



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TESIS DOCTORAL

Técnicas de Calidad Total aplicadas a los Sistemas de Gestión de Emergencias

Autor: Oscar Marcelo Zambrano Vizueté

Director: Manuel Esteve Domingo

Codirector: Israel Pérez Llopis

Valencia, Enero 2018

Resumen

La serie de desastres naturales suscitados en los últimos años alrededor del mundo han puesto en evidencia las deficiencias existentes al momento de enfrentar una situación de emergencia. A pesar de los esfuerzos y recursos invertidos, las emergencias siguen provocando daños y pérdidas inaceptables en los núcleos sociales en los cuales se han presentado. Incendios como los de España y Portugal (2017), el terremoto en Nepal (2015), el tsunami en Indonesia (2010), o el huracán Katrina en Estados Unidos (2005), confirman esos problemas y la imperiosa necesidad de darles solución.

Existen diversos estudios y diferentes tipos de enfoques que tratan sobre la calidad en la gestión de emergencias y la mejor manera de enfrentarlas; sin embargo, hay un vacío importante respecto a los factores que influyen y el camino a seguir para alcanzar los estándares de calidad requeridos y deseados. Organizaciones relacionadas con la seguridad y protección pública a nivel mundial como la Agencia Federal para la Gestión de Emergencias de los Estados Unidos, La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, el Comité Técnico para la Seguridad Ciudadana de la Organización Internacional de Normalización, la Asociación Internacional de Gestores de Emergencias, entre muchas otras, afirman que los problemas en la gestión de emergencias, en la mayoría de los casos, están relacionados más con la gestión antes que con la falta de recursos o problemas operacionales.

La presente tesis doctoral presenta una alternativa para solventar los problemas antes mencionados. Propone un enfoque sistémico, en el que los sistemas de gestión de emergencias son la piedra angular para alcanzar una gestión ágil y efectiva que permita prevenir y mitigar los posibles daños ocasionados por cualquier tipo de incidente nocivo que se presente. La investigación comienza por identificarlos como sistemas vivos (que interactúan con el entorno), complejos (conformados por múltiples agencias relacionadas con la protección y seguridad ciudadana) y de tiempo real (el cumplimiento de sus objetivos está directamente relacionado con el cumplimiento de las restricciones temporales), en los que la calidad de su respuesta depende de la calidad de cada uno de los elementos por los cuales está conformado y por las interacciones entre los mismos.

La investigación se ha dividido en dos etapas:

- Primera, toma diferentes técnicas basadas en la Gestión de calidad total, concepto que será descrito en el capítulo 2, para desarrollar un modelo que identifica los factores que influyen sobre la calidad de la respuesta y permite determinar los problemas existentes en un sistema de gestión de emergencias. La validación se realizó por medio del análisis de los sistemas de gestión de emergencias implementados en el Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunitat Valenciana (España) y el Servicio Integrado de Seguridad ECU911 (Ecuador) en base a los parámetros y medios definidos en este modelo.
- Segunda, partiendo del análisis y los resultados obtenidos en el Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunitat Valenciana y ECU911, se pudo identificar que uno de los problemas más importantes para los sistemas de gestión de emergencias está en la interacción de las agencias por las cuales está conformado. Para solventar este inconveniente, se desarrolló un modelo organizacional, complementario al modelo de calidad antes mencionado, que entrega las directrices generales para el diseño e implementación de arquitecturas y estructuras organizacionales ágiles y eficaces. En cuanto a su validación, se tomaron como casos de estudio, tres proyectos en los que el Grupo de Investigación de Sistemas y Aplicaciones de Tiempo Real Distribuido de la UPV participa; dos de estos, relacionados con la interoperabilidad, coordinación y colaboración entre las agencias involucradas en la gestión de emergencias; y el tercero, relacionado con la adaptación de un sistema de alerta temprana para terremotos a la estructura organizacional del ECU911.

Resum

La sèrie de desastres naturals suscitats en els últims anys al voltant del món, han posat en evidència les mancances existents al moment d'encarar una situació d'emergència. Malgrat els esforços i recursos invertits, les emergències segueixen provocant danys i pèrdues inacceptables en els nuclis socials als quals s'han presentat. Incendis com els d'Espanya i Portugal (2017), el terratrèmol a Nepal (2015), el tsunami d'Indonèsia (2010), o l'huracà Katrina als Estats Units (2005), confirmen eixos problemes i la imperiosa necessitat de donar-los solució.

Existeixen diversos estudis i diferents tipus d'enfocaments que tracten sobre la qualitat en la gestió d'emergències i la millor manera d'enfrontar-les; en canvi, hi ha un buit important respecte als factors que influeixen i el camí a seguir per a assolir els estàndards de qualitat requerits i desitjats. Organitzacions relacionades amb la seguretat i protecció pública a nivell mundial com l'Agència Federal per a la Gestió d'Emergències dels Estats Units, L'Oficina de les Nacions Unides per a la Reducció del Risc de Desastres, el Comitè Tècnic per la Seguretat Ciutadana de l'Organització Internacional de Normalització, l'Associació Internacional de Gestors d'Emergències, entre moltes altres, afirmen que els problemes en la gestió d'emergències, en la major part dels casos, estan relacionats més amb la gestió que amb la manca de recursos o problemes operacionals.

La present tesi doctoral, presenta una alternativa per solventar els problemes abans esmentats. Proposa un enfoc sistèmic, en el qual els Sistemes de Gestió d'Emergències són la pedra angular per a arribar a una gestió àgil i efectiva que permeti previndre i mitigar els possibles danys ocasionats per qualsevol tipus d'incident perjudicial que es presenti. Inicia per identificar-los com sistemes vius (que interactuen amb l'entorn), complexos (formats per múltiples agències relacionades amb la protecció i seguretat ciutadana) i de temps real (l'assoliment dels seus objectius està directament relacionat amb el compliment de les restriccions temporals), en els que la qualitat de la seua resposta depèn de la qualitat de cadascun dels elements pels quals està conformat i per les interaccions entre els mateixos.

La investigació s'ha dividit en dues etapes:

- Primera, pren diferents tècniques basades en la Gestió de Qualitat Total, per desenvolupar un model que identifica els factors que influeixen en la qualitat de la resposta i permet determinar els problemes existents en un Sistema de Gestió d'Emergències. La validació es realitzà mitjançant l'anàlisi dels Sistemes de Gestió d'Emergències implementats en el Centre de Coordinació d'Emergències de la Comunitat Valenciana (Espanya) i el Servei Integrat de Seguretat ECU911 (Equador) en base als paràmetres i mitjans definits en aquest model.
- Segona, partint de l'anàlisi i els resultats obtinguts en el Centre de Coordinació d'Emergències de la Comunitat Valenciana i ECU911, es pogué identificar que un dels problemes més importants per als Sistemes de Gestió d'Emergències està en la interacció de les agències per les quals està conformat. Es desenvolupà un model organitzacional, complementari al model de qualitat abans esmentat, que entrega les directrius generals per al disseny i implementació d'arquitectures i estructures organitzacionals àgils i eficaces. En quant a la seua validació, es prengueren com casos d'ús, tres projectes als quals el Grup d'Investigació de Sistemes i Aplicacions de Temps Real Distribuït de la UPV participa; dos d'ells, relacionats amb la interoperabilitat, coordinació i col·laboració entre les agències involucrades en la gestió d'emergències; i el tercer, relacionat amb l'adaptació d'un sistema d'alerta primerenca per a terratrèmols a l'estructura organitzacional del ECU911.

Abstract

The series of natural disasters that take place in recent years around the world have highlighted the existing shortcomings when facing an emergency situation. Despite the efforts and resources invested, emergencies continue to cause unacceptable damages and losses in the social nuclei in which they have been presented. Fires such as those in Spain and Portugal (2017), the earthquake in Nepal (2015), the tsunami in Indonesia (2010), or Hurricane Katrina in the United States (2005), confirm these problems and the urgent need to solve them.

There are several studies and different types of approaches that deal with quality in emergency management and the best way to confront them; however, there is an important gap regarding the factors that influence and the way forward to reach the required and desired quality standards. Organizations related to security and public protection worldwide such as the United States Federal Emergency Management Agency, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, The Technical Committee for Societal Security of the International Organization for Standardization, the International Association of Emergency Managers, among many others, affirm that problems in emergency management, in most cases, are related more to management rather than lack of resources or operational problems.

The present doctoral thesis presents an alternative to solve the aforementioned problems. It proposes a systemic approach, in which the Emergency Management Systems are the cornerstone to achieve an agile and effective management that allows to prevent and mitigate the possible damages caused by any type of harmful incident that occurs. The investigation begins by identifying them as living systems (interact with the environment), complex (made up of multiple agencies related to protection and public security) and in real time (compliance with their objectives is directly related to compliance with temporary restrictions), in which the quality of its response depends on the quality of each of the elements by which it is conformed and the interactions between them.

The investigation has been divided into two stages:

- First, different techniques based on Total Quality Management are taken to develop a model that identifies the factors that influence on response quality and

allows to determine the existing problems in an Emergency Management System. The validation was carried out through the analysis of systems implemented in the Valencian Community Emergency Coordination Centre (Spain) and the Security Integrated Service ECU911 (Ecuador), based on the parameters and means defined in this model.

- Second, based on the analysis and results obtained in the Valencian Community Emergency Coordination Centre and ECU911, it was possible to identify that one of the most important problems into the Emergency Management Systems is in the agencies interaction by which is conformed. To solve this drawback, an organizational model was developed, complementary to the aforementioned quality model, which provides the general guidelines for the design and implementation of agile and effective organizational structures and architectures. Regarding its validation, three projects in which the Real Time Distributed Systems and Applications Research Group of the UPV participates were taken as study cases; two of these related to interoperability, coordination and collaboration among the agencies involved in emergency management; and the third, related to the adaptation of an early warning system for earthquakes to the organizational structure of the ECU911.

Agradecimientos

Es difícil entender la importancia de los agradecimientos de una tesis doctoral hasta que esta no ha terminado. En ese momento, te das cuenta de cuánto tienes que agradecer y a cuanta gente.

Intentaré resumir en unas pocas líneas la gratitud que siento a todas las personas que han estado presentes durante esta etapa de mi vida, haciendo posible que hoy deje de ser un sueño para pasar a ser una realidad.

Esta tesis doctoral, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de su Autor, Director y Codirector, no hubiese sido posible sin la ayuda desinteresada de todas y cada una de las personas e instituciones que a continuación citaré.

Primero y antes de nada, a Dios, por acompañarme siempre, por darme el entendimiento suficiente y por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que ha colaborado para que esta etapa de mi vida llegue a un feliz término.

A mi tutor Manuel Esteve, por ser la principal directriz de esta investigación y por todos sus aportes, comentarios y sugerencias.

A mi Codirector Israel Pérez, por su ayuda incondicional durante estos cuatro años.

A mi esposa Sylvia y mi hija Emilia, compañeras de vida y complemento. *“Gracias por todo su apoyo, comprensión y sacrificio”*.

A mis padres, Iván y Rocío, coautores de todos mis logros personales y académicos, así como principal apoyo en los momentos más difíciles.

Al Estado Ecuatoriano y en especial a la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología “SENESCYT”, por haber permitido que este proyecto de vida se materialice.

Finalmente, a todos los compañeros del Laboratorio de Sistemas y Aplicaciones de Tiempo Real Distribuido de la UPV: Javi, Fran, Benjamín, Alfonso, Eneko, Carlos y Fede; muchas gracias por haber colaborado, de una u otra manera, en el desarrollo de esta tesis doctoral.

Dedicatoria

A mi hija Emilia, mi mayor alegría y luz con la que despierto cada mañana.

Espero que esta experiencia te sirva como motivación y sea tu primer paso en el interminable camino del conocimiento.

“Para ti hija mía, por siempre y para siempre”.

Índice

1.	Introducción	1
1.1.	Introducción	3
1.2.	Motivación	5
1.3.	Objetivos	7
1.3.1.	Objetivo general	7
1.3.2.	Objetivos específicos	7
1.4.	Estructura de la tesis	8
1.5.	Principales aportaciones.....	9
1.5.1.	Artículos.....	9
1.5.2.	Congresos.....	9
1.5.3.	Capítulos en libros	10
1.5.4.	Participación en proyectos de investigación relacionados con la gestión de emergencias	11
2.	Estado del arte.....	13
2.1.	Introducción	15
2.2.	Gestión de emergencias	15
2.2.1.	Fases de la gestión de emergencias.....	17
2.3.	Sistemas de gestión de emergencias	19
2.3.1.	Sistemas de mando y control en la gestión de emergencias.....	21
2.4.	ISO-223.....	24
2.5.	FEMA	30
2.5.1.	Sistema de comando de incidentes.....	32
2.6.	Calidad	35
2.6.1.	Gestión de la calidad total.....	39

2.6.1.1.	ISO-9000.....	42
2.6.1.2.	Triángulo de la calidad.....	45
2.6.1.3.	Triángulo de Joiner	47
2.7.	Estructura organizacional.....	49
2.8.	Modelo de Ashby	51
3.	Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias	55
3.1.	Introducción	57
3.2.	Enfoque sistémico y atemporal para la gestión de emergencias	58
3.3.	Parámetros de calidad	62
3.4.	Medios para aseguramiento de la calidad	64
3.5.	Modelo de calidad.....	68
3.5.1.	Validación	69
3.5.1.1.	Centro de Coordinación de Emergencias de la Generalitat Valenciana.....	70
3.5.1.2.	Sistema de gestión de emergencias Ecuador ECU911.....	81
3.5.2.	Análisis de resultados	93
4.	Modelo organizacional.....	99
4.1.	Introducción	101
4.1.1.	Modelo organizacional.....	102
4.1.2.	Casos de estudio.....	110
4.1.2.1.	DESTRIERO y SECTOR	111
4.1.2.2.	Sistema de alerta temprana para terremotos.....	117
5.	Conclusiones y trabajo futuro	123
5.1.	Conclusiones finales	125
5.2.	Trabajo futuro	127
	Referencias.....	129

Índice de figuras

Figura 1. Desastres naturales alrededor del mundo en los últimos 30 años.....	6
Figura 2. Pérdidas humanas y materiales ocasionadas por desastres naturales entre los años 2005 y 2014.....	6
Figura 3. Evolución de la gestión de emergencias a lo largo del tiempo	16
Figura 4. Fases de la gestión de emergencias	18
Figura 5. Procesos críticos en los sistemas de mando y control	21
Figura 6. Ciclo OODA.....	23
Figura 7. ISO-22399 Ciclo de la gestión de emergencias y continuidad de las operaciones	26
Figura 8. ISO-22320 Procesos de mando y control de jerarquía múltiple con una relevancia mejorada de coordinación.....	27
Figura 9. ISO-22301 Mejoramiento Continuo para la Continuidad de las Operaciones	28
Figura 10. ISO-22301 Continuidad de las operaciones	28
Figura 11. ISO-31000 Esquema general para la gestión de riesgo	29
Figura 12. Propuesta de la ISO para la gestión de emergencias	29
Figura 13. Diagrama general del Sistema Integrado de Gestión de Incidentes (FEMA).....	31
Figura 14. Ciclo operativo para la gestión de emergencias según la FEMA	32
Figura 15. Sistema de Comando de Incidente (FEMA).....	33
Figura 16. Evolución histórica del concepto de calidad	38
Figura 17. Ciclo PHVA y mejora continua.....	41
Figura 18. ISO-9001 Modelo de un sistema de gestión de calidad basada en procesos	43
Figura 19. ISO-9004 Principios para la gestión de calidad.....	44
Figura 20. Triángulo de la Calidad	46

Figura 21. Triángulo ágil	46
Figura 22. Triángulo de Joiner.....	48
Figura 23. Pirámide organizacional para entornos beligerantes	50
Figura 24. Modelo de Ashby para sistemas vivos con objetivos	54
Figura 25. Árbol de procesos críticos de un sistema de gestión de emergencias....	60
Figura 26. Fases de la gestión de emergencias	61
Figura 27. Triángulo de la calidad para la gestión de emergencias	63
Figura 28. Triángulo de Joiner para los sistemas de gestión de emergencias.....	67
Figura 29. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias	68
Figura 30. Estructura para la gestión de emergencias en la Comunitat Valenciana	70
Figura 31. Organigrama Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunidad Valenciana	72
Figura 32. Diagrama general del Sistema integral de gestión de emergencias en la Comunitat Valenciana.....	74
Figura 33. Mapa de los recursos disponibles en la Comunitat Valenciana para la gestión de emergencias	76
Figura 34. Simulacro Centro de Coordinación de Emergencias – noviembre 2016	77
Figura 35. Simulacro Centro de Coordinación de Emergencias – noviembre 2016	78
Figura 36. Concepción de la seguridad integral (ECU911)	82
Figura 37. Estructura del Sistema de Seguridad Pública en el Ecuador	84
Figura 38. Mapa del Ecuador por provincias	85
Figura 39. Mapa de reordenamiento territorial en el Ecuador	85
Figura 40. Mapa de relacionamiento territorial en el Ecuador	86
Figura 41. Centros de operaciones de emergencia ECU911 a nivel nacional.....	87
Figura 42. Esquema general de operación del ECU911	89
Figura 43. Modelo organizacional general.	105
Figura 44. Modelo organizacional multigrupo	107
Figura 45. Modelo organizacional multiagencia.....	109

Figura 46. Esquema JC3IEDM.....	111
Figura 47. Arquitectura DESTRIERO	112
Figura 48. Arquitectura SECTOR.....	115
Figura 49. Arquitectura de la plataforma de interoperabilidad basada en redes P2P y NoSQL DB	116
Figura 50. Arquitectura interna del Espacio de Información Compartida	117
Figura 51. Arquitectura del sistema de alerta temprana para terremotos basada en smartphones	119
Figura 52. Sistema de alerta temprano para terremotos adaptado a la estructura organizacional del ECU911	120

Índice de tablas

Tabla 1. Principios del Sistema de Comando de Incidentes (FEMA).....	34
Tabla 2. Comparativo ISO - EFQM.....	45
Tabla 3. Modelo organizacional aplicado al ámbito militar	51
Tabla 4. Niveles de control Modelo de Ashby.....	54
Tabla 5. Agencias integradas al CCE	75
Tabla 6. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del CCE sobre el SGE.....	78
Tabla 7. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del CCE respecto al modelo de calidad	80
Tabla 8. Resultados de la encuesta realizada a la población civil respecto al SGE80	
Tabla 9. Matriz de evaluación para el CCE	81
Tabla 10. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del ECU911 sobre el SGE	90
Tabla 11. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del ECU911 respecto al modelo de calidad	91
Tabla 12. Resultados de la encuesta realizada a la población civil respecto al SGE92	
Tabla 13. Matriz de evaluación para el ECU911	92
Tabla 14. Resumen de los resultados más importantes.....	97

Acrónimos

ACNUR	Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados
BSI	<i>British Standards Institution of United Kingdom</i>
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCE	Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunidad Valenciana
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COE	Comité de Operaciones de Emergencia
COSEPE	Consejo de Seguridad Pública y del Estado
C2	<i>Command and Control</i>
C2ICS	<i>Command and Control, Information and Communications System</i>
C2IC2S	<i>Command and Control, Information, Communication and Coordination System</i>
C2IC3S	<i>Command and Control, Information, Communication, Coordination and Collaboration System</i>
C2I2C3S	<i>Command and Control, Information, Interoperability, Communication, Coordination and Collaboration System</i>
C2IS	<i>Command and control Information System</i>
C2S	<i>Command and Control System</i>
CCRP	<i>Command and Control Research Program</i>
DDS	<i>Data Distribution Service</i>
DESTRIERO	<i>Decision Support Tool for Reconstruction and Recovery and for the Interoperability of International Relief Units in case Of Complex Crises Situations</i>

DHS	<i>Department of Homeland Security</i>
DoD	<i>United States Department of Defense</i>
ECU911	Servicio Integrado de Seguridad ECU911
EIC	Espacio de Información Compartida
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
EFQM	<i>European Foundation for Quality Management</i>
EPN	Escuela Politécnica Nacional del Ecuador
FEMA	<i>Federal Emergency Management Agency</i>
FP7	Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para Investigación y Desarrollo Tecnológico
GAR	<i>Global Assessment Report</i>
GE	Gestión de emergencias
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
IAEM	<i>International Association of Emergency Managers</i>
ICS	<i>Incident Command System</i>
IEMS	<i>Integrated Emergency Management System</i>
IGEPN	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
IMS	<i>Incident Management System</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISO-223	Comité técnico para la seguridad pública de la Organización Internacional de Normalización
MICS	Ministerio Coordinador de la Seguridad
NPS	<i>National Preparedness System</i>
NIEM	National Information Exchange Model
NIMS	<i>National Incident Management System</i>
NoSQL DB	<i>No only SQL Database</i>
POT	Plan de Ordenamiento Territorial

SECTOR	<i>Secure European Common Information Space for the Interoperability of First Responders and Police</i>
SAT	Sistema de Alerta Temprana
SATRD	Laboratorio de Sistemas y Aplicaciones de Tiempo Real Distribuido de la Universitat Politècnica de València
SATT	Sistema de Alerta Temprana para Terremotos
SGE	Sistema de Gestión de Emergencias
SI	Sistema de Información y Comunicaciones
SIG	Sistema de Información Geográfica
SNGR	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
STPE	Secretaría Técnica Plan Ecuador
SENESCYT	Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología del Ecuador
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SP	<i>Smartphone</i>
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UNISDR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
UPV	Universitat Politècnica de València

1. Introducción

La humanidad ha pasado por muchas y diversas destrucciones.

Lo conocemos porque poseemos los registros de aquellos que presenciaron los hechos y sobrevivieron. Ahora las historias como fueron contadas tienen la forma de una leyenda, pero su verdad radica en el movimiento de los cuerpos que retornan a los cielos a grandes intervalos.

Platón

1.1.Introducción

Desde su aparición, la humanidad ha tenido que coexistir con diferentes tipos de incidentes dañinos, los cuales han ido dejando a su paso importantes secuelas en los núcleos sociales y zonas geográficas donde se han presentado. Las situaciones derivadas de estos incidentes, en las que se encuentra en peligro el medio ambiente, la propiedad y/o la vida de las personas, se conocen como emergencias. Por esencia tienen un carácter crítico, dinámico e impredecible, y para enfrentarlas es necesaria la participación de múltiples agencias relacionadas con la protección y la seguridad pública (bomberos, cuerpos de policía, Guardia Civil, Cruz Roja, etc.) que doten a la sociedad de los recursos y capacidades para gestionar cualquier tipo de incidente que se pueda presentar.

La gestión de emergencias (GE) hace referencia a todos aquellos aspectos relacionados con la forma de enfrentar estas situaciones. Define un ciclo operativo que contempla actividades antes, durante y después del acaecimiento de un desastre, con el objetivo de promover una gestión integral y comprehensiva que permita prevenir y mitigar sus efectos destructivos y satisfacer las requerimientos críticos de todos los involucrados (gobierno, afectados, personal de respuesta, etc.) [1] [2] [3].

Los sistemas de gestión de emergencias (SGE) son la herramienta por medio de la cual se materializa la GE. Proveen la información, los procesos y la estructura organizacional necesaria para dirigir, organizar y coordinar los recursos y las acciones de las diferentes agencias involucradas; están gobernados por un sistema de mando y control (C2S, *Command and Control System*) y basan su operación sobre una conciencia situacional precisa y oportuna que posibilite la toma de decisiones acordes con la realidad y la ejecución efectiva de las mismas [4] [5].

En los últimos años se han podido evidenciar avances significativos en la GE, pasando de una acción pública desorganizada, sin instituciones especializadas y caracterizada por las capacidades de reacción estatal a una gestión planificada, atemporal, caracterizada por su pluralidad y capacidades de prevención y adaptación [6]. Estos avances han sido fruto principalmente de un aumento en la conciencia colectiva respecto a esta temática y a las ingentes inversiones realizadas por los gobiernos en sus SGE. Sin embargo, y pese a los recursos y esfuerzos invertidos, los desastres siguen provocando pérdidas y daños inaceptables en las zonas geográficas en las cuales se presentan [7].

Existen múltiples estudios y diversos tipos de enfoques que tratan sobre la mejor manera de hacer frente a un desastre y la calidad en los SGE, y a pesar de existir una aceptación general en cuanto a la necesidad de mejorar su respuesta y prestaciones, se pueden evidenciar vacíos importantes respecto a una metodología que permita identificar los problemas existentes y trace la ruta para solventarlos. La presente tesis doctoral, describe la investigación y trabajos realizados para encontrar una alternativa a esos problemas; plantea un enfoque sistémico que parte de entender a los SGE como el engranaje principal para una GE ágil y efectiva, que inicia por definirlos como sistemas vivos (caracterizados por su interacción con el entorno), complejos (formados por múltiples agencias y subsistemas heterogéneos que requieren interactuar entre sí) y de tiempo real (dada la criticidad de sus requerimientos temporales), en los que la calidad de su respuesta depende de la calidad de todos y cada uno de los subsistemas que lo conforman, pero también de las interacciones y sinergia entre ellos.

La investigación se dividió en dos fases o etapas:

- Primera, toma las directrices y estrategias propuestas desde la Gestión de Calidad Total (TQM, *Total Quality Management*) [8] [9] [10], para identificar los factores que influyen sobre la calidad de la respuesta en un SGE y desarrollar un modelo conceptual que permita analizar y determinar los problemas existentes en sus estructuras organizacionales y de procesos. La validación del modelo se realizó por medio del análisis de los SGE implementados en el Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunidad Valenciana (CCE) [11] y el Servicio Integrado de Seguridad ECU911 de Ecuador (ECU911) [12], los cuales son referencia a nivel nacional e internacional por sus resultados y aceptación ciudadana.
- Segunda, partiendo del modelo mencionado anteriormente y de los resultados obtenidos en el CCE y ECU911, se pudo identificar que esa diversidad y heterogeneidad inherente en los SGE, indispensables para obtener el conjunto de capacidades y recursos para gestionar cualquier tipo de incidente que se pueda presentar, también es el principal obstáculo para que las agencias involucradas trabajen de forma conjunta, orientando sus esfuerzos en una misma dirección. Se desarrolló un modelo organizacional complementario, que traza las directrices generales para el diseño e implementación de arquitecturas y estructuras organizacionales ágiles y eficaces en los SGE. Toma como

referencia para su desarrollo el Modelo de Ashby para sistemas vivos con objetivos [13] y la teoría organizacional para entornos beligerantes propuesta por Clausewitz y Jomini [14]. En cuanto a su validación, se tomaron como casos de estudio, tres proyectos en lo que el SATRD participa.

En este primer capítulo, se presenta una breve introducción a la temática y metodología utilizada durante la investigación, detallando la motivación y los objetivos que condujeron su desarrollo, así como su estructura documental y las principales aportaciones que lo respaldan.

1.2. Motivación

De acuerdo al Informe de Evaluación Global 2015 de la Oficina de la Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR, *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*), existe una tendencia creciente respecto a los daños ocasionados por desastres naturales en los últimos treinta años, con casi un millón de víctimas humanas, más de un billón de afectados y unas pérdidas económicas que superan el trillón de dólares (Figuras 1 y 2) [15]. Incendios, sismos, sequías e inundaciones, entre muchos otros incidentes dañinos, azotan el planeta causando daños y pérdidas irreparables, la mayor parte de ellas, relacionadas con riesgos extensivos (riesgos dañinos de poca intensidad pero recurrentes) factibles de gestionar y con países con recursos medios y bajos en los que las vulnerabilidades existentes en su entorno social, económico y/o ambiental limitan sus capacidades de gestión.

La Agencia Federal para la Gestión de Emergencia de los Estados Unidos (FEMA, *Federal Emergency Management Agency*), afirma que los problemas en la calidad de la respuesta ante un incidente dañino, están relacionados en la mayoría de los casos con problemas en la gestión antes que con la falta de recursos o problemas tácticos [4]. Por otra parte, el Organismo de Normalización de Reino Unido (BSI, *British Standards Institution*), en su norma para los sistemas de gestión de emergencias y desastres, cataloga a las emergencias en dos tipos: las que son gestionadas por la organización y las que gestionan a la organización [5].

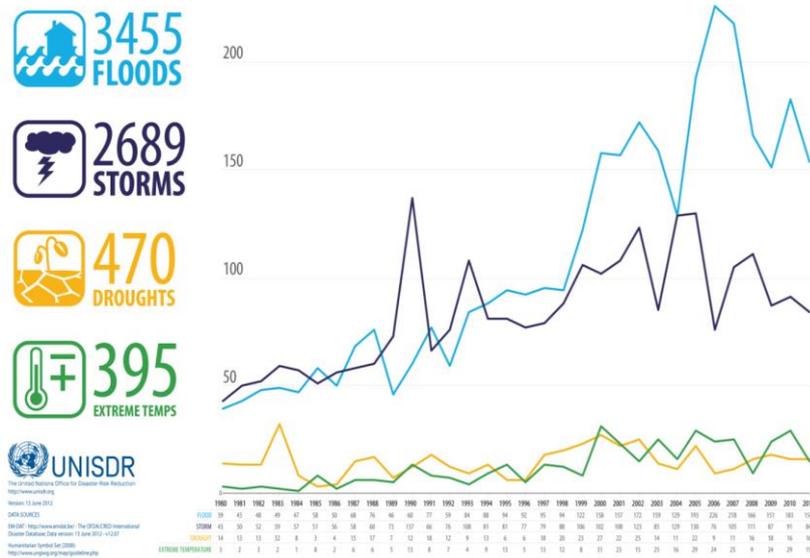


Figura 1. Desastres naturales alrededor del mundo en los últimos 30 años

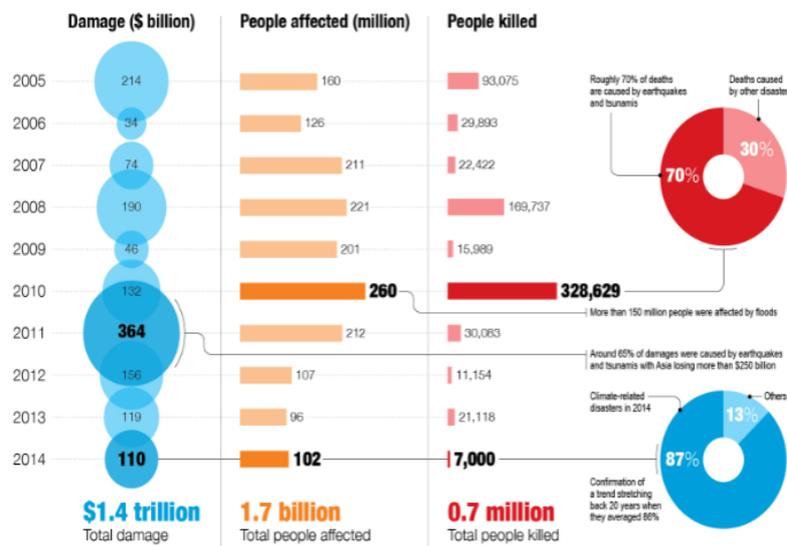


Figura 2. Pérdidas humanas y materiales ocasionadas por desastres naturales entre los años 2005 y 2014

Las pérdidas provocadas por estos incidentes, sumadas a las ocasionadas por desastres de en los que se han podido evidenciar problemas puntuales en su gestión (tsunami en Indonesia 2004, huracán Katrina 2005, escape radiológico en Fukushima 2011, terremoto en Nepal 2015, inundación en Tiflis 2015, incendios en Portugal 2017, ataque terrorista en Londres 2017) [15] [16] , son ejemplo claros y ratifican las deficiencias existentes al momento de gestionar una situación de emergencia.

Debido a lo anteriormente expuesto, la motivación principal de esta investigación es la de minimizar las víctimas humanas y los daños a la propiedad y el medio ambiente ocasionados por una GE deficiente. Propone el desarrollo de una herramienta que permita identificar las áreas deficientes y/o susceptibles de mejora, dentro de los procesos y estructuras organizacionales de los SGE.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo que identifique los factores que determinan la calidad en la respuesta de un SGE y sirva como punto de partida para el análisis y diseño de sus estructuras organizacionales y de procesos.

1.3.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general descrito anteriormente, es necesario desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los parámetros que definen la calidad de la respuesta en los SGE.
- Determinar los medios que permiten alcanzar los estándares de calidad requeridos para la respuesta de un SGE.
- Definir la estructura de procesos que rige el comportamiento de un SGE.
- Desarrollar un modelo de calidad que integre todos los criterios y preceptos propuestos.
- Desarrollar un modelo organizacional que trace las directrices para el diseño y desarrollo de arquitecturas ágiles y efectivas.

- Validar de los modelos propuestos.

1.4. Estructura de la tesis

Esta memoria está dividida en cinco capítulos:

- **Primer capítulo: Introducción**
Descripción general de la temática de la investigación, su motivación y principales objetivos plantados para la misma.
- **Segundo capítulo: Estado del arte**
Detalle de las principales referencias que se han tomado como punto de partida para el desarrollo de la investigación. Se puntualiza sobre la normativa y recomendaciones desarrolladas por la FEMA y la Organización Internacional de Normalización (ISO, *International Organization for Standardization*) en cuanto a la GE y los SGE, así como de la utilización y características principales de los C2S aplicados en el ámbito de la GE.
- **Tercer capítulo: Modelo de calidad**
Explicación y descripción de los pasos que se siguieron para el desarrollo del Modelo de Calidad para los SGE, así como los resultados obtenidos y la forma en que estos fueron validados. Se detalla la forma en que se utilizaron diferentes técnicas basadas en la TQM para la generación del modelo conceptual, y su validación con referencia al CCE y el ECU911.
- **Cuarto capítulo: Modelo organizacional**
Se describe cómo se desarrolló el Modelo Organizacional para los SGE, en base a la Teoría Organizacional propuesta por Clausewitz y Jomini para entornos beligerantes y el Modelo ultraescalable de Ashby para sistemas vivos con objetivos.
- **Quinto capítulo: Conclusiones y trabajo futuro**
Exposición de las conclusiones a las cuales se ha llegado durante el desarrollo de la tesis doctoral, y las posibles líneas futuras de investigación relacionadas con esta temática.

1.5. Principales aportaciones

1.5.1. Artículos

- M. Zambrano, F. Pérez, M. Esteve, C. Palau, “*Interoperability in Emergency Management. A Solution Based on Distributed Databases and P2P Networks*”, *Computer Science and Information Systems*, DOI CSIS170227001Z, 2018 [17].
- M. Zambrano, I. Pérez, F. Carvajal, M. Esteve, C. Palau, “*Command and Control Information Systems Applied to Forest Fire Response*”, *IEEE Latin America Transaction*, vol. 15, No. 9, pp. 1735-1741, September 2017 [18].
- F. Pérez, M. Zambrano, M. Esteve, C. Palau, “*A Solution for Interoperability in Crisis Management*”, *International Journal of Computers Communications & Control*, vol.12, No. 4, pp. 496-507, August 2017 [19].

1.5.2. Congresos

- M. Zambrano, M. Esteve, I. Pérez, F. Carvajal, A. Zambrano, “*Situation Awareness in the Large Forest Fires Response. A solution based on Wireless Mesh Networks*”, *2017 IEEE Latin-American Conference on Communications*, ISBN 978-1-5386-2098-4, 9th, IEEE ComSoc, Guatemala, 8-10 de November 2017 [20].
- M. Zambrano, F. Pérez, M. Esteve, J. Hingant, A. Zambrano, “*Interoperabilidad. La Clave para una Gestión de Emergencias Coordinada y Colaborativa*”, *XXVII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, ISBN 978-9978-383-49-0, vol.27, pp. 232-239, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 22-24 de Noviembre 2017 [21].
- M. Zambrano, I. Pérez, M. Esteve, J. Hingant, A. Zambrano, “*Sistemas de Información para Mando y Control en la Gestión de Grandes Incendios Forestales*”, *XXVII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, ISBN 978-9978-383-49-0, vol.27, pp. 240-246, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 22-24 de Noviembre 2017 [22].

- M. Zambrano, F. Pérez, “Interoperabilidad en la Gestión de Emergencias. Una solución basada en bases de datos distribuidas y redes P2P”, III Jornadas Doctorales Universidad de Murcia, Murcia, Mayo 2017.
- F. Pérez, M. Zambrano, “*Secure European Common Information Space for the Interoperability of First Responders and Police (SECTOR)*”, III Jornadas Doctorales Universidad de Murcia, Murcia, Mayo 2017.
- M. Zambrano, F. Pérez, “Interoperabilidad en la Gestión de Emergencias. Una solución basada en bases de datos distribuidas y redes P2P”, VII Jornadas Doctorales Universidad de Castilla de la Mancha, ISBN 978-84-17238-22-3, pp. 287, Albacete, Noviembre 2017.
- M. Zambrano, M. Esteve, C. Palau, A. Zambrano, “Un Sistema de Alerta Temprana para Terremotos: Una propuesta innovadora y económica basada en Smartphones”, XXVI Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ISBN 978-9942-14-355-6, pp. 322-330, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Julio 2016 [23].

1.5.3. Capítulos en libros

- M. Zambrano, M. Esteve, C. Palau, “*How to Ensure Quality Standards in Emergency Management Systems*”, *Wireless Public Safety Networks 1: Overview and Challenges*, Elsevier, ISBN 978-1-78548-022-5, vol. 1, chap. 10, pp. 297-328, Oxford, 2015 [24].
- M. Zambrano, A. Zambrano, M. Esteve, C. Palau, “*An Innovative and Economic Management of Earthquakes: Early Warnings and Situational Awareness in Real Time*”, *Wireless Public Safety Networks 3: Applications and Uses*, Elsevier, ISBN 978-1-78548-053-9, vol. 1, chap. 2, pp. 19-36, Oxford, 2017 [25].
- A. Zambrano, X. Calderón, S. Jaramillo, M. Zambrano, M. Esteve, C. Palau, “*Community Early Warning Systems*”, *Wireless Public Safety Networks 3: Applications and Uses*, Elsevier, ISBN 978-1-78548-053-9, vol. 1, chap. 3, pp. 39-63, Oxford, 2017 [26].

1.5.4. Participación en proyectos de investigación relacionados con la gestión de emergencias

Todos los proyectos enumerados a continuación, tienen o han contado con la participación del SATRD y han tenido relación directa con el desarrollo de esta tesis doctoral.

- SECTOR (*Secure European Common Information Space for the Interoperability of First Responders and Police*) Y DESTRIERO (*Decision Support Tool for Reconstruction and Recovery and for the Interoperability of International Relief Units in case Of Complex Crises Situations*)

Ambos proyectos son parte del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para Investigación y Desarrollo Tecnológico (FP7) [27], y sus objetivos están relacionados con la interoperabilidad, coordinación y colaboración entre diferentes sistemas de gestión de emergencias y crisis [28] [29].

- Programa de Investigación para el Mejoramiento de la Resiliencia de la Ciudad de Cali a partir de la implementación de soluciones basadas en TIC

Proyecto actualmente desarrollado por la Universidad Autónoma de Occidente (Colombia) con la colaboración del SATRD y la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador). Entre sus objetivos contempla el desarrollo de una plataforma de interoperabilidad que permita el intercambio de información entre las agencias de Ecuador y Colombia responsables de la seguridad y control fronterizo.

- SATT (Sistema de Alerta Temprana para Terremotos)

Sistema de alerta Temprana contra Terremotos adaptado a las condiciones de entorno del Ecuador y a la estructura organizacional del ECU911. La propuesta fue presentada en las XXVI Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la EPN y luego en la conferencia del Habitat 3 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, que se desarrolló en Quito, Ecuador del 17 al 20 de octubre de 2016) [30].

- AF3 (*Advanced Forest Fire Fighting*)

Es también parte del FP7 y tiene como objetivo principal el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar la coordinación y colaboración en las operaciones de respuesta y gestión de incendios forestales [31]. El SATRD estuvo encargado

del desarrollo del sistema de información para mando y control (C2IS, *Command and Control Information System*) y la red táctica.

2. Estado del arte

Parecería que la naturaleza tiene dos caras, como el antiguo dios romano Janos:

La cara sonriente, a la que hay que proteger y la cara amenazante, contra la que hay que protegerse.

Michel Hermelín

2.1.Introducción

Para facilitar el entendimiento de la motivación y los trabajos realizados durante esta tesis doctoral, en este capítulo se describen los principales conceptos, modelos y normativa que ha servido de base para su desarrollo. En primer lugar, se definen los conceptos que enmarcan el enfoque y entorno de la investigación; luego, se describe la normativa y los modelos propuestos por dos de las principales entidades relacionadas con la GE como son la FEMA y el ISO-223; a continuación, se expone el significado de calidad desde el punto de vista de la GE y la TQM como medio para cumplir con los objetivos propuestos; finalmente, se detallan los dos planteamientos que permitieron el desarrollo del modelo organizacional propuesto en esta investigación.

2.2.Gestión de emergencias

La GE tiene sus orígenes en la protección civil pasiva surgida en la Primera Guerra Mundial con el objetivo de ayudar a los heridos y proteger a la población de los continuos ataques derivados del conflicto armado [32]. Con el fin de la guerra, estas tareas fueron trasladando su espectro de acción a otros ámbitos de carácter no bélico como en el caso de los servicios de extinción de incendios, donde se pudieron observar los primeros intentos por apoyar la labor de la policía local con procedimientos de auxilio y autoprotección. En 1949 se firmó el Protocolo I adicional a los Convenios de Ginebra, donde se define por primera vez la protección civil como el cumplimiento de las tareas humanitarias destinadas a proteger a la población de las catástrofes y sus efectos inmediatos [33]. Estos intentos aislados se caracterizaban por su desorganización, improvisación y la adopción de medidas meramente paliativas, los cuales, con el pasar del tiempo y las exigencias y necesidades de las sociedades modernas, fueron evolucionando hacia lo que hoy se conoce como la GE, con un accionar mucho más activo, orientado a la gestión y caracterizado por su proactividad y agilidad (Figura 3) [6] [34].

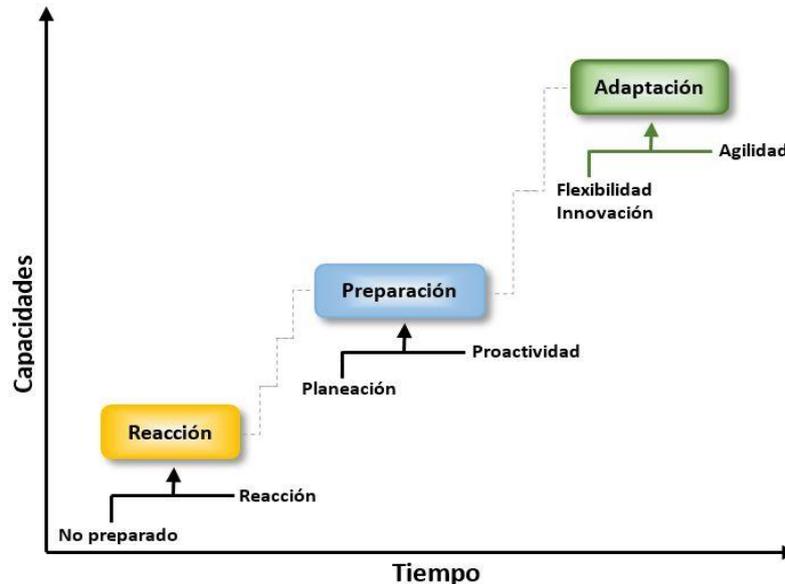


Figura 3. Evolución de la gestión de emergencias a lo largo del tiempo

La palabra gestión proviene del latín “*gestio-onis*” que significa “*acción de llevar a cabo*”; representa un concepto dinámico, que evoluciona con el tiempo y varía según el campo de acción, el entorno y objetivos propuestos. Su significado no está ligado a las actividades de administrar o gerenciar, su principal desafío está en la implementación de procesos flexibles e innovadores que permitan alcanzar los objetivos propuestos. Si trasladamos este concepto al ámbito de las emergencias, podríamos decir que la GE hace referencia a todos aquellos aspectos relacionados con la forma en que las sociedades hacen uso de sus recursos y capacidades para enfrentar aquellas situaciones en las que se encuentra en riesgo la integridad de sus ciudadanos, sus bienes y el medio ambiente. Existen diversas definiciones y enfoques sobre la GE, entre los más relevantes y con mayor aceptación podemos mencionar:

- La ISO, afirma que la GE promueve la participación de toda la comunidad en el desarrollo y aplicación de medidas para la prevención y respuesta eficaz a todo tipo de desastres naturales, incidentes involuntarios o deliberados [35].

- Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (EIRD), la GE consiste en la organización y gestión de recursos y responsabilidades para el manejo de todos los aspectos de las emergencias, en particular de la preparación, respuesta y rehabilitación [36].
- Por su parte, el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) define la GE como la organización de las capacidades y los recursos para hacer frente a las amenazas contra la vida y el bienestar [37].
- Otro punto de vista es el expuesto por el BSI y hace referencia a la gestión de emergencias como la capacidad de una organización para tratar con un evento destructivo [38].
- La Asociación Internacional de Gestores de Emergencias (IAEM), define la GE como la función directiva encargada de crear el marco gracias al cual las comunidades reducen su vulnerabilidad ante los diferentes riesgos y afrontan los desastres [39]. La FEMA también se apega al uso de esta definición.

En cualquiera de los casos, el objetivo principal de la GE es el de minimizar las pérdidas y los daños ocasionados por el acaecimiento de un incidente dañino [40], haciendo referencia no sólo a las actividades relacionadas con la respuesta, sino también aquellas acciones destinadas a la prevención y recuperación. De esta manera, se define un ciclo operativo continuo, con actividades antes, durante y después de la ocurrencia de un desastre, abarcando conceptos como la gestión de incidentes, riesgos, crisis, defensa civil, entre otros.

2.2.1. Fases de la gestión de emergencias

La mayoría de organismos relacionados con la seguridad y protección ciudadana representan la GE por medio de un ciclo operativo de cuatro fases [41] [42]:

- **Mitigación:** hace referencia aquellas actividades que se desarrollan con el objetivo de reducir o eliminar el riesgo, y/o disminuir los efectos nocivos o consecuencias de un desastre. Se diferencia de las otras fases de la GE por tener un enfoque a largo plazo.
- **Preparación:** tiene como objetivo la creación, mantenimiento y mejoramiento de las capacidades para prevenir, proteger, responder, recuperarse y mitigar los

desastres. Aquí se contemplan actividades como la planeación, organización, capacitación, equipamiento, ejercicios, evaluación y mejoramiento de procesos.

- **Respuesta:** acciones necesarias a realizar inmediatamente después a la ocurrencia de un desastre, con el propósito de controlar la situación y prestar la ayuda que permita salvar vidas, proteger la propiedad y el medio ambiente, y satisfacer las necesidades humanas básicas. Una de los principales objetivos de esta fase es la estabilización y control de la situación.
- **Recuperación:** incluye las actividades necesarias para ayudar a un núcleo social afectado, a recuperarse y retornar a su estado normal o mejorado.

La Figura 4 muestra la representación gráfica de este modelo ampliamente aceptado a nivel mundial, el cual puede presentar algunas variaciones o modificaciones en algunos casos, pero conservando siempre su esencia atemporal (continua y permanente) [41].

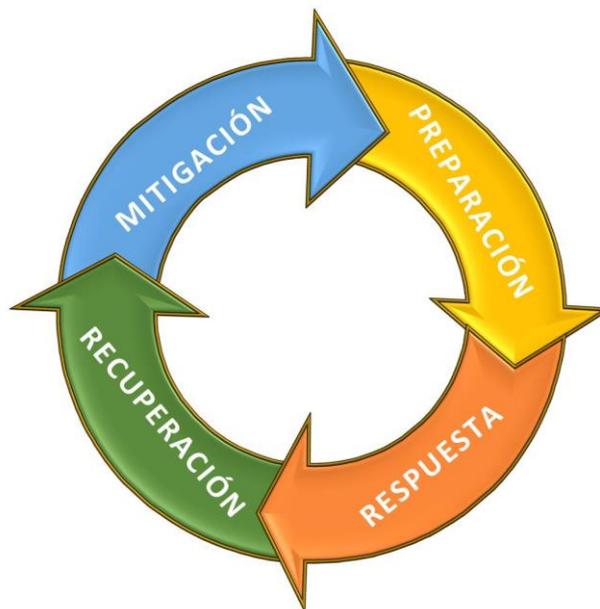


Figura 4. Fases de la gestión de emergencias

La GE presenta un enfoque integral y comprehensivo, en el cual, es indispensable la participación de múltiples agencias relacionadas con la protección ciudadana que permitan obtener el conjunto de capacidades necesarias para gestionar cualquier tipo de incidente que se pueda presentar; pero también es indispensable la participación de toda la sociedad, promoviendo la creación, uso, y mejoramiento de esas capacidades, con el objetivo de alcanzar los niveles de resiliencia y seguridad que se desean y necesitan. Este carácter multiagencial hace necesaria la implementación de un sistema de gestión que provea la estructura organizacional y los procesos para la integración de las agencias participantes, la orientación de sus esfuerzos y una operación coordinada y colaborativa de sus recursos.

2.3.Sistemas de gestión de emergencias

Un SGE es la herramienta por medio de la cual se materializa la GE. Es el responsable de proveer la información, los procesos y la estructura organizacional que permita la organización, dirección y uso efectivo de los recursos disponibles para una GE ágil y efectiva.

Al igual que en el caso de la GE, existen múltiples puntos de vista y definiciones de los SGE, entre los estos podemos destacar los siguientes:

- La FEMA define un Sistema Integrado para la Gestión de Emergencias (IEMS, *Integrated Emergency Management System*) como el marco para una gestión eficaz de emergencias, integra las actividades en todos los niveles de gobierno, incluyendo la colaboración de agencias gubernamentales, sector privado y medios de comunicación, por medio de la coordinación, dirección y control de desastres, independientemente de su tipo, origen, tamaño y complejidad [43]. Uno de los componentes más importantes del IEMS es el Sistema de Comando de Incidentes (ICS, *Incident Command System*) al que define como la metodología que permite la integración de instalaciones, equipo, procedimiento y comunicaciones, dentro de una estructura organizativa común, con el objetivo de entregar una respuesta coordinada [44].
- El Ministerio de Seguridad y Servicios Penitenciarios de Ontario-Canadá, define un Sistema de Gestión de Incidentes (IMS, *Incident Management System*) como el sistema que provee la estandarización de estructuras organizacionales,

funciones, procesos y terminología para su uso en todos los niveles de una emergencia [45].

- El BSI define un Sistema de Gestión de Emergencias y Desastres (DEMS, *Disaster and Emergency Management System*) como la herramienta que permite prevenir o controlar potenciales desastres y emergencias, y permita a los responsables a encontrar una solución aceptable y apropiada [46].
- La ISO establece un sistema de mando y control (C2S) como el sistema que soporta la gestión eficaz de la emergencia de todos los bienes disponibles en la preparación para un incidente, en la respuesta a éste, y en el proceso de continuidad y/o recuperación [47]. Es importante mencionar que los procesos de coordinación y cooperación entre instituciones involucradas se establecen como procesos paralelos complementarios al C2S.

Tomando como base estas definiciones, una aproximación general podría decir que un SGE es un conjunto de recursos y procesos integrados dentro una estructura organizacional común, con el propósito de crear, desarrollar y mantener las capacidades de prevención, mitigación, respuesta y recuperación de toda la comunidad, ante una situación de emergencia de cualquier índole.

Un SGE debe permitir la integración e interacción de las diferentes agencias y de toda la comunidad, permitiendo alcanzar la mejor respuesta posible, de acuerdo a las condiciones de entorno y características del riesgo o desastre. Pero esa diversidad y heterogeneidad intrínseca en los SGE, indispensable para obtener las capacidades requeridas para una GE efectiva, también introducen problemas adicionales como la coordinación, colaboración y/o el establecimiento de una cadena de mando unificada. Las cadenas de mando dependen de los procesos de mando y control (C2, *Command and Control*), los cuales son implementados y ejecutados por medio de un C2S con el propósito de otorgar la estructura organizacional, control e información necesaria para que las decisiones y acciones se realicen de manera ágil y eficaz [48].

Los SGE tienen que dar soporte a esos componentes adicionales, proveyendo los medios para alcanzar los estándares de calidad requeridos para la GE; por tal motivo, es necesario que los SGE sean dimensionados y personalizados de acuerdo a las condiciones y políticas de gobierno particulares de cada país o región.

2.3.1. Sistemas de mando y control en la gestión de emergencias

El concepto de C2 fue creado dentro del ámbito militar con el objetivo de asegurar el éxito de las operaciones tácticas y se define como “*el ejercicio de la autoridad, la conducción y el seguimiento por parte del mando operativo expresamente designado, sobre las fuerzas asignadas para el cumplimiento de la misión*” [49].

Los C2S basan su operación sobre un conocimiento preciso y oportuno de la situación (conciencia situacional) que permita tomar de decisiones adecuadas y la ejecución efectiva de las mismas. Para ello, es necesario un control permanente sobre las acciones ejecutadas y sus efectos sobre el entorno de operaciones, y la distribución oportuna de información que permita a todos los involucrados compartir una misma conciencia situacional y la transmisión efectiva de las decisiones adoptadas [48] [50]. La Figura 5 muestra un esquema general de los procesos críticos en los C2S.

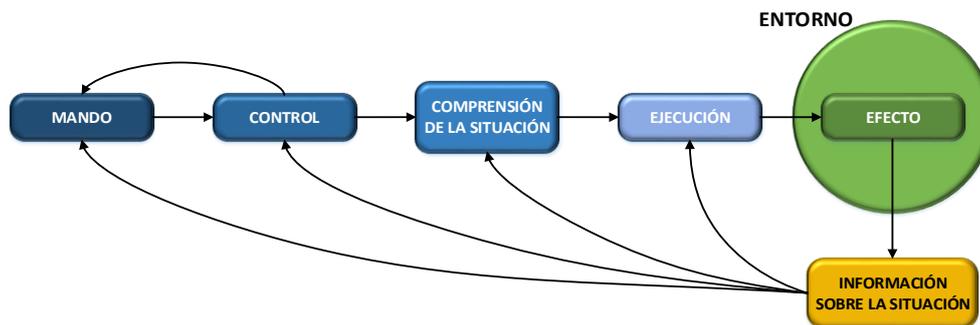


Figura 5. Procesos críticos en los sistemas de mando y control

Los sistemas de información y comunicaciones (SI) son el soporte principal y parte intrínseca de los C2S, por lo que dentro del ámbito militar y de emergencias, generalmente se hace referencia a los C2IS. Los C2IS son los responsables de asegurar la calidad de la información (precisión, inteligibilidad y disponibilidad) [51], así como el flujo de esta dentro de todos los niveles de una organización.

La ejecución de los procesos de C2 se realiza en base al ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir y Actuar), el cual define un método sencillo para identificar los detalles de la situación (conciencia situacional), poder tomar decisiones de acuerdo a la misma y ejecutarlas eficazmente en el espacio temporal [52] [53]. El ciclo OODA se muestra en la Figura 6 y como su nombre lo indica, consta de cuatro etapas:

- **Observar:** Recopilación de la información sobre el entorno de operaciones y el estado de la situación, con el fin de obtener un conocimiento claro de lo que está sucediendo. Cabe recalcar que la calidad de la información es fundamental para que se pueda reflejar con fidelidad el estado de la situación real del entorno de operaciones.
- **Orientar:** Filtración de la información, eliminando toda aquella información redundante, irrelevante, incierta o atrasada, con el propósito de entregar a la Dirección solamente la información requerida para obtener una imagen de la situación lo más parecida al teatro donde se desarrollan las acciones (conciencia situacional). Es evidente la necesidad de conocer lo que ha ocurrido y lo que actualmente está sucediendo, sin embargo, la verdadera importancia está en anticiparse a lo que podría suceder y cómo eso podría afectarnos. El proceso más complicado en esta etapa es la de transformar datos crudos en conocimiento útil.
- **Decidir:** Trazar la línea de acción más conveniente para cumplir con los objetivos de acuerdo a la conciencia situacional obtenida. Las decisiones son la expresión de los deseos en cuanto a lo que debería suceder.
- **Actuar:** Transmisión de órdenes y ejecución física de las decisiones adoptadas. Luego de esta, se tiene que realizar la retroalimentación por medio de la observación, dando inicio al ciclo nuevamente.

El ciclo OODA se repetirá hasta alcanzar el estado deseado de la situación. Es una herramienta para la toma de decisiones rápidas en un ambiente táctico, sin embargo es comúnmente aplicado también a niveles estratégicos [52].

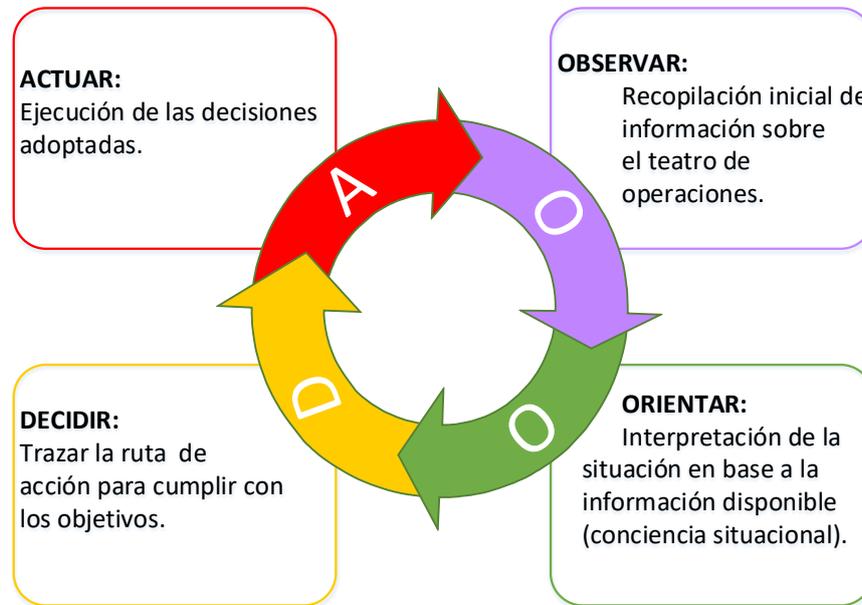


Figura 6. Ciclo OODA

Los entornos militares están caracterizados por situaciones de estrés y riesgo en los que la calidad de la respuesta es de vital importancia. Estas características son similares a las que podemos encontrar en el entorno de una emergencia, por lo se han trasladado los conceptos de C2 al marco de la GE.

Se puede definir al C2 dentro del ámbito civil como el ejercicio de la autoridad, la dirección y el control por parte de los responsables designados, sobre los medios y recursos disponibles para el cumplimiento de los objetivos.

Un C2S forma parte del corazón de un SGE, proporcionando la estructura organizacional y los procesos necesarios para cumplir con la ejecución efectiva de los procesos de C2, apoyando al responsable designado en la toma de decisiones, transmisión efectiva de órdenes, y la supervisión del cumplimiento de las mismas.

Uno de los principales inconvenientes de la implementación de un C2S orientado aplicaciones civiles como el caso de la GE, es su componente adicional de heterogeneidad y el nivel de entrenamiento menos frecuente de las organizaciones. Los C2S militares son jerárquicos y están fuertemente acoplados, mientras que los

C2S civiles tienen una naturaleza multidisciplinaria, esto hace que sean débilmente acoplados, las estructuras jerárquicas tardan en establecerse y que las comunicaciones sean complejas [54]. También es importante mencionar que los entornos civiles generalmente requieren un menor nivel de privacidad, lo cual facilita la estandarización y distribución de información, que a su vez se ve reflejada en la agilidad del sistema.

Para el caso de la GE, además se requiere que el SI permita la comunicación con su entorno, posibilitando la entrega de información pertinente en los exteriores del sistema, así como el intercambio de información con otros SI de ser necesario. En una emergencia la producción y circulación oportuna y transparente de información contribuye a generar confianza y credibilidad [55].

Tanto en una operación militar como en una emergencia civil, la agilidad del sistema para adaptarse al entorno es un factor fundamental para el éxito de ambas. Los SGE tienen que cumplir con los objetivos y optimizar el tiempo de respuesta, de acuerdo a los parámetros de calidad que hayan sido establecidos para el mismo.

El comité técnico para la seguridad pública de la ISO (ISO-223) y la FEMA son dos de las principales referencias a nivel mundial en cuanto a la GE y los SGE; en ambos casos, se recomienda la implementación de un C2S con el objetivo de asegurar la calidad de la respuesta en un SGE. Estas recomendaciones y normativas han sido tomadas como referencia para el desarrollo de esta investigación y son descritas a continuación.

2.4.ISO-223

La ISO está formada por organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y los Institutos Nacionales de Normalización de 173 países, subdivididos en una serie de comités técnicos encargados de desarrollar la normativa que contribuirá al mejoramiento del comercio, intercambio de información, desarrollo y transferencia de tecnología [56].

El ISO-223 es el comité técnico encargado de desarrollar la normativa referente a la seguridad pública, incrementar las capacidades de gestión ante una crisis y reducir el riesgo de desastres [57]. Presenta un enfoque generalista que trata de cubrir todos los aspectos relacionados con la gestión de cualquier tipo de incidente que pueda

atentar contra cualquier tipo de organización, incluyendo recomendaciones, estrategias y las mejores prácticas tanto proactivas como reactivas.

El hundimiento del submarino ruso Kursk en el fondo del mar de Barents en el año 2000, puede considerarse como el punto de inflexión que marco la creación del ISO-223. Las operaciones de rescate desarrolladas luego del accidente, demostraron la incapacidad de la comunidad internacional para colaborar eficazmente ante una situación de emergencia, lo que derivó en una iniciativa del gobierno ruso para crear un comité técnico que estandarizará los procedimientos internacionales de emergencia. La iniciativa permaneció inactiva durante un tiempo, pero los ataques terroristas del 2001 en Nueva York y el alarmante aumento de los desastres naturales de los últimos años, la ISO realizó una evaluación a gran escala sobre la importancia de la normalización en el campo de la seguridad. Una de las decisiones adoptadas fue poner en funcionamiento el ISO-223 [58].

Entre las contribuciones más importantes del ISO-223 se pueden destacar las siguientes:

- ISO-22399: Preparación ante Incidentes y Gestión de la Continuidad Operacional

Presenta las líneas generales para el diseño de un sistema que permita la preparación antes de la ocurrencia de un incidente y la continuidad operativa durante y posterior al mismo (Figura 7) [59].

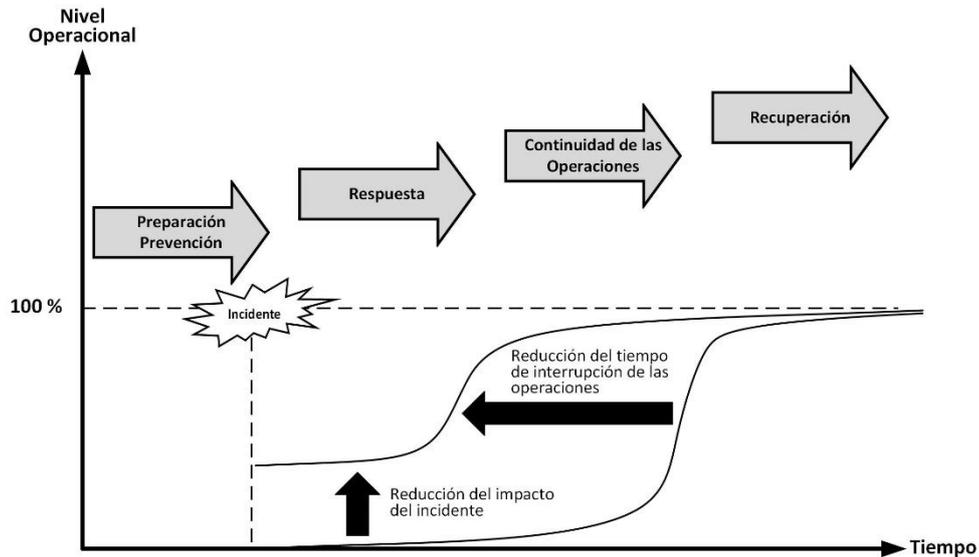


Figura 7. ISO-22399 Ciclo de la gestión de emergencias y continuidad de las operaciones

- ISO-22320: Gestión de emergencias y respuesta ante incidentes

Describe las mejores prácticas para el establecimiento de las estructuras organizacionales, procesos de C2 y de apoyo a las decisiones, estandarización y gestión de la información. Adicionalmente, establece las bases para la coordinación y la cooperación de todas las partes pertinentes, asegurando una actuación alineada de las mismas durante un desastre (Figura 8).

Propone la evolución o ampliación de los C2IS, hacia unos Sistemas de Mando, Control, Información, Coordinación y Cooperación (C2IC2S, *Command and Control, Information, Coordination and Cooperation System*), los cuales den soporte a esos componentes adicionales derivados de esa multiagencialidad y heterogeneidad inherentes en la GE [47].



Figura 8. ISO-22320 Procesos de mando y control de jerarquía múltiple con una relevancia mejorada de coordinación

- ISO-22301: Continuidad de las operaciones
Especifica los requisitos para diseñar, implementar, operar, supervisar y mejorar continuamente un sistema de gestión que permita prevenir, proteger, prepararse, responder y recuperarse de incidentes dañinos (Figuras 9 y 10) [60].

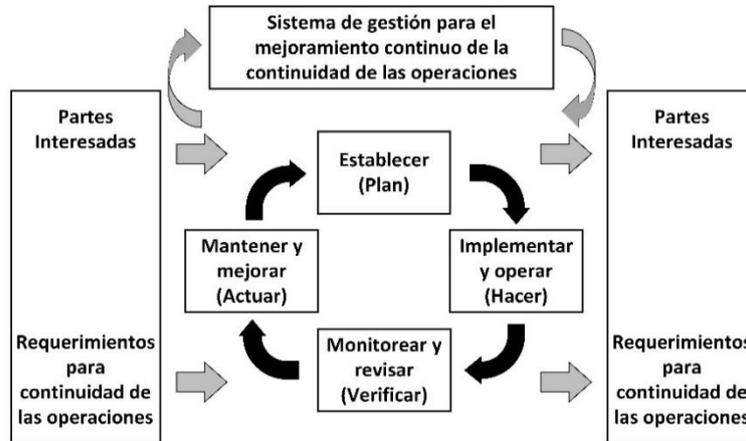


Figura 9. ISO-22301 Mejoramiento Continuo para la Continuidad de las Operaciones

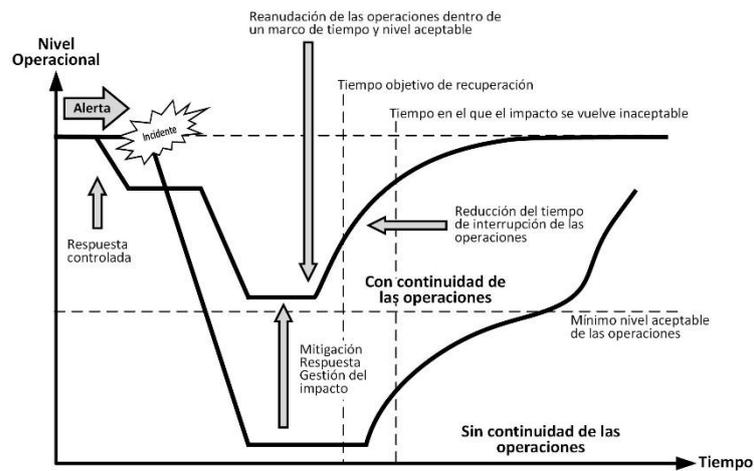


Figura 10. ISO-22301 Continuidad de las operaciones

- ISO-31000: Gestión de riesgo

Aunque esta norma no ha sido desarrollada por el ISO-223, tiene un carácter complementario y a fin a la temática de la GE. Tiene como objetivo ayudar a las organizaciones a gestionar el riesgo con efectividad (Figura 11).

Establece las directrices y la estructura de soporte para integrar el proceso de gestión de riesgos [61].

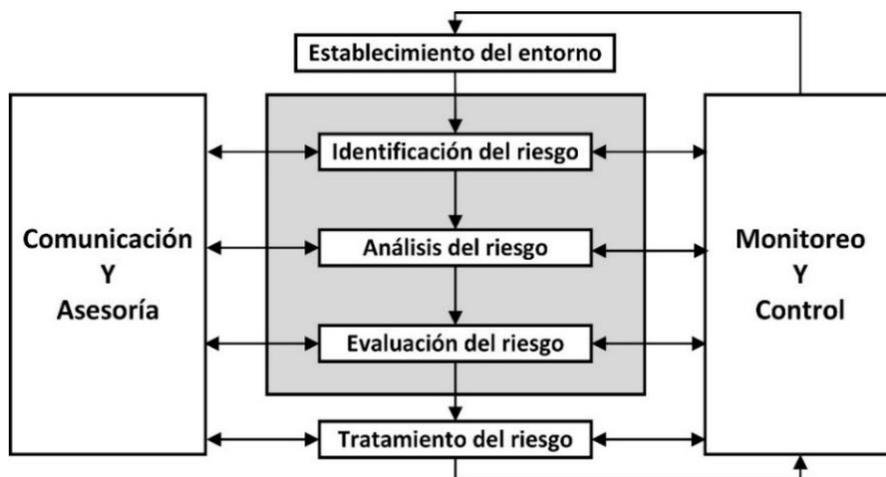


Figura 11. ISO-31000 Esquema general para la gestión de riesgo

En cuanto al ciclo operativo para la GE, la ISO define un ciclo continuo y permanente dividido en tres etapas: antes, durante y posterior al incidente. Para cada una de estas etapas se especifican los procesos críticos y la normativa relacionada.

De manera general, la propuesta de la ISO para la GE se resume en la Figura 12 [62].



Figura 12. Propuesta de la ISO para la gestión de emergencias

Desde la óptica de esta investigación, uno de los problemas más importantes del planteamiento realizado por el ISO-223 está en su naturaleza generalista y comercial. Su carácter generalista permite que su normativa sea aplicable a cualquier organización o escenario, pero sin trazar directrices específicas en cuanto al entorno o campo de acción en el que se encuentra la organización (no es lo mismo hablar de la GE desde un punto de vista estatal o social, que desde el punto de vista de una PYME u organización privada). Por otro lado, la normativa del ISO-223 está claramente dividida con el objetivo de facilitar su comercialización y certificación. Esto hace que muchas organizaciones se enfoquen solamente en una o algunas de las normativas, desestimando el concepto de que una GE de calidad implica un ciclo operativo continuo y permanente.

Cabe recalcar el énfasis que el ISO-223 hace sobre la importancia de la información y los procesos de coordinación y cooperación para una GE efectiva. Dadas las características multiagenciales de los SGE, propone la evolución de los C2S que los gobiernan, en Sistemas de Mando y Control, Información, Coordinación y Cooperación (C2IC2S), promoviendo la interoperabilidad y respuesta conjunta de todas las agencias participantes.

2.5.FEMA

Es la agencia del gobierno de los Estados Unidos que tiene como misión apoyar a los ciudadanos y las agencias de respuesta a desarrollar, mantener y mejorar sus capacidades de preparación, respuesta, recuperación y mitigación ante cualquier amenaza [63].

La FEMA tiene sus orígenes en las décadas de los 60 y 70, las cuales se caracterizaron por la proliferación de desastres naturales, lo que hizo imperativo un mayor grado de injerencia federal en los procesos de mitigación y respuesta. Durante este periodo, gran parte de las agencias federales desarrollaron, de forma independiente, diversos programas para enfrentar estos incidentes; no obstante, estos intentos aislados y poco organizados desembocaron en fuertes críticas al gobierno, debido a su incapacidad de trabajar de manera concertada y obtener resultados aceptables. En 1979, el presidente Carter creó la FEMA con el objetivo de agrupar en una sola organización todos los programas y responsabilidades relacionadas con la preparación, mitigación y respuesta ante situaciones de emergencias [64].

La FEMA hace su propuesta desde el concepto de un Sistema Integrado de Gestión de Emergencias (IEMS, *Integrated Emergency Management System*), el cual se asienta sobre la base de una GE integral, que contempla a todos los involucrados como una sola entidad, que permita conservar y mejorar las capacidad de respuesta ante un desastre [65].

El concepto de IEMS se desarrolló e implementó sobre la base de dos subsistemas principales:

- Sistema Nacional de Preparación (NPS, *National Preparedness System*):
Establece las directrices, programas y procesos que permiten a toda la comunidad cumplir con el plan nacional de seguridad.
- Sistema Nacional de Gestión de Incidentes (NIMS, *National Incident Management System*):

Define las directrices, conceptos, terminología y procesos organizacionales que habilitan la efectiva, eficiente y colaborativa gestión de un incidente.

El NIMS tiene como punto central el mando y la gestión del incidente, apoyado por los procesos de preparación, la gestión de recursos y los SI.

El mando y la gestión se realizan por medio del ICS, el Sistema de Coordinación Multiagencia y un manejo adecuado de la información pública [4].



Figura 13. Diagrama general del Sistema Integrado de Gestión de Incidentes (FEMA)

Al igual que la ISO, la FEMA define un ciclo operativo continuo y permanente, pero hace diferencias importantes en cuanto a los límites de las etapas y los procesos involucrados. Para la FEMA, las etapas no tienen límites totalmente definidos, existiendo algunos procesos solapados y otros permanentes. Los procesos relacionados con la Preparación, Prevención y Mitigación, son procesos permanentes, mientras que la Respuesta y Recuperación son procesos que se traslapan.



Figura 14. Ciclo operativo para la gestión de emergencias según la FEMA

2.5.1. Sistema de comando de incidentes

El ICS fue desarrollado en los años 70 luego de una serie de incendios forestales catastróficos en California EUA. Es una combinación de instalaciones, equipamiento, personal, protocolos, procedimientos y comunicaciones, operando dentro de una estructura organizacional común, con la responsabilidad de administrar los recursos asignados para lograr efectivamente los objetivos pertinentes a un evento, incidente u operativo [66].

El ICS ayuda a garantizar la seguridad de los brigadistas, el logro de los objetivos y un uso eficiente de los recursos. No reemplaza ni modifica las estructuras organizacionales establecidas en las agencias involucradas, y más bien es la herramienta que posibilita la integración, coordinación y colaboración de los recursos y procesos de las diferentes agencias, gestionándolos bajo una misma estructura común.

Entre sus características más importantes se puede mencionar su modularidad, escalabilidad y flexibilidad; el alcance y despliegue del sistema dependerá de la magnitud y complejidad del incidente. El mando y las operaciones son elementos funcionales imprescindibles en la estructura organizacional de un ICS. La planificación, logística y las finanzas son funciones asumidas por el mando inicialmente y solo serán desplegadas en el caso que el sistema sea lo suficientemente extenso como para requerirlo. De ser el caso, el mando también podrá delegar otras funciones como la seguridad, información pública y enlace con el medio externo.

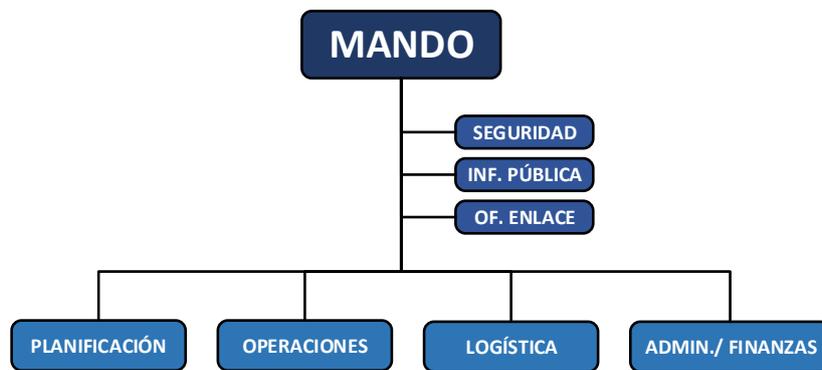


Figura 15. Sistema de Comando de Incidente (FEMA)

El ICS se asienta sobre catorce principios agrupados en cinco macro bloques de acuerdo a las características de los procesos con los cuales se relacionan.

La Tabla 1 muestra un resumen sintetizado de esos principios [67].

Técnicas de Calidad Total aplicadas a los Sistemas de Gestión de Emergencias

Tabla 1. Principios del Sistema de Comando de Incidentes (FEMA)

CARACTERÍSTICAS	PRINCIPIOS
Estandarización	Terminología común
Mando	Establecer y transferir el mando
	Cadena de mando y unidad de mando
	Mando unificado
Planificación y estructura organizacional	Manejo por objetivos
	Plan de acción del incidente
	Organización modular
	Alcance de control
	Instalaciones
	Manejo integral de los recursos
Manejo de comunicaciones e información	Comunicaciones integrales
	Manejo de la información e inteligencia
Profesionalismo	Responsabilidad
	Despacho y despliegue

El ICS es recomendado por la ONU y ha servido como referencia para el desarrollo de los SGE de varios países como en el caso de Reino Unido, Canadá, Brasil, Japón, entre otros.

Hay que tener en consideración, que el modelo desarrollado por la FEMA es un modelo propietario, es decir, está diseñado para asistir la GE y dar solución a los problemas particulares de los EUA, de acuerdo con su realidad y características propias. Esto implica que, aunque su normativa y recomendaciones son muy completas, los países o regiones que decidan implementarlo o tomarlo como base para el desarrollo de sus propios SGE, deberán realizar los cambios necesarios para adaptar el modelo a sus requerimientos y condicionamientos particulares.

Dentro de las características más importantes de este modelo, podemos mencionar:

- Reconoce la necesidad de un sistema integrado que permita la coordinación de las actividades de las agencias involucradas en la GE, y toda la comunidad de manera general.
 - Enfatiza sobre la importancia de las cadenas de demanda bien establecidas y la estandarización del lenguaje como factores clave para evitar problemas y fomentar la comunicación entre las agencias.
 - Posiciona a la agilidad como una capacidad crítica de sistema, con base en una organización jerarquizada, descentralizada, flexible y escalable.
- Aporta varios conceptos importantes como:
 - “*Whole Community*”, hace alusión a la necesidad de la participación de toda la comunidad para alcanzar una GE de calidad.
 - “*Preparedness*”, referido a un estado permanente dentro del ciclo operativo de la GE, que significa “siempre estar preparado”. Muchas veces este concepto es mal interpretado (o traducido) y relacionado con las fases previas al incidente.
 - Utiliza el término “incidente” en lugar de emergencia para su sistema de gestión, con la finalidad de ampliar el alcance a todo tipo de situaciones que puedan implicar algún riesgo para la sociedad o el Estado (Ej. eventos deportivos y de ocio, control fronterizo, ejercicios militares, etc.).

2.6. Calidad

La calidad es un concepto que no tiene una definición exacta y depende de la óptica de los responsables de su valoración, así como también de la orientación y entorno del producto o servicio: desde un enfoque de producto, la calidad es una característica medible que permite su comparación; desde una perspectiva de usuario está relacionada con las capacidades del producto (o servicio) para satisfacer sus necesidades y expectativas; y desde el punto de vista de la producción hace referencia al cumplimiento de las especificaciones y parámetros de diseño [68].

La ISO hace una definición general de la calidad pensada en dar cobertura a todos los campos de acción de su normativa y la define como “*el grado en que un conjunto de características inherentes al producto cumple con los requisitos*” [9].

El DoD (Departamento de Defensa de los EUA) define la calidad como “*efectuar lo correcto la primera vez, siempre buscando el mejoramiento y satisfacción de los usuarios*” [69].

Ishikawa¹, por su parte, hace una definición de la calidad desde la perspectiva de su aseguramiento, destacando la importancia de cumplir con los estándares de calidad requeridos y la necesidad de implementar un sistema de calidad que permita una gestión integral y basada en procesos de todo el ciclo de vida de producto. Define la calidad como “*el equivalente de la satisfacción del cliente*” [70].

La idea de calidad ha ido evolucionado a lo largo del tiempo con el objetivo de adaptarse a los requerimientos de cada época, hasta llegar a lo que hoy se conoce como Gestión de calidad total (Figura 16). En términos generales, esta transformación puede resumirse en cinco etapas básicas [71] [72] [73]:

- Inspección

En esta primera etapa tenemos que remontarnos al año 1450 A.C., a la ciudad egipcia de Tebas, en la cual se encontraron las primeras evidencias de la existencia de un *Inspector*, quien era el responsable de verificar que los bloques de piedra que se elaboraran con las dimensiones adecuadas. Pero la optimización de los procesos productivos no se da sino hasta el siglo XIX, en los años de la Revolución Industrial, cuando el trabajo manual es reemplazado por el trabajo mecánico. En esta etapa, las cadenas de producción adquieren mayor complejidad y tácitamente surge la necesidad de un inspector que sea el responsable y supervise la correcta ejecución de las tareas de los operarios.

- Control estadístico

La segunda etapa se sitúa entre 1920 y 1950. Tanto los procesos de producción como los productos van aumentando su complejidad, ocasionando que la inspección se torne ineficiente y creando la necesidad de desarrollar nuevos métodos que permitan superar sus limitaciones. Las compañías se interesan por un control más profundo, aplicando técnicas de control estadístico que permitan identificar y eliminar las causas que generan los defectos; no se trata de eliminar

¹ Ishikawa Kaoru. Técnico japonés experto en control de calidad. Se le considera el padre del análisis científico en los procesos industriales, fue miembro de la ISO y uno de los precursores de la gestión de calidad total.

la variabilidad en la producción, sino de diferenciar entre variaciones aceptables y variaciones especiales que indican la presencia de algún fallo.

Como ejemplo de esto, en la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), las fuerzas armadas estadounidenses impusieron normas muy estrictas a sus proveedores, con el objetivo de garantizar su inventario de productos en cortos espacio de tiempo; para ello desarrollaron unas tablas de muestreo militar que impulsaron los conceptos estadísticos en la producción.

- Aseguramiento de la calidad

Se desarrolla entre 1950 y 1980. Durante la postguerra, la industria norteamericana vendía todo lo que era capaz de producir, por lo que se volvió autocomplaciente, reemplazando la calidad por la cantidad. La estadística se convirtió en una herramienta indispensable para poder predecir y comprobar la fiabilidad de los productos. Las compañías descubrieron que el control estadístico no es suficiente; los productos no sólo necesitaban ser buenos inicialmente, sino durante toda su vida útil.

Así mismo, en los años 1950, nace en Japón la llamada Revolución de la Calidad. El país necesitaba renacer, encaminando todos sus esfuerzos a vender sus productos en los mercados internacionales. Con esta meta, los ingenieros japoneses inician un estudio exhaustivo de control estadístico de la calidad, cambiando su antigua filosofía, caracterizada por vender productos a bajo precio y carentes de calidad, por una filosofía con un carácter preventivo, en la que la calidad está omnipresente en toda la organización, debiéndose comprobar siempre que todas las actividades se realicen de forma satisfactoria y asegurando que la calidad de producto resultante sea la adecuada.

En estos años surgen los primeros sistemas de calidad, permitiendo llevar el concepto del aseguramiento de la calidad, hacia una perspectiva mucha más amplia, que abarca trabajadores, directivos, y por supuesto, los clientes.

- Calidad total

A partir de los años 80 y hasta los inicios del siglo XX, se realiza posiblemente el cambio más significativo que ha tenido este concepto. La calidad se asume como una estrategia y se convierte en un requisito indispensable para crear las ventajas competitivas que permitan a las organizaciones participar en los mercados modernos.

La calidad se enfoca en identificar las necesidades de los clientes, para luego traducirlas en especificaciones que puedan ser controladas y cumplidas, evitando errores y asegurando la conformidad del cliente con el producto.

Esta visión de la calidad implica el compromiso de todos los miembros de la organización, para llevar a cabo un ciclo productivo eficiente, y la mejora permanente en todos los procesos implicados.

- TQM

A partir del año 2000, se introduce un concepto de manejo integral de la calidad, el cual se consigue en la medida en que se cuente con una definición clara de los requerimientos del cliente, un proceso de fabricación/atención que cumpla con las especificaciones y tener siempre presente que la calidad afecta a toda la organización, y que por tanto, todos sus miembros son responsables de esta.

La distinción entre producto y servicio desaparece, y es el usuario quien al final de cuentas establece si el producto/servicio es de calidad o no, por ello se procura en todo momento satisfacer sus necesidades y expectativas.

La TQM se caracteriza por su enfoque sistémico, el cual integra el concepto de calidad a todos los procesos de la organización y por la búsqueda incesante de la excelencia como medios para cumplir con la planificación y los objetivos propuestos.



Figura 16. Evolución histórica del concepto de calidad

2.6.1. Gestión de la calidad total

La TQM es una filosofía de gestión que tiene sus bases en la satisfacción equilibrada de las necesidades y expectativas de todos los grupos de interés como el mejor camino para alcanzar los objetivos propuestos [8].

Al entenderse como una filosofía, debe ser aceptada por todos los miembros y aplicada en todos los procesos de la organización; de ahí se deriva la palabra “total” en su nombre.

Se asienta sobre ocho principios fundamentales [9] [10]:

- **Enfoque en el cliente**
Comprender las necesidades y expectativas de los clientes, tanto actuales como futuras, satisfacer sus requisitos y mejorar su percepción. Las necesidades de los clientes no son estáticas y van cambiando a lo largo del tiempo, además de ser cada vez más exigentes y estar mejor informados. Por ello, la organización no sólo ha de esforzarse por conocer las necesidades y expectativas de sus clientes, sino que ha de ofrecerles soluciones a través de sus productos y servicios, gestionarlas e intentar superar sus expectativas día a día.
- **Liderazgo**
La alta dirección es la responsable de establecer el propósito y orientación de la organización; debe crear el ambiente interno y la sinergia que permita a todo el personal conocer e involucrarse con la consecución de los objetivos de la organización.
- **Participación del personal**
El recurso humano es el activo más importante de cualquier organización. El entendimiento y compromiso por parte del personal con los objetivos y valores de la organización, permite que estos direccionen sus esfuerzos y utilicen sus habilidades en post de la consecución de esos objetivos.
- **Enfoque basado en procesos**
Los resultados se alcanzan más eficazmente cuando los recursos y las actividades se gestionan como un proceso. El cambio reside en la concepción de “*organización*”, dejando atrás una organización por departamentos o áreas

funcionales para pasar a una organización por procesos que permita crear valor para los clientes.

- Enfoque de sistema de gestión

Entender a cualquier organización como un sistema, un conjunto de recursos y procesos que interactúan con el fin de alcanzar un objetivo común.

- Mejora continua

Un propósito permanente para la organización. La mejora continua de los procesos se consigue siguiendo el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), buscando siempre la excelencia en todas las actividades de la organización.

- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones

Las decisiones eficaces se basan en el análisis de la información. Se tiene que tener en cuenta que lo que no se puede medir no se puede controlar, y lo que no se puede controlar no se puede gestionar.

- Relaciones mutuamente beneficiosas

Las relaciones de beneficio mutuo permiten estrechar los lazos entre los involucrados y la sinergia para añadir valor.

Uno de los criterios importantes de la TQM es el de entender como clientes a todos los grupos de interés relacionados con el producto o servicio en cuestión, entendiendo que para alcanzar la excelencia es necesario el esfuerzo y colaboración de todos los involucrados, lo que a su vez implica la satisfacción de las necesidades y requerimientos tanto de los clientes internos (personal, accionistas, directivos, etc.) como externos (usuarios, proveedores, agencias de control, etc.).

La base de la TQM está en el control y la búsqueda incesante de la mejora continua de todos los procesos y del sistema en sí mismo. Afirma que el 90% de los defectos o problemas de calidad son principalmente generados por los procesos y no por el personal de trabajo, de esta forma se entiende que una vez mejorando los procesos de acuerdo a las opiniones de los operarios, diseñadores y gerentes, los resultados pueden ser mejores [74]. Para cumplir con esta premisa, toma como base el ciclo

PHVA creado por Deming², el cual establece un ciclo dinámico que se repite continuamente, controlando los resultados de cada uno de los procesos y realizando los ajustes necesarios para la mejora continua de cada uno de ellos [75] [76].

El ciclo se describe por cuatro etapas:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados deseados, de conformidad con los requisitos de todos los involucrados y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar procesos planificados para alcanzar los objetivos.
- Verificar (controlar): realizar seguimiento y medición de los procesos y los resultados en relación con las políticas, los objetivos y los requisitos, informando a los responsables sobre los resultados alcanzados.
- Actuar (ajustar): realizar acciones para promover la mejora de las prestaciones en cada uno de los procesos de manera permanente.

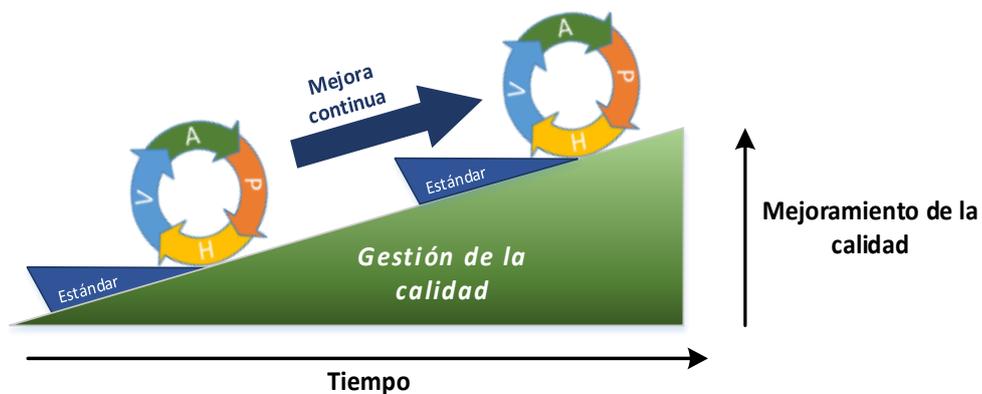


Figura 17. Ciclo PHVA y mejora continua

² **Deming Edward.** Estadístico y matemático estadounidense, uno de los pensadores más prominentes en temas relacionados con la gestión y la calidad.

La TQM nace como respuesta a los requerimientos de las organizaciones para obtener las ventajas competitivas que les permitan, a mediano y largo plazo, garantizar su supervivencia, crecimiento y rentabilidad, en los mercados actuales, dinámicos y altamente volátiles, resultantes de la globalización y el vertiginoso desarrollo tecnológico.

Existen muchos y variados modelos y técnicas de calidad desarrolladas en base a la TQM, sin embargo y de acuerdo a las referencias que se han tomado para el desarrollo de esta tesis doctoral, vamos a describir tres de ellos: la normativa ISO-9000, el triángulo de la calidad y el triángulo de Joiner.

2.6.1.1. ISO-9000

La ISO hace su propuesta sobre la calidad, desde la familia de normas ISO-9000, preparada por el Comité Técnico ISO-176, responsable de la gestión y aseguramiento de la calidad en cualquier organización.

Sin lugar a dudas, la ISO-9000 es una de las referencias más importantes a nivel mundial en cuanto a la temática de la calidad y de la TQM en sí misma. Hacen alusión a los requisitos y/o directrices que cualquier organización debería cumplir para desarrollar e implementar un Sistema de Gestión de la Calidad que le permita alcanzar los estándares de calidad deseados para sus productos o servicios [77]. Propone una serie de normas basadas en la filosofía de la TQM y enfocadas en el cumplimiento de los objetivos planteados, bajo el principio básico de la satisfacción equilibrada de los requerimientos y necesidades de todos los involucrados.

La ISO adopta como uno de los pilares para la calidad el ciclo PHVA, extendiendo los principios sistémicos, de control y mejora continua hacia toda su normativa.

Entre la normativa más relevante de la ISO-9000 podemos destacar:

- ISO-9000: Fundamentos y vocabulario
Describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.
- ISO-9001: Requisitos
Especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar

productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación, y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente. La ISO-9001 establece un modelo para gestión de la calidad basado en procesos en el cual los clientes juegan un papel fundamental [78].

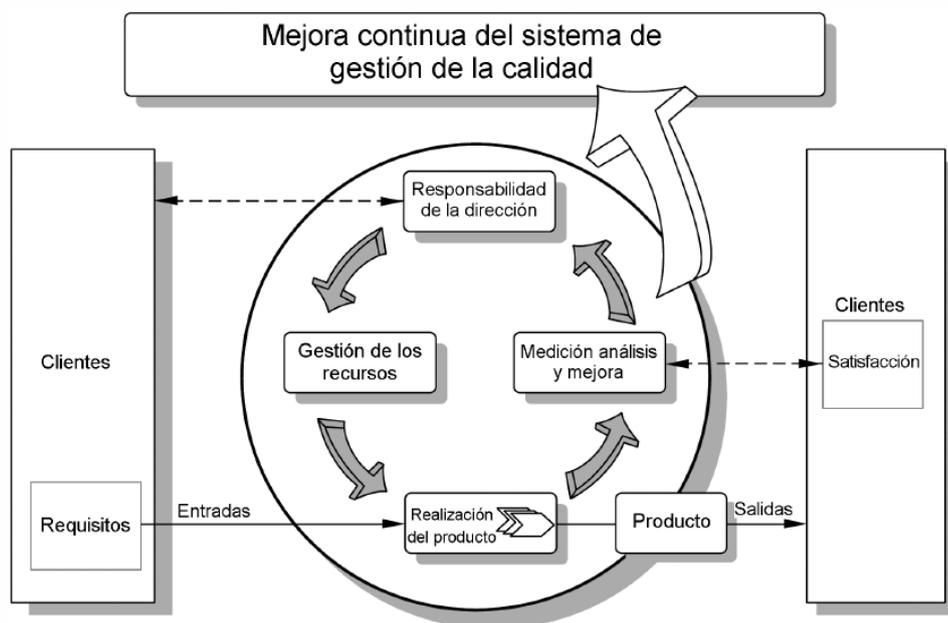


Figura 18. ISO-9001 Modelo de un sistema de gestión de calidad basada en procesos

- ISO-9004: Directrices para la mejora de las prestaciones
Proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es la mejora de las prestaciones de la organización y la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas [79].

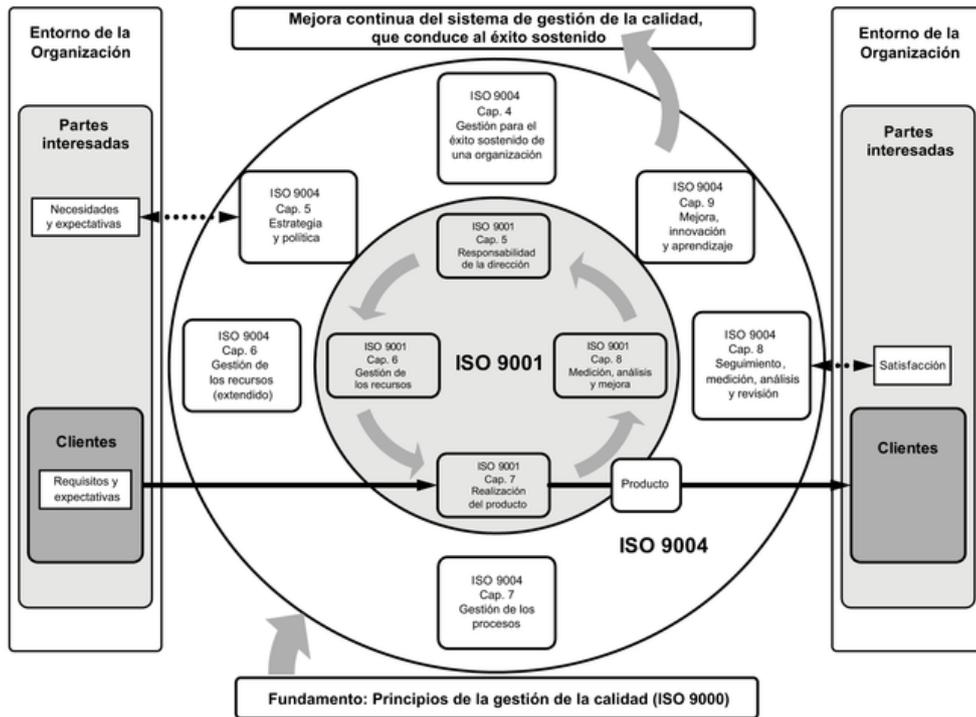


Figura 19. ISO-9004 Principios para la gestión de calidad

El Modelo de la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM, *European Foundation for Quality Management*) [80] también realiza su propuesta sobre la calidad en base a la TQM y tiene gran semejanza con la normativa expuesta en las ISO-9000. En la siguiente tabla se muestran las similitudes y principales diferencias entre ambas propuestas.

Tabla 2. Comparativo ISO - EFQM

ISO-9000	EFQM
Serie de Normas	Modelo
Certificación	Autoevaluación
Principios	
Liderazgo	Liderazgo y consistencia de la dirección
Participación del personal	Participación de todos los actores
Relaciones de mutuo beneficio	
Enfoque en procesos	Visión sistémica de los procesos
Enfoque sistémico	
Toma de decisiones basadas en datos	Gestionar con datos
Mejora continua	Aprendizaje, innovación y mejora continua
Enfoque al cliente	Enfoque a los clientes
Eficacia (no es un principio)	Orientación a resultados
	Comparación con los mejores
	Responsabilidad social de la organización

2.6.1.2. Triángulo de la calidad

Posiblemente sea el más conocido de todos los modelos de calidad desarrollados en base a la TQM. También se conoce como *triángulo de hierro* y básicamente define los parámetros que determinan la calidad para cualquier proyecto; entendiéndose como proyecto, cualquier conjunto de actividades desarrolladas con la finalidad de alcanzar un objetivo en concreto y que cumple con tres requisitos principales: ser únicos, utilizar recursos y tener una duración determinada [81].

El modelo plantea que la calidad de cualquier proyecto está limitada por tres parámetros interdependientes: recursos, alcance y tiempo. Estos parámetros y sus interrelaciones se representan por medio de un triángulo en cuyo interior está representada la calidad [82] [83]. La idea de un triángulo radica en que ninguno de los parámetros puede variar o modificarse sin afectar los otros dos, y la carencia o deficiencia de uno de ellos no puede suplirse por la suficiencia de otro. Dos de estos parámetros se mantienen fijos, mientras que el tercero se establece en función de los dos primeros. Por ejemplo, se pueden fijar los recursos disponibles y el alcance del proyecto, y en base a estos, se establecerá el tiempo requerido para su desarrollo. La calidad estará determinada por el área del círculo inscrito al triángulo (no por el área del mismo), debiéndose encontrar el balance que permita obtener la mejor

calidad posible en los productos, de acuerdo a los recursos disponibles y el alcance y tiempo planificado para la ejecución del proyecto.

En la Figura 19 se puede observar como en los triángulos (a) y (b) (áreas iguales de los círculos inscritos) la calidad es equivalente, pese a que en el segundo triángulo existe un sobredimensionamiento de los recursos y el alcance del proyecto (el tiempo no ha sido dimensionado adecuadamente por lo que la calidad del proyecto no ha mejorado). Así mismo, se puede observar que el triángulo (a) y (c) son semejantes, y aunque la proporcionalidad entre sus parámetros es la misma, la calidad en el tercero es menor.



Figura 20. Triángulo de la Calidad

Al igual que muchos otros modelos, el triángulo de la calidad ha evolucionado para adaptarse a los entornos dinámicos y altamente competitivos actuales; es así, que el triángulo de la calidad se ha transformado en el *triángulo ágil*, el cual propone la fijación de uno sólo de los parámetros, permitiendo que los otros dos varíen de forma dinámica, con el objetivo de otorgarle la agilidad necesaria al sistema para solventar los cambios en el entorno que se puedan suscitar durante la ejecución del proyecto.

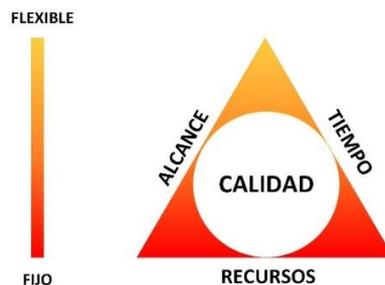


Figura 21. Triángulo ágil

2.6.1.3. Triángulo de Joiner

Joiner³ por su parte, identifica los medios que permiten el aseguramiento de los estándares de calidad para cualquier organización o sistema. Resume su propuesta sobre la TQM en tres macroelementos: cultura de calidad, método científico y trabajo en equipo [84] [85].

- **Cultura de calidad:** Excelencia en todos los aspectos de una organización
La dirección debe estar obsesionada con el aseguramiento de la calidad; debe comprender y transmitir a todos los miembros de la organización, la importancia de adoptarla como parte de la cultura organizacional. La voz del cliente debe escucharse en todo momento, y enfocar los esfuerzos en satisfacer las necesidades y expectativas del mismo.
- **Método científico:** Acciones y decisiones basadas en datos
Tratamiento sistémico y metódico de todos los procesos, permitiendo tomar decisiones ajustadas a la realidad y cuya ejecución tenga los efectos deseados. Todos los procesos deben ser analizados y ejecutados bajo un enfoque científico, que los describa y controle adecuadamente, permitiendo identificar los problemas existentes y mejorarlos continuamente. El enfoque científico debe estar omnipresente en toda la organización.
- **Trabajo en equipo:** Todos como un solo equipo
Generalmente es el elemento más difícil de conseguir. Todos los usuarios de la organización (tanto internos como externos), deben ser tratados como una sola entidad de elementos interrelacionados, los cuales trabajan conjuntamente para la obtención de los resultados deseados. Se debe crear la atmósfera motivadora y la sinergia que permita orientar los esfuerzos de todos los involucrados en la misma dirección. Se debe tener confianza en un personal capacitado para tomar decisiones inteligentes que permitan superar las limitaciones presentes en una gestión basada en la inspección. Esto implica un compromiso de todos los

³ **Brian Joiner.** Profesor en la Universidad de Wisconsin-Madison y consultor en temas de calidad. En 1992 fue ganador del premio otorgado por la Asociación Americana de la Calidad por su liderazgo en el pensamiento estadístico y mejoramiento de la calidad.

usuarios con la organización, pero también un compromiso total de la organización con sus usuarios.

La teoría se sostiene sobre la interdependencia y armonía entre los tres componentes del triángulo. Afirma que una de las principales causas del fracaso de muchas iniciativas gerenciales es el no reconocimiento de estas interdependencias. Como ejemplo se puede mencionar que cuando se puso de moda el concepto de “el cliente siempre tiene la razón” nunca se tuvieron mejoras significativas, dado que las iniciativas nunca estuvieron fundamentadas en datos, menos aún la comprensión de los procesos [86].

Existe un cuarto elemento que apuntala las tres aristas del triángulo; este cuarto elemento son las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), las cuales ofrecen un soporte sólido para la obtención y distribución de una información de calidad, la comunicación entre todos los elementos del sistema y la ejecución efectiva de los procesos que posibiliten el mejoramiento continuo y el aseguramiento de los estándares de calidad requeridos [87].



Figura 22. Triángulo de Joiner

Para la segunda parte de la investigación, y en lo referente al desarrollo de un modelo organizacional que cubra los requerimientos de los SGE en cuanto a organización, agilidad y eficacia, se tomó como punto de partida la teoría organizacional propuesta

por Clausewitz⁴ y Jomini⁵ para entornos complejos como en el caso de la guerra, y el modelo ultraescalable de Ashby para sistemas vivos. Ambos planteamiento son descritos en la siguiente sección.

2.7. Estructura organizacional

La teoría organizacional, de manera general y con el fin de garantizar el logro de los objetivos propuestos, divide a las organizaciones en dos niveles fundamentales: el estratégico y el táctico. La estrategia realiza una visión de toda la organización y es la responsable de definir los objetivos, valores y el rumbo de la misma. La táctica por su parte, está subordinada a la estrategia y se desenvuelve en el plano de una realidad inmediata, en la que se va a enfrentar el entorno para cumplir los objetivos propuestos por la estrategia. En resumen, se podría decir que la táctica constituye la estrategia puesta en acción [88].

Los entornos críticos y complejos como en el caso de la guerra, requieren la intervención de múltiples organizaciones sobre múltiples dominios de operación, por lo que la organización se complica y es necesario dividir la estrategia en tres niveles jerárquicamente dependientes: político, estratégico y operacional (Figura 23) [89] [14].

- Nivel político o de gran estrategia

Es el nivel más alto de la jerarquía, donde se elaboran las políticas y estrategias que determinan los objetivos generales de toda la organización y el relacionamiento con el medio exterior. El nivel político es el responsable de armonizar las estrategias generales de los diferentes dominios involucrados (Ej. económico, político, militar, social, etc.), y de la coordinación y dirección de todos los recursos disponibles (de todas las agencias involucradas), hacia la consecución de los objetivos propuestos. Es importante recalcar que siempre y

⁴ **Carl von Clausewitz.** Uno de los más influyentes historiadores y teóricos de la ciencia militar moderna. Es conocido principalmente por su "Tratado de la Guerra", en el que aborda un análisis sobre los conflictos armados, desde su planteamiento y motivaciones hasta su ejecución.

⁵ **Antoine-Henri, Jomini.** Oficial suizo que sirvió como general en el servicio francés y posteriormente en el servicio ruso. Uno de los escritores más famosos sobre el arte napoleónico de la guerra.

en cualquiera de los casos, los objetivos militares están subordinados a los objetivos políticos.

- Nivel estratégico clásico o de estrategias generales

Es el responsable de gestionar las actividades y hacer cumplir los objetivos propuestos en cada uno de los ámbitos de acción existentes. Controla las tareas que se desarrollan en el nivel inferior u operativo, así como las decisiones que se toman y afectan a cada sector o dominio de operación. Una de estas estrategias generales, es la que se desenvuelve en el ámbito militar y es conocida como estrategia militar.

- Nivel operacional

Según Clausewitz y Jomini, dos de los grandes teóricos de la guerra en el siglo XIX, existe una clara diferencia entre la batalla propiamente dicha y las acciones militares que la preceden y la siguen. De esta distinción, nace el nivel operacional o de estrategia operacional, intermedio entre la estrategia clásica y la táctica y jerárquicamente dependiente de las estrategias de nivel superior [90] [91].

Este nivel es el encargado de diseñar, dirigir y controlar las operaciones sobre el campo de operaciones, articulando las estrategias generales con las acciones tácticas. Aquí se encuentran las estrategias particulares que permiten cumplir con las tareas encomendadas.



Figura 23. Pirámide organizacional para entornos beligerantes

La Tabla 3, muestra un ejemplo de la este modelo organizacional aplicado a un entorno militar, en el cual se detallan las relaciones y subordinaciones entre los niveles organizacionales, sus responsables y objetivos.

Tabla 3. Modelo organizacional aplicado al ámbito militar

Nivel	Responsable	Planificación	Misión	Define
Gran Estrategia	Presidente de la República	Plan de Guerra	Objetivo Político	Objetivo Político
			Objetivo General	Objetivo Estratégico Militar
Estrategia Militar	Ministro de Defensa	Plan Estratégico Militar	Objetivo Estratégico Militar	Objetivos Estratégicos Operacionales
	Jefe del CCFFAA*		Objetivo Militar de la Guerra	
Estrategia Operacional	Comandantes Operacionales	Plan Estratégico Operativo	Objetivos Estratégicos Operacionales	Objetivos Operativos
	Comandantes de Operación	Plan Operaciones	Objetivos Operativos	Objetivos Tácticos
Táctica	Comandante Táctico		Objetivos Tácticos	

* Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

2.8. Modelo de Ashby

Describe un esquema general para sistemas vivos, en el cual, se define la estructura y las relaciones entre las partes que conforman el sistema, con el objetivo de controlar su operación y asegurar la respuesta deseada para el mismo [13].

Los sistemas vivos hacen referencia a un conjunto complejo de elementos que requieren interactuar con el entorno para obtener los flujos que les permitan cumplir con su misión. Entre sus principales características podemos destacar su capacidad de autocontrol y autoorganización, las cuales le permiten adaptarse y evolucionar hacia mejores y más complejas estructuras que le permitan superar los desafíos presentados por el entorno.

El planteamiento hecho por Ashby parte de entender que todo sistema con objetivos necesita ser dirigido y controlado, de manera que cuando esos objetivos no se cumplan, se puedan tomar las medidas correctivas para detectar y corregir las carencias y errores existentes. El primer paso consiste en definir los límites del

sistema, analizando tanto los elementos internos, como también los externos y que no pueden ser controlados. Para facilitar el análisis y control del sistema, el modelo propone su segmentación en tres subsistemas: exterior, físico y control.

- Sistema exterior

Está conformado por los diferentes elementos existentes en el entorno, con los que el sistema interactúa y no pertenecen al mismo (Ej. organismos de administración y control, competencias, clientes, proveedores, etc.).

- Sistema físico

Lo constituyen aquellos elementos que permiten llevar a cabo las acciones y actividades planificadas (Ej. talleres, personal, maquinaria, tecnología, mercados, etc.).

- Sistema de control

Incluye los objetivos y las normas que posibilitan que esos objetivos sean cumplidos.

El sistema de control, a su vez, se subdivide en 4 niveles subordinados entre sí, cada uno con su propia normativa y objetivos. Estos cuatro niveles, por orden jerárquico se denominan: explotación, gestión, evolución y mutación.

- Nivel de explotación

Conoce los objetivos, medios y procedimientos del sistema, y es el responsable de controlar la correcta ejecución de las actividades a corto plazo (Ej. actividades diarias, semanales o quincenales).

El nivel de explotación debe detectar y corregir los retrasos y desviaciones de forma inmediata. Su funcionamiento se considera en tiempo real y es aquí donde predominan las habilidades técnicas para cumplir con las tareas encomendadas.

- Nivel de gestión

Tiene por misión fijar los objetivos y las normas del nivel de explotación. Controla la correcta ejecución de las actividades y determina cuándo y en qué condiciones se deben modificar los objetivos y la normativa vigente.

Si las perturbaciones afectan a explotación y no tiene capacidad para volver a un estado de equilibrio, gestión corrige y modifica los procesos y la planificación para cumplir con los objetivos propuestos.

Su ciclo operativo es más lento que en el nivel de explotación, pudiendo hablar de actuaciones comprendidas entre un mes y un semestre aproximadamente.

Al nivel de gestión se le podrían asimilar funciones como control de las operaciones, presupuestos, stocks, repartos, fijación de tiempos, compras, ventas, nóminas, etc.

○ Nivel de evolución

Este nivel tiene por misión asegurar la correcta operación de los niveles inferiores y representa la función de “dirección” por excelencia. Fija los objetivos y las normas de gestión, modifica las estructuras, decide inversiones, busca nuevos mercados, entre otras. También organiza funciones, medios y procedimientos.

El nivel de evolución tiene necesariamente una cadencia de intervención más espaciada que la de los niveles inferiores, hablando de periodos operativos anuales. La planificación anual de recursos será una de sus principales responsabilidades. Aquí resaltan las habilidades conceptuales para desarrollar nuevas ideas que permitan resolver problemas de forma creativa.

○ Nivel de mutación

Es el nivel superior, no está subordinado a nadie y es el que determina los objetivos generales del sistema. Enlaza el sistema como una única entidad, con el entorno en el cual está sumergido. Es en este nivel dónde se decide la existencia misma del sistema y sus transformaciones fundamentales para protegerlo de los cambios violentos que puedan suscitarse en el entorno y que no pueden ser controlados (Ej. absorción, fusión, cooperación, desarrollo, etc.).

Se encuentra en este nivel la política de alianza con otras firmas, estudio de concentraciones, estrategia multinacional, acciones profesionales, etc.

Tabla 4. Niveles de control del modelo de Ashby

Nivel	Conoce	Determina	Período	Dominio
Mutación	Exterior	Objetivos	Largo	Política
Evolución	Objetivos	Medios	Medio largo	Estrategia
Gestión	Objetivos Medios	Procedimientos	Medio	Táctica
Explotación	Objetivos Medios Procedimientos	Ejecución	Corto inmediato	Ejecución

Una vez determinados los subsistemas y niveles que componen el sistema, se deben definir los objetivos para cada uno de ellos, así como las variables que van a permitirles interactuar.

La Figura 22 muestra el modelo de Ashby, aplicado al caso de una organización genérica de carácter comercial. Aquí se puede observar que los procesos de control son parte del sistema (autoregulado o autocontrolado) y como este control se lleva a cabo por niveles (escalable) [92].

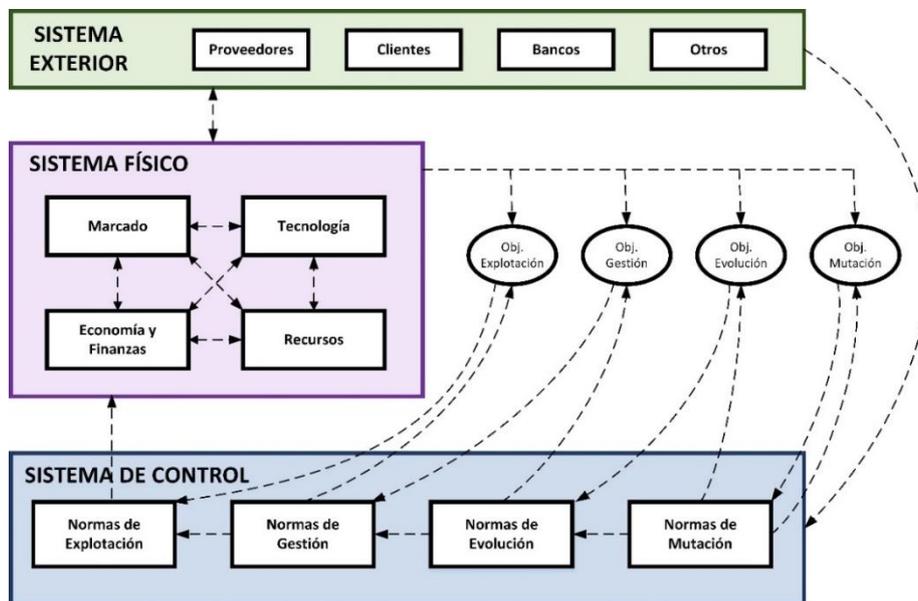


Figura 24. Modelo de Ashby para sistemas vivos con objetivos

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

La calidad es mucho más importante que la cantidad

Steve Job

3.1. Introducción

Para desarrollar un modelo que permita el aseguramiento de la calidad en los SGE, se tiene que empezar por entender qué son los SGE, cuáles son sus principales características y qué representa la calidad para ellos.

Los SGE son sistemas vivos, complejos y de tiempo real, caracterizados por tener un objetivo en concreto: llevar a cabo una GE efectiva.

Los sistemas vivos son aquellos que requieren de la interacción con el entorno que los rodea para obtener las entradas (información, materia o energía) que les permitan cumplir con sus objetivos (sistemas abiertos); generalmente están conformados por otros subsistemas que tienen que interactuar entre sí para obtener una respuesta global que no podría ser alcanzada si los sistemas actuasen de forma independiente (sistemas complejos). Los sistemas vivos tienen un comportamiento eminentemente adaptativo que les permite autoorganizarse y reajustarse constantemente a las condiciones del entorno [93] [94].

Por otra parte, los sistemas de tiempo real deben producir una respuesta correcta dentro de un intervalo de tiempo definido. No basta con que sus acciones sean correctas, sino que, además, tienen que cumplir con las restricciones temporales establecidas para su respuesta; no tiene porqué ser ni lento ni rápido, sino satisfacer explícitamente esas restricciones o atenerse a severas consecuencias en su funcionamiento [95] [96].

Un SGE está integrado por múltiples agencias relacionadas con la protección y seguridad pública, que le permiten obtener el conjunto de capacidades requeridas para gestionar cualquier tipo de incidente dañino que se pueda presentar; su respuesta debe estar acorde con el entorno que lo rodea; y su calidad está directamente relacionada al cumplimiento de los objetivos establecidos para la GE, tanto en lo referente al alcance, como en lo referente a los requerimientos temporales (Ej. tiempo de respuesta, sincronización, oportunidad).

La calidad de cualquier sistema está en función de la calidad de cada una de las partes que lo componen, es decir, de la calidad de los recursos y procesos por los cuales esté conformado. Para el caso particular de los SGE, la calidad estará relacionada con las capacidades de ese conjunto diverso de recursos (y sus interacciones) para llevar a cabo una GE efectiva, y serán estas capacidades las que marquen la

diferencia en cuanto a las pérdidas humanas, materiales y ambientales ante la presencia de un desastre.

En este capítulo se detalla el desarrollo de un modelo para el aseguramiento de los estándares de calidad deseados y requeridos para la respuesta de un SGE. Para ello, se han tomado como referencia diferentes técnicas derivadas de la TQM, las mismas fueron descritas en el capítulo 2.

En el modelo se definen los parámetros y los medios que permiten el aseguramiento de la calidad, el mismo que traza su desarrollo sobre tres ejes principales:

- Enfoque sistémico y atemporal para la GE
- Parámetros de calidad para los SGE.
- Medios que permiten asegurar la calidad en los SGE.

3.2. Enfoque sistémico y atemporal para la gestión de emergencias

La calidad de la GE está directamente relacionada con la calidad de su SGE, y esta a su vez, con la calidad de los recursos y procesos por los cuales este conformado.

Por esencia, la gestión de una emergencia abarca un escenario complejo, dinámico y de riesgo, para el cual, es indispensable la existencia de un sistema que proporcione la organización, control y distribución de funciones que permitan cumplir alcanzar los estándares propuestos.

Al igual que cualquier sistema vivo, un SGE debe interactuar con el entorno que lo rodea para cumplir con sus objetivos; por tanto, es indispensable tomar en consideración las variables externas que influyen sobre el entorno en el cual tendrá que operar el sistema. Un SGE debe estar diseñado y dimensionado de acuerdo a las características particulares de su entorno, y son estas condiciones (políticas, geográficas, sociales, económicas y tecnológicas) las que determinan las amenazas y riesgos necesarios de prevenir y mitigar, así como los factores que influirán en la respuesta y recuperación.

La interacción con otras agencias y ministerios de Estado es fundamental para alcanzar un desarrollo sustentable y sostenible que permita crear resiliencia en la sociedad. Un estudio desarrollado por la CEPAL (Comisión Económica para

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

América Latina y el Caribe) en conjunto con el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), llegó a la conclusión de que la eficacia de un SGE depende más del nivel de desarrollo político del país y de la eficacia general del Gobierno que de la estructura formal del SGE en sí mismo [97].

Dado el carácter multiagencial de la GE, un SGE debe permitir la integración e interacción de las diferentes agencias involucradas, con el fin de obtener una respuesta conjunta que permita enfrentar de la mejor manera posible cualquier tipo de emergencia [98]. La participación de múltiples agencias es indispensable para dotar al sistema de la diversidad y especificidad de recursos y capacidades para llevar a cabo una GE que cumpla con los estándares de calidad requeridos. Pero estas características, por demás necesarias, también introducen problemas adicionales que necesitan ser solventados para que los esfuerzos de todos los involucrados sean orientados en una misma dirección.

Los SGE tienen que dar soporte a esos componentes adicionales, creando la sinergia y estructura organizacional necesaria para cumplir con una GE de calidad; es aquí donde los procesos de comunicación, C2, coordinación y colaboración toman especial relevancia.

La coordinación es la metodología por medio de la cual se organizan y orientan los esfuerzos y las acciones de las diferentes agencias en pos de obtener un objetivo común. Sin coordinación, las agencias tienen dificultades para identificar ese objetivo común y la aceptar la implementación estratégica [48].

La colaboración hace referencia a los convenios, alianzas y la sinergia que permiten a las agencias interactuar y responder de manera conjunta, en base a objetivos y/o valores comunes, e incluyendo procesos como los de cooperación y consultoría. Tanto la colaboración como la coordinación, tienen que ser evaluadas, preparadas, establecidas y probadas de antemano, para promover una efectiva planificación de las operaciones y uso eficiente de los recursos [48].

Los procesos de C2 tienen como propósito entregar la dirección, organización y control necesario para cumplir con los objetivos propuestos para la GE, basando su operación en la estandarización, cadenas de mando bien definidas y el establecimiento de una conciencia situacional compartida por todas las agencias. Para esto, es requisito fundamental el intercambio y distribución de una información de calidad que permita tomar decisiones oportunas y adecuadas, acordes con la realidad. Una información de calidad debe ser inteligible (que se pueda leer y

entender), estar disponible para quien la requiera y en el momento que la requiera, y describir con precisión en medio ambiente de operaciones [48].

La estandarización facilita el intercambio de información y las comunicaciones entre las diferentes agencias que forman parte del sistema, lo cual tiene como consecuencia un menor número de fallas y retardos burocráticos, así como un mayor y mejor control de los procesos.

La descentralización facilita el despliegue de los recursos al lugar donde se los requiera y posibilita que se tomen decisiones tácticas en los bordes de la red, facilitando la escalabilidad del sistema y optimizando sus tiempos de repuesta.

Así también, las nuevas TIC han apoyado el mejoramiento de los SGE, fortaleciendo sus capacidades y desarrollando nuevas herramientas que les permitan enfrentar de mejor manera las emergencias. Tecnologías como el *Cloud Computing*, inteligencia artificial, redes sociales, realidad virtual (y aumentada), Internet de las Cosas, robótica (drones), *Big Data*, entre muchas otras, son ejemplos claros de estas nuevas TIC y de las ventajas y ayudas que las mismas conceden a la sociedad en todos los campos [99] [100].

De esta manera, la estructura organizacional base y el árbol de procesos críticos para un SGE quedará definido por medio de un sistema de mando, control, información, comunicación, coordinación y colaboración (C2IC3S, *Command and Control, Information, Communication, Coordination and Collaboration System*) como se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Árbol de procesos críticos de un sistema de gestión de emergencias

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Además de lo anteriormente mencionado, una GE de calidad debe contemplar un ciclo operativo continuo y permanente que permita solventar el dinamismo e imprevisibilidad de las situaciones de emergencia [6]. Para esto requiere un SGE con una orientación predictiva, reactiva y adaptativa, con un ciclo operativo continuo y permanente que permita cumplir con todas las fases de un GE de calidad. Se ha tomado como referencia la propuesta de la FEMA en cuanto al ciclo de la GE (descrito en el capítulo 2, Figura 14), haciendo dos pequeñas adaptaciones:

- A partir del ataque a las Torres Gemelas (New York, 2001) y el Huracán Katrina (New Orleans, 2005), el Departamento de Seguridad Interna de los EUA (DHS, *Department of Homeland Security*), decidió adicionar como capacidad crítica en su NPS el término “protección”, bajo el argumento de que era imposible prevenir todas las amenazas o riesgos presentes en el entorno. Por tal motivo, se ha agregado la “protección” como capacidad complementaria a la “prevención” en las fases previas al incidente.
- La prevención y protección son fases temporales que se presentan antes de la ocurrencia de un incidente.



Figura 26. Fases de la gestión de emergencias

3.3. Parámetros de calidad

Bajo la perspectiva de la TQM, un SGE debe estar orientado a satisfacer las necesidades y requerimientos de todos los involucrados en una emergencia (Estado, poderes públicos, personal de seguridad y ayuda humanitaria, población civil, etc.) y serán ellos los que determinen la calidad del sistema.

Uno de los problemas más importantes en sistemas complejos como en el caso de los SGE, está en hallar el punto donde se encuentra la mejor alternativa para satisfacer las necesidades y expectativas de todos los involucrados. El sistema debe cumplir con los estándares de calidad planificados, permitir la participación de toda la comunidad, una respuesta adecuada para los afectados, y proveer de los recursos requeridos al personal administrativo y táctico implicado.

Para identificar los parámetros que determinan la calidad en un SGE, se aplican los criterios expuestos en el triángulo de la calidad (triángulo ágil), considerando que para llevar a cabo una GE de calidad, se tiene que contar con los recursos y capacidades que permitan cumplir con el alcance y la respuesta temporal requerida para enfrentar cualquier tipo de emergencia.

Se parte de entender a las emergencias como situaciones imprevistas en las que se encuentra en peligro el medio ambiente, la propiedad y/o la vida de las personas; cada una de ellas, con su propio alcance y características temporales, geográficas y tipológicas. Cada emergencia debe ser gestionada como un proyecto independiente, de acuerdo a sus características particulares y por medio de un SGE que entregue los recursos, procesos y estructura organizacional para cumplir con el alcance y requerimientos temporales demandados para su respuesta.

La calidad quedará limitada por tres parámetros interdependientes:

- Los recursos para gestionar cualquier emergencia que se pueda presentar.
Es importante recalcar que los recursos provienen de las diversas agencias integradas al sistema, y que para hacer un uso eficaz de los mismos, es indispensable contar con los procesos y la estructura organizacional que posibilite la operación coordinada y colaborativa de los mismos.
- La agilidad para adaptarse a las diversas condiciones de entorno que se puedan presentar, y cumplir tanto con el alcance como con la respuesta temporal requerida.

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

- La eficacia para cumplir con los objetivos propuestos para la gestión de cualquier emergencia, tanto en lo referente al alcance como a los requerimientos temporales.

De manera general, el alcance, restricciones temporales y condiciones del entorno variarán para cada emergencia que deba ser gestionada, mientras que la base de recursos, proveniente de las diversas agencias integradas en el sistema, permanecerá constante.

El triángulo de la calidad para los SGE queda sintetizado como se muestra en la Figura 27.

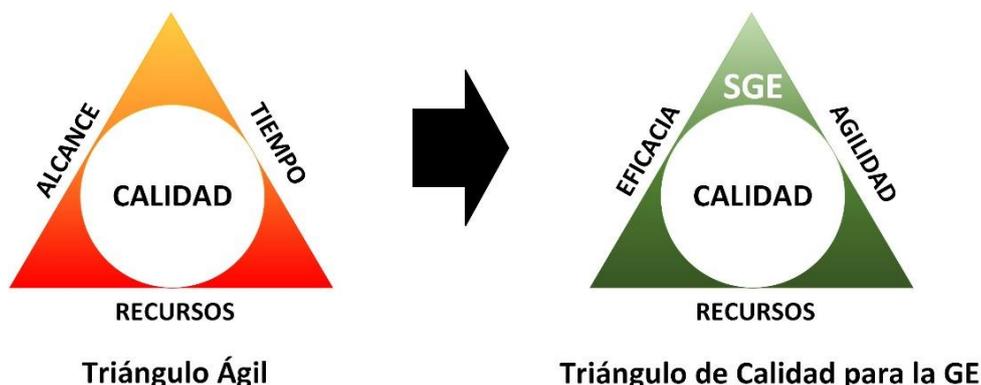


Figura 27. Triángulo de la calidad para la gestión de emergencias

En el caso de los sistemas de tiempo real como los SGE, no se puede hablar de eficacia sin hablar del cumplimiento de los requisitos temporales, por lo que la eficacia tiene relación directa con la agilidad, y ambas a su vez, con la calidad. La calidad quedará determinada por los recursos, eficacia y agilidad del sistema para adaptarse y cumplir con el alcance y tiempo de respuesta requerido para gestionar cualquier tipo de emergencia que se pueda presentar.

La palabra eficacia viene del Latín “*efficere*” que significa “hacer o lograr” [82]. El Diccionario de la Real Academia Española define la eficacia como “la virtud, actividad, fuerza y poder para obrar” [83]. Si aplicamos estas definiciones al ámbito de interés de esta investigación, se podría entender la eficacia como la capacidad de un SGE para cumplir con los parámetros esperados o deseados para la GE. Un

sistema es eficaz si cumple cabalmente con los objetivos por los cuales fue diseñado; para esto, es necesario que esos objetivos estén bien definidos, explicando claramente el alcance y la calidad esperada para su respuesta.

La agilidad se define como “el conjunto de capacidades que le permiten a una organización o sistema, enfrentar de manera efectiva los cambios que se puedan presentar” [101]. Para el caso de los SGE, la agilidad se puede definir como la capacidad del sistema para adaptarse y gestionar los cambios bruscos e inesperados que se suscitan en el entorno ante la presencia de un incidente destructivo de cualquier tipo o magnitud.

Un SGE ágil debe posibilitar la escalabilidad y despliegue de los recursos al lugar donde se requieran, así como la interoperabilidad de todas las agencias involucradas, en cualquier circunstancia, para cualquier tipo de incidente y optimizando el tiempo de respuesta. La agilidad es una característica fundamental para los SGE y está relacionada principalmente con las capacidades de flexibilidad e innovación [102].

La flexibilidad es la capacidad que tiene un sistema para adaptarse a nuevas situaciones, sin que estos cambios supongan fuertes penalizaciones de tiempo, coste, esfuerzo o rendimiento [98]. De lo flexible que sea un SGE dependerá su capacidad para desplegarse y escalar de acuerdo al tipo y tamaño del incidente.

La innovación se identifica con la capacidad creativa de una organización para generar nuevas ideas que le permitan realizar cambios en los procesos o estructuras con el fin de mejorar o adaptar su respuesta a las circunstancias [98].

Tanto la innovación como la flexibilidad tienen relación directa con las capacidades del recurso humano. Los conocimientos, habilidades y destrezas que el recurso humano posea, permitirán en mayor o menor grado, la adaptación de los procesos operativos al dinamismo de los entornos de emergencias [102], así como la posibilidad de tomar decisiones rápidas y acertadas en los bordes de la red.

3.4. Medios para aseguramiento de la calidad

Una vez que se han identificado los parámetros que determinan la calidad en un SGE, se tienen que establecer los medios que van a permitir alcanzar los estándares requeridos para esos parámetros. Con esta finalidad, y siguiendo las directrices propuestas en esta investigación, se utilizan las estrategias expuestas en el triángulo

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

de Joiner (descrito en el capítulo 2), para identificar los medios que posibiliten el aseguramiento de la calidad. Los tres componentes aplicados a los SGE quedan definidos de la siguiente manera:

- **Cultura de calidad**

Los poderes públicos y las autoridades, deben establecer como objetivo prioritario la creación de una conciencia colectiva sobre la importancia de la calidad en la GE. Se debe transmitir la imperiosa necesidad de la participación activa de toda la comunidad para alcanzar los niveles de seguridad que se quieren y se necesitan. El SGE debe estar enfocado en satisfacer las necesidades, tanto actuales como futuras, de toda la ciudadanía (usuarios internos y externos del sistema) y un mejoramiento permanente de la calidad.

Un SGE debe contar con las capacidades para cubrir (o superar) las expectativas de todos sus usuarios, creando una sensación de beneficio personal y confianza en el sistema, que a su vez, derive en un sentimiento de corresponsabilidad y deseo de colaboración.

Así también, los objetivos, tanto globales como particulares, y los valores sobre los cuales se va a gestar la GE (permanente y continua), tienen que estar perfectamente definidos, asignados y controlados.

- **Orquestación**

La orquestación, también conocida como Co-Innovación (Innovación Colaborativa), consiste en una forma de relacionamiento organizacional, basada en la innovación y colaboración como medios para crear estructuras dinámicas y novedosas que permitan satisfacer las exigencias de los usuarios y sus respectivos entornos [103]. Puede definirse como la combinación de recursos y capacidades, de organizaciones diferentes y de diferentes sectores, con el objetivo de innovar de forma colaborativa. Co-innovar no es simplemente trabajar uno para el otro, sino crear una solución estratégicamente alineada con los objetivos de todas partes implicadas. Al hablar de orquestación, ya no cabe hablar de clientes, proveedores, accionistas o competidores, sino de nodos, con un tratamiento igualitario, cada uno de ellos con requerimientos que necesitan ser cubiertos, pero también con obligaciones con las cuales deben cumplir [104].

Pero conseguir que organizaciones diferentes colaboren no es una tarea sencilla y requiere de mucho esfuerzo, recursos (herramientas computacionales,

sistemas de información, plataformas colaborativas, etc.) y sobre todo, de sinergia entre las partes involucradas [105].

La orquestación resume el planteamiento de “todos como un solo equipo” deseado para los SGE. Las agencias deben comunicarse e intercambiar información, para obtener un accionar coordinado y colaborativo, que permitan llevar a cabo una GE ágil y eficaz.

El sistema debe permitir que las agencias formen estructuras organizacionales novedosas, dinámicas y altamente adaptativas, que les permitan operar y cumplir con sus objetivos en cualquier tipo de entorno y ante cualquier tipo de desastre.

Los responsables tienen que tener la habilidad y el liderazgo para crear una atmósfera motivadora y de confianza que fomente el desarrollo personal, la sinergia entre las agencias y el compromiso de los usuarios con el sistema. Los usuarios, tanto internos como externos, deben estar bien capacitados y entrenados para que puedan cumplir con sus responsabilidades.

- **Método científico**

Hace alusión a un enfoque sistémico y metódico de la GE, bajo el cual, la toma de decisiones se realiza en base al análisis de datos y no en pareces u opiniones.

Se utilizan diversas metodologías y herramientas para llevar a cabo una gestión en la que todos los procesos son descritos, controlados, evaluados y mejorados continuamente, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para la respuesta del SGE.

Un adecuado método científico, permite obtener y distribuir la información necesaria para describir con precisión el entorno de la emergencia y llevar a cabo una operación coordinada y colaborativa; esto a su vez, deriva en decisiones y acciones adecuadas, ajustadas a la realidad, que causan el efecto deseado sobre el entorno.

- **Gestión del Conocimiento**

Desde el punto de vista de los SGE, hace alusión al soporte técnico y tecnológico para crear y transferir un conocimiento del entorno y de la situación, que permita tomar decisiones y acciones adecuadas y acordes con la realidad.

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Su objetivo principal está en aumentar la eficiencia de los equipos humanos y sistemas organizacionales, en base al uso de TIC que promuevan la innovación y optimización de los procesos existentes.

La capacitación y entrenamiento del recurso humano, y de toda la comunidad en general, es indispensable para desarrollar y mejorar las capacidades de cada individuo para cumplir con sus funciones y/o responsabilidades.

La gestión del conocimiento no trata de prescindir o disminuir el recurso humano, más bien, trata de aportarles la información, conocimiento y herramientas de inteligencia para que cumplan con sus tareas eficientemente.



Figura 28. Triángulo de Joiner para los sistemas de gestión de emergencias

3.5. Modelo de calidad

Las tres directrices detalladas anteriormente, se sintetizan en un modelo conceptual que resume la propuesta de calidad para los SGE de esta investigación.

El modelo de calidad propuesto se muestra en la Figura 29.

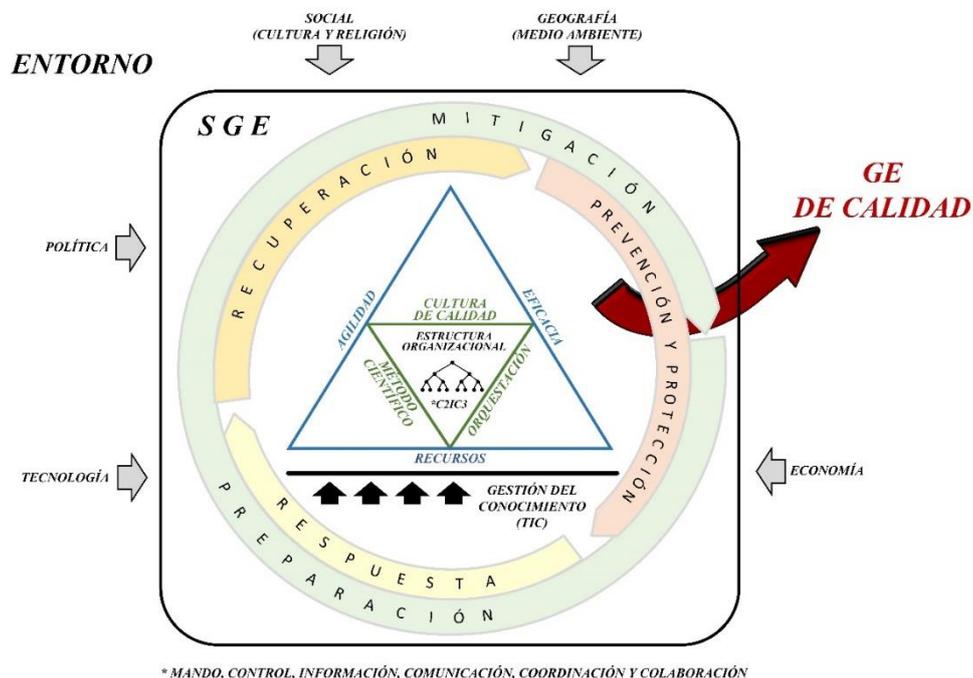


Figura 29. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Dentro de un SGE, el elemento integrador que permite que las diferentes agencias interactúen y que los procesos puedan ser ejecutados y controlados efectivamente, es su estructura organizacional. Una estructura organizacional adecuada, permite el establecimiento de cadenas de mando bien definidas, el escalamiento del sistema y la interoperabilidad entre las agencias, promoviendo una GE ágil y eficaz. El núcleo de la estructura organizacional de un SGE está conformado por los procesos de C2; pero adicional a los procesos de C2 tradicionales, se tienen que considerar los procesos específicos requeridos para la GE. Los C2S fueron creados y diseñados para actuar en entornos militares, mucho más ordenados, organizados y con un alto

grado de entrenamiento y homogeneidad en cuanto a sus recursos y lenguaje. Para implementar un C2S en un entorno civil como en el caso de la GE, estos tienen que ser adaptados a los requerimientos de este tipo de entornos, mucho más heterogéneos (diferentes lenguajes, tecnología, objetivos, recursos, etc.), menos entrenados y considerando procesos como los de la coordinación y colaboración. Desde la propuesta de este trabajo, la estructura organizacional base para los SGE, queda definida por medio de un C2IC3S, la cual abarca los procesos críticos para llevar a cabo una GE ágil y efectiva.

3.5.1. Validación

La validación del modelo de calidad se realizó por medio de su análisis y comparación con relación a los SGE implementados en el CCE (Comunitat Valenciana – España) [8] y el ECU911 (Ecuador) [9], los cuales son tomados como referencia a nivel regional e internacional por sus resultados e índices de aceptación.

Dado que la calidad es una variable subjetiva, que depende del punto de vista y percepción de cada uno de los involucrados, la primera etapa de la validación se realizó en base a una encuesta dirigida a 20 personas (para cada caso), distribuidas en tres grupos de interés: personal estratégico (autoridades y altos mandos), personal táctico (personal de respuesta y ayuda humanitaria vinculado o relacionado con el SGE) y usuarios externos (población civil que, por lo menos una vez, haya interactuado con el SGE).

Así también, la encuesta se subdividió en dos partes: la primera, se evaluó desde un punto de vista técnico y operativo, el SGE y el modelo de calidad. Aquí fueron consultados los usuarios pertenecientes a los grupos estratégico y táctico (10 personas). En la segunda parte, se evaluó la percepción sobre el SGE del usuario externo (10 personas), con preguntas mucho menos técnicas y orientadas a identificar la percepción y satisfacción, de la población civil, con respecto a los servicios prestados y la calidad del SGE.

En cuanto a la segunda etapa de la validación, se realizó una evaluación primaria de cada uno de los SGE, por medio de una matriz desarrollada en base a los parámetros y medios expuestos en el modelo de calidad.

A continuación, se realiza una descripción general del CCE y el ECU911, así como de los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

3.5.1.1. Centro de Coordinación de Emergencias de la Generalitat Valenciana

El CCE es la institución encargada de desarrollar las competencias que en materia de emergencias tiene encomendada la Generalitat Valenciana. Administrativamente se encuentra bajo la supervisión de la Subdirección General de Emergencias y desde su puesta en funcionamiento en junio de 1999, ha sido la entidad responsable de la GE dentro de la Comunidad [106].

El 3 de febrero de 2017, se creó la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a Emergencias, con el objetivo de ampliar y mejorar la gestión de la seguridad dentro de la Comunitat. Su objetivo principal es el de gestionar la seguridad bajo un enfoque integral que abarque tanto la protección ciudadana como la GE, siendo la responsable de ejecutar las políticas de la Generalitat en materia de interior, seguridad pública, protección ciudadana y coordinación de policías locales. Administrativamente se encuentra ubicada sobre la Subdirección General de Emergencias, por lo que, la estructura para la GE en la Comunitat Valenciana queda conformada como se muestra en la Figura 22 [107].



Figura 30. Estructura para la gestión de emergencias en la Comunitat Valenciana

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Dentro del CCE se pueden identificar dos tipos de unidades de gestión: las administrativas y las operativas [108].

Las unidades de carácter administrativo abarcan los departamentos y servicios que se ocupan de las necesidades tanto organizativas como tecnológicas del CCE, entre ellas:

- Planificación, encargada de elaborar los planes para gestionar los riesgos que afectan a la Comunidad y que la legislación establece como competencias de las comunidades autónomas.
- Coordinación de emergencias, su función es la de satisfacer las necesidades organizativas de la Sala de C2, así como organizar una respuesta conjunta de las agencias de Seguridad y Emergencias involucradas. Cabe recalcar que los procesos de C2, de cada agencia integrada al CCE, son independientes y propios para cada una de ellas.
- Extinción de incendios forestales, encargada de planificar, organizar y gestionar la respuesta de los recursos competentes en materia de extinción de incendios forestales, así como coordinar la operación de las diferentes agencias dependientes de la Generalitat en la investigación de causas de los incendios forestales.

Por otra parte, entre las unidades operativas tenemos:

- Sala de atención de llamadas 112, es el centro neurálgico de toda la operación del CCE; desde aquí se atienden las llamadas de emergencias y se dirigen los avisos a los servicios de emergencias que han de actuar bajo la ocurrencia de cualquier incidente. Su objetivo es facilitar a los ciudadanos y organismos usuarios, un servicio integrado de información y comunicaciones que permita, con carácter permanente (24 horas al día los 365 días del año):
- Sala de emergencias, aquí se ubican las centrales de operación y los mandos y controles de Emergencias de la Generalitat, Prevención de Incendios Forestales y la Policía de la Generalitat.

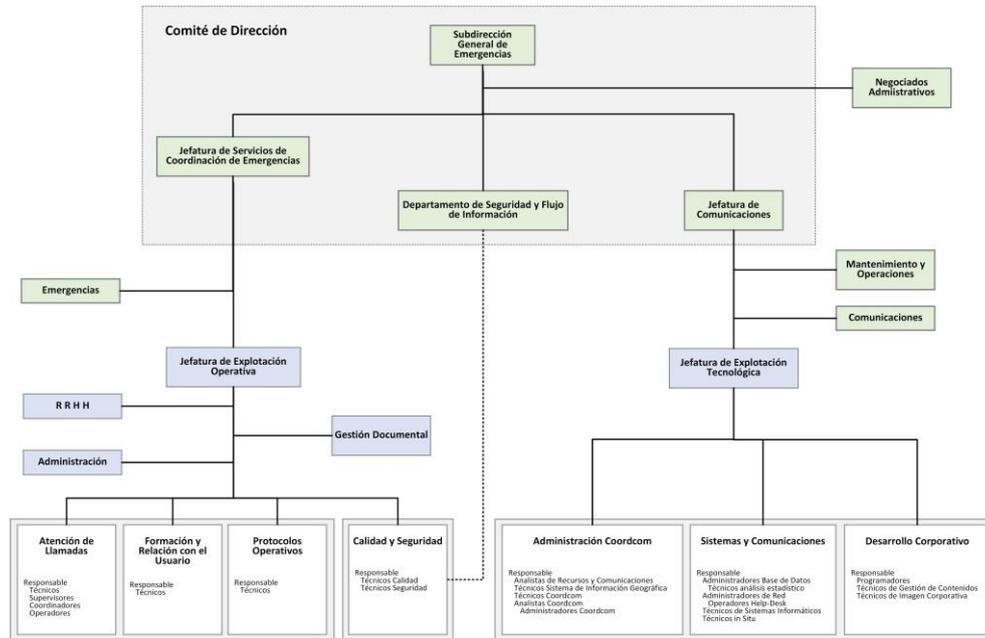


Figura 31. Organigrama Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunidad Valenciana

El CCE cuenta con diferentes tipos de herramientas que ayudan a las unidades administrativas y operativas a cumplir los objetivos propuestos, entre las más importantes podemos destacar:

- Sistema Integrado de Gestión de Emergencias, permite a las agencias involucradas en la gestión de un incidente compartir información, la cual se distribuye en tiempo real desde que en el 112 se atiende la llamada de emergencia, hasta que el caso se cierra, permitiendo durante toda su evolución del incidente, que bomberos, sanitarios, policías, etc., introduzcan cualquier información que pueda ayudar a la resolución más eficaz del incidente.

En cuanto a su implementación, cabe recalcar que requiere de hardware y software específico, el cual debe ser provisto e instalado por el CCE. Esto dificulta considerablemente la integración de muchas de las agencias de municipios y localidades pequeñas, así como el alcance del propio sistema.

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

El Sistema Integrado de Gestión de Emergencias, es el soporte principal para las operaciones del CCE y se asienta sobre la plataforma tecnológica CoordCom G5 [109] [110]. Entre sus bloques y herramientas funcionales tenemos los siguientes:

- Gestión de las comunicaciones
 - Funciones de central telefónica.
 - Herramientas para la gestión de incidentes y C2: aplicación de protocolos operativos, automatización de tareas.
 - Integración de los diferentes subsistemas de datos y comunicaciones.
- Sistemas de respaldo, garantizan la prestación de servicio aun cuando se produzcan anomalías técnicas en los sistemas principales.
- Sistema de Información Geográfica (SIG): proporciona la cartografía digital y la aplicación para su visualización en los puestos de operación del sistema.

La ubicación del incidente, así como el conocimiento de los elementos de su entorno, son factores valiosos para una GE efectiva. El SIG proporciona herramientas como:

- Localización automática del lugar desde donde se llama al 112, tanto si se trata de un móvil como de un terminal fijo.
- Ubicación en la pantalla y en tiempo real de la situación de las unidades móviles asignadas, incluidos aviones y helicópteros. Este sistema utiliza equipos GPS localizados en el vehículo. De esta forma es posible realizar un buen seguimiento de la movilización.
- Múltiples posibilidades de "búsqueda", a través de callejeros, mapas de carreteras, por topónimos, etc.
- Visualización de todo el territorio de la Comunitat a través de fotos aéreas. Esto mejora la gestión de ciertos incidentes, como búsquedas de personas desaparecidas en zonas rurales, incendios forestales, etc.
- Sistema de localización automática de vehículos: representa sobre el SIG la posición de los vehículos dotados de receptor mediante sistema GPS.

- Módulo audiomático: equipo que permite la realización de avisos telefónicos/de fax masivos a la población o a organismos.
- Sistema de información corporativa: intranet que proporciona a los operadores del sistema información complementaria, documentación, estadísticas y otros servicios de valor añadido.
- Envío Masivo de información sobre emergencias, la difusión rápida y extensa de cierta información (como es el caso de predicciones meteorológicas adversas) es condición necesaria para conseguir su efectividad, marcándose el objetivo de conseguir que esta información llegue a Ayuntamientos y Policías Locales, y otros servicios operativos todos en el menor tiempo posible para permitir adoptar las medidas preventivas orientadas a la reducción de las consecuencias el máximo posible.

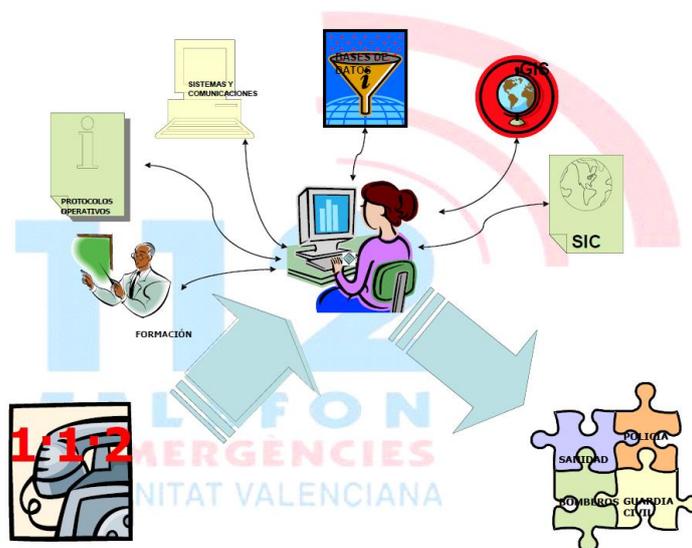


Figura 32. Diagrama general del Sistema integral de gestión de emergencias en la Comunitat Valenciana

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

El CCE intercomunica en tiempo real los Centros de Coordinación de Emergencias de la Comunidad y los Centros de Comunicaciones de los servicios operativos de urgencias y emergencias con el fin de lograr una coordinación más ágil y eficaz en sus actuaciones. Actualmente, son muchas las agencias integradas actualmente al CCE e incluyen Bomberos, Policía, Sanitarios, entre otros.

Tabla 5. Agencias Integradas al CCE

	Bomberos	Policía	Sanitarios	Otros	Total
Castellón	2	16	1	1	20
Valencia	2	52	1	9	64
Alicante	2	32	1	1	36
Total	6	100	3	11	120

El CCE tiene estratégicamente desplegados a lo largo de toda la Comunitat Valenciana un conjunto de recursos que permiten realizar una GE ágil y efectiva. En la Figura 33, se muestra un mapa con la distribución de recursos permanentes a lo largo de la Comunidad [108].

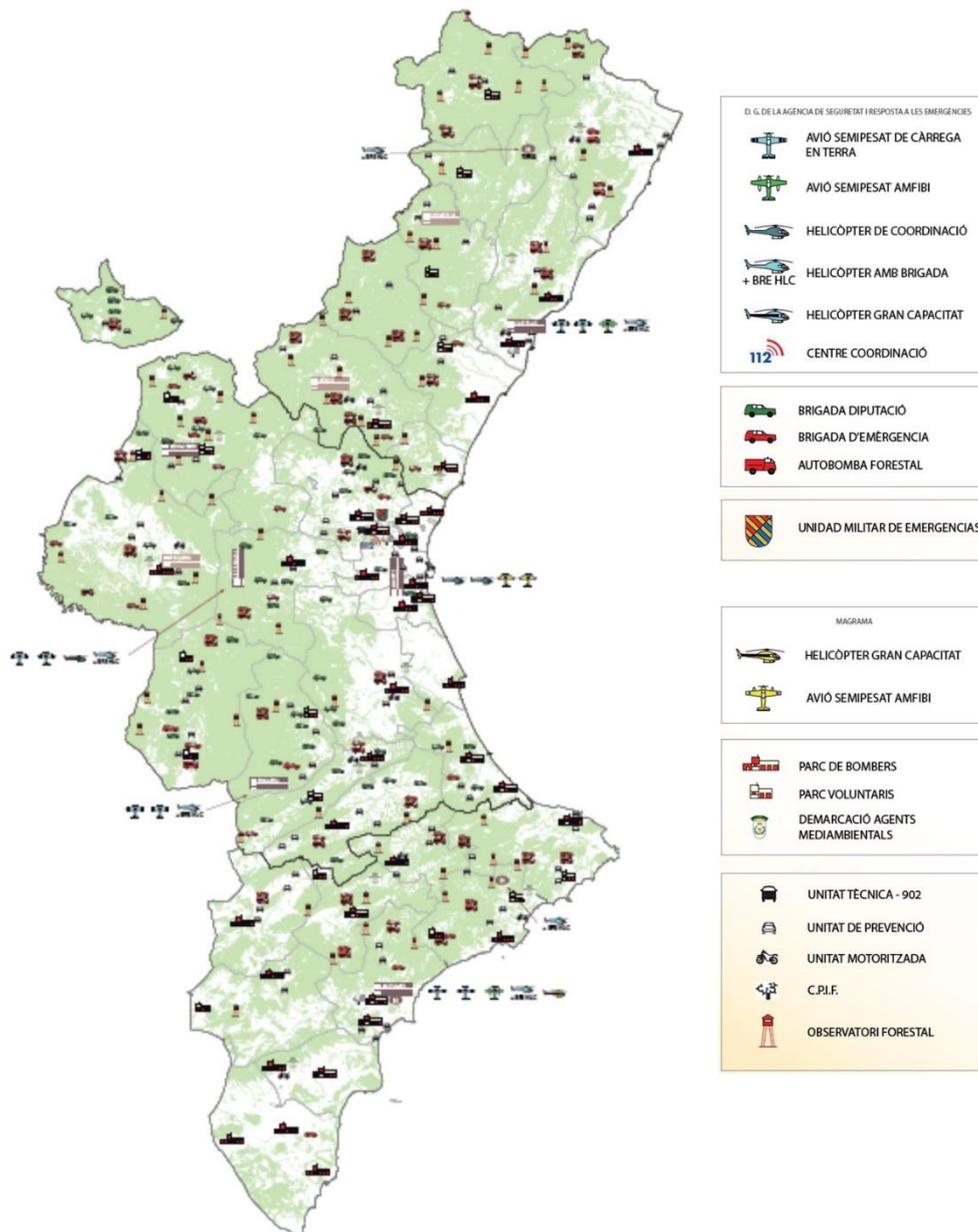


Figura 33. Mapa de los recursos disponibles en la Comunitat Valenciana para la gestión de emergencias

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

En mayo del 2016, se firmó un Convenio de Colaboración entre la UPV y el CCE, por medio del cual, se pudo realizar una estancia de investigación, entre julio y diciembre del mismo año, que permitió conocer a fondo cómo funciona la GE en la Comunitat Valenciana. Se tuvo acceso a todos los departamentos del CCE, con entrevistas directas con los responsables de cada una de las áreas operativas, así como con el Subdirector General de Emergencias. Una de las actividades más importantes dentro de la estancia, fue la de poder participar, en calidad de observadores, en el simulacro realizado el 3 y 4 de noviembre, en la base militar Jaime I de Beterá (Valencia). El simulacro trataba sobre un accidente con múltiples víctimas, provocado por una colisión entre una unidad de ferrocarril metropolitano y un autobús con ocupantes extranjeros. Durante el simulacro, se pudo observar en caliente, la operación del SGE, las ayudas y herramientas que presta a los usuarios, tanto internos como externos, y la importancia de los procesos de C2IC3 para un GE ágil y efectiva.



Figura 34. Simulacro Centro de Coordinación de Emergencias – noviembre 2016



Figura 35. Simulacro Centro de Coordinación de Emergencias – noviembre 2016

Los resultados obtenidos en la encuesta se muestran en las Tablas 6,7 y 8; y la matriz de evaluación se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 6. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del CCE sobre el SGE

CCE					
Grupo objetivo: Personal táctico y estratégico (10 USUARIOS)					
PREGUNTA	1	2	3	4	5
El SGE cuenta con los recursos suficientes para llevar a cabo una GE de ágil y efectiva		1	2	5	2
La tecnología existe es adecuada y colabora con una GE de calidad			2	3	5
De manera general, el SGE es capaz de gestionar efectivamente cualquier emergencia que se presente	1	1	2	3	3
El SGE cumple con los objetivos propuestos, tanto en alcance como en tiempo de respuesta	1	1	1	3	4
El sistema es escalable	1	1	2	4	2

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Existe capacitación continua al personal, sobre las normas, protocolos y funcionalidades del SGE		1	2	3	4
Existe procedimientos de autoevaluación		1	1	2	6
Se revisan continuamente los procesos y la planificación para la GE	1	1	3	3	2
Se realizan auditorías permanentemente de los resultados	1	1	3	3	2
El SGE integra a las principales agencias relacionadas con la seguridad ciudadana y ayuda humanitaria, tanto públicas como privadas		2		2	6
Existe sinergia entre las agencias integradas		1	2	3	4
El SGE abarca con las siguientes fases y procesos funcionales:					
• Preparación	2	2	1	3	2
• Prevención	2	2	3	2	1
• Respuesta				2	8
• Recuperación	2	1	2	3	2
• Mitigación	2	1	2	3	2
Valore la importancia de los siguientes procesos para una GE ágil y efectiva:					
• Información				4	6
• Comunicación			1	4	5
• Mando y control				2	8
• Coordinación				3	7
• Colaboración			2	4	4
El SGE es mejorable			2	4	4
Los siguientes procesos son susceptibles de mejora:					
• Información		1	2	3	4
• Comunicación		2	1	3	4
• Mando y control		2	2	3	3
• Coordinación			4	4	2
• Colaboración			3	4	3
El SGE está diseñado y personalizado para cumplir los condicionamientos y requerimientos particulares de la Comunitat Valenciana			2	3	5
El SGE está en contacto permanente y vinculado a la comunidad		1	1	3	5
El SGE contempla la participación activa de la población civil	2	1	0	3	4
El SGE es capaz de intercambiar información con otros sistemas y agencias externas	2	3	3	1	1
Existe capacitación y entrenamiento permanente sobre las funcionalidades y ayudas que el sistema ofrece a la comunidad		1	3	2	4

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

Técnicas de Calidad Total aplicadas a los Sistemas de Gestión de Emergencias

Tabla 7. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del CCE respecto al modelo de calidad

CCE					
Grupo objetivo: Personal táctico y estratégico (10 USUARIOS)					
PREGUNTA	1	2	3	4	5
El modelo de calidad es coherente y muestra, en términos generales, las directrices requeridas para una GE de calidad		1	1	5	3
El modelo de calidad define adecuadamente los parámetros que determinan la GE		1	2	5	2
El modelo de calidad define adecuadamente los medios que permiten asegurar los estándares de calidad requeridos para la GE		1	2	5	2
El modelo de calidad contempla todo el ciclo operativo requerido para una GE ágil y efectiva				4	6
El modelo de calidad puede servir como una herramienta de autoevaluación para mi SGE	1		1	5	3
El modelo de calidad puede ayudar a mejorar el SGE	1		1	4	4
Estoy de acuerdo con la visión integral y atemporal planteada por el modelo			2	6	2
Utilizaría en el futuro este modelo para analizar el SGE	1	1	1	4	3

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

Tabla 8. Resultados de la encuesta realizada a la población civil respecto al SGE

CCE		
Grupo objetivo: Población Civil (10 USUARIOS)		
PREGUNTA	SI	NO
¿Conoce que es el Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunitat Valenciana (CCE)?	2	8
¿Conoce que es el 112?	10	
¿Ha utilizado alguna vez los servicios del 112 o del CCE?	10	
¿Cree que la existencia del 112 o del CCE es indispensable?	9	1
¿Su problema fue solucionado?	6	4
¿El tiempo de respuesta estuvo dentro de los márgenes tolerables?	6	4
¿Considera que, de manera general, el CCE y el 112 cumplen con una atención efectiva?	7	3
¿Si tuviera otra opción para asistirle en el caso de una emergencia, utilizaría esa otra opción?	4	6
¿En caso de alguna emergencia, recomendaría llamar al 112 o al CCE?	7	3
¿Cree que el CCE y el 112 son capaces de responder ante cualquier tipo de emergencia que se presente?	7	3
¿Cree que los servicios prestados deben mejorar?	8	2
¿Cómo calificaría Usted la atención del CCE y el 112?		
Muy mala:	Mala: 1	Regular: 2
		Buena: 4
		Muy buena: 3

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

Tabla 9. Matriz de evaluación para el CCE

CCE		VALORACIÓN					
		1	2	3	4	5	
FASES	Preparación			✓			
	Prevención y Protección	✓					
	Respuesta					✓	
	Recuperación	✓					
	Mitigación	✓					
PARÁMETROS	Recursos				✓		
	Agilidad	Flexibilidad		✓			
		Innovación	✓				
		Escalabilidad		✓			
Eficacia (cumplimiento de objetivos)					✓		
MEDIOS	Enfoque sistémico y atemporal	Enfoque en el Usuario Externo				✓	
		Enfoque en el Usuario Interno				✓	
		Ciclo continuo y permanente	✓				
		Sinergia				✓	
		Mejoramiento Continuo			✓		
	Cultura De Calidad			✓			
	Método Científico						✓
	Gestión del Conocimiento			✓			
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	Colaboración			✓			
	Coordinación			✓			
	Mando y control			✓			
	Intercambio de información			✓			
	Comunicación				✓		
	Cobertura					✓	
	Interacción con otras agencias y SGE		✓				

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

3.5.1.2. Sistema de gestión de emergencias Ecuador ECU911

La GE en el Ecuador ha sufrido cambios radicales a partir del 2008, año en el cual se estableció el primer proyecto para una gestión integral de la seguridad. Este enfoque posiciona al ser humano como centro de toda acción estatal y establece a la seguridad como un derecho fundamental de todos los ecuatorianos [111].



Figura 36. Concepción de la seguridad integral (ECU911)

El Ministerio de Coordinación de Seguridad (MICS) es la institución rectora del sector de la seguridad y tiene la competencia de coordinar, elaborar, controlar, evaluar y dar seguimiento a las políticas, planes y programas relacionados con la seguridad en el territorio ecuatoriano, recalando la carencia de funciones ejecutoras. No se limita a la coordinación de las instituciones públicas, sino que incluye también a los sectores privado y comunitario. La participación ciudadana, la organización barrial, las escuelas y las universidades, son parte esencial de la seguridad con un enfoque integral.

Dentro de las instituciones coordinadas por el MICS tenemos:

- Ministerio del Interior: su misión es garantizar la seguridad interna y gobernabilidad del Estado.
- Ministerio de Defensa Nacional: diseña y emite políticas para la administración de las Fuerzas Armadas, a fin de garantizar y mantener la soberanía e integridad territorial.

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

- Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración: se encarga de las relaciones bilaterales, multilaterales y la convivencia pacífica.
- Ministerio de Justicia, Derechos Humanos y Cultos: velar por el acceso a una justicia oportuna, independiente y de calidad, la plena vigencia de los derechos humanos, el ejercicio de cultos y su regulación y actividades coordinadas con las instituciones relacionadas.
- Secretaría Nacional de Inteligencia: debe proporcionar la inteligencia estratégica para la seguridad integral del estado, la sociedad y la democracia.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR): garantizar la protección de personas y colectividades de desastres de origen natural o antrópico.
- Servicio Integrado de Seguridad ECU911: Es un servicio de respuesta inmediata a emergencias. Coordina la atención de los organismos de respuesta articulados en la institución, movilizandolos recursos disponibles para la atención más rápida posible.
- La Secretaría Técnica Plan Ecuador (STPE) también era una institución coordinada por el MICS, responsable de la ejecución de un plan integrado multisectorial de desarrollo para las provincias del norte de Ecuador como respuesta a los efectos del Plan Colombia. Las funciones de la STPE fueron asumidas por el Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) a mediados del 2013.

Cada una de estas instituciones, tiene sus propias entidades adscritas, muchas de ellas suscritas a más de una de ellas por su campo funcional, como el caso de la Policía Nacional.



Figura 37. Estructura del Sistema de Seguridad Pública en el Ecuador

El máximo organismo del Estado en materia de seguridad es el Consejo de Seguridad Pública y del Estado (COSEPE), que tiene carácter consultivo y asesor para diseñar los planes, políticas, y estrategias en materia de seguridad. En MICS en cumplimiento de sus funciones, ejerce la Secretaría del COSEPE.

El proyecto de seguridad integral en Ecuador, presenta tres aristas fundamentales: el plan de ordenamiento territorial (POT), los Comités de Operaciones de Emergencia (COE) y el Servicio Integrado de Seguridad ECU911.

- POT

La Constitución de la República creada en el 2008 y actualmente vigente, contempla la descentralización del Estado, reorganizando las regiones ya existentes en base a la creación de zonas y gobiernos autónomos, de acuerdo a los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad interterritorial, integración y participación ciudadana [112].

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias



Figura 38. Mapa del Ecuador por provincias



Figura 39. Mapa de reordenamiento territorial en el Ecuador

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

- Centros zonales: 7 centros ECU911 Zonales, los cuales pueden coordinar la atención de una emergencia con injerencia directa en los recursos de varias provincias.
- Centros locales: 8 centros ECU911 Locales, estos centros ECU911 pueden coordinar la atención de una emergencia con injerencia directa en los recursos únicamente de su área de competencia.
- Sala de operaciones: 1 Sala de Operaciones ECU911, misma que está diseñada para atender la necesidad particular y específica de la provincia de Galápagos.

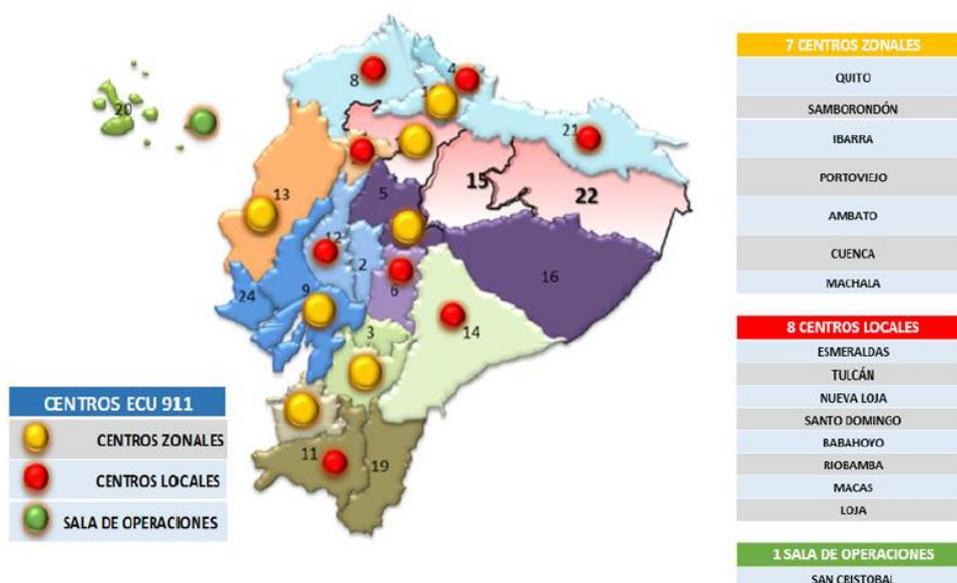


Figura 41. Centros de operaciones de emergencia ECU911 a nivel nacional

- Servicio Integrado de Seguridad ECU911

La piedra angular de todo el proyecto de seguridad del estado ecuatoriano es el ECU911, el cual fue desarrollado como solución a la ausencia de un único y eficaz sistema de respuesta inmediata a emergencia, y la integración de los precarios y parciales sistemas de respuesta ya existentes. Su objetivo principal

es el de gestionar la atención de las situaciones de emergencia de la ciudadanía en todo el territorio ecuatoriano, reportadas a través del número único de emergencia 911, y las que se generen por video vigilancia y monitoreo de alarmas, mediante el despacho de recursos de respuesta especializados pertenecientes a organismos públicos y privados articulados al sistema, con la finalidad de contribuir, de manera permanente, a la consecución y mantenimiento de la seguridad integral ciudadana.

En cuanto a los principales servicios ofertados por el ECU911 podemos mencionar:

- Videovigilancia, utiliza tecnología avanzada para monitorizar las actividades que puedan generar situaciones de riesgo.
- Línea única de emergencias, gracias a la coordinación interinstitucional del Servicio Integrado ECU911.
- Aplicación móvil ECU911, para el caso de los teléfonos inteligentes, se tiene la posibilidad de descargar gratuitamente desde el sitio web, la aplicación Smartphone ECU911. La aplicación permite a los usuarios advertir incidentes o emergencias en las sé que vea involucrado. Basados en el servicio móvil celular, también se brinda a los usuarios el servicios de geo localización. Permite desplegar información como nombre de usuario, provincia, ciudad, radio base latitud y longitud aproximada.
- Vinculación comunitaria, charlas y capacitaciones a niños, jóvenes y comunidades enfocadas en el buen uso del servicio ECU911 y la importancia de la colaboración ciudadana en la seguridad integral.
- Coordinación interinstitucional, el trabajo en conjunto de todas las instituciones de respuesta a emergencias permite que una misma situación sea atendida desde una perspectiva completa permitiendo una respuesta eficaz e integral. Reduce los tiempos de respuesta y logra movilizar unidades especializadas para urgencias puntuales.

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

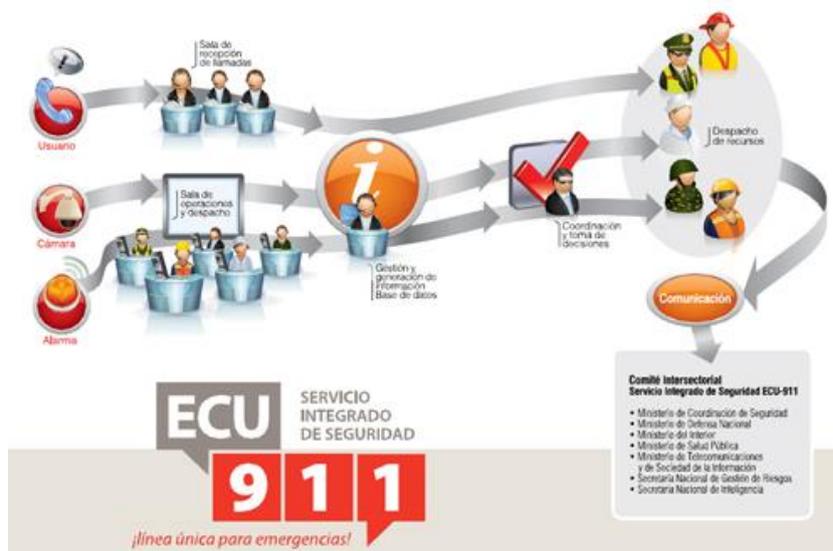


Figura 42. Esquema general de operación del ECU911

Dentro de las entidades coordinadas o que participan en el ECU911 están:

- Cruz roja
- Secretaria Nacional de Riesgos
- Ministerio de Salud Pública
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
- Policía Nacional
- Fuerzas armadas
- Bomberos
- Agencia Nacional de Transito
- Ministerio Coordinador de Seguridad
- Ministerio del Interior
- Ministerio de Defensa Nacional
- Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público

Como parte de la investigación, y con el objetivo de obtener una visión más clara del funcionamiento del ECU911, se tuvo acceso al COE Nacional de la ciudad de Quito y al MICS. En el COE se tuvo una visita guiada por el Jefe de Tecnología de la entidad, con una explicación detallada de la operación del ECU911 desde un punto de vista técnico; mientras que en el Ministerio Coordinador de la Seguridad se tuvo una entrevista con el Subsecretario, el cual explicó la misión y visión de esta institución y del Plan de Seguridad Nacional 2014-2017.

Los resultados obtenidos en la encuesta se muestran en las Tablas 10, 11, 12 y 13.

Tabla 10. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del ECU911 sobre el SGE

ECU911					
Grupo objetivo: Personal táctico y estratégico (10 USUARIOS)					
PREGUNTA	1	2	3	4	5
El SGE cuenta con los recursos suficientes para llevar a cabo una GE de ágil y efectiva	1		6	1	2
La tecnología existe es adecuada y colabora con una GE de calidad	1		1	6	2
De manera general, el SGE es capaz de gestionar efectivamente cualquier emergencia que se presente	1	1	4	2	2
El SGE cumple con los objetivos propuestos, tanto en alcance como en tiempo de respuesta	1	2	3	2	2
El SGE es escalable	1	2	5	1	1
Existe capacitación continua al personal, sobre las normas, protocolos y funcionalidades del SGE		2	3	2	3
Existe procedimientos de autoevaluación			2	6	2
Se revisan continuamente los procesos y la planificación para la GE	1	4	3		2
Se realizan auditorías permanentemente de los resultados	1	3	3	1	2
El SGE integra a las principales agencias relacionadas con la seguridad ciudadana y ayuda humanitaria, tanto públicas como privadas			1	3	6
Existe sinergia entre las agencias integradas al SGE	1	4	2	1	2
El SGE abarca con las siguientes fases y procesos funcionales:					
• Preparación		1	4	2	3
• Prevención			5	2	3
• Respuesta			2	2	6
• Recuperación	1		5	2	2
• Mitigación	1		5	2	2
Valore la importancia de los siguientes procesos para una GE ágil y efectiva:					
• Información			2	5	3
• Comunicación				7	3
• Mando y control			3	4	3

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

• Coordinación			1	6	3
• Colaboración		1	1	5	3
El SGE es mejorable			2	2	6
Los siguientes procesos son susceptibles de mejora:					
• Información				6	4
• Comunicación		1		6	3
• Mando y control		1	2	4	3
• Coordinación		1		6	3
• Colaboración		1		5	4
El SGE está diseñado y personalizado para cumplir los condicionamientos y requerimientos particulares del Ecuador	1	2	1	3	3
El SGE está en contacto permanente y vinculado a la comunidad		1	4	2	3
El SGE contempla la participación activa de la población civil	2	3	2	1	2
El SGE es capaz de interactuar con otros sistemas y agencias externas	2	4	3		1
Existe capacitación y entrenamiento permanente sobre las funcionalidades y ayudas que el SGE ofrece a la comunidad	1	4	2	1	2

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

Tabla 11. Resultados de la encuesta realizada al personal táctico y estratégico del ECU911 respecto al modelo de calidad

ECU911					
Grupo objetivo: Personal táctico y estratégico (10 USUARIOS)					
PREGUNTA	1	2	3	4	5
El modelo de calidad es coherente y muestra, en términos generales, las directrices requeridas para una GE de calidad	1	1	1	5	2
El modelo de calidad define adecuadamente los parámetros que determinan la GE	1		3	4	2
El modelo de calidad define adecuadamente los medios que permiten asegurar los estándares de calidad requeridos para la GE	1	1	1	5	2
El modelo de calidad contempla todo el ciclo operativo requerido para una GE ágil y efectiva			1	2	7
El modelo de calidad puede servir como una herramienta de autoevaluación para mi SGE	1	1	2	3	3
El modelo de calidad puede ayudar a mejorar el SGE	1		2	4	3
Estoy de acuerdo con la visión integral y atemporal planteada por el modelo				4	6
Utilizaría en el futuro este modelo para analizar el SGE	1		2	4	3

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

Técnicas de Calidad Total aplicadas a los Sistemas de Gestión de Emergencias

Tabla 12. Resultados de la encuesta realizada a la población civil respecto al SGE

ECU911		
Grupo objetivo: Población Civil (10 USUARIOS)		
PREGUNTA	SI	NO
¿Conoce que es el Servicio Integrado de Seguridad ECU911?	10	
¿Conoce cuál es la misión del ECU911?	9	1
¿Ha utilizado alguna vez los servicios del ECU911?	10	
¿Cree que la existencia del ECU911 es indispensable?	10	
¿Su problema fue solucionado?	6	4
¿El tiempo de respuesta estuvo dentro de los márgenes tolerables?	5	5
¿Considera que, de manera general, el ECU911 cumple con una atención efectiva?	6	4
¿Si tuviera otra opción para asistirle en el caso de una emergencia, utilizaría esa otra opción?	5	5
¿En caso de alguna emergencia, recomendaría llamar al ECU911?	7	3
¿Cree que el ECU911 es capaz de responder ante cualquier tipo de emergencia que se presente?	4	6
¿Cree que los servicios prestados deben mejorar?	10	
¿Cómo calificaría Usted la atención del CCE y el 112?		
Muy mala: Mala: 1 Regular: 3 Buena: 3 Muy buena: 3		

Tabla 13. Matriz de evaluación para el ECU911

ECU911		VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
FASES	Preparación		✓			
	Prevención Y Protección					✓
	Respuesta					✓
	Recuperación		✓			
	Mitigación					✓
PARÁMETROS	Recursos			✓		
	Agilidad	Flexibilidad		✓		
		Innovación	✓			
		Escalabilidad	✓			
	Eficacia (cumplimiento de objetivos)			✓		
MEDIOS	Enfoque sistémico y atemporal	Enfoque en el Usuario Externo			✓	
		Enfoque en el Usuario Interno		✓		
		Atemporal				✓
		Sinergia		✓		
		Mejoramiento Continuo			✓	
	Cultura De Calidad	✓				
	Método Científico			✓		
	Gestión Del Conocimiento			✓		
Colaboración		✓				

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	Coordinación		✓				
	Mando y control		✓				
	Intercambio de información		✓				
	Comunicación	✓					
	Cobertura					✓	
	Interacción con otros SGE	✓					

1 = Nada 2 = Poco 3 = Regular 4 = Bastante 5 = Mucho

3.5.2. Análisis de resultados

Se tiene que tener en cuenta que las respuestas y valoraciones obtenidas en las encuestas están ligadas a la percepción de los usuarios, y que por tanto, es importante ser meticulosos al momento de interpretar esos resultados, entendiendo que los mismos, solamente proporcionan una orientación respecto de la calidad y las prestaciones de los SGE analizados. Por ejemplo, para el caso del CCE, los usuarios internos no perciben como parte de sus responsabilidades las fases preincidente y posincidente, razón por la cual, no contemplan el cumplimiento de esos objetivos para sus valoraciones. Caso similar para el ECU911; se pudo observar que las respuestas de los encuestados, tanto en el caso de los usuarios internos como externos, toman como punto de referencia la situación existente cinco años atrás, es decir, con relación a la ausencia de un SGE; esto hace que su percepción de mejoría y valoración del SGE sea no comparable con la valoración realizada para el CCE.

Un dato curioso obtenido de en las encuestas, es el porcentaje de la población civil que cree que su incidente fue solucionado y atendido oportunamente (alrededor de un 60% para ambos casos de estudio). Se tiene que entender que el entorno en el que opera un SGE es un entorno crítico, donde la insatisfacción e incomodidad de los usuarios está omnipresente y en donde, en muchos de los casos, la mejor decisión implica algún tipo de pérdida, por lo que, siempre la valoración de la GE, y especialmente de la respuesta, será sesgada y llevará inmersa algún tipo de insatisfacción.

A continuación se presenta un resumen general con los principales resultados y conclusiones obtenidas de las encuestas y la evaluación de los SGE realizada en base al modelo de calidad.

- CCE

De manera general, un 80% de los encuestados creen que el CCE cumple con su razón de ser. Un 80% de los usuarios internos está de acuerdo con el modelo de calidad, cree que el SGE puede mejorar por medio de su aplicación y el 70% estaría dispuesto a utilizarlo en el futuro.

El CCE tiene más de 20 años de funcionamiento, lo que ha permitido que toda su operación esté muy protocolizada y documentada, existiendo inclusive protocolos y procedimientos para emergencia que hasta el día de hoy no se han llegado a suscitar. Esto también ha permitido que exista una alta sinergia entre las agencias involucradas, y entre todo el personal administrativo y oficina, lo que fomenta la colaboración entre los diferentes departamentos y agencias de forma general. Pero esa sinergia también trae consigo un alto grado de proteccionismo y falta de autocritica, haciendo muy complicado que los procesos de autoevaluación y mejora continua se lleven a cabo de forma objetiva y eficiente.

Una de las fortalezas más importantes del CCE está en la capacitación y entrenamiento de su personal. Antes de que un nuevo miembro se integre al equipo del CCE, tiene que cumplir con un exhaustivo proceso de selección y capacitación. En el año 2013, se creó el Programa de Titulación de Técnico Superior en Coordinación de Emergencias y Protección Civil, el mismo que se empezó a impartir de forma oficial en la Comunitat Valenciana desde el pasado 2017 [115] [116]. Uno de sus objetivos principales es el desarrollo de profesionales con las competencias y conocimientos necesarios para desempeñar eficazmente cualquier actividad o función dentro del ámbito de la GE. En un futuro próximo se busca que éste programa de titulación (o cualquier programa semejante) tenga un peso importante para la selección del personal del CCE. Este tipo de programas, ya han sido implementados en países como Canadá, Estados Unidos o Suiza, obteniéndose excelentes resultados a mediano y largo plazo [117] [118] [119]. Otra de las fortalezas importantes está en sus recursos; la mayoría de los usuarios internos cree que el sistema cuenta con la tecnología y los recursos suficientes para llevar una GE efectiva, lo que a su vez, se traduce en confianza y compromiso por parte del personal con el sistema.

Entre las deficiencias del CCE, una de las más relevantes está en su ciclo de operaciones, el cual sólo contempla la fase de respuesta a las emergencias. Esto

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

hace que se pierda contacto y coordinación con las acciones llevadas a cabo por la Generalitat en cuanto a prevención, mitigación y recuperación. Como ejemplo, se puede mencionar el caso de los incendios forestales, los cuales son la principal amenaza dentro de la Comunitat Valenciana; el CCE ha desarrollado un amplio programa de respuesta para enfrentarlos, sin embargo, sus acciones y esfuerzos no están coordinados ni apoyados por las medidas preventivas o de protección, las cuales están fuera de las responsabilidades del CCE y muchas veces son inexistentes.

El CCE cuenta con la certificación ISO 22320, la cual está relacionada con la GE pero referida únicamente a la fase de respuesta. Este tipo de certificación ratifica el enfoque segmentado y comercial de la normativa de la ISO, que lejos de ayudar a mejorar la GE en todo su contexto, crea en el usuario interno una percepción equivocada sobre la calidad y los objetivos del SGE. Se debe de entender que la GE abarca mucho más que la respuesta ante la presencia de un incidente dañino, y que para alcanzar una GE de calidad, es indispensable contar con un enfoque integral y atemporal que permita llevar a cabo todos los procesos de gestión involucrados tanto en las fases previas al incidente, así como durante y posterior al mismo.

Otra de las restricciones importantes del CCE, está en la limitada accesibilidad del CoordCom. La totalidad de las funcionalidades del sistema están disponibles únicamente utilizando el software y hardware propietario y provisto por el CCE, por lo que, muchos usuarios y agencias, especialmente de pequeños municipios, no tienen acceso al mismo.

El CCE está diseñado y dimensionado para dar cobertura a la Comunitat Valenciana; esto, sumado a la escasa capacidad del sistema para interoperar, hace que cuando una emergencia supera sus capacidades o límites geográficos, la coordinación y colaboración con los recursos externos que participan en las operaciones de respuesta, sea muy difícil de alcanzar.

- ECU911

Los avances alcanzados por el Ecuador en la última década, respecto a la GE han sido gigantescos; considerando especialmente que hasta antes del 2013 no existía ningún SGE. El Gobierno ha invertido más de 500 millones de dólares en la implementación y puesta en marcha del ECU911, el cual ha sido

reconocido como el centro de gestión de emergencias más moderno de Sudamérica. Sin embargo, y pese a toda la inversión realizada por el Estado en materia de seguridad, todavía existen temas pendientes por solventar, entre ellos, uno de los más importantes es el tema de los recursos. Lamentablemente las limitaciones económicas y el desarrollo social del Ecuador, no ha permitido aún proveer al SGE de todos los recursos requeridos para transformar la información obtenida de la gestión de riesgos en acciones preventivas y de protección, puesto que, desde el punto de vista del Estado, existen otras necesidades con mayor prioridad para ser atendidas de manera inmediata.

Hay que tener en cuenta que el ECU911 es un sistema relativamente nuevo, que lleva en funcionamiento poco menos de cinco años. Esto hace que todavía existan muchos procesos por desarrollar y que la sinergia entre las agencias sea limitada, ya que las mismas todavía se encuentran asimilando los cambios suscitados y desarrollando las relaciones de confianza necesarias. Como una de las consecuencias de esta falta de sinergia, se puede mencionar que todavía no se ha podido implementar la red nacional troncalizada, la cual debería integrar todas las frecuencias y sistemas de comunicaciones de las agencias y ser gestionada desde el ECU911.

Uno de los puntos fuertes del ECU911, es que al tener un carácter integral y alcance nacional, puede contar con gran parte de los recursos del Estado para llevar a cabo su labor. Esta estandarización de su uso a nivel nacional, ha facilitado su implementación y aceptación general por parte de todos los usuarios, de todas las agencias. Como ejemplo, se puede mencionar que desde el ECU911 se tiene acceso para gestionar gran parte de las cámaras de tráfico y seguridad distribuidas en las diferentes ciudades del país, así como acceso al monitoreo de todos los vehículos estatales que así lo permitan.

De acuerdo con las encuestas realizadas, un 70% de los usuarios internos y un 60% de los externos, consideran que el ECU911 cumple con sus objetivos. Así también, el 80% de los encuestados cree que el SGE puede mejorar por medio de la utilización del modelo de calidad y el 70% de ellos estaría dispuesto a utilizarlo en un futuro próximo.

Pese a un reconocimiento general por parte de la población ecuatoriana en cuanto a los avances realizados en la GE, todavía existe una alta percepción de insatisfacción y desconfianza respecto a las prestaciones que el SGE ofrece

3. Modelo de calidad para los sistemas de gestión de emergencias

(50% de los usuarios externos optaría por otra opción de asistencia de ser posible y un 60% cree que las capacidades del sistema para responder ante cualquier tipo de incidente son limitadas). De acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación, esto se debe básicamente al desconocimiento por parte de la ciudadanía del alcance, objetivos y responsabilidades del SGE, así como también, al no entendimiento de que la seguridad es responsabilidad de todos los ciudadanos y que cada uno de ellos también forma parte del sistema. El SGE debe entregar la información y contar con los programas de capacitación que permitan a la ciudadanía conocer y entender las capacidades del sistema, así como sus propias responsabilidades dentro del mismo, entendiendo que para alcanzar los niveles de seguridad y protección deseados, es indispensable la participación y colaboración de toda la sociedad. Aunque en estos últimos años el ECU911 ha emprendido una importante campaña divulgativa, la información entregada a la ciudadanía tiene un sentido claramente publicitario antes que informativo o de capacitación, por lo que, el desarrollo de una conciencia colectiva sobre la importancia de la GE aún es un tema pendiente, y aunque se pueden deslumbrar avances en este sentido, todavía no se ha podido lograr un involucramiento activo ni crear un sentimiento de corresponsabilidad.

Tabla 14. Resumen de los resultados más importantes

Resultados	CCE (%)	ECU911 (%)
Usuarios internos que creen que el SGE puede mejorar	80	80
Usuarios internos que creen que el SGE cumple con los objetivos propuestos	80	70
Usuarios internos que creen que el SGE es capaz de gestionar cualquier emergencia	60	40
Usuarios internos que creen que el SGE cuenta con los recursos suficientes	70	30
Usuarios internos que aceptan y están de acuerdo con el modelo de calidad	80	70
Usuarios internos que creen que el modelo de calidad puede ayudar a mejorar su SGE	80	60
Usuarios internos que utilizarían el modelo de calidad en el futuro	70	70
Población civil que cree que el SGE debe mejorar	80	100
Población civil que califica como buena la labor del SGE	70	60
Población civil que cree que el SGE puede gestionar cualquier tipo de emergencia	60	50

Sin lugar a dudas, uno de los problemas más importantes para los SGE, se encuentra en su capacidad para interoperar y permitir el intercambio de información efectivo entre las agencias integradas al sistema, así como con el exterior. Si bien los SGE poseen herramientas para la compartición de información, de manera general, los usuarios son reacios a la utilización de herramientas informáticas externas, ya sea por afinidad con las aplicaciones que usan habitualmente, o por desconfianza y falta de experticia en aplicaciones informáticas que desconocen.

El problema de interoperabilidad también se traslada hacia el exterior, y con mayor agudeza. Las capacidades para permitir y promover el intercambio de información con otras agencias y sistemas es muy limitada y toma especial relevancia cuando una emergencia supera las capacidades de respuesta del SGE; ocasionando que la coordinación, colaboración y la GE de manera general, se vea dificultada o impedida.

Muchos de los problemas mencionados anteriormente, de una u otra manera, están relacionados con la estructura organizacional de los SGE. La estructura organizacional es la columna vertebral de un SGE, otorgando la organización y el control necesarios para asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados. De manera general, el 80% de los encuestados cree que la estructura de procesos críticos propuesta (C2IC3) es relevante para un GE efectiva, y el 70% considera que dentro de su SGE, esa estructura de procesos es susceptibles de mejora.

En el siguiente capítulo se describe un modelo organizacional para los SGE, el cual es complementario al modelo de calidad descrito en este capítulo, y pretende entregar algunas directrices generales para el diseño de arquitecturas ágiles y eficaces que permitan cumplir con los objetivos propuestos.

4. Modelo organizacional

*La mejor organización no asegura los resultados.
Pero una estructura equivocada es garantía de
fracaso.*

Peter Drucker

4.1.Introducción

Partiendo del análisis y los resultados obtenidos en el CCE y ECU911, se pudo identificar que uno de los principales problemas para los SGE está en la interacción de las agencias por las cuales están conformados.

Esa diversidad y heterogeneidad intrínsecas en los SGE, hace que la dirección y coordinación de las unidades y grupos de trabajo multiagenciales sea difícil de alcanzar, puesto que cada agencia posee sus propias estrategias, normativa, recursos y procesos, los cuales están diseñados y dimensionados para cumplir con sus necesidades y objetivos particulares.

Para superar este inconveniente, es necesario un intercambio permanente de información que permita a las agencias compartir una misma conciencia situacional y orientar sus esfuerzos en una misma dirección, en pos de alcanzar una operación coordinada y colaborativa que permita gestionar de la mejor manera posible cualquier emergencia que se pueda suscitar [6].

La estructura organizacional es el esquema formal, por medio del cual se toman en cuenta las políticas y estrategias de una organización, para ordenar, distribuir y establecer las tareas, derechos y responsabilidades de cada uno de los elementos que conforman el sistema [89]. Una estructura organizacional bien diseñada posibilita el control de los procesos y la ejecución de las actividades dentro de toda la cadena operativa, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad deseados para la respuesta del sistema.

Para el caso de los SGE, dadas sus características multiagenciales y de manera adicional a todos los requerimientos mencionados anteriormente, su estructura organizacional debe permitir la integración de todas las agencias involucradas en la GE y la efectiva interacción entre ellas. Para cumplir con estas características, la estructura organizacional de un SGE tiene que:

- Asegurar las comunicaciones y el efectivo intercambio de información entre todas las agencias integradas al sistema, así como también el relacionamiento con otros sistemas y agencias externas que le permitan ampliar su conocimiento del entorno y alcanzar una GE integral y comprehensiva.

- Proveer la organización para el establecimiento de unas cadenas de mando unificadas, que permitan la dirección, control y ejecución de una operación coordinada y colaborativa.
- Permitir la escalabilidad del sistema y despliegue de recursos al lugar donde se los requiera y en el momento que se los requiera.
- Controlar la ejecución y eficacia de los procesos y actividades en todos los niveles organizacionales.

De acuerdo a esto, y como segunda fase de la investigación, se desarrolló un modelo organizacional, complementario al modelo de calidad descrito en el capítulo anterior, con el objeto de entregar las directrices que sirvan como base para el diseño de arquitecturas y estructuras organizacionales ágiles y eficaces para los SGE, que permitan cumplir con los estándares de calidad deseados para la GE.

En la siguiente sección se describen las principales características del modelo organizacional propuesto, así como los criterios y las etapas en base a las cuales fue desarrollado.

4.1.1. Modelo organizacional

El modelo presenta algunas directrices generales para el desarrollo de arquitecturas y estructuras organizacionales ágiles y eficaces que posibiliten el ordenamiento, la dirección y el control necesario para asegurar el cumplimiento de los objetivos y los estándares de calidad propuestos para la GE.

Para el desarrollo de este modelo organizacional, se ha tomado como referencias la pirámide organizacional de Clausewitz y Jomini y los planteamientos realizado por Ashby para sistemas vivos con objetivos. Se conserva la estructura, subsistemas y niveles organizacionales descritos en el modelo de Ashby, encajando dentro de estos, los cuatro niveles jerárquicos presentes en la pirámide organizacional de Clausewitz y Jomini.

El modelo se ha desarrollado en tres etapas que van describiendo el desarrollo del modelo desde el caso más simple al más complejo. Se empieza por describir un modelo genérico, en el que se considera un SGE compuesto por una sola agencia y con un único grupo de trabajo para cada nivel organizacional.

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

La Figura 43 muestra un diagrama descriptivo de todo el escenario de operaciones para un SGE con los condicionamientos especificados en el párrafo anterior, el mismo que queda definido de la siguiente manera:

- Sistema exterior
Representa el entorno donde el SGE tiene que operar.
Aquí se deben de tener en cuenta todas las variables que van influir sobre la operación del sistema y marcarán los objetivos y alcance para la GE.
- Sistema de gestión de emergencias
Está compuesto por un subsistema físico y el subsistema de control, y describe la estructura jerárquica, las cadenas de control y procesos críticos del sistema.
Para este caso en particular y desde el punto de vista de la estructura de procesos planteada en la sección 3.1.1, el SGE queda representado por un sistema de mando, control, información y comunicaciones (C2ICS, *Command and Control, Information and Communication System*), ya que, dadas las consideraciones realizadas en esta primera etapa, no tiene cabida hablar de coordinación y colaboración.
 - Subsistema físico: comprende todos los recursos (tangibles e intangibles), provenientes de las diferentes agencias y con los cuales cuenta el sistema para gestionar una emergencia.
Es el encargado de interactuar con el sistema exterior y materializar las decisiones y la planificación realizada en los niveles superiores.
 - Subsistema de control: representa y es el responsable de los procesos de C2.
Conserva los cuatro niveles de control propuestos en el modelo de Ashby, dentro de los cuales se han encajado los tres niveles jerárquicos propuestos por Clausewitz y Jomini: táctico, operacional y estratégico.
 - Nivel táctico: es el encargado de controlar el subsistema físico y de ejecutar la planificación entregada por los niveles operacional y estratégico.

- Nivel operacional: supervisa las prestaciones del nivel táctico y es el responsable de cómo hacer efectivas la planificación y las decisiones estratégicas.
- Nivel estratégico: se subdivide en un nivel de estratégico clásico y otro político.
 - Subnivel estratégico clásico (o simplemente estratégico): es el responsable de elaborar las políticas, planes y estrategias que regirán y orientarán la operación del sistema hacia el cumplimiento de sus objetivos.
Está subordinado al nivel político.
 - Subnivel político: es el nivel jerárquico más alto y se caracteriza por su conocimiento y relacionamiento con el sistema exterior.
Jerárquicamente está supeditado a los poderes políticos superiores y externos al sistema, dentro de la estructura del Estado.
- El SI forma parte del SGE y es el encargado de garantizar la distribución y disponibilidad de información en todos los niveles y para todos los usuarios, incluyendo la población civil, otros SI y agencias de gobierno.

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

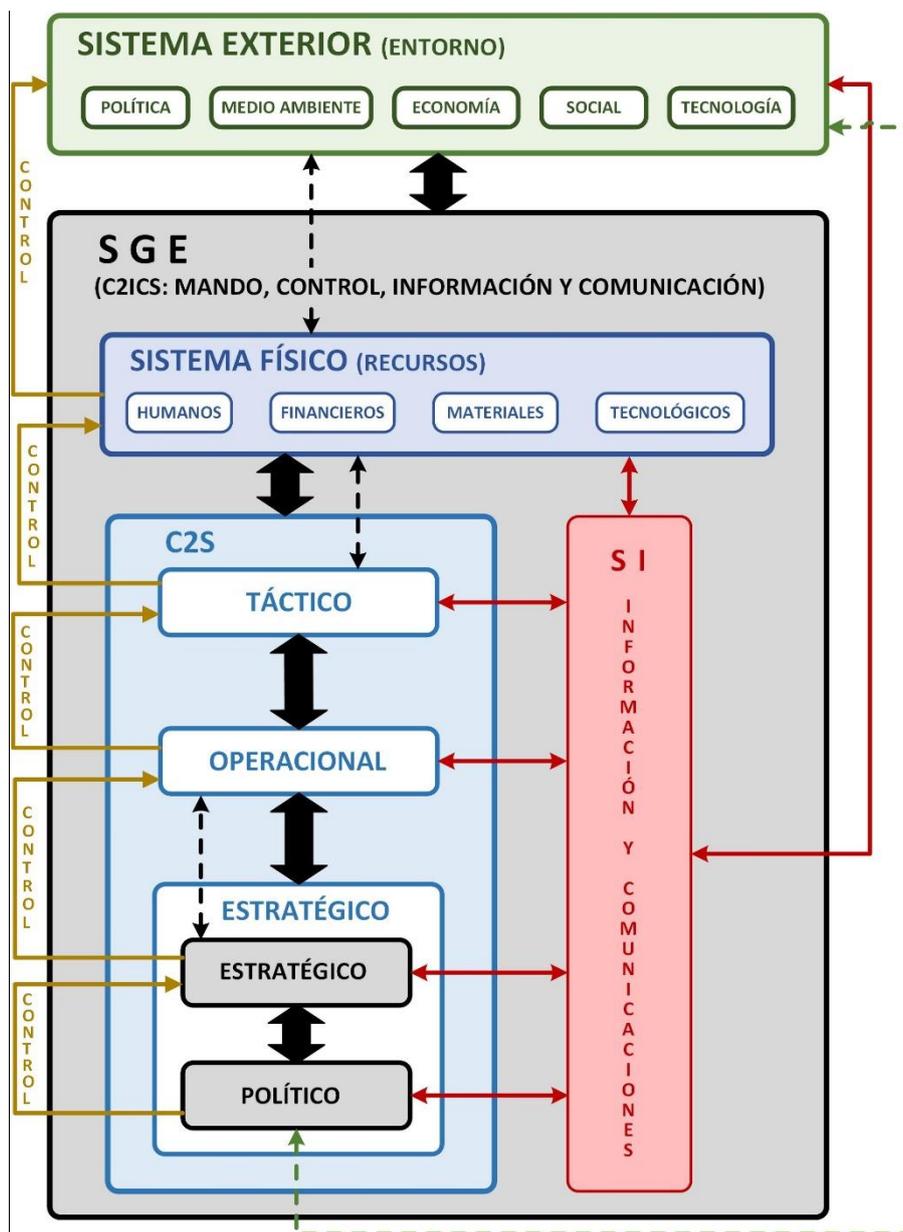


Figura 43. Modelo organizacional general.

Sin embargo, y de manera general, toda organización está compuesta por múltiples grupos o unidades de trabajo, las cuales están distribuidas de acuerdo a sus funciones, responsabilidades, departamento al que pertenecen, o zona de interés a la cual tienen que dar cobertura.

En esta segunda etapa, se toman en cuenta las diferentes unidades, tanto a nivel táctico como a nivel operativo y estratégico, por las cuales está compuesta cualquier agencia. El modelo debe considerar la existencia de estos grupos, la necesidad de interacción entre ellos y la estructura jerárquica que posibilite su dirección y control.

De acuerdo a esto, la estructura organizacional propuesta para un SGE compuesto por una sola agencia y múltiples unidades de trabajo, queda definida como ese muestra en la Figura 44 y tiene que cumplir con los siguientes criterios:

- Cada grupo debe tener sus propios recursos humanos, financieros, materiales y tecnológicos que le permitan cumplir con sus objetivos.
- Dentro de cada nivel organizacional, los grupos deben actuar de manera sincronizada, permitiendo obtener una respuesta global que cumpla con los objetivos y responsabilidades de cada nivel. En este caso, es conveniente hablar de sincronismo antes de coordinación, puesto que, los grupos cuentan con un mismo lenguaje, formato de datos, sistema de información, objetivos generales, etc.
- Los grupos tácticos están controlados por los grupos operativos, siendo posible que un solo grupo operativo controle varios grupos tácticos. De igual manera y siguiendo la lógica del modelo, los grupos operativos están supervisados por los grupos estratégicos, pudiéndose crear varias ramas del árbol organizacional a partir de la subdivisión de este nivel, si la complejidad de la situación o de la agencia así lo requiere (ej. Las FFAA en España se dividen en Ejército de tierra, Armada y Ejército del aire).
- El despliegue de recursos debe realizarse respetando la estructura organizacional existente y permitiendo un escalamiento tanto horizontal como vertical.

El escalamiento tiene que darse en forma progresiva, de acuerdo a los requerimientos de la emergencia, conservando siempre la organización y

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

estructura que garantice el correcto establecimiento de las cadenas de mando y el control de los procesos.

- Al igual que en la etapa anterior, el SI debe alcanzar a todos los usuarios, tanto dentro como fuera del sistema, independientemente del nivel o unidad a la que pertenezcan. La comunicación e intercambio de información entre grupos del mismo nivel es fundamental para que los mismos puedan alcanzar una misma visión del entorno y actuar de forma sincronizada.

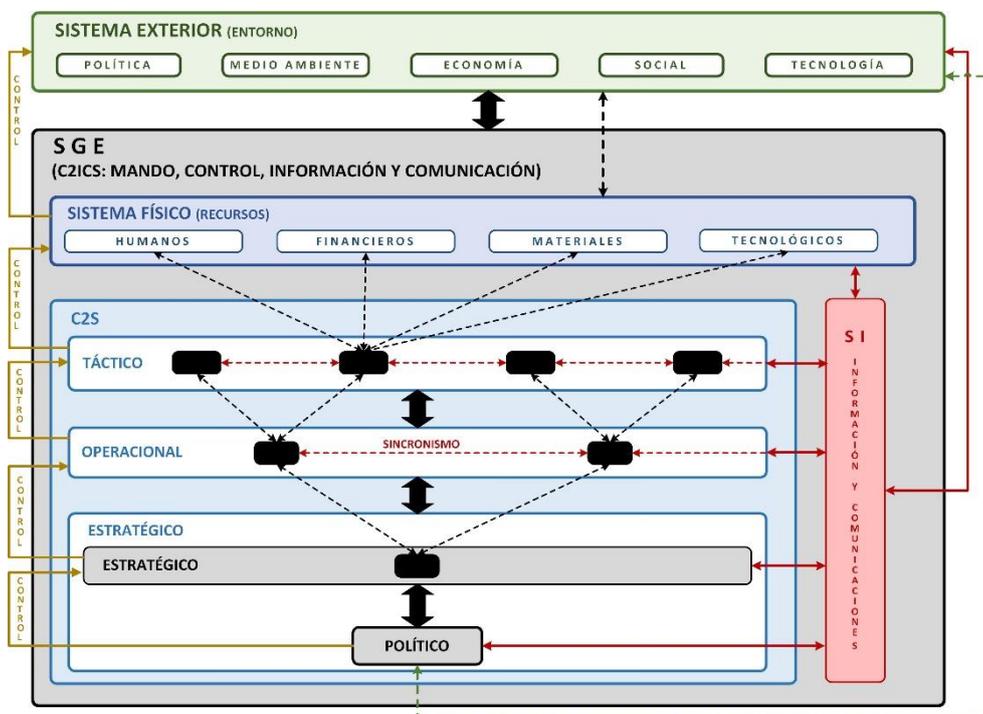


Figura 44. Modelo organizacional multigrupo

Pero para alcanzar una GE de calidad, es imprescindible contar con la participación de múltiples de agencias que permitan obtener el conjunto de capacidades y recursos para gestionar ágil y eficazmente cualquier tipo de emergencia. El intercambio de información y las comunicaciones son imprescindible para que estas agencias puedan interactuar de forma coordinada y colaborativa.

Desde un punto de vista utópico, la solución vendría dada por la utilización de un único SGE que estandarice y transparente los procesos de comunicación e intercambio de información. Sin embargo, la realidad es muy diferente; cada agencia maneja sus propia tecnología, lenguaje, formato de datos, estándares, etc., y es aquí donde la interoperabilidad toma especial relevancia, permitiendo que las agencias superen esa diversidad y heterogeneidad existente.

La interoperabilidad se puede definir como la capacidad de uno o más sistemas dispares para intercambiar información y utilizarla para cumplir con sus objetivos [120] [121]. Dentro del ámbito de la GE, la interoperabilidad entre los SI de las agencias involucradas, es indispensable para la obtención de una visión precisa y común del entorno de operaciones, que permita tomar decisiones acordes con la realidad y una respuesta coordinada y colaborativa [122].

En esta tercera etapa, el modelo organizacional contempla un escenario mucho más apegado a la realidad, con un SGE compuestos por múltiples agencias, y cada una de ellas, compuesta por múltiples grupos de trabajo en cada nivel organizacional.

La estructura organizacional debe ser lo suficientemente ágil para permitir el escalamiento y despliegue de los recursos tanto a nivel de grupos de trabajo dentro de una misma agencia, como a nivel institucional, respetando siempre la organización y cadenas de mando implementadas y permitiendo siempre que las agencias coordinen sus operaciones y colaboren.

Se ha añadido una capa de interoperabilidad que es la responsable de permitir el intercambio de información y las comunicaciones entre las diferentes agencias integradas al SGE, para que estas a su vez, pongan dicha información a disposición de todos sus usuarios a través de sus respectivos SI.

La estructura organizacional y de procesos, para un SGE con las características antes mencionadas, queda representada por un sistema de mando, control, información, interoperabilidad, comunicación, coordinación y colaboración (C2I2C3S, *Command and Control, Information, Interoperability, Communication, Coordination and Collaboration System*).

La conformación de un “mando unificado”, aceptado y respetado por todas las agencias, es imperativo para la gobernabilidad del sistema. Se constituye a través de la agrupación y condensación de los niveles políticos de las agencias, y es el responsable de trazar las estrategias y crear la sinergia requerida para una operación

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

consensuada, coordinada y colaborativa entre los equipos multiagenciales. El mando unificado es el punto único de relacionamiento del sistema con el medio exterior y deberá respetar siempre la autonomía y estructuras internas de cada agencia.

De manera general, las sedes de las agencias y las unidades operacionales de cada una de ellas, están ubicadas en diferentes locaciones físicas, con el objetivo de permitir que el sistema de una cobertura completa y ágil a toda la zona de interés. La descentralización es una característica esencial dentro de los SGE, para aprovechar su carácter distribuido, y permitir que se tomen decisiones en los bordes de la red, promoviendo la escalabilidad y flexibilidad del sistema [101] [123].

La Figura 45 muestra un esquema que sintetiza la propuesta completa del modelo para las estructuras organizacionales de los SGE.

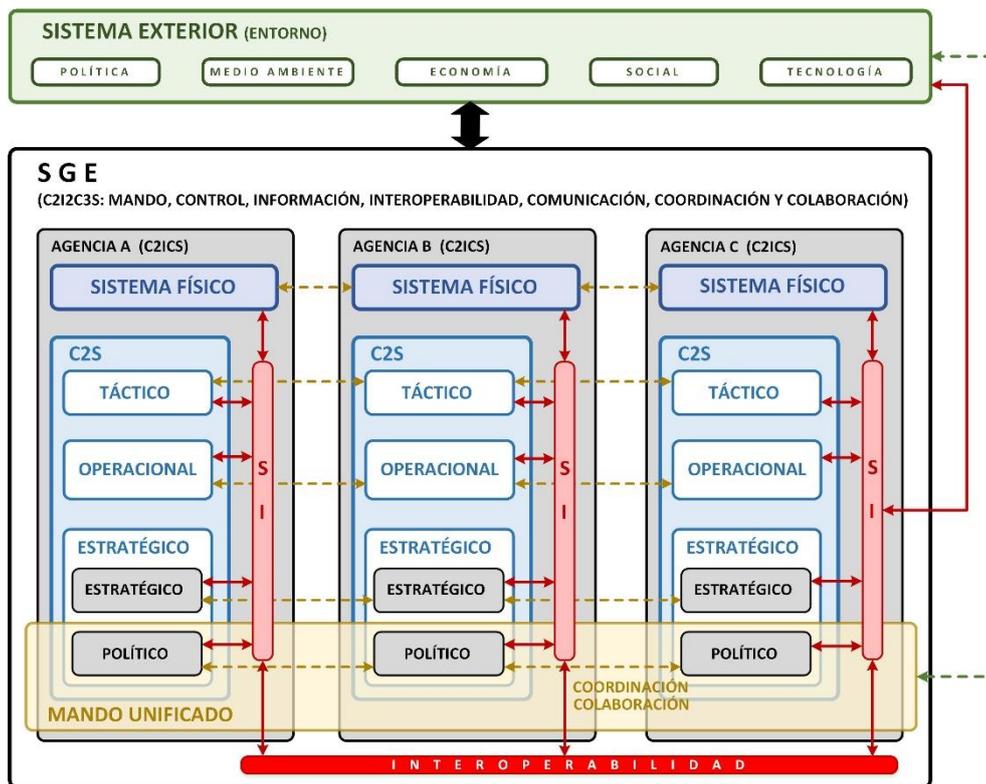


Figura 45. Modelo organizacional multiagencia

4.1.2. Casos de estudio

La validación del modelo organizacional se realizó por medio de dos casos de estudio que corroboran la propuesta expuesta en este capítulo y la importancia de una adecuada estructura organizacional para alcanzar los estándares de calidad requeridos en los SGE.

En el primer caso, se detallan DESTRIERO y SECTOR, dos proyectos FP7 orientados a satisfacer las necesidades de interoperabilidad, coordinación y colaboración entre las agencias involucradas en la GE, y en los que el SATRD ha participado de forma activa [28] [29]. En ambos proyectos se puede evidenciar claramente el carácter multiagencial de los SGE y cómo la heterogeneidad entre las agencias es el principal obstáculo a vencer para que las mismas puedan intercambiar información y alcanzar una respuesta coordinada y colaborativa.

Ratificando las directrices expuestas en el modelo organizacional, ambos proyectos proponen la implementación de una capa de interoperabilidad para posibilitar el intercambio de información y la comunicación efectiva entre las agencias participantes, y obtener la coordinación y colaboración necesaria para llevar a cabo una GE que cumpla con los estándares de calidad requeridos.

Finalmente, y también tomando como base las pautas expuestas en el modelo organizacional descrito en este trabajo, se realiza un alcance a las propuestas de estos dos proyectos, en el que se aprovecha el carácter distribuido de la arquitectura para distribuir la carga de procesamiento y almacenamiento entre todos los nodos de la plataforma y otorgarle resiliencia a la misma.

En el segundo caso, se describe el planteamiento realizado para la implementación de un SATT en el Ecuador. La propuesta contempla la adaptación de la arquitectura jerárquica del SATT (descrita más adelante en la sección 4.1.2.2) a la estructura física y organizacional implementada en el ECU911 (sección 3.5.1.2). Se propone una arquitectura creada en base a los cuatro niveles de control expuestos en el modelo organizacional (táctico, operacional, estratégico y político) que posibilita el acoplamiento de las dos estructuras organizacionales. Aquí se pueden observar las capacidades del modelo para crear arquitecturas flexibles y escalables que se adapten a los diferentes escenarios y requerimientos que se pueden presentar.

4.1.2.1. DESTRIERO y SECTOR

DESTRIERO ha desarrollado una plataforma que promueve la coordinación y colaboración entre las agencias involucradas en la respuesta a una emergencia, por medio de una infraestructura de comunicaciones compartida y una capa de middleware que posibilitan el intercambio de información a través de un conjunto de herramientas propietarias y un modelo de datos normalizado.

Toma como referencias para su desarrollo al *Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model (JC3IEDM)* y el *Emergency Data Exchange Language – Distribution Element (EDXL-DE)*.

- El JC3IEDM, fue creado por el MIP con el objetivo de apoyar las operaciones multinacionales y facilitar el intercambio de información de C2 en entornos tácticos (Figura 48). Tiene su base en el establecimiento de adaptadores de interoperabilidad y un modelo de datos común que permite el intercambio transparente de información entre las agencias involucradas [124].

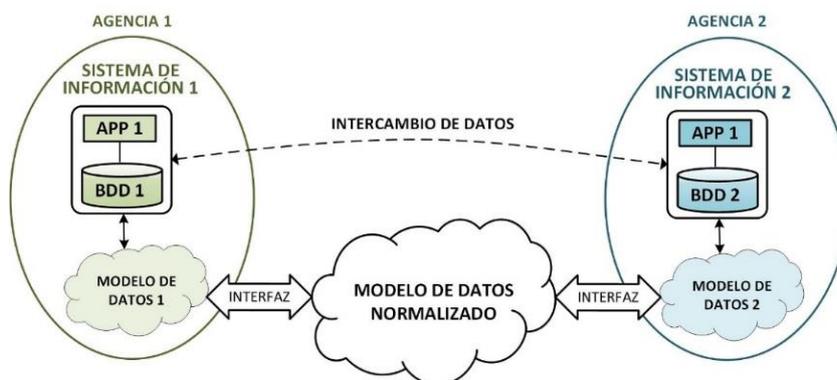


Figura 46. Esquema JC3IEDM

- El EDXL-DE, es un conjunto de reglas técnicas de mensajería basadas en XML, diseñado para facilitar el intercambio de información entre los SI implicados en la GE. Propone el empaquetamiento de los datos bajo un formato común que sea independiente del lenguaje o modelo de datos utilizado en cada SI. Fue desarrollado por la *International Open Standards Consortium (OASIS)* en

convenio con el Departamento de Seguridad Interna de los Estado Unidos (DHS, *Department Homeland Security*) [125] [126].

Una de las principales características de la arquitectura de DESTRIERO está en su carácter distribuido, lo cual facilita la integración de nuevos nodos y otorga resiliencia a la plataforma.

La Figura 49 muestra un diagrama de bloques de la arquitectura implementada en DESTRIERO.

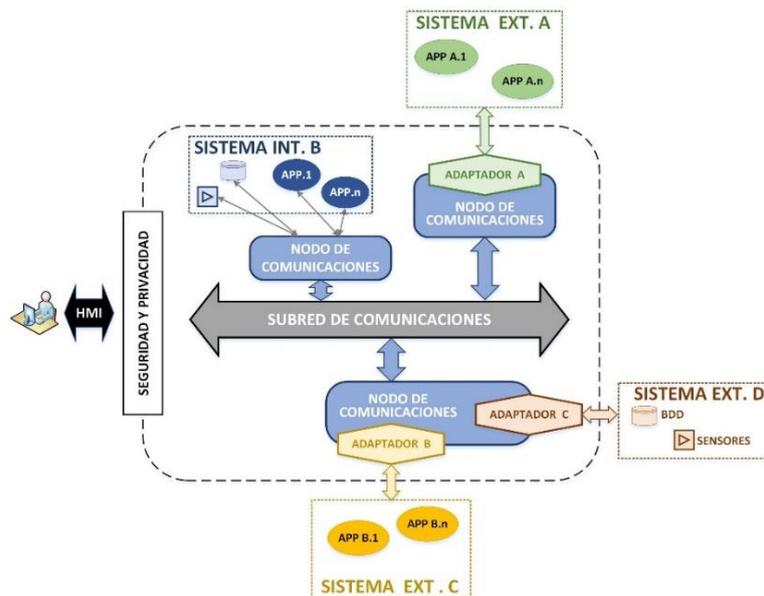


Figura 47. Arquitectura DESTRIERO

Los SI hacen referencia a cualquier dispositivo, equipo o sistema, integrado a la plataforma con el objeto de aportar y/u obtener información de la misma. Los SI pueden ser internos, si han sido desarrollados específicamente para operar en la plataforma; o externos, en el caso de sistemas propietarios que requieran ser integrados e interactuar con la misma.

Los nodos de comunicaciones son la puerta de entrada a la plataforma y entre sus funciones principales están el control de la seguridad y la publicación de información

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

y los servicios disponibles para los usuarios. Cada nodo posee su propia base de datos independiente, donde se guarda una copia del registro de usuarios y sistemas validados en la plataforma, la información publicada en ese nodo, y los metadatos que trazan las rutas de acceso a toda la información y servicios disponibles a través de la plataforma. Pueden implementarse tantos nodos como sean requeridos y cada nodo puede servir a más de un SI, de acuerdo al alcance de la plataforma, la capacidad de procesamiento del nodo, y los requerimientos propios de cada SI en cuanto a recursos, seguridad, disponibilidad y/o confiabilidad. También existe un conjunto de servicios transversales responsables de la supervisión y seguridad de todos los procesos que se ejecutan al interior de cada nodo.

Los adaptadores de interoperabilidad son los responsables de adaptar los servicios y la información que ofrecen los sistemas propietarios, al estándar EDXL-DE definido dentro de la subred de comunicaciones. Cada SI externo a la plataforma, deberá tener su propio adaptador, de acuerdo al formato y modelo de datos que maneje.

La información o los servicios que se deseen compartir, deberán ser previamente publicados en alguno de los nodos de comunicación, y los usuarios podrán tener acceso a los mismos desde cualquiera de los nodos de la plataforma, a través de la interfaz hombre-máquina (HMI, *Human-Machine Interface*). Cada vez que un nuevo recurso es publicado, se distribuyen a través de toda la subred de comunicaciones, los metadatos que trazan la ruta de acceso a dicho recurso. Las peticiones y respuestas, desde y hacia los nodos, se realizan siempre a través del esquema EDXL-DE establecido, y pueden contener cualquier tipo de información (voz, datos y/o video).

Uno de los factores más importantes a ser considerados respecto a la interoperabilidad en la GE, es la heterogeneidad de los datos y la forma en que los usuarios acceden a ellos. Muchos de los SGE, posibilitan la interoperabilidad entre agencias a través de la utilización de un conjunto de herramientas informáticas propietarias y un modelo de datos estandarizado (ej. Coordcom [110], GEMMA [127] o DESTRIERO). Sin embargo, este esquema está limitado por la usabilidad y alcance de esas herramientas (diseñadas por el fabricante), las cuales no necesariamente cumplen con el alcance y requerimientos particulares de cada una de las agencias.

El principal problema para DESTRIERO está en la renuencia de los usuarios a utilizar ese conjunto de herramientas informáticas externas, ya sea por afinidad con

las aplicaciones que usan habitualmente, o por desconfianza y falta de experticia en aplicaciones informáticas que desconocen.

La principal diferencia entre SECTOR y DESTRIERO, es que SECTOR permite que cada agencia interactúe utilizando sus propios SI y herramientas informáticas, fomentando la independencia de las agencias y dando solución a la resistencia de los usuarios a utilizar herramientas externas.

SECTOR presenta una plataforma de interoperabilidad que permite a las agencias involucradas en la GE, intercambiar información independientemente del modelo de datos, sistemas y aplicaciones informáticas utilizadas en cada una de ellas.

Ha tomado como referencia principal para su desarrollo al *National Information Exchange Model* (NIEM), el cual fue creado por el DoD y el DHS con el objeto de interconectar comunidades con la necesidad de intercambiar información para cumplir con un propósito común [128]. El NIEM es semejante al JC3IDM en cuanto a su estructura de interconexión y comunicaciones, pero posee un alcance mayor en cuanto a su modelo de datos y los objetos definidos dentro del mismo.

SECTOR tiene como núcleo un Espacio de Información Compartida (EIC), que permite gestionar como una única entidad de almacenamiento toda la información proveniente de los SI integrados a la plataforma. La capa de middleware adapta la información proveniente de los diferentes SI, al modelo y formato de datos definidos en un EIC, siguiendo el mismo esquema descrito para DESTRIERO en base a nodos de comunicaciones y adaptadores de interoperabilidad, y permitiendo el intercambio de información de forma independiente a los modelos y aplicaciones informáticas utilizadas por cada uno de ellos.

La información que se requiera compartir, se almacena sobre la copia del EIC del nodo local, para posteriormente distribuir dicha información, sobre las bases de datos de los otros nodos que conforman la infraestructura distribuida de comunicaciones.

La compartición e intercambio información se realiza por medio de un mecanismo de mensajería y notificación, bajo el esquema de datos XML definido en el NIEM y un protocolo de Servicio de Distribución de Datos (DDS, *Data Distribution Service*).

La HMI permite a los administradores acceder a las herramientas de configuración y supervisión de la plataforma, sin embargo, su implementación deja la puerta abierta para el desarrollo de otro tipo de herramientas, que permitan personalizar y mejorar las ayudas disponibles para los usuarios.

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

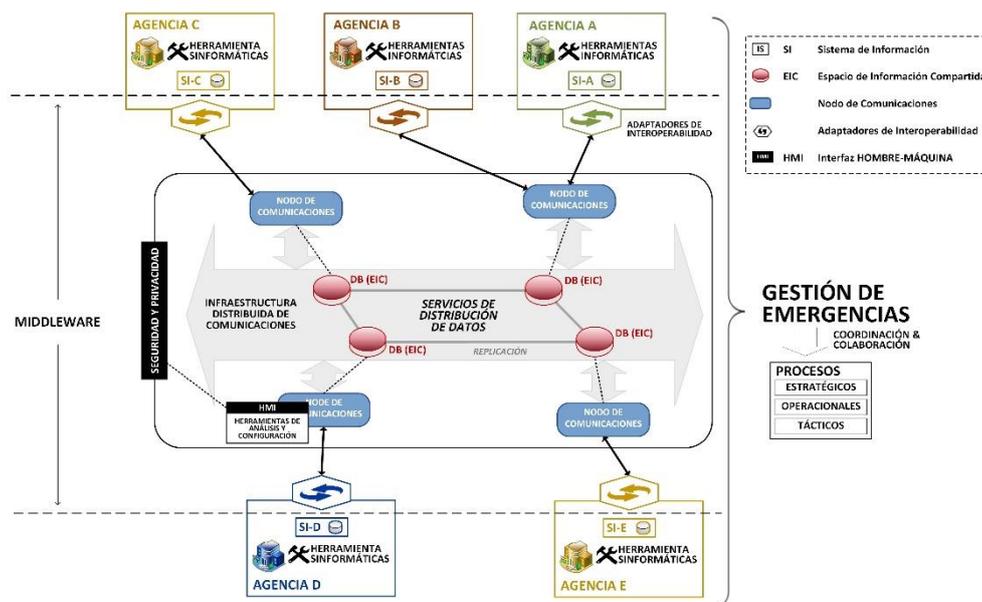


Figura 48. Arquitectura SECTOR

Uno de los problemas que se pudo detectar durante las pruebas de funcionalidad de SECTOR, es que con el aumento de las agencias involucradas y el tiempo de operación de la plataforma, los requerimientos de hardware y software para almacenamiento y procesamiento de datos en los nodos de comunicación, van incrementando considerablemente.

Pensando en superar este inconveniente y con base en el modelo organizacional descrito anteriormente, desde el SATRD se ha realizado un alcance a las arquitecturas presentadas en DESTRIERO y SECTOR, que aprovecha el carácter distribuido de la plataforma y las capacidades de las TIC actuales para distribuir la carga de procesamiento y almacenamiento entre todos los nodos de la plataforma.

La arquitectura se asienta sobre una red de comunicaciones peer to peer (P2P) y la flexibilidad y escalabilidad de las NoSQL DB, para segmentar el EIC, distribuir la carga de procesamiento y almacenamiento, y minimizar los requerimientos de hardware y software en los nodos de comunicaciones (en relación con SECTOR y DESTRIERO).

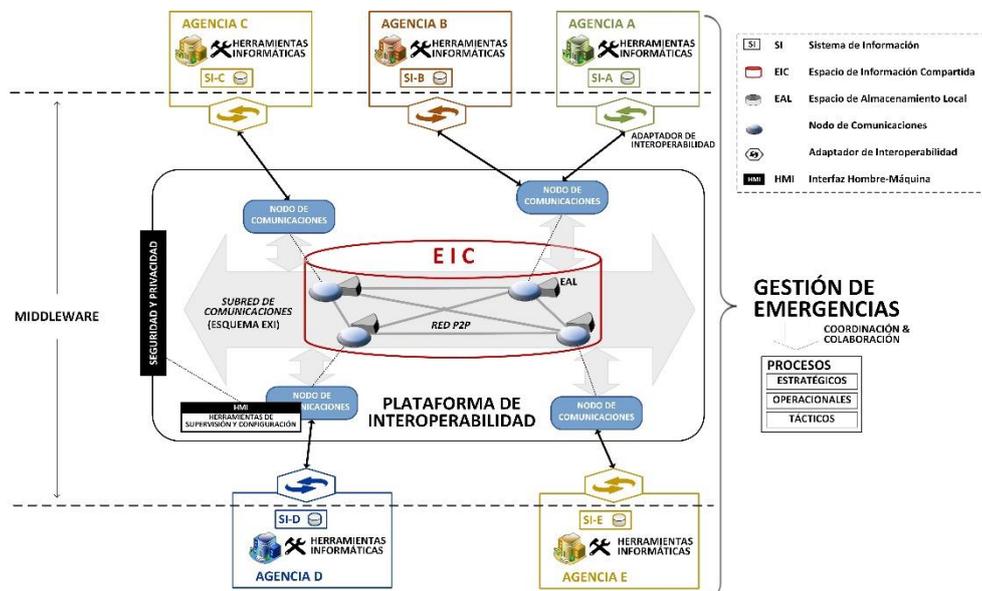


Figura 49. Arquitectura de la plataforma de interoperabilidad basada en redes P2P y NoSQL DB

La implementación de EIC se ha realizado utilizando Apache Cassandra como gestor de base de datos, dado su carácter distribuido y el algoritmo P2P que utiliza para la gestión de información [129]. Tanto la carga de trabajo como la redundancia son parametrizables, y deben ser configuradas de acuerdo a la confiabilidad, disponibilidad y escalabilidad requerida para la plataforma.

Su red interna P2P, presenta una topología lógica no jerárquica en anillo que permite la respuesta simultánea de múltiples nodos a múltiples peticiones (escalabilidad horizontal), otorgándole resiliencia a la plataforma.

La Figura 50 muestra un diagrama que resume la arquitectura interna del EIC.

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

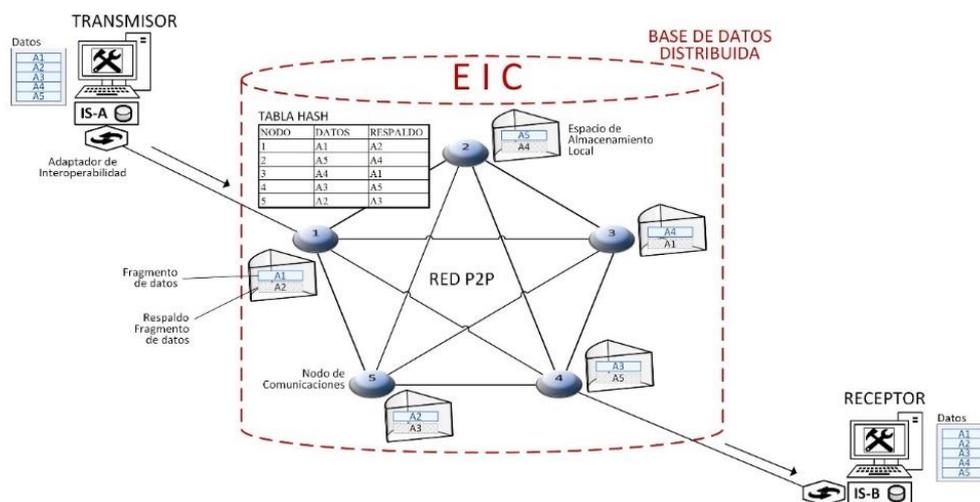


Figura 50. Arquitectura interna del Espacio de Información Compartida

Corroborando los criterios expuestos en el modelo, las tres arquitecturas descritas anteriormente recalcan el carácter complejo de los SGE y como la interoperabilidad es un factor fundamental para alcanzar la coordinación y colaboración requerida para una GE integral. Tanto en DESTRIERO como en SECTOR se pudo observar que para promover la sinergia y la aceptación del SGE, es importante conservar la autonomía de las agencias y no interferir dentro de sus estructuras organizacionales. Adicionalmente, la última arquitectura ratifica la importancia y utilidad del modelo para desarrollar de arquitecturas ágiles y eficaces para los SGE, y como las nuevas tecnologías apoyan y permiten mejorar los procesos existentes.

4.1.2.2. Sistema de alerta temprana para terremotos

El sistema que se describe a continuación, fue desarrollado en el SATRD como parte de una tesis doctoral finalizada en el año 2015 [130], y tiene como objetivo advertir a la población en riesgo, autoridades y agencias relacionadas con la GE, de la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud (superior o igual a siete en la escala de Richter), antes de que las ondas de mayor amplitud lleguen a la zona de interés.

Basa su operación sobre una red inalámbrica conformada por los teléfonos inteligentes (SP, *SmartPhones*) de los usuarios que se encuentren registrados y dentro de la zona de cobertura del sistema. Los SP utilizan sus sensores (ej. acelerógrafo, brújula, giroscopio, GPS) para obtener datos telemétricos del entorno (ej. posicionamiento, latitud, longitud, fecha, hora, magnitud, intensidad) que permitan determinar la ocurrencia de un evento sísmico de peligro. La información obtenida por los SP es enviada y recolectada en unos servidores (servidores intermedios) donde son procesados y analizados para verificar si realmente se ha producido o no un terremoto. De confirmarse la ocurrencia del desastre, los servidores intermedios devolverán a los SP y enviarán a las agencias y autoridades correspondientes, las alertas que permitan proteger a la población y preparar una respuesta al incidente.

La arquitectura del SATT tiene un carácter jerárquico y se compone de tres capas:

- La capa 1 es básicamente una red de nodos de sensorización que obtienen los datos telemétricos del entorno.

Para que un SP pueda registrarse en el sistema, debe tener instalada la aplicación “*e-quake*”, la cual permite distinguir entre los movimientos habituales de los usuarios (ej. caminar, correr, agacharse) y un evento sísmico real.

E-quake opera de forma transparente para el usuario y ha sido diseñada pensando en optimizar el consumo de la batería y la reconexiones a la red de ser necesarias. Permite la transmisión de información y el envío de notificaciones de forma fácil y eficiente, por medio de la utilización del Protocolo de Transporte de Telemetría por Cola de Mensajes (MQTT, *Message Queue Telemetry Transport*) [131], el cual es ideal para aplicaciones móviles, debido a su pequeño tamaño y bajo consumo de energía.

- La capa 2 está compuesta por los servidores intermedios, los cuales son los responsables de procesar y analizar estadísticamente los datos provenientes de los SP, para verificar si un evento sísmico de relevancia se ha producido. De ser el caso, se generan las alertas correspondientes para informar, tanto a los SP en la capa 1 como a los responsables estratégicos y agencia de protección y ayuda humanitaria en la capa 3, del acaecimiento de un terremoto.

El análisis estadístico se realiza en base al modelo de fusión de datos JDL (*Joint Directors of Laboratories*), que fue diseñado por el DoD en 1997 [132].

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

- La capa 3 representa el C2. Utiliza la información proveniente de los servidores intermedios para obtener una conciencia situacional precisa y tomar las decisiones acordes con el desastre en base a la misma. La capa 3 es la encargada de la gestión del SATT así como también de colaborar con las agencias de protección y ayuda humanitaria.

El sistema también contempla acciones posteriores al terremoto, donde cada SP podrá enviar al centro de control información como comentarios, fotos o vídeos, que colaboren con el control y seguimiento de la evolución del incidente.

La contribución más importante de este SATT, está en su capacidad de detección de sismo y envío de notificaciones en tiempo real, lo cual permite ganar algunos segundos o minutos que podrían marcar la diferencia entre la vida y la muerte de los afectados.

Así también, la arquitectura aprovecha las capacidades multi-interfaz de los SP, para otorgar redundancia y resiliencia a las comunicaciones, considerando que, en una situación de emergencia muchas de las redes y sistemas de comunicación pueden sufrir caídas de servicio o congestión. El sistema permite conmutar automáticamente de una red a otra si se detecta una pérdida de conectividad (ej. Bluetooth, WiFi, 3G o 4G), tratando de garantizar que los SP puedan interactuar con los servidores intermedios por medio de alguna de estas tecnologías.

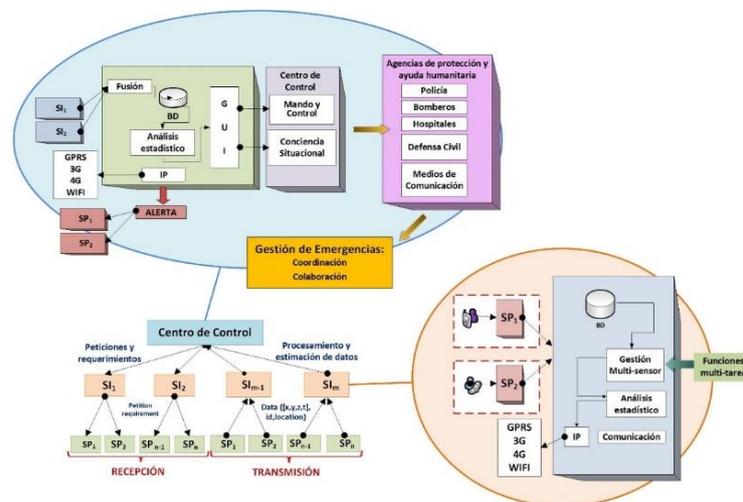


Figura 51. Arquitectura del sistema de alerta temprana para terremotos basada en smartphones

A principios del 2016, se presentó en el IGEPN una propuesta para la implementación del SATT. La propuesta incluía un plan para adaptar la arquitectura del sistema a la estructura organizacional del ECU911. Lamentablemente la propuesta no tuvo la acogida deseada y el proyecto quedó suspendido.

El 16 de abril del 2016, un terremoto de ocho grados en la escala de Richter azotó la provincia de Manabí en la región costera del Ecuador. Pese a ser un país con un alto riesgo sísmico, el Ecuador no contaba con un SATT que le permita informar oportunamente a la comunidad sobre el acaecimiento de un terremoto. Ese día, más de 600 personas fallecieron y las pérdidas materiales ocasionadas superaron los 2000 millones de dólares.

Posterior a esta catástrofe, en julio 2016, durante las XXVI Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica organizadas en la Escuela Politécnica Nacional (EPN), se realizó una ponencia sobre este SATT y las ventajas que presenta. Esta vez, la propuesta tuvo buena acogida en las autoridades y público presente y en octubre de ese mismo año, fue difundida en las Jornadas de la EPN adscritas a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible (Habitat 3) que se desarrolló en Quito [30].

La arquitectura propuesta se muestra en la Figura 47.

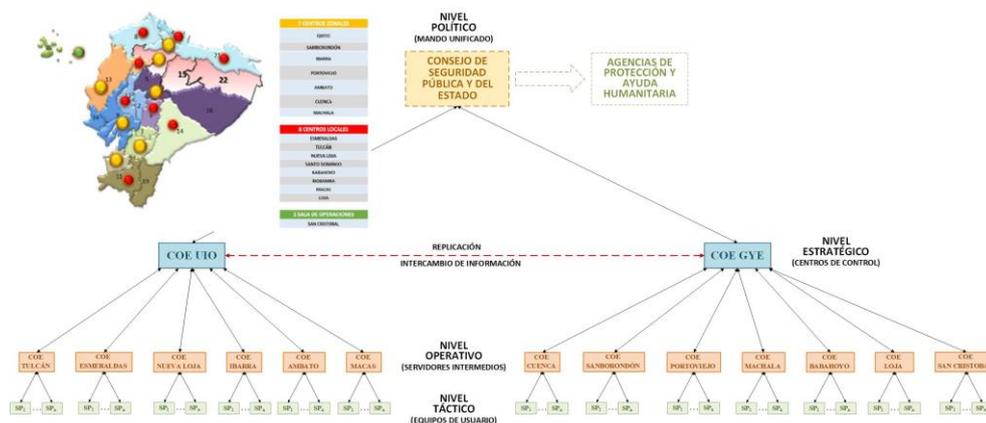


Figura 52. Sistema de alerta temprano para terremotos adaptado a la estructura organizacional del ECU911

4. Modelo organizacional para los Sistemas de Gestión de Emergencias

Acorde con el modelo organizacional, la propuesta contempla cuatro niveles de control: táctico, operativo, estratégico y político, los cuales deberán ser implementados respetando la arquitectura del SATT, tomando como servidores intermedios 13 de los COE existentes en la infraestructura física y organizacional del ECU911, y como puestos de C2, los COE ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

Los puestos de C2 intercambiarán información periódicamente y se replicarán con el objetivo de obtener una conciencia común de la situación y otorgarle resiliencia al sistema. El Consejo de Seguridad Pública y del Estado representa el nivel político, tiene contacto permanente con los puestos de C2, y de acuerdo a la información proporcionada por los mismos, tomará las decisiones que mejor considere para gestionar la emergencia.

Lamentablemente, y confirmando nuestra hipótesis sobre la necesidad de una gestión integral, que incluya a todas las agencias involucradas con la seguridad y bienestar social, que permita crear resiliencia y un desarrollo sostenible, el proyecto una vez más quedó suspendido debido al cambio de Gobierno y a las nuevas políticas de éste con respecto a la importancia de la GE.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La educación y la toma de decisiones basadas en el conocimiento, son la manera más adecuada para prevenir desastres en la sociedad

Carlos Welsh Rodríguez

5.1. Conclusiones finales

La presente tesis doctoral, describe la investigación y trabajos realizados para identificar, analizar y encontrar una alternativa a los problemas presentes en la GE. A continuación se presentan las principales conclusiones a las cuales se ha llegado luego de este arduo proceso de investigación, que responde a las motivaciones iniciales planteadas para su desarrollo.

- La importancia de la GE radica en el incalculable valor de la vida de las personas. La GE hace referencia al desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de las capacidades de la sociedad, para protegerse y enfrentar de la mejor manera posible cualquier tipo de desastre que se pueda presentar.
- La GE no sólo hace referencia a la respuesta ante la presencia de un desastre, sino a todas aquellas acciones destinadas a la prevención, protección, respuesta, recuperación y mitigación de los daños producidos por un incidente dañino, tanto en las fases anteriores al incidente como en las fases posteriores al mismo.
- La participación de múltiples agencias relacionadas con la protección y seguridad pública es indispensable para obtener el conjunto de recursos y capacidades que permitan gestionar cualquier tipo de incidente que se presente. Estas características por demás necesarias, también introducen problemas adicionales como la coordinación, colaboración y el establecimiento de las cadenas de mando, que permitan a las agencias y el personal involucrado, trabajar de manera conjunta y orientar sus esfuerzos en una misma dirección.
- El problema pasa por una gestión de emergencia integral y comprehensiva, en la que la participación de toda la comunidad (gobierno, afectados, personal de respuesta y ayuda humanitaria, etc.) es indispensable para alcanzar los niveles de seguridad y protección que se requieren y se necesitan.
- Los SGE son los responsables de materializar la GE. Proveen la estructura organizacional y de procesos para direccionar, controlar y coordinar los recursos y esfuerzos de las diferentes agencias involucradas en la GE.
- El modelo de calidad descrito en el capítulo 3, plantea un enfoque sistémico que parte por entender a los SGE como el engranaje principal para una GE de calidad. Identifica los factores que influyen sobre la calidad de un SGE y

permite determinar los problemas existentes dentro de sus estructuras organizacionales y de procesos.

- La agilidad y eficacia son capacidades indispensables en un SGE de calidad; permitiendo que el sistema se adapte a la imprevisibilidad y dinámica de los entornos emergenciales y cumpla con los estándares de calidad requeridos para su respuesta.
- El modelo organizacional descrito en el capítulo 4, expone las directrices generales para el diseño de arquitecturas y estructuras organizacionales ágiles y eficaces para los SGE, la misma que queda representada de forma general por un sistema de mando, control, información, interoperabilidad, comunicación, coordinación y colaboración.
- En ambientes complejos y diversos como en el caso de la GE, la interoperabilidad es la llave para la obtención de una visión precisa y común del entorno de operaciones, que permita tomar decisiones acordes con la realidad y una respuesta coordinada y colaborativa.
- En una emergencia, la información es uno de los activos más importantes para obtener una conciencia situacional precisa del entorno, tomar decisiones adecuadas, y coordinar las actividades de todos involucrados en pos de alcanzar los niveles de seguridad y protección requeridos. La producción y circulación de una información de calidad: precisa, inteligible y disponible, ayuda a generar confianza y credibilidad en la población civil, lo que a su vez facilita el entendimiento y cumplimiento de las decisiones adoptadas.
- Esta tesis doctoral, es un ejemplo claro de cómo la técnica y la gestión deben conjugarse para encontrar soluciones efectivas a problemas reales.

5.2. Trabajo futuro

Durante el desarrollo de cualquier investigación, siempre surgen nuevas líneas y quedan puntos pendientes de abordar o desarrollar. Como parte final de esta memoria, se exponen algunas de las actividades y temáticas que se piensan abordar a mediano y corto plazo, con el objeto de ahondar los conocimientos sobre esta línea de investigación.

- De manera general, se tiene proyectado seguir ampliando esta investigación, con base en el desarrollo de herramientas y sistemas que ofrezcan nuevas y mejores ayudas para gestionar las emergencias, con base en las actuales tecnologías disponibles. Un ejemplo de esto, está en los sistemas ciberfísicos, los cuales fusionan el entorno físico con el ciber, ofreciendo herramientas y ayudas para tomar decisiones y acciones coherentes con las amenazas y riesgo actuales.
- Dado que la presente tesis doctoral se ha desarrollado con el financiamiento del Estado ecuatoriano, a través de una beca de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), dentro del futuro inmediato, se tiene pensado utilizar los dos modelos desarrollados y los resultados obtenidos del análisis preliminar del ECU911, para proponer un plan de mejoras al SGE ecuatoriano que permita llevar al Ecuador al siguiente nivel en cuanto a la GE, seguridad y bienestar social.
- Actualmente se encuentra en fase de desarrollo el proyecto “*Ecuador Smart Safe City: Sistema de rescate antisequestros en tiempo real utilizando IoT*”. El proyecto es desarrollado por la EPN con la colaboración del SATRD, y busca mejorar la colaboración entre las agencias de seguridad y ayuda humanitaria involucradas en la gestión de secuestros. Para su desarrollo, se están considerando tanto el modelo de calidad como el modelo organizacional propuesto en esta memoria.
- De igual forma, el “Programa de Investigación para el Mejoramiento de la Resiliencia de la Ciudad de Cali a partir de la implementación de soluciones basadas en TIC”, se encuentra en su fase inicial y cuenta con la participación del SATRD. El programa contempla la implementación de una plataforma de interoperabilidad que permita a las instituciones de seguridad fronteriza de Ecuador y Colombia, colaborar en pos de mejorar el control migratorio y el

tráfico ilegal de mercancías. Como base de la plataforma se está tomando como referencia el modelo organizacional presentado en esta investigación.

- Uno de los problemas más importantes para evaluar la calidad de los SGE, está en la casi inexistente información disponible respecto a los parámetros descritos en este trabajo. Se tiene pensado, a mediano plazo, desarrollar y definir diferentes tipos de indicadores que permitan llevar a cabo un análisis y evaluación más precisa y exhaustiva en cuanto a la calidad en los SGE.

Referencias

La naturaleza no es cruel, sólo despiadadamente indiferente.

Esta es una de las lecciones más duras que el ser humano tiene que aprender

Richard Dawkins

- [1] B. Wayne, *Guide to Emergency Management and related terms, definitions, concepts, acronyms, organizations, programs, guidance, executive orders & legislation*, FEMA, 2008.
- [2] Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, «Manual para situaciones de emergencia,» ACNUR, 2012.
- [3] Federal Emergency Management Agency, *Course IS-0230.d: Fundamentals of Emergency Management*, FEMA, 2015.
- [4] F. E. M. A. FEMA, «Intro to Incident Command System - Course IS-100.b,» 2014.
- [5] B. S. I. BSI, «Disasters and Emergency Management Systems,» British Library Cataloguing in Publication Data, London, 2008.
- [6] M. J. Izu Belloso, *De la protección civil a la gestión de emergencias*, Zaragoza 2009.
- [7] UNISDR, «United Nations Office fo Disaster Risk Reduction,» [En línea]. Available: <https://www.unisdr.org/we/inform/disaster-statistics>. [Último acceso: 7 Julio 2017].
- [8] EUSKALIT, *Calidad Total: Principios y Modelos de Gestión*, Biskaia: EPE 2011.
- [9] International Organization for Standardization, *ISO 9000*, Ginebra (Suiza): ISO, 2005.
- [10] L. K. Gaitán Rebollo, *Diseño de un modelo de gestión de calidad basado en los modelos de excelencia y el enfoque de gestión por procesos*, Barranquilla (Colombia): Fundación Universidad del Norte - Departamento de Ingeniería Industrial, 2007.
- [11] Generalitat Valenciana, «Centro de Coordinación de Emergencias,» 13 11 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.presidencia.gva.es/web/emergencias/centro-de-coordinacion-de-emergencias>.

- [12] Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, 13 11 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.ecu911.gob.ec/>.
- [13] B. Hernandis Ortuño, *Metodología del diseño*, Valencia, Valencia: Universitat Politècnica de València, Grupo de Investigación y Gestión del Diseño, 2010.
- [14] Maxwell AFB, *Three Levels of War*, vol. 1, 1997.
- [15] UNISDR, «Global Assessment Report on Disaster Riks Reduction 2015» UNISDR, 2015.
- [16] J. Moffat, *THE RESPONSE TO HURRICANE KATRINA: A CASE STUDY OF CHANGING C2 MATURITY*, Defence Science and Technology Laboratory, 2008.
- [17] M. Zambrano, F. Pérez, M. Esteve y C. Palau, «Interoperability in Emergency Management. A Solution Based on Distributed Databases and P2P Networks» *Computer Sciencie and Information Systems*, 2018.
- [18] M. Zambrano, I. Pérez, F. Carvajal, M. Esteve y C. Palau, «Command and Control Information Systems Applied to Forest Fire Response» *IEEE Latin America Transaction*, vol. 15, nº 9, pp. 1735-1741, September 2017.
- [19] F. Pérez, M. Zambrano, M. Esteve y C. Palau, «A Solution for Interoperability in Crisis Management» *International Journal of Computers Communicationsd & Control*, vol. 12, nº 4, pp. 496-507, August 2017.
- [20] M. Zambrano, M. ESteve, I. Pérez, F. Carvajal y A. Zambrano, *Situation Awareness in the Large Forest Fires Response. A solution based on Wireless Mesh Networks*, Guatemala: IEEE ComSoc, 2017.
- [21] M. Zambrano, F. Pérez, M. Esteve, J. Hingant y A. Zambrano, «Interoperabilidad. La Clave para una Gestión de Emergencias Coordinada y Colaborativa» Quito, 2017.

- [22] M. Zambrano, I. Pérez, M. Esteve, J. Hingant y A. Zambrano, *Sistemas de Información para Mando y Control en la Gestión de Grandes Incendios Forestales*, XXVII ed., Quito: EPN, 2017, pp. 240-246.
- [23] M. Zambrano, M. Esteve, C. Palau y A. Zambrano, «Un Sistema de Alerta Temprana para Terremotos: Una propuesta innovadora y económica basada en Smartphones,» Quito, 2016.
- [24] M. Zambrano, M. Esteve y C. Palau, «How to Ensure Quality Standards in Emergency Management Systems» de *Wireless Public Safety Networks 1: Overview and Challenges*, vol. 1, Oxford, Elsevier, 2015, pp. 297-328.
- [25] M. Zambrano, A. Zambrano, M. Esteve y C. Palau, «An Innovative and economic Management of Earthquakes: Early Warnings and Situational Awareness in Real Time» de *Wireless Pública Safety Networks 3: Applications and Uses*, vol. 1, Oxford, Elsevier, 2017, pp. 19-32.
- [26] A. Zambrano, X. Calderón, S. Jaramillo, M. Zambrano, M. Esteve y C. Palau, «Community Early Warning Systems» de *Wireless Public Safety Networks 3: Applications and Uses*, vol. 1, Oxford, Elsevier, 2017, pp. 39-63.
- [27] European Commission, «Research and innovation FP7,» June 2016. [En línea]. Disponible: https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm.
- [28] FP7 European Union, «SECTOR,» 12 12 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.fp7-sector.eu/>.
- [29] FP7 European Union, «DESTRIERO» 29 July 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.destriero-fp7.eu>.
- [30] Organización de las Naciones Unidas, «Habitat III» 1 11 2016. [En línea]. Disponible: <http://habitat3.org/>.
- [31] European Commission, «Advanced Forest Firefighting» [En línea]. Disponible: <http://af3project.eu/>. [Último acceso: 22 March 2018].

- [32] Dirección de Prestaciones Médicas - Gobierno de México, *Taller-Simulacro Evacuación de Unidades Hospitalarias con énfasis en áreas críticas*, México, 2014.
- [33] Comité Internacional de la Cruz Roja, *Protocolo I adicional a los Convenios de Ginebra de 1949*, Ginebra, 1949.
- [34] C. A. Gibson y M. Tarrant, «A 'Conceptual Models' approach to organisational resilience» *The Australian Journal of Emergency Management*, vol. 25, nº 2, pp. 6-12, 2010.
- [35] Asociación Española de Normalización y Certificación, *UNE - ISO 22320. Protección y seguridad de los ciudadanos - Gestión de emergencias - Requisitos para la respuesta a incidentes*, Madrid: AENOR, 2013.
- [36] Estrategia Internacional para la reducción de desastres (EIRD), «Estrategia Internacional para la reducción de desastres - Las Américas» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>.
- [37] Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), «Manual para situaciones de emergencia,» ACNUR, 2012.
- [38] British Standard Institution (BSI), «*Crisis management - Guidance and good practice*» British Standard Limited, 2014.
- [39] International association of Emergency Managers (IAEM), «*International association of Emergency Managers - España*» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://www.iaem.es/?page_id=35.
- [40] Federal Emergency Management Agency (FEMA), «*Fundamentals of Emergency Management - Course IS-0230.d*» 2015.
- [41] M. E. Baird, *The "Phases" of Emergency Management*, Intermodal Freight Transportation Institute (ITFI) University of Memphis, 2010.
- [42] FEMA, *National Protection Framework*, 2014.

- [43] Springer, «Springer Link,» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-4399-4_197.
- [44] Federal Emergency Management Agency (FEMA), «Intro to Incident Command System - Course IS-100.b» 2014.
- [45] Ministry of Community Safety and Correctional Services, «Incident Management System» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: https://www.emergencymanagementontario.ca/english/emcommunity/ProvincialPrograms/IMS/ims_main.html.
- [46] British Standards Institution (BSI), «Disasters and Emergency Management Systems» British Library Cataloguing in Publication Data, London, 2008.
- [47] AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación, «UNE - ISO 22320. Protección y seguridad de los ciudadanos - Gestión de emergencias - Requisitos para la respuesta a incidentes» AENOR, Madrid, 2013.
- [48] E.-P. Döbbling, «Emergency Management - Global best practice for an incident response system,» *ISO Focus+*, pp. 13-15, 2012.
- [49] Department of Defense of USA(Dod), *Doctionary of Military and Associated Terms (JP 1-02)*, NIPRNET, 2010.
- [50] D. S. Alberts y R. E. Hayes, *Understanding Command and Control*, Washington: CCRP Publication Series, 2006.
- [51] M. Mielke y German Society of Information and Data Quality, *Managing Information Quality*, 2007.
- [52] E. Cubeiro Cabello, «Los Sistemas de Mando y Control: Una visión histórico-prospectiva» *DIALNET*, nº 271, pp. 31-56, 2001.
- [53] B. Brehmer, *The Dinamyc OODA Loop. Amalgamating Boyd's OODA Loops and the Cybernetic Approach to Command and Control - The Future of C2*, Stockholm - Sweden: CCRP, 2005.

- [54] A. J. M. Repetto y N. Espindola, «Interoperabilidad y Comunicaciones Utilizando P2P en Sistemas de Comando y Control para Emergencias y Catastrofes» de *Congreso argentino de Cicencias de la Computación*, CABA, 2010.
- [55] Organización Panamericana de la Salud (OMS), «Gestión de la información y comunicación en emergencias y desastres» Panamá, 2009.
- [56] International Organization for Standardization, *International Organization for Standardization*, 2018.
- [57] UNISDR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres, «Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNISDR)» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: <http://eird.org/americas/noticias/normas-iso-para-reducir-los-desastres.html>.
- [58] ISO, «ISO TC 223. History» [En línea]. Disponible: <http://www.isotc223.org/about-isotc-223/history/>. [Último acceso: 13 March 2018].
- [59] ISO/PASS-22399, «ISO/PASS-22399» 2007. [En línea]. Disponible: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:pas:22399:ed-1:v1:en>.
- [60] ISO-22301, «ISO-22301. CONTINUIDAD DE LAS OPERACIONES,» 2012. [En línea]. Disponible: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22301:ed-1:v2:en>.
- [61] ISO-31000, «ISO-31000» 2009. [En línea]. Disponible: <http://solomantenimiento.blogspot.com.es/2012/05/norma-iso-310002009-gestion-del-riesgo.html>.
- [62] AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación, «Gestión de Emergencias» Mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://www.aenor.es/documentos/certificacion/folletos/articulo_gestion_emergencias.pdf.

- [63] F. E. M. A. FEMA, «About FEMA» 10 Junio 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.fema.gov/about-agency>.
- [64] FEMA, «FEMA. About de Agency» [En línea]. Disponible: <https://www.fema.gov/about-agency>. [Último acceso: 13 March 2018].
- [65] Federal Agency Management System, FEMA, *Integrated Emergency Management System*, 1983.
- [66] Agencia Internacional de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID), *Curso Básico Sistema de Comando de Incidentes*, International Resources Group (IRG), 2012.
- [67] USAID, United States Agency International Development, «Curso Básico Sistema de Comando de Incidentes» 2012.
- [68] M. Sangüesa Sánchez y U. d. Navarra, *Manual de Gestión de Calidad*, Pamplona (Navarra), 2003.
- [69] J. Strickland y P. Angiola, *Total Quality Management in the Department of Defense*, vol. 43, Toronto, Otario: ASQ, 1989, pp. 806-811.
- [70] R. W. Hoyer y B. Y. Hoyer, «¿Qué es calidad?», *Quality Progress*, 2001.
- [71] K. M. Torres Saumeth, T. S. Ruiz Afanador, L. Solís Ospino y F. Martínez Barraza, *Calidad y su evolución: una revisión*, vol. 10, Dimensión Empresarial, 2012, pp. 100-107.
- [72] M. C. Cubillos Rodriguez y D. Rozo Rodriguez, «El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad» *Revista de la Universidad de La Salle*, nº 48, pp. 80-99, 2009.
- [73] J. I. Sotomayor Moreno, «La evolución de las generaciones de la calidad» *Investigación Administrativa*, nº 88, pp. 41-51, 2001.
- [74] Lean Manufacturing 10 , «TQM (Total Quality Management)» [En línea]. Disponible: <https://leanmanufacturing10.com/calidad-total-tqm>. [Último acceso: 26 January 2018].

- [75] Auditoria de la Calidad en Salud, «Ciclo PHVA» Junio 2015. [En línea]. Disponible: <http://auditoriadelacalidadensalud.jimdo.com/curso-de-gerencia/plataforma-estrategica/>. [Último acceso: 2015 07 21].
- [76] M. E. Díaz Moreno y H. S. Urett Barón, *Diseño y documentación de un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma ISO 9001:2000*, Sartenejas, Caracas, 2005.
- [77] J. Beltrán Sanz, M. Carmona Calvo, R. Carrasco Pérez, M. Rivas Zapata y F. Tejedor Panchon, *Guía para una gestión basada en procesos*, Sevilla: Instituto Andaluz de Tecnología, 2009.
- [78] ISO-9001, «Sistema de gestión de la calidad - Requisitos» 2008.
- [79] ISO, «Sistema de gestión de la calidad - Principios para la mejora del desempeño» 2009.
- [80] European Foundation for Quality Management, «EFQM. Leading Excellence» 23 January 24. [En línea]. Available: <http://www.efqm.org/the-efqm-excellence-model>.
- [81] P. M. I. PMI, «Project Management Institute» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.pmi.org/>.
- [82] D. Dishno, *Project Management Skills for All Carees*, USA: Project Management Open Source, 2012.
- [83] K. Pearlson y C. Saunders, *Managing and Using Information Systems: A Strategic Approach*, John Wiley & Son Inc., 2006.
- [84] L. López Lozada y P. Sánchez Solano, «Pensamiento Estadístico para los Empresarios del Siglo XXI» *Industrial*, pp. 3-9, 2004.
- [85] A. Timberlake , *Quality, Quantity, Cost: Which is Your Driver?*, Atlanta, Georgia: Intitute of Paper Science and Technology, 1999.
- [86] G. Camy Guerrero, «La Cuarta Generación de la gestión» Valparaíso, 1996.
- [87] P. Arenas y A. Edgar, «La gestión del conocimiento: el triángulo de Joiner o la pirámide de Joiner-Arenas» Junio 2015. [En línea]. Available:

<http://www.entorno-empresarial.com/archivo/articulo/372/la-gestion-del-conocimiento-el-triangulo-joiner-o-la-piramide-joiner-arenas>.

- [88] G. R. Jones, *Teoría Organizacional. Diseño y Cambio en las Organizaciones*, 5ta. ed., México: Prentice Hall, 2008.
- [89] C. De Izcue Arnillas, A. Arriaran Schaffer y Y. Tolmos Mantilla, *Apuntes sobre Estrategia Organizacional*, La Punta, Callao: División de Publicaciones de la Escuela Superior de Guerra Naval, 2013.
- [90] C. Von Clausewitz, *De la Guerra*, Madrid: La Esfera de los Libros, 2005.
- [91] A. H. De Jomini, *The art of War*, Maryland: Arc Manor, 2007.
- [92] A. Caselles Moncho, *Modelización y Simulación de Sistemas Complejos*, Valencia, Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia, 2008.
- [93] G. Cocho, C. alcaraz Torres, J. Torres Nafarrate, G. Duval, P. Miramontes, O. Miramontes y J. L. Gutiérrez Sánchez, *Perpectivas en las Teorías de Sistemas*, Segunda ed., U. N. A. d. México, Ed., Siglo Veintiuno, 2014, pp. 83-92.
- [94] E. Urteaga, *La teoría de Sistemas de Niklas Luhmann*, vol. XV, Málaga: Universidad de Málaga, 2010, pp. 301-317.
- [95] Universidad de Oviedo, *Sistemas en Tiempo Real*, Oviedo, 2002.
- [96] H. Kopetz, *Real-Time Systems. Design Principles for Distributed Embedded Applications*, Second ed., Wien: Springer, 2011.
- [97] Naciones Unidas y Banco Interamericano de Desarrollo (BID), «Información para la gestión de riesgo de desastres» Galera, México, 2007.
- [98] D. Upon, «The Management of Manufacturing Flexibility» *California Management Review*, vol. 36, núm. 2, pp. 72-89, 1994.
- [99] Organization of American States, *Information and Communication Technologies for Mitigation of Natural Disasters*, Washington, 2008.

- [100] Ajuntament de Barcelona, *El impacto de las TIC en la gestión de emergencia y la seguridad*, Barcelona, 2012.
- [101] D. S. Alberts, *The Agility Imperative*, CCRP, 2010.
- [102] Á. López Cabrales y R. Valle Cabrera, «Capital humano, prácticas de gestión y agilidad empresarial: ¿están relacionadas?» *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol 17, núm. 2, pp. 155-178, 2008.
- [103] L. Tejada, «Co-Innovación: Orquestación Empresarial» SONDA, 17 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.sonda.com/es/columnas/co-innovacion-orquestacion-empresarial/>.
- [104] I. Skotnicka, *Modelos de co-innovación o innovación colaborativa*, 2018.
- [105] A. Ruelas-Gossi y D. N. Sull, *Orquestación estratégica. La clave para la agilidad en el escenario global.*, 2006.
- [106] Generalitat Valenciana, «Centro de Coordinación de Emergencias de la Generalitat» 30 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.presidencia.gva.es/web/emergencias/centro-de-coordinacion-de-emergencias>.
- [107] Instituto Nacional de Administración Pública, «Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a Emergencias» 30 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://laadministraciondia.inap.es/noticia.asp?id=1162449>.
- [108] O. S. Guarás, *112 Comunitat Valenciana*, 12 ed., Valencia, 2016.
- [109] Ericsson, *Cut Time Save Lives*, Stockholm, 2010.
- [110] Carmenta, «Carmenta Coordcom» [En línea]. Available: <https://www.carmenta.com/en/products/carmenta-coordcom>. [Último acceso: 31 January 2018].
- [111] Ministerio Coordinador de Seguridad, *Seguridad Integral. Planes y Agendas 2014-2017*, Quito, 2014.

- [112] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 30 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://www.buenvivir.gob.ec/agendas-zonales>.
- [113] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010*, Quito, 2007.
- [114] Organización Panamericana de la Salud, «5.2. El Centro de Operaciones de Emergencias de la OPS/OMS» 7 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://cursospaíses.campusvirtualsp.org/mod/page/view.php?id=25157>.
- [115] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, *Boletín oficial del Estado 13163*, 2013, p. 99337.
- [116] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado., *Boletín Oficial del Estado 13164*, 2013, p. 99432.
- [117] European Commission, The Union Civil Protection Mechanism Training Programme, Luxembourg: European Union, 2016.
- [118] Internationa Civil Defence Organisation, *Training Programm*, ICDO, 2015.
- [119] Emergency Management Intitute FEMA, *Emergency Management Intitute Programms*, FEMA, 2018.
- [120] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*, New York: IEEE, 1990.
- [121] D. Chen, G. Doumeingts y F. Vernadat, *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future*, Elsevier, 2008.
- [122] A. P. Williams, *Agility and Interoperability for 21st Century Command and Control*, vol. 4, CCRP, 2010.
- [123] S. A. Morris y D. J. McManus, «Information Infrastructure Centrality in the Agile Organization» *Information System Management*, vol. 14, pp. 8-12, 21 December 2006.

- [124] NATO, *Overview of the Joint C3 Information Exchange Data Model*, North Atlantic Treaty Organization - MIP, 2012.
- [125] D. Pack y C. Coleman, *Assessing Interoperability in Emergency Management Standards*, Huntsville: IEEE, 2008, pp. 334-339.
- [126] DHS, *Emergency data Exchange Language. Suit of Standards*, Department of Homeland Security, 2014.
- [127] Atos, «Making the City Safe,» [En línea]. Available: <https://atos.net/wp-content/uploads/2016/06/atos-emergency-response-summa-madrid-case-study.pdf>. [Último acceso: 12 December 2017].
- [128] D. C. Hay, *National Information Exchange Model. Core Evaluation*, Houston: Essential Strategies International, 2014.
- [129] Apache Software Foundation, «Apache Cassandra» [En línea]. Available: <http://cassandra.apache.org/doc/latest/architecture/index.html>. [Último acceso: 17 January 2017].
- [130] A. Zambrano, *Arquitectura de un Sistema Distribuido para Gestión de Emergencias Sísmicas*, Valencia: Universitat Politècnica de València, 2015.
- [131] U. Hunkeler, H. Linh Truong y A. Stanford-Clark, *MQTT-S – A Publish/Subscribe Protocol For Wireless Sensor Networks*, Bangalore: IEEE, 2008.
- [132] A. Steinberg, C. Bowman y F. White, *Revisions to the JDL Data Fusion Model*, vol. III, Orlando, 1999.
- [133] MongoDB Inc., «mongoDB» 2017. [En línea]. Available: <https://www.mongodb.com/json-and-bson>.