo - Tap Petroquímica	3.45	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Timbeque - estrella del mar	0.15	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Timbeque - Tap Molino del Ozama	0.85	4/0 AAAC	Poste de Madera
TapMolini del Ozama- Molino del Ozama	0.95	4/0 AAAC	Poste de Madera
Tap Molino del Ozama - Villa Duarte	2.40	559.5 MCM-AASC	Poste de Madera
Villa Duarte - Tap Hielo Nacional	4.36	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Hielo Nacional - Hielo Nacional	0.35	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Hielo Nacional - Gomas y Plástico	1.20	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Hielo Nacional - Tap Z.F Hainamosa	2.73	4/0 AAAC	Poste de Madera
Tap Z.F Hainamosa - Z.F Hainamosa	1.50	4/0 AAAC	Poste de Madera
Z.F Hainamosa - La Sirena Charle	2.00	4/0 AAAC	Poste de Madera
La Sirena Charle - Z.F San Isidro	2.54	4/0 AAAC	Poste de Madera
Los mina - Villa Duarte	2.50	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Los mina - Timbeque	6.32	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Metropolitano - Tap Codetel	0.02	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Codetel -Tap Hache	0.28	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Hache - Hache	0.59	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Tap Hache - Banco Popular	1.14	559.5 MCM -AAAC	Poste de Madera
Metropolitano- Herrera Nueva	8.30	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Arroyo Hondo - Herrera Nueva	10.10	559.5 MCM ACSR	Poste de Madera
Herrera Nueva - Haina	6.10	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Haina - Tap Oleoducto Falcondo	2.50	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Oleoducto Falcondo - Oleoducto Falcondo	0.80	2/0 AAAC	Poste de Madera

Anexo 4. Características de las Líneas de transmisión de 69 kV de Santo Domingo (b) (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, 2013)

Línea	Longitud (km)	Conductor	Apoyo
Arroyo Hondo - Herrera Nueva	10.10	559.5 MCM ACSR	Poste de Madera
Herrera Nueva - Haina	6.10	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Haina - Tap Oleoducto Falcondo	2.50	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Oleoducto Falcondo - Oleoducto Falcondo	0.80	2/0 AAAC	Poste de Madera
Tap Oleoducto Falcondo - C.O Herrera	1.90	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
C.O Herrera - Tap ALDOM	2.00	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap ALDOM - ALDOM	0.38	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap ALDOM - Herrera Nueva	0.15	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Haina - Tap Bohemia	4.50	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Tap Bohemia - Bohemia	0.26	478 MCM ACSR	Poste de Madera
Tap Bohemia - Km 10.5	3.56	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Arroyo Hondo - Tap Cerrefuor	4.75	478 MCM ACSR	Poste de Madera
Tap Cerrefuor - Km 10.5	0.80	479 MCM ACSR	Poste de metal
Haina - Tap Bojos Granitos	2.22	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Bojos Granitos - Tap Refinería	0.72	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Haina - Tap Puerto de Haina	2.10	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Puerto de Haina - Puerto de Haina	0.20	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Refinería - Tap Multiquímica	0.30	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap Multiquímica - Multiquímica	1.10	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Multiquímica - Bayona	5.70		Poste de Madera
Bayona - CAASD II	0.60		Poste de Madera
Bayona - Tap Hato Nuevo	3.00	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap Hato Nuevo - Hato Nuevo	1.00	4/0 AAAC	Poste de Madera
Tap caballona - caballona	1.90	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Caballona - Z.F los Alcarizo	2.70	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap Caballona - Producto diversos	5.90	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Producto diversos - Palamara Diesel	3.19	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Palamara Diésel - Tap Acueducto CAASD la Isabela	2.84	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap Acueducto CAASD la Isabela - Acueducto CAASD la Isabela	0.40	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap Acueducto CAASD la Isabela - Aeropuerto INT el Higuero	2.00	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Aeropuerto INT el Higuero - BNVI	9.21	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Palamara Diésel - Tap Palamara	0.20	Darien	Poste de Madera
Palamara - Tap Complejo Plastifar	0.22	559.5 MCM AAAC	Poste de Madera
Tap NOVOPLAST - Tap Complejo Plastifar	1.70	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Complejo Plastifar - Tap Cerinca	1.10	559.5 MCM AASC	Poste de Madera
Tap Cerinca - Cerinca	2.30	Darien	Poste de Madera
Tap Cerinca - NOVOPLAST	1.15	477 MCM ACSR	Poste de Madera
Los mina - Tap Tamara	0.52		Poste de Madera
Tap Tamara - Tap Templastica	0.26		Poste de Madera
Tap Templastica - Templastica	0.35		Poste de Madera
Tap Tamara - Tamara	1.60		Poste de Madera

Anexo 5. Características de las Líneas de transmisión de 138 kV de Santo Domingo (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, 2013).

Línea	Longitud (km)	Conductor	Apoyo
Palamara - Hainamosa	23.99	450 MCM-ACAR15/4	Torres
Palamara - Villa Mella	12.70	450 MCM-ACAR15/4	Torres
Palamara - Arroyo Hondo	12.50	559 MCM -AAAC	Poste Acero
Arroyo Hondo - Metro	3.00	559 MCM-AAAC	Poste Acero
Metro- Los Mina	9.70	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Palamara - Julio Sauri	12.51	559 MCM-AAAC	Torres
Palamara- Itabo	23.00	450 MCM-ACAR15/5	Torres
Julio sauri - Itabo	18.60	559 MCM-AAAC	Torres
Itabo - Herrera Nueva	11.20	559.5 MCM-AAAC	Torres/Postes A.
Itabo- Los prado	17.40	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Itabo - Haina	2.50	450 MCM-ACAR15/4	Torres
Haina-Matadero	9.14	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Matadero - Embajador	2.30	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Embajador - Los prados	3.50	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Los Prado - Herrera nueva	6.20	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Paraiso - Metropolitano	3.70	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Metropolitano - CNP	3.20	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
CNP-UASD	3.40	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
UASD-Matadero	3.20	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
UASD-Itabo	6.50	559.5 MCM-AAAC	Torres/Postes A.
CNP- Timbeque II	29.00	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Timbeque II - Los Mina	3.04	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Timbeque II - Villa duarte	3.43	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Los Mina- Hainamosa	7.00	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Los Mina- Hainamosa	9.31	559.5 MCM-AAAC	Poste Acero
Hainamosa - Villa Mella	15.30	450 MCM-ACAR15/4	Torres/Postes A.
Hainamosa- Dajao	7.50	559.5 MCM-AAAC	Torres/Postes A.
Hainamosa-El Brisal	8.53	450 MCM-ACAR	Poste Acero
Hainamosa - Villa Duarte	17.28	450 MCM-ACAR/559.5 AAAC	Poste Acero
El Brisal - Villa Duarte	8.75	450 MCM-ACAR/559.5 AAAC	Poste Acero
Dajao - Yamasa	28.40	559.5 MCM-AAAC	Torres
Yamasa - Monte Plata	26.57	559.5 MCM-AAAC	Torres

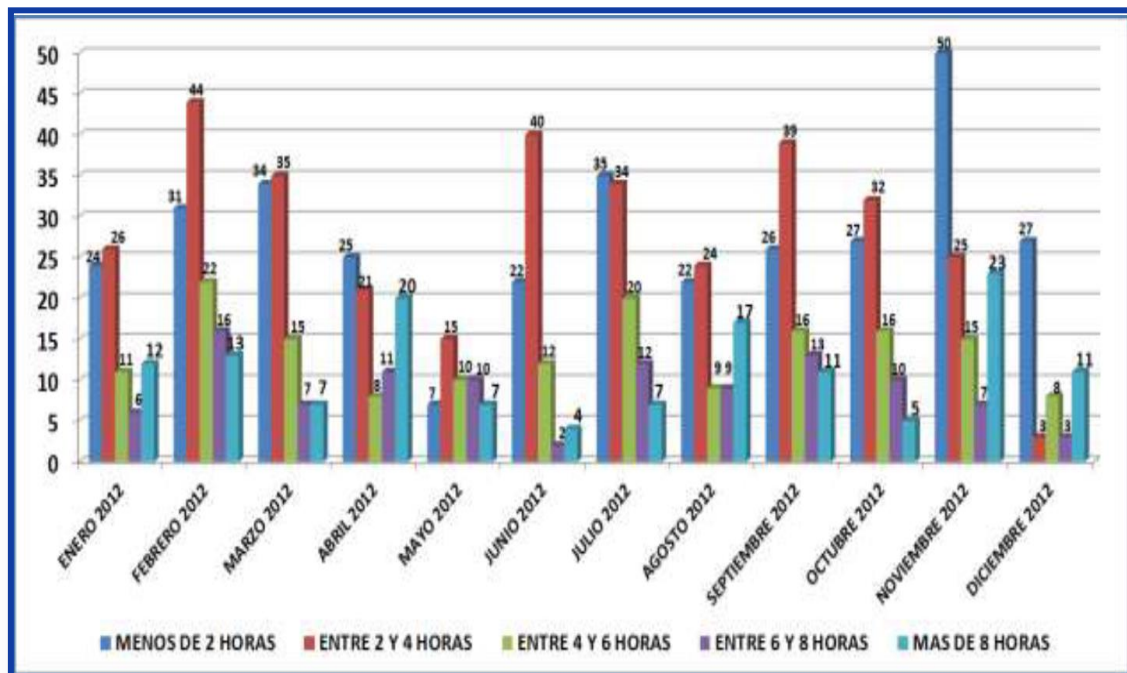
Anexo 6. Características de las Subestaciones de 69 kV de Santo Domingo (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, 2013).

Subestación	Tipo	Transformación	Capacidad (MVA)
Inca	Transformación	69/12.5 kV	25
Palamara Diesel	Generación	69/12.5 kV	14
km 10.5	Transformación	69/12.5 kV	2x40
Acueducto CAASD la Isabela	Transformación	69/12.5 kV	
Aeropuerto INT. el Higuero	Transformación	69/12.5 kV	4.9
BNVI	Transformación	69/12.5 kV	14
NOVOPLAST	Transformación	69/12.5 kV	14
Carrefour	Transformación	69/12.5 kV	5
Bayona	Transformación	69/12.5 kV	14 - 1.26
Multiquímica	Transformación	69/12.5 kV	14
Bohemia	Transformación	69/12.5 kV	7
Aldom	Transformación	69/12.5 kV	4.2
C.O Herrera	Transformación	69/12.5 kV	20
Oleoducto falcondo	Transformación	639/4.16/ kV	1.5
Plástico Flexibles	Transformación	69/12.5 kV	7
Tornigol	Transformación	69/12.5 kV	
Refinería	Transformación	69/6.6 kV	2x 4
Bojos Granitos	Transformación	69/12.5 kV	3x11.2
La 40	Transformación	69/12.5 kV	28-14
Inca Isabela	Transformación	69/12.5 kV	7
Plástico Multiform	Transformación	69/12.5 kV	4.2
Rierba	Transformación	69/12.5 kV	5
Grupo Malla	Transformación	69/12.5 kV	5
Hielo Alaska	Transformación	69/12.5 kV	7
S.I.D	Transformación	69/12.5 kV	14
Petroquímica	Transformación	69/12.5 kV	7
Capotillo	Transformación	69/12.5 kV	28-14
Estrella del mar	Transformación	69/13.8 kV	40-59
Timbeque	Maniobra	69 kV	***
Seaboard	Generación	69/13.8 kV	
Dajao	Transformación	69/12.5 kV	14-30
Banco popular	Transformación	69/12.5 kV	7
Listín Diario	Transformación	69/12.5 kV	7
codetel	Transformación	69/12.5 kV	14
Hache	Transformación	69/12.5 kV	4.2
Despacho	Transformación	69/12.5 kV	22.4-14-28
Molino del Ozama	Transformación	69/12.5 kV	4.2
Los Mina	Generación/Transformación	69/13.8 /12.5 kV	2x 38.9 - 14
Templastica	Transformación	69/12.5 kV	3.4
Tamara	Transformación	69/12.5 kV	3.6
Megacentro	Transformación	69/12.5 kV	14
Invivienda	Transformación	69/12.5 kV	28
Z.F Hainamosa	Transformación	69/12.5 kV	7
La sirena Charle	Transformación	69/12.5 kV	4.2
Z.F san Isidro	Transformación	69/12.5 kV	7
Hielo Nacional	Transformación	69/12.5 kV	3.5
Tamarindo	Transformación	69/0.48 kV	2x2.58
Acueducto oriental	Transformación	69/13 kV	12.5
Sabana Perdida	Transformación	69/12.5 kV	28

Anexo 7. Características de las Subestaciones de 138 kV de Santo Domingo (Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica Dominicana, 2013).

Subestación	Tipo	Transformación	Capacidad (MVA)
Palamara	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	200
Arroyo Hondo	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	140
Los Prados	Transformación	138/12.5 kV	3 x 40
Paraíso	Transformación	138/12.5 kV	40
Metropolitano	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	80
Villa mella	Transformación	138/12.5 kV	2x40
Metro Isabale	Transformación	138/20 kV	40
Hainamosa	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	140
Los minas	Generación/Transformación	13.8/138kV	2x150
Vill Duarte	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	140
El Brisal	Transformación	138/12.5 kV	40
Timbeque II	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	140
CNP	Transformación	138/12.5 kV	50
UASD	Transformación	138/12.6 kV	50
Hainamosa	Generación	13.8/138 kV	150
Itabo	Generación	13.8/138 kV	2x150
Herrera Nueva	Maniobra/ Transformación	138/69 kV	70
Julio Sauri	Maniobra/ Transformación	345/138 kV	2x600
Matadero	Transformación	138/12.5 kV	40
Metaldom	Generación	13.8/138 kV	60

Anexo 8. Número de mantenimientos ejecutados fuera de horario aprobado año 2012.



Anexo 9. Tabla del Número de mantenimientos suspendidos y ejecutados por zona año 2012.

ZONA	TIPO	EJECUTADO	SUSPENDIDO	TOTAL
Central	Generación	3	1	4
	Transmisión	158	71	229
Este	Generación	8	0	8
	Transmisión	133	39	172
Norte	Generación	102	65	167
	Transmisión	145	49	194
Sur	Generación	90	73	163
	Transmisión	81	55	136
Total		720	353	1073

Anexo 10. Ficha de control de proyecto de resiliencia. (Fuente: Ayuntamiento de Barcelona, 2014)


Ajuntament de Barcelona

FICHA DE CONTROL DE PROYECTO

Fecha:

Código	Proyecto:

Riesgo Detectado:

Objetivo:

Trabajos / gestiones:

- Xxxx
- Xxx
- xxx

Observaciones: