

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

Bogotá, D.C

2015

Análisis de la Relación entre las estrategias de control y la discrepancia de tiempo y mortalidad en la ejecución de las actividades involucradas en el sistema logístico humanitario colombiano a través de la metodología integral y dinámica.

Gerardo Alfredo Rodríguez Squeo

Trabajo de grado para optar al título de magister en diseño y gestión de procesos

Director:

MSc. Leonardo José González Rodríguez

Universidad de La sabana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Diseño y Gestión de Procesos

Bogotá, D.C

2014

Análisis de la Relación entre las estrategias de control y la discrepancia de tiempo y mortalidad en la ejecución de las actividades involucradas en el sistema logístico humanitario colombiano a través de la metodología integral y dinámica.

JURADO 1

JURADO 2

JURADO

DIRECTOR 1

DIRECTOR 2

Contenido

LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE ANEXOS.....	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	11
2. OBJETIVO.....	14
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. MARCO DE REFERENCIA.....	14
3.1. ANTECEDENTES.....	14
3.2. CONTEXTO COLOMBIANO.....	15
3.3. MARCO CONCEPTUAL.....	20
3.3.1. Logística Humanitaria.....	21
3.3.2. Fases del desastre.....	21
3.3.3. Work Breakdown Structure (WBS).....	24
3.3.4. Organization Breakdown Structure (OBS).....	26
3.3.5. Matriz de responsabilidades.....	26
3.3.6. Estrategia de control.....	28
3.3.7. Analytical Hierarchy Process (AHP).....	29
3.3.8. Dinámica de sistemas.....	29
3.4. VARIABLES.....	29
3.5. HIPOTESIS.....	30
4. METODOLOGÍA.....	30
5. CARACTERIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE BUSQUEDA Y RESCATE	32
5.1. Estructura OBS del Subsistema de búsqueda y rescate.....	36
5.2. Estructura WBS del Subsistema de búsqueda y rescate.....	39
5.3. Matriz de responsabilidad del subsistema de búsqueda y rescate.....	42
5.3.1. Matriz de procedencia	43
5.4. Recursos.....	44
6. IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.....	45
6.1. Estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria	45
6.2. Aplicación de AHP para la elaboracion de la estrategia de control.....	48
6.3. Elaboración de la estrategia de control.....	51
7. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL APLICADA A LA LOGISTICA HUMANITARIA.....	50
7.1. Analisis de la estructura sistémica.....	50
7.2. Construcción del Modelo Dinámico.....	51

7.2.1.	Distribución de recursos en el modelo.....	56
7.2.2.	Modelación de los parametros de mortalidad.....	58
7.3.	Validación del modelo	62
7.4.	Mecanismo de control: Tolerancias y multimodos.....	64
7.4.1.	Estrategias de control.....	67
8.	EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	68
8.1.	Experimentación con el modelo.....	68
8.2.	Resultados y Análisis de resultados.....	69
9.	CONCLUSIONES.....	74
10.	RECOMENDACIONES.....	76
11.	REFERENCIAS.....	77

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1:	Composición de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.	18
Figura 2:	Sistema Logístico Humanitario Colombiano.....	19
Figura 3:	Fases de atención de un desastre.....	23
Figura 4:	Metodología de la investigación	31
Figura 5:	Convenciones de la matriz de responsabilidad.....	43
Figura 6:	Diagrama causal de la cantidad de muertes de un desastre.....	51
Figura 7:	Diagrama de Forrester de actividades del subsistema de búsqueda y rescate.	53

Figura 8: Programación de las tablas de variables endógenas y exógenas.....	55
Figura 9: Diagrama de Forrester para los recursos asignados a la actividad 6 del subsistema de búsqueda y rescate.....	56
Figura 10: Diagrama de Forrester para el Ciclo de asignación de recursos “Carros”.....	57
Figura 11: Diagrama de Forrester para la modelación de parámetros de mortalidad.....	59
Figura 12: Nivel de total de muertos.....	61
Figura 13: Diagrama de Forrester para la modelación de la duración planificada y real del proyecto.....	63
Figura 14: Diagrama de Forrester para la representación de la discrepancia en el proyecto.....	65
Figura 15: Diagrama de Forrester para el modo de asignación de recursos.....	66
Figura 16: Bucle de control.....	67
Figura 17: Promedio de duración del proyecto por estrategia.....	70
Figura 18: Promedio de mortalidad por estrategia.....	71
Figura 19: Gráfico de rangos para la duración.....	71
Figura 20: Gráfico de rangos para la mortalidad.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Priorización de actividades por etapa.....	22
Tabla 2: Niveles de trabajo para la construcción de un WBS.....	24
Tabla 3: Convenciones para la elaboración de una matriz de responsabilidades.....	27
Tabla 4: Resumen de sistema de apoyo.....	33
Tabla 5: Objetivo y fuentes de validación en la caracterización del sistema de apoyo de Búsqueda y rescate.....	36
Tabla 6: Matriz de Precedencia de sistema de búsqueda y rescate.....	44
Tabla 7: Artículos de investigación referentes a estrategias de control.....	46
Tabla 8: Artículos de investigación que presentan indicador de cumplimiento del plan.....	47
Tabla 9: Artículos de investigación que presentan indicador de cumplimiento del plan.....	47
Tabla 10: Artículos de investigación que presentan acciones correctivas.....	47

Tabla 11: Cuadro de escala de comparación AHP.....	49
Tabla 12: Clases de victimas que se producen en un terremoto.....	58
Tabla 13: Clasificación porcentual de victimas según clases establecidas por (Crippen, 2001).....	59
Tabla 14: Peso de las actividades de la ruta crítica.....	62
Tabla 15: Estrategias y tolerancias.....	68
Tabla 16: Intervalos de confianza de las estrategias de control.....	69
Tabla 17: Grupos de estrategias.....	72

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ESTRUCTURA OBS DEL SISTEMA DE APOYO BÚSQUEDA Y RESCATE.....	81
ANEXO B ORGANIGRAMA DE ENTIDADES (COORDINADORAS Y DE APOYO).....	82
ANEXO C. ESTRUCTURA WBS DEL SISTEMA DE APOYO BUSQUEDA Y RESCATE.....	85
ANEXO D. MATRIZ DE RESPONSABILIDAD DEL SISTEMA DE APOYO BUSQUEDA Y RESCATE.....	86
ANEXO E. ARTICULOS DE CONTROL EN LOGISTICA VS CARACTERISTICAS DE LA ESTRATEGIA DE CONTRO.....	87
ANEXO F. TABLA DE RECURSOS.....	88

ANEXO G. EJEMPLO DE MATRIZ DE VALORACION DE CARACTERISTICAS DE ESTRATEGIA DE CONTROL.....	89
---	----

RESUMEN

El presente trabajo busca analizar la relación que hay entre las estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria y el efecto que estas puedan tener sobre el tiempo de ejecución de las actividades y la mortalidad en un desastre. Para lograr esto se procedió a realizar la caracterización del sistema logístico humanitario colombiano, específicamente en el subsistema de búsqueda y rescate, con el fin de poder identificar cuáles son las actividades involucradas, los responsables y los recursos que son utilizados.

Se realizaron entrevistas a profesionales de los entes encargados en conjunto con la aplicación de las técnicas de OBS, WBS y matriz de responsabilidades, para

poder desglosar el subsistema de búsqueda y rescate e identificar procedencias, dependencias entre actividades, recursos y responsables.

Seguidamente, se realizó una búsqueda en literatura publicada, en donde se identificaron estrategias de control aplicadas a la logística en sus distintas áreas, pero no se evidenciaron estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria, lo que trajo como consecuencia la búsqueda identificación de características que permitieran la elaboración de una estrategia para el control en la logística humanitaria.

La jerarquización de estas características se realizó a través de la utilización del método AHP, lo cual permitió elegir las potenciales características que permitiera construir la estrategia de control.

Posteriormente se realizó el análisis de la estructura sistémica y la elaboración del modelo con el fin de obtener el Modelo Dinámico del Sistema de Atención de desastres colombiano en la Fase de Respuesta.

Este trabajo encontró que la estrategia de control más efectiva sobre el subsistema de búsqueda y rescate fue, la conformada por tolerancias pequeñas permitiendo realizar control continuo sobre las actividades del subsistema disminuyendo la discrepancia en tiempo y mortalidad. Esto permitió aceptar la hipótesis debido a que la tolerancia aplicada a la estrategia de control logístico es directamente proporcional a la mortalidad y a la duración de proyecto.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han producido acontecimientos naturales con efectos de destrucción de la vida humana, de la vida natural, de las infraestructuras, de las condiciones de vida, de pérdida de patrimonio (obras de arte, efectos documentales, bellezas naturales). Estos hechos originan víctimas, daños y desplazamientos de grandes masas de población, y siempre o casi siempre, con una desorganización de la vida social y de la conducta humana que hace aconsejable la declaración legal de la emergencia, Muchas veces las consecuencias de uno y otro tipo de desastres son similares y es necesaria la intervención de un elemento superior que contribuya a paliar el sufrimiento y la desgracia, en numerosas ocasiones, ese elemento es la "Ayuda Humanitaria, [CITATION Muñ08 \l 8202].

Según[CITATION Mol08 \l 8202], la ayuda humanitaria puede definirse como el apoyo que los países se prestan en caso de catástrofe natural, aislada o más o menos permanente (como las sequías) y aquella que se da en el contexto de los conflictos armados.

Cuando ocurren desastres de gran envergadura muchas organizaciones acuden a dar ayuda humanitaria y a la vez hay una gran movilización de personas, maquinaria, alimentos y medicinas que tienen que ser suministradas en corto tiempo[CITATION Kov07 \l 8202]:[CITATION Olo06 \l 8202].

Es por eso que la logística humanitaria cumple un papel fundamental en la integración de las actividades de socorro cuando se presentan estas situaciones de contingencia convirtiéndose en un término genérico para un conjunto mixto de operaciones que cubre casos de desastre, así como el apoyo continuo para el desarrollo de las regiones[CITATION Tho05 \l 8202].

Todo esto trae como consecuencia, [CITATION Olo06 \l 8202]; [CITATION Van06 \l 8202][CITATION Tho05 \l 8202], que las operaciones logísticas de ayuda humanitaria presenten un conjunto de problemas de coordinación entre actores, inventarios, congestión en bodegas y terminales de transporte, entre otros que provocan un aumento en los tiempos de respuesta en la atención de las víctimas de desastres y por lo tanto disminución de su bienestar.

[CITATION Kal11 \l 9226], Establece que las actividades relacionadas con la logística humanitaria pueden ser estructuradas como proyectos y es por eso que surge la necesidad de controlar la ejecución de los proyectos, debido a que los mismo presentan una naturaleza dinámica, y en muchas ocasiones se desarrollan en ambientes cambiantes, [CITATION Def98 \l 8202].

Con lo descrito anteriormente se establece como propósito analizar la relación que hay entre las estrategias de control aplicadas al sistema logístico humanitario colombiano y el efecto que estas puedan tener sobre el tiempo de ejecución de las actividades y la mortalidad en un desastre. Para lograr esto se procedió a realizar la caracterización del sistema logístico humanitario colombiano, específicamente en el subsistema de búsqueda y rescate, con el fin de poder identificar cuáles son las actividades involucradas, los responsables y los recursos que son utilizados, todo esto mediante la realización de entrevistas a profesionales de los entes encargados en conjunto con la aplicación de las técnicas de OBS, matriz de responsabilidad y WBS para poder desglosar el subsistema de búsqueda y rescate e identificar las actividades involucradas.

Seguidamente se identifican las técnicas para resolver el problema, con una búsqueda en literatura publicada, Para identificar estrategias de control aplicadas a la logística en sus distintas áreas y características que permitieran la elaboración

de una estrategia para el control en la logística humanitaria en conjunto con la aplicación de la metodología AHP, con el fin de construir la estrategia de control. Posteriormente se realizó el análisis de la estructura sistémica y la elaboración del modelo dinámico con el fin de obtener el Modelo Dinámico del Sistema de Atención de desastres colombiano en la Fase de Respuesta.

Luego se continúa con el proceso de experimentación en donde se procede a hacer la simulación para comparar y analizar el impacto de las distintas estrategias.

Para finalizar se realiza el análisis de resultados con pruebas de hipótesis estadísticas para así poder elegir la estrategia optima de control.

Esta investigación pretende desarrollar una estrategia que permita ejercer control sobre las actividades involucradas en la logística humanitaria mediante de dinámica de sistema con el fin de determinar cual genera mayor impacto sobre los tiempos de respuesta y sobre las fatalidades ocasionadas

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La actividad logística puede ser pensada como un proceso socio-técnico, que permite establecer una red social de los individuos que organizan una serie de actividades técnicas que utilizan sistemas de apoyo, tales como el transporte y las comunicaciones.

[CITATION Ver12 \l 8202], sostiene que la logística humanitaria es demasiado amplia para encajar perfectamente en una sola definición de las condiciones operativas, en un extremo del espectro se encuentran los esfuerzos de la logística humanitaria del tipo que se realiza en la recuperación de desastres a largo plazo y la asistencia humanitaria, donde la eficiencia operativa - similar a la logística comercial - es una consideración principal pero no es la misma, es por eso que la logística humanitaria o para la atención de desastres tiene características muy especiales que la diferencian o la hacen más compleja que la logística comercial o de negocios.

La Imprevisibilidad de la demanda en tiempo, ubicación, tipo y tamaño, demanda de una gran cantidad y amplia variedad de suministros para cubrir en tiempos cortos y falta de recursos en cuanto a la oferta en términos de gente, tecnología, capacidad de transporte y dinero son algunas de las diferencias entre la logística comercial y la humanitaria ([CITATION Kov09 \l 8202]; [CITATION Van06 \l 8202]; [CITATION Pet09 \l 8202]; [CITATION Bai08 \l 8202]).

Cuando ocurre un desastre gran cantidad y diversidad de organizaciones locales e internacionales, gubernamentales y no gubernamentales tales como

proveedores logísticos, fuerzas militares, ONG's, Gobierno, Agencias de ayuda y donantes de toda [CITATION Kov07 \l 8202]; [CITATION Olo06 \l 8202], acuden con el claro fin de prestar ayuda humanitaria a las víctimas del desastre pero debido a la diversidad de ayudas, no existe una estrategia de control de las actividades para la distribución de los recursos aumentando los tiempos de respuesta a la emergencia, costos y fatalidades.

Según [CITATION Cha10 \l 8202], existen muchas diferencias de cultura, modo de operar, especializaciones y procedimientos al momento de atender una emergencia de desastre, debido a que los participante son muchos y diversos provocando un desequilibrio en la distribución de recursos y aumentando los costos.

Las actividades de atención humanitaria presentan problemas logísticos de coordinación, suministros inapropiados, congestión en bodegas [CITATION Pet09 \l 8202]; [CITATION Per07 \l 8202], insuficiencia de depósitos en los destinos, exceso de inventarios en algunos lugares y ausencia donde se necesitan [CITATION Tho05 \l 8202]; es decir existe una discrepancia entre el plan establecido y lo ejecutado provocando el despilfarro de recursos, aumento en los tiempos de respuesta de atención, disminuyendo el bienestar de las víctimas y aumentando el riesgo de mortalidad de las mismas.

A su vez no hay evidencia de estrategias de control dentro de las actividades de logística humanitaria colombiana establecidas por la guía de actuación y protocolos del alto gobierno en caso de un desastre súbito de cobertura nacional.

Debido a esto, surge la necesidad de buscar estrategias de control que permitan disminuir la discrepancia entre el plan de atención de afectados y lo ejecutado para evitar el despilfarro de recursos, demoras y aumento de los tiempos de respuesta para así tener operaciones logísticas en la atención de desastres que conlleven al aumento del bienestar de la población vulnerable y de las víctimas de desastres.

Con base a lo expuesto en el Marco de Referencia y a la problemática expuesta anteriormente, para el desarrollo de esta investigación se toman dos supuestos que son:

1. **Que las actividades de logística humanitaria pueden ser estudiadas como proyectos:** Afirma [CITATION Kal11 \l 9226] y adopta [CITATION Gon11 \l 9226], considera que la prestación de un servicio puede verse como una serie de actividades que requieren recursos y tiempo para completarse, y la misma se estructura como un proyecto. Esto permite que las actividades desarrolladas por los entes involucrados que conforman el sistema logístico humanitario se estructuren como un conjunto de proyectos que tienen permitido compartir recursos e interactuar a través del ciclo logístico entre ellos.

2. **El manejo de recursos de las actividades permite controlar el proyecto**[CITATION She10 \l 9226],establece una metodología que consiste en tres pasos, 1) la fusión de datos para pronosticar la demanda de socorro en múltiples áreas lo cual permite pronosticar el uso de recursos que pudieran demandarse en el desastre, 2) un fuzzy clustering que permite clasificar área afectada en grupos, y 3) Criterios múltiples de decisiones para clasificar el orden de prioridad de los grupos de decisión, estos pasos permiten establecer un plan de pronóstico de los recursos necesarios sobre una situación real, en donde se pueda inferir lo que se necesita en cada actividad con un margen de error del 10%, basándose en disponibilidad de recursos y en prioridad de actividades.

Teniendo en cuenta lo definido en el problema y los dos supuestos concebidos para el planteamiento de esta investigación, la pregunta de investigación que se plantea es:

La integración de una estrategia de control para las actividades de logística humanitaria, citada en la literatura, ¿Permite una disminución en los tiempos de respuesta y en la mortalidad en las actividades involucradas con el control de recursos frente a una situación de desastre?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación entre estrategias de control en las actividades relacionadas con logística Humanitaria, mortalidad y tiempos de respuesta en el sistema logístico humanitario colombiano de atención de desastres, por medio de dinámica de sistemas, con el fin de diseñar una estrategia integral de control que permita aportar a la rápida recuperación del bienestar de la población afectada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el plan actual de atención de desastres para determinar las actividades que requieren de forma prioritaria estrategias de control dentro del sistema logístico humanitario colombiano, específicamente en el sistema de apoyo de búsqueda y rescate.

- Determinar la estrategia de control con mayor potencial de aplicación al sistema logístico humanitario colombiano a partir de la revisión de la literatura y de la utilización de herramientas de decisión multicriterial,
- Elaborar un modelo dinámico de control para el sistema logístico humanitario colombiano.
- Hallar el impacto de la estrategia de control identificada sobre la mortalidad y duración del proyecto entre lo planificado y lo ejecutado en las actividades de ayuda humanitaria colombiano.

3. MARCO REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

Algunos autores han estudiado casos puntuales de desastres ocurridos, como lo son [CITATION Olo10 \l 8202], caso Ciclón, [CITATION Ski10 \l 8202], caso Katrina, [CITATION Per07 \l 8202], caso Tsunami, [CITATION Tas10 \l 8202], caso huracanes.

A su vez encontramos autores que abordan problemas de logística humanitaria para dar respuesta rápida a situaciones de emergencias, entre ellos encontramos a [CITATION Cha10 \l 8202] y [CITATION Van06 \l 8202], autores como [CITATION Pet09 \l 8202], describen la importancia de realizar un plan estratégico para las operaciones de ayuda humanitaria, pero estos planos no muestran la incorporación clara de estrategias de control.

En los trabajos anteriormente descritos existe un avance importante en la búsqueda de estrategias para dar soluciones frente a situaciones de emergencia pero estas son estudiadas de forma aislada.

Sin embargo [CITATION Mor12 \l 8202], con su trabajo Análisis de la relación entre estrategias de gestión logística humanitaria y el tiempo de respuesta en la atención de desastres, brinda estrategias estructuradas para la gestión de sistemas logísticos humanitarios, que logran integrar los elementos más importantes o con mayor impacto en los tiempos de respuesta del sistema, sin tomar en cuenta casos particulares, a pesar de que esta no misma no brinda estrategias de control de recursos y costos sobre cada actividad involucrada en el sistema sirve como base para establecer estrategias de control sobre cualquier tipo de emergencia, sin que sean casos aislados.

Lo expuesto anteriormente unido a las investigaciones sobre control logístico como lo son, [CITATION Hoo08 \l 8202], con su trabajo Real-time supply chain control vía multi-agent adjustable autonomy donde establecen una propuesta enmarcada en 2 problemas de control de la cadena de suministro con cambios drásticos en el medio ambiente: una en el control de una instalación militar de

almacenamiento de material peligroso de acuerdo con la transición de la paz a la guerra, y el otro en la gestión del suministro durante una crisis (como la gripe aviar o ataques terroristas),[CITATION She07 \l 9226] Y [CITATION She10 \l 9226],por medio de las técnicas fuzzy y multicriterio para distribución logística y gestión de la demanda para actividades de control que están relacionadas con la distribución logística, y [CITATION Rob06 \l 8202], con su investigación referida a Sentido y Respuesta Logística de Predicción e integración, capacidad de respuesta, y capacidades de control en donde se establecen acciones de respuesta frente a posibles ocurrencias de acontecimientos y la capacidad de predecirlas, aportan estrategias de control utilizadas en diversas áreas de la logística y sirven de base para establecer las estrategias que van a ser objeto de estudio en el presente trabajo.

En la literatura revisada no se encontró una estrategia de control de las actividades involucradas en el sistema logístico humanitario que permitan optimizar el uso del tiempo, recursos y minimizar la mortalidad, ya existen una serie de estrategias de control en logística comercial y militar, pero ninguna orientada a la logística humanitaria, como si se plantea en el siguiente trabajo, donde su busca implementar una serie de estrategias que permita controlar las actividades dentro de un sistema logístico humanitario a través de los objetivos trazados.

3.2 CONTEXTO COLOMBIANO

Debido a la ocurrencia de una serie de desastres se vio la necesidad de crear un ente que se encargara de la gestión de los desastres súbitos de cobertura nacional, como lo fueron el Tsunami de Tumaco de 1979, el terremoto de Popayán de 1983 y la avalancha sobre Armero en 1985.

Es por eso que en 1988 es creado el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) bajo la Ley 46 de 1988, como red institucional (conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias) para el cumplimiento de esta función. Bajo la ley 46 de 1988 y el Decreto Ley 919 de 1989, se enmarcaron las funciones y responsabilidades de cada uno de los actores que integran el SNPAD.

Con el Decreto 4147 de 2011, se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), y bajo esa misma ley se establece su objeto y estructura de la SNPAD. Dentro de las funciones de la Subdirección para el Manejo de Desastres de la UNGRD (Artículo 19 Decreto 4147 de 2011), se enuncia: - Promover a nivel nacional y territorial, la preparación para la respuesta y la recuperación frente a desastres, así como definir y coordinar el diseño de guías, lineamientos y estándares para este proceso; - Orientar y promover acciones de organización para la respuesta, implementación de sistemas de alerta, capacitación, conformación de centros de reserva, mecanismos de albergues temporales, equipamiento, entrenamiento, entre otras tendientes a mejorar la preparación para la respuesta; - Coordinar la respuesta del SNGRD en situaciones declaradas de desastre; De acuerdo a esto se ha evidenciado la

necesidad de realizar la estandarización de los procesos logísticos de la preparación para la respuesta y la Atención de emergencias, enmarcados en un Sistema Logístico unificado y eficiente.

Los contextos de aplicabilidad del Sistema Logístico de Emergencias de la Unidad Nacional

Para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), se enmarcan en dos grandes procesos fundamentales:

- Logística en Operaciones
- Preparación para la Respuesta

La logística en operaciones contempla todos los aspectos de apoyo a las líneas de Intervenciones requeridas en la atención de emergencias, enmarcadas en la atención dentro de las primeras 72 horas y en el Plan de Acción Específico de Recuperación, según la Declaratoria de Calamidad Pública del Municipio y/o Departamento afectado.

El Sistema Logístico de la UNGRD opera mediante la integración de elementos, equipos, herramientas, procedimientos, redes y talento humano y está compuesto por:

1. Gestión de suministros

- Abastecimiento.
- Recepción de Suministros.
- Creación de bodega y/o punto de acopio y distribución logística.
- Descargue de Suministros.
- Control de Calidad y revisión de documentos y suministros.

2. Sistema de Control de Suministros

- Entrada, Inventarios y Salidas de Suministros.
- Estado de los elementos del Inventario.
- Políticas de Flujo de Inventarios.
- Formas para el Control y Verificación de Inventarios.

3. Almacenamiento

- Formas de Almacenamiento.
- Zonas a tener en cuenta dentro de una Bodega.

4 .Distribución

- Alistamiento.
- Planeación.
- Transporte y entrega.

- Cross Docking.
- Entrega a las familias beneficiadas.
- Legalización de la asistencia humanitaria de emergencia.

En estas funciones se puede observar que la UNGRD se encarga del control de inventarios de los recursos involucrados en el desastre, en donde se puede aplicar la estrategia establecida en este trabajo de grado.

En 2006 el SNGRD (antiguo SNPAD) publicó la guía de actuación y protocolos del alto gobierno en caso de un desastre súbito de cobertura nacional y a los cuales, bajo la nueva ley 1523, han tenido algunos cambios. Estos cambios, a la fecha, no han sido publicados oficialmente pero para el desarrollo de este trabajo se tuvieron en cuenta, pues fueron facilitados por miembros de la UNGRD.

El SNGRD se crea como sistema abierto, público, privado y comunitario; dirigido por el Presidente de la República y en las entidades territoriales por los respectivos gobernadores y alcaldes y para garantizar la ejecución de tres (3) procesos esenciales para el país: (i) proceso de conocimiento del riesgo, (ii) proceso de reducción del riesgo, y (iii) proceso de manejo de desastres. Se crea el Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo, como la instancia superior encargada de orientar, dirigir y planificar el Sistema Nacional, bajo la dirección del presidente de la República Este consejo se reúne por lo menos dos veces al año en condiciones de normalidad y, tantas veces como sea necesario, durante las situaciones de desastre. El Consejo Nacional está integrado por:

1. El Presidente de la República o su delegado, quien lo preside.
2. Los Ministros o sus delegados.
3. El Director General del Departamento Nacional de Planeación o su delegado.
4. El Director de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, que ejerce la secretaría del comité.

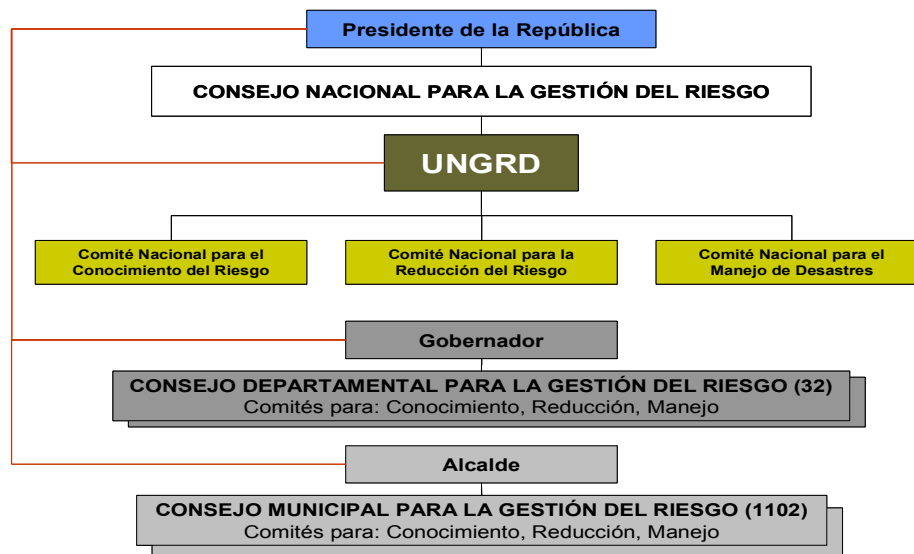


Figura 1: Composición de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

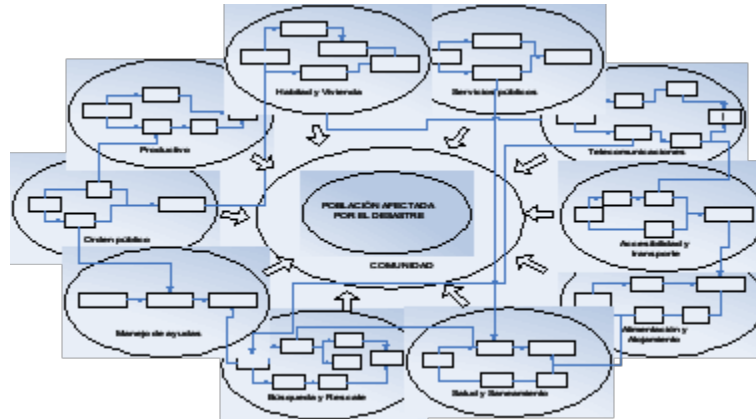
Fuente: Ley 1523 de 2012 Presentación de la Ley 1523 por Carlos Iván Márquez Pérez, Director General

En el momento en que ocurre un desastre súbito natural y de orden nacional, el esquema funcional del sistema Colombiano consiste en la activación inmediata de la Sala de Crisis de la UNGRD. En la Sala de Crisis se reúne el Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo, quienes determinan el rumbo de las acciones de sus equipos de trabajo para intervenir ante una situación de emergencia. En estado de normalidad el Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo realiza reuniones periódicas, pero al ocurrir un desastre, además del Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo, se convoca en la Sala de Crisis a los miembros del Comité Nacional para el Manejo de Desastres que no pertenecen al Consejo Nacional. En todos los casos, la disposición de las acciones nacionales durante la emergencia, deberán ser consultados y complementados con la organización para la atención del desastre que realizan las autoridades municipales y departamentales.

Una vez activada la Sala de Crisis, se toman las decisiones de atención del desastre y se delegan funciones y responsabilidades respecto a diez (10) grupos sectoriales o sistemas de apoyo. Estos están relacionados con los principales aspectos de ocupación en las situaciones de emergencia y son: (1) Sistema de Accesibilidad y Transporte, (2) Sistema de Alojamiento y Alimentación, (3) Sistema de Búsqueda y Rescate, (4) Sistema de Hábitat y Vivienda, (5) Sistema de Manejo de ayudas (6) Sistema de Orden Público (7) Sistema Productivo o Medios de Vida (8) Sistema de Salud y Saneamiento (9) Sistema de Servicios Públicos y (10) Sistema de Telecomunicaciones.

Cada sistema de apoyo corresponde a un sistema, y para efectos de esta investigación se estudiará el sistema correspondiente a búsqueda y rescate como lo representa [CITATION Mor12 \l 9226], en la siguiente figura:

Figura 2: Sistema Logístico Humanitario Colombiano.



Fuente: Moreno 2012

Sistema de apoyo búsqueda y rescate.

El plan de emergencia de Búsqueda y Rescate está definido bajo las políticas del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) y el Comité Operativo Nacional para la Atención de Desastres (CONAD) Decreto 919 de 1989, en el marco del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres - PNPAD Decreto 093 de 1998 y el Documento Guía General para la elaboración de Planes orientados a cada uno de los sectores comprometidos en la Respuesta a los Desastres (Plan Sectorial de Emergencia de Búsqueda, Salvamento y Rescate, 2006).

Este sistema de apoyo cuenta con unos principios que estipulan su funcionamiento, los cuales son orientados por el Comité Operativo Nacional para la Atención de Desastres (CONAD) bajo el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Estos principios son:

- **Descentralización:** Este principio manifiesta que la Nación y las entidades territoriales ejercerán libre y autónomamente sus funciones en materia de prevención y atención de desastres con estricta sujeción a las atribuciones que a cada una de ellas se les haya específicamente asignado en la Constitución y la Ley, así como en las disposiciones contenidas en el Decreto Ley 919 de 1989.
- **Ámbito de Competencia:** Este principio se refiere a la observación de los criterios de concurrencia, la complementariedad y subsidiariedad que se tendrán en cuenta en las actividades para la prevención y atención de desastres con el fin de ejercer plenamente las competencias establecidas.

- **Coordinación:** Referido a la armonía, coherencia, consistencia y continuidad que debe existir entre las entidades de orden nacional, regional y local para una correcta planeación y ejecución de los planes de prevención y atención de desastres.
- **Participación:** Durante las actividades para la prevención y atención de desastres, las entidades competentes velarán por que se hagan efectivos los procedimientos de participación ciudadana previstos por la ley.

Igualmente este sistema de apoyo cuenta con especialidades en las que las entidades capacitan a sus empleados y voluntarios para actuar al momento de presentarse un desastre natural de ocurrencia súbita y de orden nacional (Capitán William Páez – Defensa Civil Colombiana). Estas especialidades son:

- Búsqueda y Rescate en Montaña
- Búsqueda y Rescate Urbano
- Búsqueda y Rescate en Estructuras Colapsadas
- Búsqueda y Rescate de Combate
- Búsqueda y Rescate Marítimo
- Búsqueda y Rescate Aéreo
- Búsqueda y Rescate en Zanjias
- Búsqueda y Rescate en Cuevas

Todo esto con el fin de entender como está organizado el subsistema de búsqueda y rescate en Colombia, funciones, participación y formas de trabajar que serán tomadas en cuenta para la realización de este trabajo de grado

3.3 MARCO CONCEPTUAL.

Este capítulo tiene como objetivo brindar las definiciones básicas a ser tomadas en cuenta para la comprensión de esta investigación, el mismo está organizado de la en el siguiente orden:

Definición de logística humanitaria, debido a que se relaciona con el enfoque de este trabajo de grado, seguidamente por la definición de fases de desastres donde se identifica y justifica la utilización del subsistema de apoyo de búsqueda y rescate, posteriormente podremos encontrar las definiciones de las técnicas OBS, WBS y matriz de responsabilidad, las cuales están relacionadas con la caracterización del subsistema en estudio, inmediatamente se definirá la definición de estrategia de control y explicación de la técnica AHP, la cual está relacionada con la búsqueda, identificación y selección de la estrategia de control a utilizar en esta investigación, por último se define el concepto de dinámica de sistemas que va a ser la herramienta a utilizar para realizar la estructuración y modelación del subsistema para ser sometido a experimentación

3.3.1 Logística Humanitaria

En los últimos años la logística humanitaria se ha hecho imprescindible para el a bordo de problemas frente a situaciones de desastre y socorro, debido a la cantidad de personal, recursos y maquinarias que tienen que trabajar en sincronización para obtener los mejores resultados.

[CITATION MarcadorDePosición3 \l 8202], define logística humanitaria como “el proceso de planificación, ejecución, control del flujo y almacenamiento eficiente y rentable de mercancías y materiales”, así como de la información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo con el fin de satisfacer las necesidades del beneficiario.

A su vez, [CITATION Kal10 \l 8202], establecen que la logística se puede entender desde una perspectiva sistémica como “La disciplina que estudia la gestión de los sistemas de apoyo a lo largo del ciclo logístico, considerando su interrelación con el entorno, y con el sistema central de la organización, concentrándose principalmente en los intercambios de materia, energía e información que se realizan entre estos a nivel interno, local, regional o global”.

Tomando en cuenta tanto la definición de Logística de [CITATION Kal10 \l 9226] y la de logística humanitaria de [CITATION MarcadorDePosición1 \l 9226],Para efectos de esta investigación podemos decir que la logística humanitaria consiste en un proceso de planificación, ejecución y control de actividades de socorros las cuales pertenecen a subsistemas que interactúan con el entorno y que y con el sistema central con el fin de determinar los requerimientos, obtener y distribuir adecuadamente los recursos necesarios para satisfacer las necesidades del afectado.

3.3.2 Fases o etapas del desastre:

[CITATION Val00 \l 8202] Establece dos fases del desastre, una primera fase de emergencia propiamente y una segunda fase de asistencia humanitaria, de igual forma se observa la prioridad de las actividades durante las etapas del desastre establecidas en la logística humanitaria:

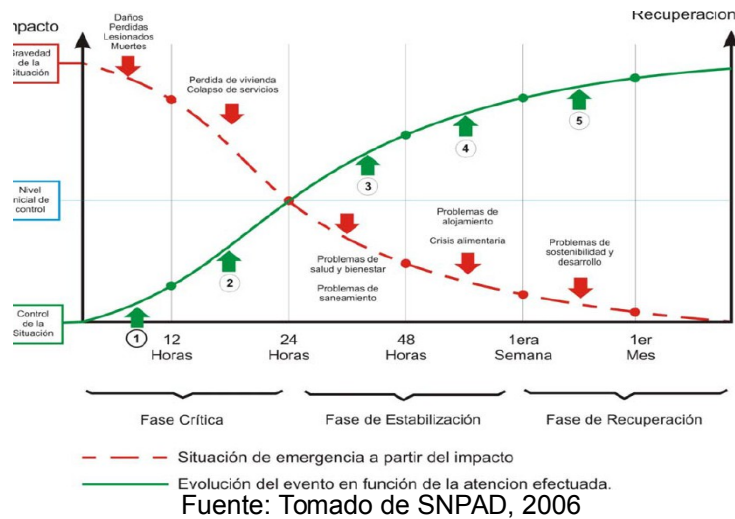
Etapa	Prioridad General	Prioridad por etapa	Tipo de Actividad
1. De emergencia propiamente	1	1	Búsqueda y Rescate
	2	2	Atención de lesionados
	3	3	Búsqueda de desaparecidos
	4	4	Traslado de heridos
2. De asistencia humanitaria	5	1	Atención de las necesidades básicas y de salud
	6	2	Reagrupamiento familiar
	7	3	Distribución de alimentos
	8	4	Distribución de medicamentos
	9	5	Distribución de productos no alimentarios
	10	6	Apoyo psico-social y recreativo
	11	7	Dotación de centros de salud

Tabla 1: Priorización de actividades por etapa

Fuente: Autor

Según [CITATION Val00 \l 8202], tenemos que dependiendo de la etapa, se determina cual actividades son la de mayor prioridad y por consiguiente cual son las que tiene mayor intensidad, como se observa en la Tabla 1 lo que se tomó como base para elegir el subsistema de búsqueda y rescate como sistema de investigación de esta investigación, esto unido a lo establecido por (SNPAD, 2006), en donde a través de la figura 3, establecen las etapas de los desastres y las operaciones llevadas a cabo durante la ocurrencia de la misma, pero también nos muestra una gráfica del impacto y recuperación vs el tiempo. Cuando hablamos del subsistema de búsqueda y rescate para efecto de esta investigación se tomaron en cuenta la fase crítica del desastre que corresponde a los puntos 1 y 2 de la evolución del evento que se desarrolla a continuación:

Figura 3: Fases de atención de un desastre.



Para entender la evolución del evento en función de la atención efectuada:

- 1) Se han efectuado las acciones de salvamento iniciales para atender las víctimas directas del evento.
- 2) Se coordinan los apoyos alimentarios y de implementos esenciales para el bienestar de las familias afectadas así como para el refugio temporal durante las primeras horas. Se efectúa la restitución parcial de los servicios esenciales (agua y energía) y se activan los planes sectoriales requeridos en función de la situación.
- 3) Se inicia el abordaje de los problemas de salud y bienestar de la población afectada, en prioridad a las patologías predominantes en función a la situación.
- 4) Se aplican las acciones de saneamiento requeridas para evitar el incremento de vectores y el contagio de enfermedades. Se coordinan e implementan las alternativas para el alojamiento temporal de las familias afectadas.
- 5) Se implementan las acciones definidas en el Plan de Contingencia aprobado por el Comité Nacional de Prevención y Atención de Desastres, orientadas a la estabilización y recuperación de la población afectada.
- 6)

Contextualizando a la presente investigación lo planteado por [CITATION Val00 \l 9226] y [CITATION SNP06 \l 9226], tenemos que ambas clasificaciones de fases coinciden, la etapa de emergencia establecida por [CITATION Val00 \l 9226] en donde se priorizan actividades como: Búsqueda, atención y traslado de heridos se refiere claramente a la fase crítica de (SNPAD,2006) en donde las primeras 24 horas se activa la fase de búsqueda y rescate, donde se producen la mayor cantidad de lesionados y muertes, seguidamente la fase de asistencia humanitaria

descrita por el primer autor coincide en sus actividades con la fase de estabilización y recuperación del segundo autor mencionado en lo que se refiere a la distribución de alimentos y medicamentos, así como el trato de patologías. Es por esto que para efectos de este trabajo se hizo la selección del subsistema de búsqueda y rescate, debido a que es la etapa en donde se producen la mayor cantidad de víctimas.

3.3.3 Work Breackdown Structure (WBS)

El WBS es una de las aportaciones a la administración de proyectos por parte del Project Management Institute (PMI), principal asociación profesional para la gestión de proyectos. El WBS (Work Breackdown Structure) es una estructura que desglosa las tareas de un proyecto, en relación con el objetivo del mismo [CITATION Ins01 \l 9226].

Es una estructura que jerarquiza los trabajos en niveles. Cada nivel indica una tarea más operativa que la anterior (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Niveles de trabajo para la construcción de un WBS

	NIVEL	DESCRIPCION
Niveles de Gestión	1	Programa
	2	Proyecto
	3	Tarea
Niveles Técnicos	4	Subtarea
	5	Paquete de Trabajo, PT (en inglés, Work Package, WP)
	6	Actividad o Nivel de esfuerzo

Fuente: Estay Niculcar, Álvarez, & Vera, 2011

En el enfoque de este trabajo, los niveles de trabajo son los siguientes:

- **Programa:** es el objetivo general del sistema logístico humanitario, conformado por todos los sistemas de apoyo. En el caso colombiano, el sistema de atención de desastres está a cargo de la UNGRD que como

ya se ha dicho, tiene como objetivo *“dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordinar el funcionamiento y el desarrollo continuo del Sistema Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres, SNGRD”*.

- **Proyecto:** corresponde al objetivo general de cada uno de los sistemas de apoyo. En este caso el sistema de búsqueda y rescate.
- **Tarea:** corresponde a cada una de las funciones globales u objetivos específicos que se le han encargado realizar al sistema de búsqueda y rescate. Éstas están consignadas en la Guía de Actualización, 2006 y 2012.
- **Sub-tarea:** corresponde a cada una de las actividades de más corto plazo (más operativas) que debe realizar el sistema de apoyo de búsqueda y rescate. Es posible que una sub-tarea sea un paquete de trabajo, si no lo es, el paquete de trabajo está en el siguiente nivel más bajo del trabajo.
- **Paquete de Trabajo** (en inglés, Work Package, WP). Un paquete de trabajo es el conjunto de actividades al que se puede asignar un presupuesto específico y manejable. Además, su alcance y contenido es único, no está duplicado y por lo tanto puede desarrollarlo una persona u organización con total responsabilidad.
- **Actividad o Nivel de Esfuerzo:** Las actividades, en el nivel de mayor desglose, deben ser medibles; esto es, que pueda establecerse un estimado de plazo de ejecución y recursos necesarios para llevarla a cabo. Es necesario también que cada actividad se refleje de forma tangible, para cuantificar su avance real en la etapa de ejecución,
- **Seguimiento y control del proyecto.**

Esta metodología permite identificar cuáles son las actividades involucradas en el sistema logístico humanitario colombiano, específicamente en el subsistema de búsqueda y rescate así como el establecimiento de las precedencias de cada una de las actividades involucradas en este trabajo de grado. De igual forma la estructura WBS para el sistema de búsqueda y rescate se obtuvo de la recopilación de documentos (Guía de actuación, 2006; Plan sectorial de Búsqueda y Rescate, 2006; entre otros) y bajo la asesoría de miembros de la Defensa Civil Colombiana.

Pero la estructura WBS debe ser complementada con un desglose de la organización que lleva a cabo el proyecto, con la finalidad de saber quién es el

responsable de la gestión de cada actividad en lo que se refiere a control de recursos, paquetes de trabajos, entre otros

3.3.4 Organization Breakdown Structure (OBS)

El OBS (Organization Breakdown Structure) se refiere a una herramienta utilizada en gestión de proyectos para crear una representación completa y jerárquica de las unidades constitutivas de la organización que realiza el proyecto. Es una estructura de desglose de la organización y se representa en un organigrama. La estructura de división de la organización debe ser establecida al comienzo de la actividad de un proyecto, sin embargo, es posible llevar a cabo durante la ejecución del mismo.

El OBS se utiliza para definir las responsabilidades para la gestión de proyectos, informes de costos, facturación, elaboración de presupuestos y control del proyecto, según los paquetes de trabajo referidos para el mismo. Cuando las responsabilidades del proyecto se definen y el trabajo es asignado, la OBS y el WBS se conectan proporcionando la posibilidad de potentes herramientas de análisis para medir el desempeño de los ejecutores del proyecto a un nivel muy detallado [CITATION Ten12 \l 9226]. La estructura OBS para esta investigación se realiza para el sistema de búsqueda y rescate del sistema logístico humanitario colombiano a través de entrevistas y documentos oficiales de las entidades coordinadoras y de apoyo de cada una. La cual se puede encontrar en el anexo A de este documento.

Ya al tener la estructura OBS de la organización y la estructura WBS del proyecto se procede a la realización de la matriz de responsabilidad, mediante la cual se puede establecer responsabilidades, precedencias y asignación de recursos.

3.3.5 Matriz de Responsabilidades

La matriz de responsabilidades, (en inglés Responsibility Assignment Matrix, RAM) es una herramienta que relaciona el OBS con el WBS del proyecto, y que por lo tanto asegura que cada tarea del proyecto tenga asignado un equipo o persona responsable.

Se encuentran varios tipos de matrices de responsabilidades. La matriz de responsabilidades típica es la denominada RACI, por sus siglas en inglés: Responsible (R), Accountable (A), Consulted (C), Informed (I), que en español significan Responsable, Aprobador, Consultado e Informado. En las filas de la

matriz se identifica cada paquete de trabajo del WBS y en las columnas, los miembros de las personas o entidades del OBS. Así, en cada posición dentro de la matriz se escribe la letra o símbolo correspondiente al tipo de relación (si existe), y según se muestra en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3: Convenciones para la elaboración de una matriz de responsabilidades

Letra o Símbolo	Posible Relación o Rol	Descripción del Rol
R, Δ	RESPONSABLE	Es responsable por la ejecución del trabajo. Lo más habitual es que exista sólo un R; si existe más de uno, entonces el trabajo debería ser subdividido a un nivel más bajo.
A, ○	APRUEBA	Este rol se encarga de aprobar el trabajo finalizado y a partir de ese momento, se vuelve responsable por él. Sólo puede existir un A por cada tarea.
C, ●	CONSULTADO O SOPORTA	Este rol posee alguna información o capacidad necesaria para terminar el trabajo. Se le informa y se le consulta información (comunicación bidireccional).
I, ■	INFORMA O NOTIFICA	Este rol debe dar información para la ejecución del trabajo o del avance del mismo. A diferencia del Consultado, la comunicación es unidireccional.

Fuente: Autor, basado en PMBOK, 2000

A partir de la matriz de responsabilidades es posible identificar los recursos humanos que cada paquete de trabajo necesita para ser ejecutado. Para esta investigación, se tuvieron en cuenta, tanto los recursos humanos identificados en las matrices de responsabilidades, como los suministros humanitarios principales para la atención.

Esta matriz surge de la interacción de los últimos niveles del WBS y las entidades involucradas en el sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate especificadas en el OBS, con el fin de definir qué áreas se encarga de realizar, soportar, notificar y aprobar cada paquete de trabajo o nivel al que llega el WBS.

Ya al tener la información de los resultados de la caracterización, se procede a continuar con la búsqueda, identificación y elección de la estrategia de control que corresponde al objetivo 2 del presente trabajo, es por eso que se debe establecer en primera instancia en qué contexto se utilizará la definición de estrategia de control para efectos de esta investigación.

3.3.6 Estrategia de control

Como se establecen estrategias de control en la actividades de la logística humanitaria tenemos que control “consiste en un mecanismo de regulación de variables con el fin de obtener el resultado esperado”, [CITATION Gar03 \l 8202] a su vez [CITATION Ter98 \l 8202], establece que el control es “el proceso para determinar lo que se está llevando a cabo, valorizándolo y si es necesario, aplicando medidas correctivas, de manera que la ejecución se desarrolle de acuerdo con lo planeado.”

En esta investigación se definirá control como un mecanismo de regulación de las variables de un sistema con el fin de aplicar medidas correctivas que permitan desarrollar las mismas según lo planeado con el fin de obtener los resultados esperados.

A su vez [CITATION Min97 \l 8202], establece como estrategia a “el patrón o plan que integra las principales metas y políticas y a la vez establece la secuencia coherente de las acciones a realizar”, según [CITATION Tho99 \l 8202], consiste en “acciones combinadas que ha emprendido la dirección con el fin de lograr los objetivos financieros y estratégicos de una organización.”

Basándonos en lo descrito anteriormente, la estrategia de control en el contexto de este trabajo, son todas aquellas políticas y acciones que emprenden las direcciones de los sistemas con el fin de regular las variables involucradas, aplicando medidas correctivas que permitan cumplir con el plan establecido y así obtener el resultado esperado, son todas aquellas acciones que se emprenden en la logística humanitaria colombiana, con el fin de disminuir la discrepancia en tiempo y mortalidad mediante el control de recursos.

Ya al tener identificadas las potenciales estrategias de control para ser aplicadas se procede a aplicar un método AHP que permita jerarquizar las características que presenta cada estrategia según los criterios necesarios para poder ser aplicadas en el sistema logístico humanitario colombiano.

3.3.7 AHP (Analytical Hierarchy Process)

Según,[CITATION Saa80 \l 9226] Es una herramienta que facilita la toma de decisiones en función de criterios múltiples y, por lo tanto, sirve de ayuda para los problemas muy complejos como la asignación de recursos públicos.

Para [CITATION Gar06 \l 9226] basados en lo dicho por [CITATION Gas04 \l 9226], AHP descompone un problema complejo en jerarquías, donde cada nivel es descompuesto en elementos específicos.

Esto permitirá jerarquizar las características encontrada en la literatura referente a estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria, con el fin de seleccionar las características de mayor potencial.

Al tener identificadas las actividades, recursos, responsables y las estrategias se procede a utilizar dinámica de sistema para estructurar el sistema con el fin de ser modelado y experimentado

3.3.8 Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas, surge como una herramienta eficaz que se ocupa de estudiar cómo cambia el comportamiento de sistemas complejos a través del tiempo, siendo una de sus características más importantes el estudiar la estructura endógena del sistema en cuestión, para describir las relaciones de sus elementos y experimentar con el cambio en las relaciones dentro del mismo, cuando diferentes decisiones son incluidas [CITATION For61 \l 9226] y en que ha sido satisfactoriamente utilizada en la modelación de sistemas logísticos [CITATION Kal11 \l 9226]. Por lo que se utilizó la dinámica de sistemas para estudiar el comportamiento del sistema logístico humanitario y modelarlo, con el fin de validar y comparar las estrategias de control diseñadas en este trabajo de grado.

3.4 VARIABLES

La variable independiente a manipular es la estrategia de control de actividades referentes a logística humanitaria.

Las variables dependientes actuarán como variable de respuesta, las cuales son:

Discrepancia entre el tiempo planeado y el tiempo ejecutado y la mortalidad producida.

La discrepancia en tiempo comprende la diferencia de tiempo que hay entre lo ejecutado en la actividad y lo planeado inicialmente. La discrepancia en tiempo va a ser medida en horas debido a que el estudio va a ser realizado en la fase crítica del desastre y según [CITATION Dir06 \l 8202] la duración de esta fase corresponde a las primeras 24 horas del desastre, Las variables de respuestas van a ser medidas sobre el plan de ejecución que abarca todas las actividades involucradas del sistema de búsqueda y rescate.

3.5 HIPÓTESIS

La tolerancia aplicada a la estrategia de control logístico es directamente proporcional a la mortalidad y a la duración de proyecto.

4. METODOLOGÍA

La metodología seguida para el desarrollo de esta investigación se basa en la metodología integral y dinámica propuesta por Kalenatic (1999, 2009) la cual parte de la hipótesis de la complementariedad entre las técnicas analíticas representadas por programación matemática, generalmente técnicas de optimización y heurísticas, y entre las técnicas numéricas representadas por la dinámica de sistemas (simulación continua) con todos sus elementos, estructuras y soporte matemático, así como por la simulación discreta, y las metas heurísticas [CITATION Gon11 \l 9226]

En general, la primera etapa metodológica (caracterización del sistema en la fase de respuesta) se realiza con entrevistas a funcionarios de la UNGRD y de otras entidades gubernamentales y de socorro, involucradas en la atención de la población afectada por un desastre natural y nacional. La información de la configuración del sistema de atención humanitaria en Colombia se organiza con base a herramientas de gestión de proyectos, posteriormente se procede a la realización de la estructura OBS Y WBS que permite la consecución de la matriz de responsabilidades lo cual permite identificar actividades, recursos y responsables.

La etapa de identificación de técnicas para resolver el problema, consistió en la revisión de literatura científica especializada, para seleccionar las estrategias de control que presentaran las características necesarias para elaborar una estrategia que se pueda aplicar en el sistema logístico humanitario colombiano, seguida de la aplicación del método AHP que permite jerarquizar las características de cada una de las estrategias según los criterios para elegir la mejor estrategia.

Finalmente, a través de la construcción de un modelo en dinámica de sistemas, se aplican las estrategias de control sobre los recursos involucrados en el sistema con el fin de obtener el modelo dinámico, sobre el cual se experimenta mediante simulación continua, con la finalidad de analizar el impacto que tienen estas estrategias sobre la discrepancia tanto de mortalidad como de tiempo

Una descripción más detallada de las actividades realizadas en cada una de las etapas de investigación se presenta en el correspondiente capítulo del documento, de igual forma se puede encontrar un resumen en la figura 4.

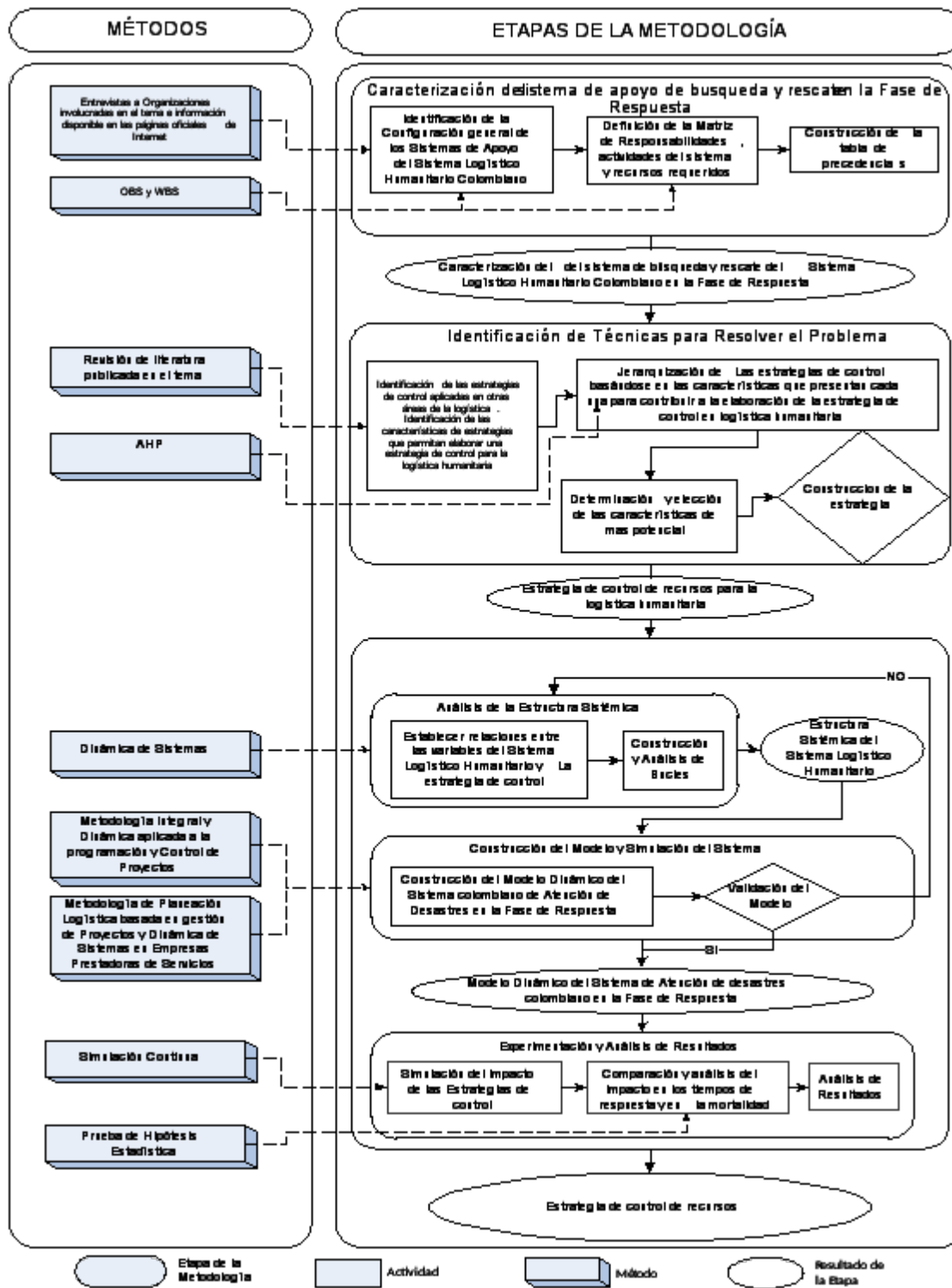


Figura 4: Metodología de la investigación.

Fuente: Autor

5 CARACTERIZACION DEL SUBSISTEMA DE BUSQUEDA Y RESCATE

Esta etapa tiene como objetivo poder identificar cuáles son las actividades involucradas en el subsistema de apoyo de búsqueda y rescate, así como determinar cuáles son los responsables de cada una y los recursos que son necesarios para el correcto funcionamiento del subsistema, de igual forma brindará la información que permitirá alimentar y estructurar la construcción del modelo dinámico.

La caracterización del Sistema de búsqueda y rescate correspondiente al sistema logístico Humanitario colombiano, se basó en entrevistas a funcionarios, especialmente de la UNGRD y de la revisión de los documentos oficiales de las entidades involucradas, facilitados por los funcionarios o encontrados en las páginas oficiales.

El ente coordinador de este sistema es la defensa civil colombiana.

Según la información suministrada por el capitán William Páez y la página de la organización www.defensacivil.gov.co, la Defensa Civil es una organización de carácter gubernamental, que opera en la mayoría de los países, y tiene como objetivo apoyar a las poblaciones que habitan en zonas vulnerables para hacer frente a los desastres naturales o provocados por el hombre (tecnológicos).

La Defensa Civil actúa en todos los escenarios de la gestión integral de riesgo:

- En la prevención, a largo plazo, a medio plazo y a corto plazo;
- Es la encargada de declarar la alerta, la emergencia;
- Coordina las acciones destinadas a mitigar las situaciones de emergencia;
- Participa en los programas de reconstrucción, una vez pasada la situación de emergencia.

Esta entidad está conformada en su mayoría por voluntarios de distintas comunidades y zonas del país, los cuales son capacitados en la prevención y atención de desastres, primeros auxilios y todo tipo de conocimientos referente a las actividades que realiza la institución.

Para entender un poco más la participación de esta entidad en el sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate debemos ver la filosofía que manejan ante la atención y prevención de desastres. Esta filosofía se resume al ciclo de riesgo que tiene implementado la entidad para la prevención y atención de desastres el cual podemos ver a continuación:

- **Reducción:** En esta etapa la Defensa Civil Colombiana prepara a la comunidad ante posibles desastres realizando el análisis de riesgos de las comunidades en distintas zonas colombianas y luego suministrando

información a la comunidad para tomar medidas al respecto y lograr una reducción en los efectos del desastre.

- **Reacción:** Esta etapa del ciclo se refiere a la atención durante el desastre, la cual está dividida en la atención a la población afectada, la evaluación y albergues, el análisis y evaluación de daños y la atención primaria (recursos).
- **Rehabilitación:** Esta etapa hace referencia a la rehabilitación del lugar afectado y entregas de las ayudas a la población afectada.
- **Reconstrucción:** Se refiere a las medidas que se toman para reconstruir y dejar en buenas condiciones la zona afectada. En esta etapa la Defensa Civil Colombiana se presenta como un ente de apoyo ya que las actividades aquí realizadas se escapan de la misión de la entidad.

Como podemos ver, la etapa que hace parte del sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate en la fase durante es la etapa de reacción, esto coincide con lo dicho por [CITATION Val00 \l 9226] y [CITATION SNP06 \l 9226] en donde se establece la atención en su inicio a la población afectada y la atención primaria.

Entidades de apoyo

Sistema de apoyo	Entidad Coordinadora	Entidades de apoyo	Objetivo general
Búsqueda y rescate	Defensa civil Colombiana	<ul style="list-style-type: none"> • Cruz Roja colombiana • Fuerzas Militares • Sistema nacional de Bomberos • Ministerio del transporte • Aeronáutica civil • Ministerio de protección social • Policía Nacional 	Mediante Operaciones de BSR, diseñar las estrategias necesarias de Planificación general de actividades para atender la Población afectada en un desastre de carácter Súbito y de cobertura Nacional. <i>(Fuente: Defensa Civil Colombiana – Plan de emergencia de Búsqueda y rescate, 2006)</i>

Tabla 4: Resumen de sistema de apoyo

Fuente: Autor

Estas entidades integradoras tienen a cargo ciertas responsabilidades, las cuales están explícitas en el Plan Sectorial de Emergencia de Búsqueda y Rescate establecido en [CITATION SNP06 \l 9226].

Estas son:

a) Dirección General Defensa Civil Colombiana:

- *Prevé el dispositivo operativo nacional para apoyo de las Comisiones Operativas regionales y locales.*
- *Con el CONAD y la CNABSR nombra turnos de disponibilidad para atender dentro de la Sala de Crisis, el estricto cumplimiento de la Coordinación en el Sector respectivo.*
- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que permanezca disponible en la Sala de Crisis.*
- *Coordina su propio dispositivo operativo y los apoyos que deban ser convocados dependiendo de su respectivo plan de apoyo institucional.*
- *Alista y administra los apoyos respectivos con el material y equipos que forman parte del Centro de Reserva Nacional a su cargo*

b) Dirección General Socorro Nacional Cruz Roja Colombiana:

- *Nombra turnos de disponibilidad para apoyar las actividades de la Sala de Crisis.*
- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que permanentemente debe actualizarse y enviarse al CONAD para que permanezca disponible en la Sala de Crisis.*
- *Coordina el dispositivo operativo de las Seccionales de Cruz Roja que puedan ser convocados en apoyo a la respuesta operativa, acorde con su respectivo plan.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*
- *Alista y administra los apoyos respectivos con el material y equipos que forman parte del Centro de Reserva Nacional a su cargo*

c) Sistema Nacional de Bomberos:

- *Nombra turnos de disponibilidad para apoyar las actividades de la Sala de Crisis.*
- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que permanentemente debe actualizarse y enviarse al CONAD para que permanezca disponible en la Sala de Crisis.*
- *Coordina el dispositivo operativo de los Cuerpos de Bomberos que puedan ser convocados en apoyo a la respuesta, acorde con su respectivo plan.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR*

d) Ministerio de Protección Social – Sector Salud:

- *Nombra turnos de disponibilidad para apoyar las actividades de la Sala de Crisis.*
- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que*

permanentemente debe actualizarse y enviarse al CONAD para que permanezca disponible en la Sala de Crisis.

- *Coordina el dispositivo operativo de sus Servicios de Salud que puedan ser convocados en apoyo a la respuesta operativa acorde con su respectivo plan.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*
- *Alista y administra los apoyos respectivos con el material y equipos que forman parte de su Red de Centros de Reserva del Sector Salud.*

e) Dirección de Prevención y Atención de Desastres:

- *Nombra turnos de disponibilidad para apoyar las actividades de la Sala de Crisis.*
- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que permanentemente debe actualizarse y enviarse al CONAD para que permanezca disponible en la Sala de Crisis.*
- *Coordina el dispositivo general de respuesta y apoyo al desarrollo integral de todas las actividades operativas acordes con su respectivo plan.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*
- *Alista y administra los apoyos respectivos de material y equipos que forman parte de su Red de Centros de Reserva.*
- *Fortalece los CREPAD y CLOPAD buscando que permanezcan actualizadas y conformadas las respectivas Comisiones Operativas, que brinden una efectiva capacidad de respuesta y manejo de recursos.*
- *Prevé el apoyo de recursos necesarios para garantizar el efectivo cumplimiento del presente plan.*

f) Ministerio de Comunicaciones:

- *Consolida toda la información que sobre BSR deben suministrar las entidades operativas comprometidas, elaborando una Base de Datos que permanentemente debe actualizarse y enviarse al CONAD para que permanezca disponible en la Sala de Crisis.*
- *Prevé el apoyo en materia de comunicaciones con una garantía efectiva de enlace entre el área de desastre y la Sala de Crisis del CONAD.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*

g) Comando General Fuerzas Militares y Policía Nacional:

- *Prevé el apoyo que garantice el dispositivo operativo nacional, acorde con su respectivo plan y destina un representante de nivel nacional para que actualice la información en la Sala de Crisis.*
- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*

h) Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil Colombiana. Agrupación SAR:

- *Destina un representante permanente de nivel nacional ante la CNABSR.*

Esta información en conjunto con las entrevistas realizadas con los entes encargados se procedió a la realización de:

- a. Estructura OBS
- b. Estructura WBS
- c. Matriz de responsabilidades
- d. Matriz de precedencias
- e. Tabla de requerimiento de recursos humanos y suministros

En la Tabla 5, se presenta el objetivo del sistema de búsqueda y rescate para la fase durante, se indica el documento base para la definición del mismo y los funcionarios asesores para su validación. Esos mismos asesores, fueron quienes soportaron la construcción de las respectivas estructuras WBS, OBS, matriz de responsabilidades, tabla de recurso, tabla de tiempos y precedencias de los sistemas de apoyo.

Tabla 5: Objetivo y fuentes de validación en la caracterización del sistema de apoyo de Búsqueda y rescate.

SISTEMA DE APOYO	OBJETIVO PARA LA ATENCIÓN EN LA FASE DURANTE EL DESASTRE	ASESORES PARA LA CARACTERIZACIÓN
Búsqueda y rescate	Atender la población afectada por un desastre mediante operaciones de ByR	Capitán William Páez Sánchez, Director de Defensa Civil Colombiana Luís Botia, coordinador de comunicaciones Defensa Civil Colombiana

Fuente: (Blanco, 2013)

5.1 Estructura OBS del sistema de búsqueda y rescate

A continuación se explica el diagrama OBS realizado para el sistema de apoyo de Búsqueda y rescate, el cual identifica cada entidad que soporta el sistema de apoyo y las áreas de las entidades encargadas específicamente de algunas tareas para el cumplimiento de los objetivos del sistema.

En la parte inicial del diagrama se encuentra la *Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo (UNGRD)*, la cual coordina a nivel nacional todas las acciones y estrategias referentes a la prevención y atención de desastres en Colombia.

Acto seguido podemos identificar, según el Plan Sectorial de Emergencia de Búsqueda y Rescate (2006), la *Dirección de Prevención y Atención de Desastres (DPAE)*, el *Comité Operativo Nacional para la Atención y Prevención de Desastres*, la *Comisión Nacional Asesora de Búsqueda, Salvamento y Rescate*, y por último las *Comisiones Operativas (Regionales y Locales)*, las cuales son agrupaciones conformadas por entidades competentes, directivos del país, región o ciudad y algunos terceros, y se encargan, entre otras cosas, de la revisión, realización y puesta en marcha de los planes de atención y prevención de desastres en cuanto a Búsqueda y rescate se refiere. A continuación vemos detalladamente las entidades que complementan este sistema de apoyo.

Defensa Civil Colombiana (Entidad coordinadora): Esta entidad es la que coordina la reacción operativa inmediata del sistema de apoyo ante un desastre en este caso de carácter natural de ocurrencia súbita y de orden nacional (aunque su estructura está destinada para la atención de todo tipo de desastre).

Ya que su misión es la atención de desastres, podría decirse que toda la entidad se encarga de la búsqueda y el rescate; sin embargo, es la *subdirección general y operativa* la directamente implicada en la puesta en marcha de los operativos de Búsqueda y rescate ante un desastre de todo tipo.

La ubicación de la Defensa Civil Colombiana dentro del diagrama OBS es bajo las comisiones operativas pero en el mismo nivel de las otras entidades, ya que la Defensa Civil Colombiana es denominada como la entidad coordinadora, sin embargo no ejerce autoridad sobre las otras entidades que complementan la acción del sistema de apoyo.

Cruz Roja Colombiana: Esta entidad se encarga de la asistencia a las personas afectadas por el desastre, además de contar con rescatistas especializados en diferentes situaciones del desastre. Tanto la *Subdirección Operativa* como la *Subdirección Técnica* son las áreas directamente implicadas en coordinar la ayuda a prestar en la zona del desastre. Dentro de la Subdirección Operativa se encuentra la *Coordinación de Asistencia Humanitaria* y la *Coordinación de Respuesta*; y dentro de la Subdirección Técnica está la *Coordinación de Gestión del Riesgo de Desastres*, Sub-áreas específicas que coordinan las actividades a cargo de la Cruz Roja Colombiana.

Fuerzas Militares: Las fuerzas militares, según su especialidad, colaboran de diversas formas en la mitigación de las consecuencias del desastre ocurrido:

- **Fuerza Aérea Colombiana:** Se encarga del control y disposición de las zonas aéreas para la atención del desastre, así como el préstamo de los vehículos a utilizar ya sea para reconocimientos aéreos o para traslado de suministros, ayudas y personal. Las áreas encargadas de la coordinación de estas actividades son: la *Jefatura de Apoyo Logístico* y la *Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas*.

- **Ejército Nacional:** El Ejército Nacional cuenta con la *Jefatura de Operaciones* y la *Jefatura de Logística*, las cuales colaboran directamente aportando tanto personal competente como suministros para optimizar la Búsqueda y Rescate de Personas en la zona de rescate.
- **Armada Nacional:** Esta entidad colabora en la Búsqueda y Rescate a nivel marítimo; además le compete lo referente a la apertura de vías marítimas ya sea para transporte de suministros solicitados al exterior o ayudas y personal. Estas funciones son coordinadas por la *Jefatura de Operaciones Logísticas* y la *Jefatura de Operaciones Navales*.

Policía Nacional: Esta entidad se encarga del manejo y control del orden público en la zona del desastre y lugares que se vean afectados por este.

Sistema Nacional de Bomberos: Según la Ley 1523 de 2012, esta entidad es la segunda coordinadora, después de la Defensa Civil Colombiana. Sus funciones en cuanto a Búsqueda y Rescate, son similares a las de la Defensa Civil, ya que su estructura va orientada a la búsqueda y rescate en condiciones de desastre. El área específica que se encarga de las funciones de los Bomberos en cuanto a la Búsqueda y el Rescate es la *Subdirección de Gestión del Riesgo* y dentro de esta subdirección se encuentra el área de *Preparativos para Respuesta*.

Aeronáutica Civil: Sus funciones son similares a las establecidas para la Fuerza Aérea Colombiana, y la parte encargada de realizar dichas funciones es la *Secretaría de Sistemas Operacionales*, específicamente la *Dirección de Servicios de Navegación Aérea*, la cual cuenta con un *Grupo de Búsqueda y Salvamento – SAR* para la realización específica de las tareas asignadas.

Ministerio de Transporte: El ministerio de transporte se encarga de coordinar todas las actividades orientadas al transporte hacia y desde la zona de desastre. Entre estas actividades se encuentra la búsqueda de rutas de acceso adecuadas, localización de vías afectadas y en buen estado, entre otras.

Ministerio de la Protección Social: El ministerio de protección social abarca todas las actividades referentes al territorio y a la población afectada. Para esto cuentan con la *Oficina de Gestión Territorial, Emergencias y Desastres*.

La realización de este diagrama fue bajo revisión y aprobación del Capitán William Páez de la Defensa Civil Colombiana y con base en la información estructural (organigrama) de cada entidad encontrada en la página web de cada una y referenciada más adelante en el documento.

La realización de este diagrama fue bajo revisión y aprobación del Capitán William Páez de la Defensa Civil Colombiana y con base en la información estructural (organigrama) de cada entidad encontrada en la página web de cada una y referenciada en los Anexos.

5.2 Estructura WBS del sistema de búsqueda y rescate

Según información recopilada en diversos documentos (Guía de actuación, 2006; Plan sectorial de Búsqueda y Rescate, 2006; entre otros) y bajo la asesoría del Capitán William Páez y Luis Botía, miembros de la Defensa Civil Colombiana, el WBS del sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate contiene los siguientes niveles de gestión:

Nivel 1 – Programa: *Prevención y Atención de desastres naturales de ocurrencia súbita y orden nacional.* Este es el objetivo general del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, el cual engloba a todos los sistemas de apoyo mencionados anteriormente.

Nivel 2 – Proyecto: *Mediante Operaciones de BSR, diseñar las estrategias necesarias de Planificación general de actividades para atender la Población afectada en un desastre de carácter Súbito y de cobertura Nacional.* Este es el objetivo del sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate, el cual muestra el fin principal de este sistema dentro de la atención de desastres. De este se desprenden tareas que, al realizarse juntas, permiten el cumplimiento de este objetivo.

Nivel 3 – Tareas: Las siguientes tareas o funciones están establecidas en la Guía de Actuación (2006) y su realización depende de sub-tareas más específicas y un poco más operativas que las tareas. Para este sistema de apoyo se han realizado diversas modificaciones de las tareas establecidas en modo de sugerencia, las cuales serán explicadas más adelante. Estas son:

- a) *Evaluar las necesidades del servicio y tener un sistema de información permanente:* Esta tarea hace referencia a la evaluación que se realiza al momento de ocurrir un desastre, con el fin de determinar los recursos, materiales y equipos que se necesitan para la atención del desastre. Además, materializa la necesidad de tener un sistema de información permanente entre las entidades de apoyo del sistema, los comités, los miembros encargados, entre otros. Esta tarea cuenta con diversas sub-tareas:
 - *Realizar la evaluación de daños y análisis de necesidades.* Esta tarea indica que se debe realizar una evaluación de daños consecuencia del desastre ocurrido, en donde se identifique el grado de afectación de la población y las necesidades primarias que se deben cubrir en cuanto a búsqueda y rescate. De esta se derivan 3 sub-tareas:

- ✓ *Recopilar la información en el lugar de afectación.* Hace referencia a tomar datos de víctimas, daños, edificios colapsados, etcétera, en el lugar del desastre.
- *Definir las necesidades de recursos humanos y técnicos para el rescate.* Es necesario establecer una cifra aproximada de las personas necesarias para atender el desastre, esto a raíz de la información obtenida en el análisis de necesidades.
- *Activar la red de comunicaciones de emergencia.* Hace referencia a la activación de una red destinada a la comunicación en la fase durante del desastre. Las cuales son:
 - ✓ *Coordinar, junto con el SA de Telecomunicaciones, la dotación de los miembros de las entidades con los equipos de comunicación.* Para lograr lo anterior, se deben suministrar equipos y redes de comunicación a los miembros de las entidades, generando espacios de diálogo para la rápida y oportuna reacción en conjunto al ocurrir el desastre. Esta tarea está a cargo del sistema de apoyo de telecomunicaciones, sin embargo, desde el sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate se coordina la dotación para los miembros de las entidades involucradas.
 - ✓ *Activar y utilizar las redes y frecuencias de comunicación establecidas.* Aparte de dotar a los miembros con equipos de comunicación, Telecomunicaciones debe establecer redes y frecuencias propias (de uso exclusivo de las instituciones pertenecientes al sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate) para informar acerca de información relevante en cuanto a los desastres colombianos. Estas redes y frecuencias deben ser activadas y utilizadas para facilitar la comunicación entre entidades.
 - ✓ *Mantener registros de información y definir el sistema de recolección, análisis y procesamiento de datos.* Es importante definir y mantener actualizado el sistema de recolección, análisis y procesamiento de datos, permitiendo el uso de la información para establecer estrategias que optimicen la atención de desastres en cuanto a Búsqueda y Rescate.

b) Realizar viajes de reconocimiento aéreo. Hace referencia a la realización de reconocimiento aéreo de la zona del desastre para tener una mejor perspectiva de las condiciones del lugar. Esta tarea se realiza antes, durante y después de la ocurrencia del desastre.

c) Seleccionar los sitios de recepción de elementos (bodegas o lotes) y establecer el procedimiento para su manejo. Es importante establecer sitios ubicados estratégicamente para almacenamiento de suministros y ayudas entre otras funciones.

- *Establecer procedimientos de manejo de lugares de recepción de elementos de búsqueda y rescate.* Se debe tener claro cómo manejar

dichos sitios de recepción, esto por medio de procedimientos documentados.

- *Buscar, analizar y seleccionar lugares óptimos de recepción de elementos de búsqueda y rescate.* Se deben buscar sitios de recepción que estén estratégicamente ubicados y que tengan el espacio mínimo requerido, entre otros criterios importantes a la hora de seleccionar un lugar adecuado según el tipo de desastre.
- *Mediar el uso del lugar o lugares para la recepción de elementos de búsqueda y rescate.* Es importante realizar mediaciones o solicitar permisos para usar los sitios escogidos.

d) Prestar primeros auxilios a la población afectada, llevando un registro de los pacientes atendidos y remitidos a centros de salud.: La columna vertebral de este sistema de apoyo en la fase durante radica en esta tarea, la cual consiste en prestar servicios de primeros auxilios a las personas afectadas por el desastre, y así mismo, llevar el registro para un adecuado manejo de la información.

- *Buscar y liberar personas y cuerpos atrapados.* Es de vital importancia buscar personas heridas y cuerpos atrapados en la zona del desastre, con el fin de atender y remitir con prontitud a los heridos y manejar según los protocolos los cuerpos sin vida encontrados.
 - ✓ *Convocar y activar los equipos humanos y logísticos de búsqueda y rescate.* Realizar convocatorias de los grupos humanos y logísticos de la zona, o zonas aledañas si es necesario, con el fin cubrir las necesidades establecidas previamente.
 - *Identificar la disponibilidad de personal y equipos en las entidades de socorro, implicadas por proximidad a la zona y pedir ayuda en caso de ser necesario:* Es necesario saber con certeza si los organismos de socorro de la zona cuentan con el personal y los equipos suficientes para cubrir el desastre. De no tener la cantidad de personas necesarias, se debe solicitar voluntarios y personal asistencial a las sedes cercanas a la zona con el fin de completar el requerimiento.
 - *Enviar personal y equipos a la zona del desastre.* Luego de la verificación de la disponibilidad de equipos se envían los grupos confirmados a la zona del desastre.
 - ✓ *Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate.* Esta tarea es de vital importancia ya que permite, a través de un correcto análisis, la llegada oportuna de materiales, suministros, equipos médicos, entre otros, al sitio del desastre. Para esto se debe definir previamente, según las necesidades, los vehículos a utilizar.
 - ✓ *Controlar aeropuertos y definir helipuertos.* Generalmente se hace uso de medios de transporte aéreos para determinar la magnitud del desastre y desplazarse al sitio. Por lo que es importante controlar la

entrada y salida de vehículos aéreos, estableciendo sitios concretos de aterrizaje como aeropuertos y helipuertos.

—*Cancelar vuelos nacionales.* Para evitar la interrupción o interferencia de las actividades aéreas en pro del desastre, es necesario cancelar vuelos que sobrevuelen la zona afectada o pasen cerca a las rutas establecidas para el transporte aéreo destinado a la atención del desastre.

—*Definir aeropuertos y helipuertos estratégicos.* Se deben definir aeropuertos y helipuertos estratégicos para la llegada de equipos y personas, o salida de los mismos.

—*Asignar operaciones aéreas para la atención del evento.* Si es necesario, se pueden asignar operaciones de aviones comerciales como apoyo a la fuerza aérea.

- ✓ *Realizar operaciones de Búsqueda y Rescate.* Este paquete de trabajo hace referencia a la operatividad del sistema de apoyo, ya que en este se realizan las operaciones de búsqueda de personas y cuerpos, y rescate de los mismos en la zona afectada y se ponen en práctica los protocolos establecidos para dicho fin.
- ✓ *Prestar primeros auxilios y registrar la información de pacientes atendidos y remitidos a centros de salud.* El objetivo de esta actividad es atender a los heridos leves y dar primeros auxilios según sea el caso; así mismo llevar un registro de las personas atendidas por organismos de socorro, médicos y paramédicos en la zona del desastre y remitidas si necesitan una atención especializada. Esto con el fin de facilitar el manejo de la información referente a los afectados de la zona.

Es necesario mencionar que el WBS no es una fiel copia de las tareas mencionadas en la Guía de Actuación (2006), sino que se han realizado modificaciones que se consideran pertinentes para describir con precisión la puesta en marcha de las actividades del sistema de apoyo de Búsqueda y rescate en la fase durante.

La estructura WBS se encuentra en el anexo C del presente trabajo

Al tener identificadas tanto la estructura OBS como la WBS, en conjunto con la información brindada por el Capitán William Páez, se tiene la información suficiente para la realización de la matriz de responsabilidades

5.3 Matriz de responsabilidades.

La información necesaria para la realización de esta matriz se obtuvo de las páginas oficiales de cada una de las entidades y gracias a la información suministrada por el Capitán William Páez de la Defensa Civil Colombiana.

Para la realización de esta matriz se han definido viñetas que ayudan a identificar de manera rápida la responsabilidad que tiene cada entidad sobre aquella tarea, estas son:

Figura 5: Convenciones de la matriz de responsabilidad

CONVENCIONES	
VINETA	DESCRIPCIÓN
▲	Responsable - Ejecuta
●	Soporta
■	Notifica
○	Aprueba

Fuente: González, 2013

En el Anexo D se encuentra la matriz de responsabilidad del sistema de búsqueda y rescate.

Al tener identificado los responsables y cada una de las actividades brindada por la estructura WBS se procede a realizar la matriz de precedencia que permite recopilar la información necesaria para elaborar el modelo dinámico del sistema de búsqueda y rescate.

5.3.1 Matriz de precedencia.

El objetivo de esta matriz es conocer las precedencias de los últimos niveles del WBS (Tarea, Subtarea, Paquete de Trabajo o Actividad según corresponda) del sistema de apoyo de Búsqueda y Rescate, con el fin de identificar los pasos a seguir para la correcta y oportuna ejecución de las tareas. Esta tabla también nos permite identificar la duración esperada en horas de cada una de las actividades, obteniendo como resultado la duración de la fase durante del sistema de apoyo de Búsqueda y rescate.

A continuación se muestra la tabla de precedencias correspondiente al sistema de apoyo de Búsqueda y rescate en la fase durante; realizada bajo la asesoría del Capitán de la Defensa Civil William Páez. Es importante mencionar que las actividades que se encuentran resaltadas son actividades que permanecen durante todo el tiempo de atención del desastre, y por lo tanto, su duración se considera desde que termina(n) la(s) actividad(es) que la precede(n) hasta que el servicio se presta de forma permanente y regular.

N°	PROYECTO O SISTEMA DE APOYO	NODOS (Paquetes de Trabajo)		DURACIÓN ESPERADA (HORAS)	PRECEDENCIAS
		CÓDIGO	NOMBRE		
3	BÚSQUEDA Y RESCATE	3.1	Recopilar la información de daños en el lugar de afectación	3	3.3
		3.2	Definir las necesidades de recursos humanos y técnicos para el rescate	0,5	3.1
		3.3	Coordinar, junto con el SA de Telecomunicaciones, la dotación de los miembros de las entidades con los equipos de comunicación	3	3.4
		3.4	Activar y utilizar las redes y frecuencias de comunicación establecidas	1	3.3
		3.5	Mantener registros de información actualizados y consolidar el sistema de recolección, análisis y procesamiento de datos	1.5	3.1 3.3
		3.6	Realizar viajes de reconocimiento aéreo	5	3.16
		3.7	Establecer procedimientos de manejo de lugares de recepción de elementos de búsqueda y rescate	1	-
		3.8	Buscar, analizar y seleccionar lugares óptimos de recepción de elementos de búsqueda y rescate	2	3.3, 3.7
		3.9	Mediar el uso del lugar o lugares para la recepción de elementos de búsqueda y rescate	1	3.3, 3.7
		3.10	Identificar la disponibilidad de personal y equipos en las entidades de socorro, implicadas por proximidad a la zona y pedir ayuda en caso de ser necesario	1	3.2
		3.11	Enviar personal y equipos a la zona del desastre	3	3.2, 3.10, 3.12
		3.12	Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate	2	3.1
		3.13	Cancelar vuelos nacionales	0,5	-
		3.14	Definir aeropuertos y helipuertos estratégicos	1	3.3, 3.13
		3.15	Asignar operaciones aéreas para la atención del evento	3	3.14
		3.16	Realizar operaciones de Búsqueda y Rescate	1	3.11
		3.17	Prestar primeros auxilios y registrar la información de pacientes atendidos y remitidos a centros de salud	0,5	3.11, 3.16

Tabla 6: Matriz de Precedencia de sistema de búsqueda y rescate

Fuente: Autor

Pero para que la ejecución de las actividades dada por la matriz de precedencia se pueda llevar a cabo es necesario identificar los recursos que son necesarios dentro del sistema.

5.4 Recursos

Los recursos necesarios para que el sistema de búsqueda y rescate funcione de manera adecuada basada en consolidados de desastres naturales colombianos anteriores y bajo la guía y supervisión del Capitán William Páez de la Defensa Civil Colombiana. Los mismos se dividen en tres grupos principalmente: Personal, Equipos y Materiales.

Para efectos de esta investigación solo se tomaron en cuenta los recursos que en su número afecta la duración de las actividades del sistema de búsqueda y rescate y por consiguiente son los recursos a controlar, los mismos son:

- Vehículos aéreos
- Vehículos Fluviales
- Vehículos terrestres
- Médicos
- Paramédicos

- Camillas
- Ambulancias
- Grúas
- Voluntario de organismos de socorro
- Voluntarios con conocimientos en primeros auxilios.

La tabla de recursos a controlar se encuentra en el anexo F.

La caracterización realizada permitió identificar todos los aspectos necesarios para la elaboración de un modelo dinámico que represente al sistema logístico humanitario colombiano, específicamente en el subsistema de apoyo de búsqueda y rescate, en lo que se refiere a actividades, precedencias, duración, responsables y recursos.

6 IDENTIFICACION DE TECNICAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

Como se ha descrito en esta investigación, en muchas ocasiones los proyectos no reflejan en la realidad los tiempos para los cuales fueron planeados, en este caso, se busca el control sobre los recursos involucrados en las actividades del subsistema de búsqueda y rescate del sistema logístico humanitario colombiano, basándonos en estrategias de control utilizadas en la logística humanitaria.

6.1 Estrategias de control aplicadas en la logística humanitaria.

Se realizó una revisión bibliográfica de las bases de datos: Scopus, Science direct, Proquest y Ebsco, en un periodo de tiempo desde 1992 hasta 2013 y artículos disponibles en las mismas, donde se utilizaron palabras claves como: Control Project, Control Systems, Logistic Control, Humanitarian logistic control, control points, control activities, control and PERT, control and CPM, timing control activities.

Se realizaron una búsqueda de artículos sobre estrategias de control aplicadas en otras áreas de la logística para así establecer los criterios necesarios para determinar la aplicabilidad de las mismas en la logística humanitaria.

Se tomó en cuenta solo una etapa del sistema logístico humanitario, la etapa crítica o de emergencia. Según lo establecido por [CITATION SNP06 \l 8202] Y [CITATION Val00 \l 8202].

Como no se encontraron estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria y a la vez ninguna de las que se hallaron permite ser aplicada en su totalidad y debido a que no abarca todos los criterios necesarios para poder llevar a cabo el control, es necesario que a partir de esta búsqueda se elaborara una estrategia de control que tuviera las siguientes características:

- 1) Que la estrategia establezca un mecanismo de planificación
- 2) Que la estrategia establezca un indicador de cumplimiento del plan.
- 3) Que la estrategia establezca acciones correctivas.

Estas características se basaron en lo dicho por S. [CITATION Roz \l 9226], donde se establecen los elementos típicos de un ciclo de control: planeación, medición, monitoreo y acciones correctivas, con sistemas de control que permiten monitorear la brecha entre lo planeado y lo ejecutado.

Se encontró un total de 18 artículos de investigación referentes a estrategias de control aplicadas a distintas áreas de la logística, los mismos se encuentran en la tabla 7 que se observa a continuación:

Artículos de control logístico
A control system project development model derived from System Dynamics, White, A.S. 2011
Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management Lee, Sang Hyun 2006
Optimal control in homogeneous projects: analytically solvable deterministic cases: Kogan nas Raz 2001
Tracking Demands in Optimal Control of Managerial Systems with Continuously-divisible, Doubly Constrained Resources- Kogan, Konstantin, 1998
Sense and respond logistics : integrating prediction, responsiveness, and control capabilities / Robert S. Tripp, Mahyar A. Amouzegar, [et al.]. 2006
Statistical process control via context modeling of finite-state processes: an application to production monitoring-Ben-Gal, Singer.2004
A framework for an automated and integrated project monitoring and control system for steel fabrication projects,Azimi, Lee, AbouRizk, Alvanchi, 2011
Effective Information for Off line Stochastic-Gong-2003
Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos, Gonzalez, Kalenatic,Moreno- 2012
Context-based statistical process control : A monitoring procedure for state-dependent processes,Ben-Gal,Morag,Shmilovici-2003
Optimal timing of project control points ,Raz,Erel -2000
Timing of control activities in project planning, de Falco, Macchiaroli- 1998
In-process Control of Design Inspection Effectiveness, Raz,Barad-2004
An Optimal control method for aggregate, Kogan, Khmelnitsky-1995
MPCS: Multidimensional Project Control System, Rozenes, Vitner, Spraggett-2004
Getting control of multi-project organizations: Combining contingent control mechanisms, Paolo Canonico, Jonas Söderlund-2010
A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics, Acebes, Pajares, Galan, Lopez- Paredes,2013
Project management improves well control events,Oberlender,1995

Tabla 7: Artículos de investigación referentes a estrategias de control

Fuente: Autor

Seguidamente se identificaron las características que debe tener la estrategia en cada uno de los artículos de investigación utilizados en esta investigación, la tabla se puede ver en el anexo E.

No todos los artículos presentan las características necesarias para elaborar la estrategia de control, a continuación se presentaran cuales artículos presentan cada una de las características necesarias.

	Artículo	Indicador de cumplimiento de plan o programa
1	A control system project development model derived from System Dynamics, White, A.S. 2011	Estado del modelo menos estado del proyecto
2	Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management Lee, Sang Hyun 2006	Comparación Simple
3	Optimal control in homogeneous projects: analytically solvable deterministic cases: kogan nas raz 2001	La acumulación de las desviaciones del plan sobre el tiempo, diferencias entre desviaciones positivas y negativas
4	Tracking Demands in Optimal Control of Managerial Systems with Continuously-divisible, Doubly Constrained Resources- Kogan, Konstantin, 1998	No mide discrepancia, establece como se planifica las referencias
5	Statistical process control via context modeling of finite-state processes: an application to production monitoring-Ben-Gal, Singer,2004	Se aplica un CSPC con límites superiores e inferiores, la discrepancia es la diferencia entre los límites de control y el estado del sistema.Kullback Leibler mesure
6	Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos, Gonzalez, Kalenatic,Moreno- 2012	Diferencia entre lo planeado y lo ejecutado
7	Effective Information for Offline Stochastic-Gong-2003	CPM
8	Context-based statistical process control : A monitoring procedure for state-dependent processes,Ben-Gal,Morag,Shmilovici-2003	Se aplica un CSPC con límites superiores e inferiores, la discrepancia es la diferencia entre los límites de control y el estado del sistema.
9	Optimal timing of project control points ,Raz,Erel-2000	Realiza la medición del estatus de la actividad con respecto a costos, riesgos, calidad, rendimiento y el proceso de completación, no establece métodos de control
10	Timing of control activities in project planning, de Falco, Macchiaroli- 1998	Realiza la medición del estatus de la actividad con respecto a costos, riesgos, calidad, rendimiento y el proceso de completación, no establece métodos de control
11	MPCS-Multidimensional Project Control System, Rozemes, Vitnar, Spraggett-2004	Global Project Control Specification (GPCS)
12	A new approach for project control under uncertainty: Going back to the basics, Acebes, Pajares, Galan, Lopez- Paredes,2013	Earned Value Methodology (EVM) (No sugiere acciones)

Tabla 8: Artículos de investigación que presentan indicador de cumplimiento del plan

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla 8 solo 12 artículos presentan indicadores de cumplimiento del plan establecido.

	Artículo	Mecanismo de planificación
1	A control system project development model derived from System Dynamics, White, A.S. 2011	Pert y Gert
2	Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management Lee, Sang Hyun 2006	Simulación
3	Optimal control in homogeneous projects: analytically solvable deterministic cases: kogan nas raz 2001	Datos históricos
4	Statistical process control via context modeling of finite-state processes: an application to production monitoring-Ben-Gal, Singer,2004	Por valores superiores e inferiores
5	A framework for an automated and integrated project monitoring and control system for steel fabrication projects,Azimi, Lee, AbouRizk, Alvanchi, 2011	Planificación por experiencia
6	Context-based statistical process control : A monitoring procedure for state-dependent processes,Ben-Gal,Morag,Shmilovici-2003	Por valores superiores e inferiores
7	Optimal timing of project control points ,Raz,Erel-2000	Mediante la carga de la actividad
8	Timing of control activities in project planning, de Falco, Macchiaroli- 1998	Mediante la carga de la actividad
9	A new approach for project control under uncertainty: Going back to the basics, Acebes, Pajares, Galan, Lopez- Paredes,2013	Presupuestaria
10	Project management improves well control events,Oberlender,1995	CPM

Tabla 9: Artículos de investigación que presentan indicador de cumplimiento del plan

Fuente: Autor

Se puede observar que solo 10 artículos presentan mecanismos de planificación antes del inicio del proyecto, lo cual es de mucha importancia debido a que a partir de la planificación es que se pueden realizar acciones de control.

	Artículo	Acciones correctivas
1	A control system project development model derived from System Dynamics, White, A.S. 2011	esperar ciclo
2	Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management Lee, Sang Hyun 2006	metodo de prevencion
3	Optimal control in homogeneous projects: analytically solvable deterministic cases: kogan nas raz 2001	esfuezos de control
4	Statistical process control via context modeling of finite-state processes: an application to production monitoring-Ben-Gal, Singer,2004	Dynamic Alternative Routings (DAR)
5	Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos, Gonzalez, Kalenatic,Moreno- 2012	multimodos y tolerancia

Tabla 10: Artículos de investigación que presentan acciones correctivas.

Fuente: Autor

Se puede observar que son muy pocos los artículos que presentan acciones correctivas, muchos de los artículos encontrados durante la investigación presentaban procesos que identificaban los problemas y sugerían realizar mecanismos de control pero no establecían cuales eran las acciones correctivas que tenían que llevar a cabo.

Esto produjo que la aplicación de la técnica AHP no se realizara para la elección de una estrategia de control, sino que sirviera para jerarquizar las características necesarias para elaborar una que pudiera ser aplicada a la logística humanitaria.

6.2 Aplicación de AHP para la selección de las características de la estrategia de control

Al tener identificados los artículos y cuáles de ellos presentaban las características para la elaboración de la estrategia de control se realizó la aplicación de una herramienta de decisión multicriterial como lo es la técnica AHP (Analytical Hierarchy Process), para seleccionar las potenciales características de integración de la estrategia.

El proceso jerárquico analítico (AHP) fue la metodología aplicada en el procedimiento [CITATION Saa80 \l 9226] Es una herramienta que facilita la toma de decisiones en función de criterios múltiples y, por lo tanto, sirve de ayuda para los problemas muy complejos como la asignación de recursos públicos.

Para [CITATION Gar06 \l 9226] basados en lo dicho por [CITATION Gas04 \l 9226], AHP descompone un problema complejo en jerarquías, donde cada nivel es descompuesto en elementos específicos. El objetivo principal se coloca en el primer nivel, los criterios, sub-criterios y alternativas de decisión se listan en los niveles descendientes de la jerarquía. AHP analiza los factores que intervienen en el proceso de decisiones sin requerir que estos se encuentren en una escala común, convirtiéndola en una de las técnicas de decisión más empleada para resolver problemas socioeconómicos; ya que incorpora factores sociales, culturales y otras consideraciones no económicas en el proceso de toma de decisiones.

Los criterios utilizados para esta investigación son los siguientes:

- 1) Aplicación del control por actividad
- 2) Facilidad de integración con otras características
- 3) Facilidad de integración con el modelo dinámico
- 4) Que pueda ser aplicada al control de recursos

La aplicación del control por actividad se refiere a que la estrategia puede ser aplicada de manera independiente en cualquier actividad del sistema en estudio, debido a que el control no necesariamente debe ser realizado en todo el sistema.

La característica o estrategia debe poder integrarse fácilmente con otra característica, en muchas ocasiones se pueden utilizar distintos métodos en lo que se denomina el ciclo de control, y la característica seleccionada debe poder sincronizar con estas para poder llevar a cabo el control de manera correcta.

La característica también debe poder integrarse con modelo dinámico, es decir que pueda ser aplicada en modelos que sufran modificaciones para ver sus efectos y comportamiento.

La característica debe poder ser aplicada en control de recursos, debido a que esta es el fin de la elaboración de esta estrategia y que a su vez, como se mencionó anteriormente, no hay evidencia de la existencia de estas en investigaciones pasadas.

Estos criterios fueron comparados con cada una de las características necesarias para establecer la estrategia de control encontrado en los artículos resultados de la búsqueda.

El peso de cada característica se basó en la relación que tuviera la misma con los distintos criterios establecidos para así poder realizar las comparaciones adecuadas y poder aplicar el método AHP, hay que tomar en cuenta que las comparaciones de criterios y características son cualitativas y es por esto que se utilizó la escala establecida por Saaty,(1980) y citado por [CITATION Bra98 \l 9226]la cual se basa en la capacidad humana de distinguir entre dos elementos.

Los términos verbales facilitan la comparación por pares que se exige a los expertos. Para el cálculo de las prioridades estos términos se transforman en los números equivalentes. El uso de los diferentes adjetivos (importante, probable, preferido) depende de los elementos evaluados.

A continuación la escala de comparación por pares propuesta por [CITATION Saa80 \l 9226]

Valor Numérico	Escala verbal
1	De igual importancia, Probabilidad o preferencia
3	Moderadamente mas importante, probable o preferible
5	Mucho mas importante, probable o preferible
7	Muchisimo mas importante, probable o preferible
9	Extremadamente mas importante probable o preferible
2,4,6,8	Valor intermedio que establecen relaciones intermedias

Tabla 11: Cuadro de escala de comparación AHP.

Fuente: Autor, tomado de Saaty, (1980)

Utilizando los criterios y la tabla de comparación con descrita anteriormente se enfrentaron cada uno de los criterios establecidos con las característica que debe tener la estrategia de control en donde el valor de 1 iguala la preferencia de utilización de la característica con respecto a otra y donde el valor de 9 se refiere a que una característica es mucho más preferible que otra característica en mayor escala.

Seguidamente se realizó la comparación de cada una de los criterios entre ellos para determinar el peso correspondiente de cada uno, y basados en esto determinar cuál de las características era potencialmente mejor.

Hay que tomar en cuenta que los criterios intermedios representan que, a pesar de que la característica cumpla con el criterio, no presenta ser una mejor opción que aquella que tiene una importancia o preferibilidad mayor, esto basado en la manera que se presenta la característica en el artículo respectivo y en cómo puede facilitar su aplicación en esta investigación.

Al identificar las características y los criterios que debe tener la estrategia de control sobre los recursos del sistema de apoyo de búsqueda y rescate se procedió con la elaboración de la misma.

6.3 Elaboración de la estrategia de control

La aplicación del AHP arrojó como resultado la utilización de las siguientes potenciales características para la elaboración de la estrategia de control en esta investigación:

- 1) Mecanismo de planificación: Pert y CPM
- 2) Mecanismo de seguimiento y cumplimiento del plan: Acumulación de desviaciones en el tiempo tanto positivas como negativas, para ver las diferencias de entre lo planeado y lo ejecutado.
- 3) Acciones correctivas: Mecanismo de control, con la aplicación de tolerancias y multimodos.

7 EVALUACION Y ANALISIS DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL APLICADA A LA LOGISTICA HUMANITARIA.

7.1 Análisis de la estructura sistémica

Basándonos en lo establecido por [CITATION Mor12 \l 9226], cuando existe una coordinación entre los encargados, esto permite una disminución en las demoras en los sistemas de transporte y por consiguiente se logran realizar las acciones de búsqueda y rescate de una manera más rápida, provocando el aumento del alivio de los afectados y disminuyendo la mortalidad debido a que la reacción también provoca la disminución de los tiempos de respuesta.

Lo descrito anteriormente se relaciona con el tipo de desastre, el número de afectados, el número de muertes producidas y el tiempo de respuesta del sistema de apoyo de búsqueda y rescate, debido a que la cantidad de afectados depende del tipo y magnitud del desastre, y a mayor cantidad de afectados, mayor cantidad de muertes causadas en el momento del desastre, lo que hará que aumente la tasa de mortalidad y por lo tanto la

cantidad de muertos acumulada en el tiempo. Por otro lado dependiendo el tipo del desastre, también hay una mortalidad post desastre que depende del momento de llegada de la ayuda primaria en primeros auxilios y del momento de llegada de los grupos de apoyo en primeros auxilios, lo que hará que a mayor tiempo de respuesta, mayor mortalidad post desastre y mayor cantidad de muertes acumuladas. El siguiente diagrama causal expresa estas relaciones en la figura 6:

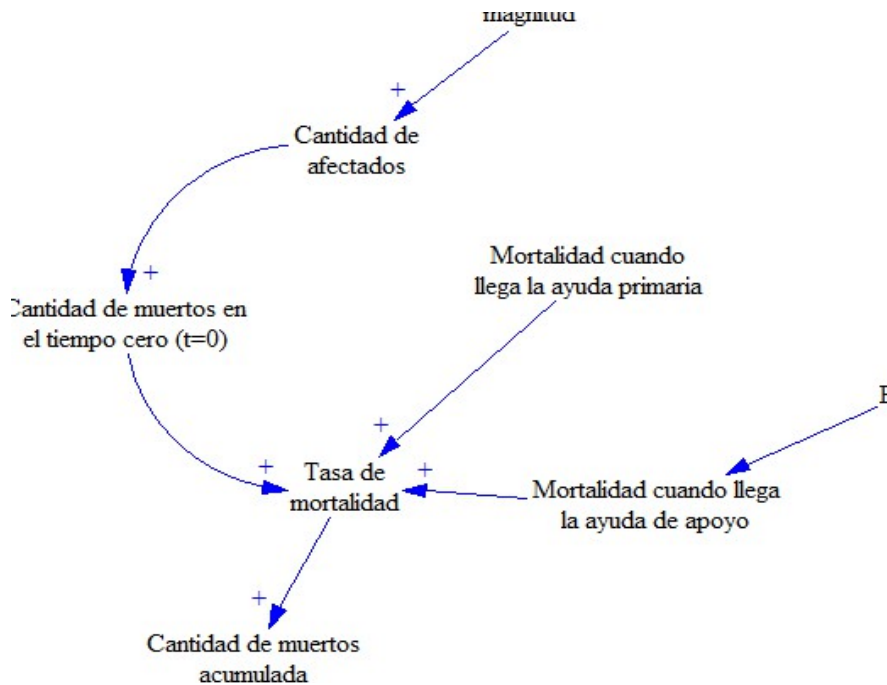


Figura 6: Diagrama causal de la cantidad de muertes de un desastre.

Ya al tener el análisis de la estructura sistémica se procede con la construcción del modelo dinámico

7.2 Construcción del modelo dinámico

Para la evaluación de las estrategias de control aplicadas a la logística humanitaria se construyó un modelo en dinámica de sistema que pudiera representar el subsistema de búsqueda y rescate, con el objetivo de minimizar las variables de respuestas, es decir disminuyendo la discrepancia de tiempo entre lo planificado y lo ejecutado con la finalidad de disminuir la mortalidad dentro de las primeras 24 horas.

El modelo se construyó basándose en la metodología propuesta por [CITATION Gon11 \l 9226], en donde se utiliza una representación de redes AON o PDM (Modelo de diagrama de precedencias) combinada con diagramas de Forrester, generando así la red de programación y la red de ejecución.

Se buscó combinar la metodología de CPM con dinámica de sistemas con el fin de poder crear una red de programación que nos permita determinar el momento de inicio y finalización de cada actividad y del proyecto para poder determinar el modo base, para estos se procedió a determinar cuál era la ruta crítica a partir de la matriz de precedencia, en donde surgieron 16 rutas distintas, se realizaron 10 réplicas inicialmente con un nivel de confianza de 95% y utilizando la ecuación de cálculo del tamaño de la muestra:

$$n = \left(\frac{z \frac{\alpha}{2} S}{\varepsilon} \right)^2 \quad (3)$$

Dónde:

N: Tamaño de la muestra

Z: Es el Nivel de confianza (95%)

S: Es la varianza

ε : Es el error probable

Se determinó que la cantidad de réplicas que se debían realizar era 30 en total. Al realizar todas las réplicas dio como ruta crítica la secuencia de actividades: 4, 3, 1, 12, 11, 16, 6, representadas en la matriz de precedencias.

Esto permitió representar la red de actividades del subsistema de búsqueda y rescate como niveles (nodos), en donde se puede observar el nivel de ejecución de la actividad (NEA), con sus respectivas relaciones de información con aquellos niveles de ejecución de las actividades de precedencias, al mismo tiempo cada nivel tiene una tasa de ejecución (TEA).

Hay que tomar en cuenta que los niveles de precedencia no afectan directamente a la tasa de ejecución de la próxima actividad ni su nivel de ejecución, sino que está ligada a una variable auxiliar denominada ejecución de la norma técnica (ENT), que a su vez actúa como multiplicador sobre la tasa de ejecución de la actividad (TEA).

En la figura 7, se puede observar la representación gráfica en dinámica de sistemas de lo descrito anteriormente para un mejor entendimiento.

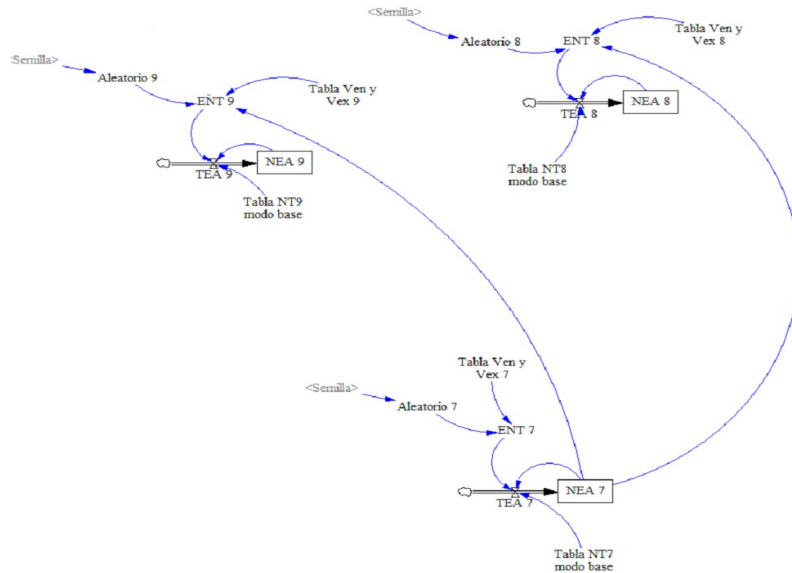


Figura 7: Diagrama de Forrester de actividades del subsistema de búsqueda y rescate.

NEA se define en términos porcentuales, (0 a 100%) y varía en el tiempo en función de TEA, como se describe en (1):

$$NEA_K = NEA_J + TEA_{JK} * DT \quad (1)$$

Donde TEA define el ritmo en términos porcentuales en función de la norma técnica, que para términos de esta investigación vendría siendo “Tabla NT modo base”, la que equivale a la duración de las actividades en condiciones perfectas, la cual determina los tiempos del modelo base del sistema, y de la ejecución de la norma técnica (ENT).

Complementariamente ENT, trabaja como un multiplicador que permite enlazar variables exógenas, endógenas y modos con la velocidad de ejecución de la actividad. Así el multiplicador asume valores entre 0 y 1 dependiendo del modo que se esté utilizando (2):

$$TEA_{jk} = if \{ NEA_j < 100 \} them \left\{ \left(\frac{100}{NTA} \right) * ENT \right\} else \{ 0 \} \quad (2)$$

Seguidamente para poder representar la variabilidad del sistema, se agregan una serie de variables, tanto endógenas como exógenas que van a interferir en la velocidad de ejecución de las actividades.

Estas variables exógenas y endógenas fueron tomadas de [CITATION Mor12 \l 9226] y referenciadas por (González, 2013), las mismas fueron tomadas para

seguir tomando una variabilidad uniforme sobre el sistema logístico humanitario colombiano.

Las variables endógenas tomadas fueron:

- Capacidad técnica y de coordinación de cada entidad involucrada en la ejecución de la actividad.
- Capacidad técnica y de coordinación de cada persona responsable de la ejecución de la actividad.
- Capacidad tecnológica de los sistemas de información utilizados en cada organización.

Las variables exógenas que se tuvieron en cuenta fueron:

- Condiciones climáticas y momento del día en que ocurre el desastre (si ocurre en el día o en la noche).
- Condiciones del terreno y estado de la infraestructura después del desastre.
- Cantidad de personas afectadas
- Colaboración de la comunidad afectada
- Magnitud de los daños

Estas variables afectan la velocidad de ejecución de las actividades y por consiguiente pueden provocar retrasos en la ejecución de las mismas.

Para poder agregar el efecto de estas variables en el modelo se realizó una tabla en donde se pueden ver en efectos porcentuales que presenta la variable sobre el modelo, afectando los tiempos de ejecución sobre la actividad.

Estas variables endógenas y exógenas van ligadas a la ejecución de la norma técnica (ENT), a través de la tabla denominada “Tabla Ven y Vex”, la cual funciona en forma de “lookup” y se encuentra asociada a una variable denominada “aleatoria” la cual a su vez está ligada a una semilla que puede tomar un valor cualquiera, asegurando completamente la aleatoriedad del modelo, como se ve en la figura 8.

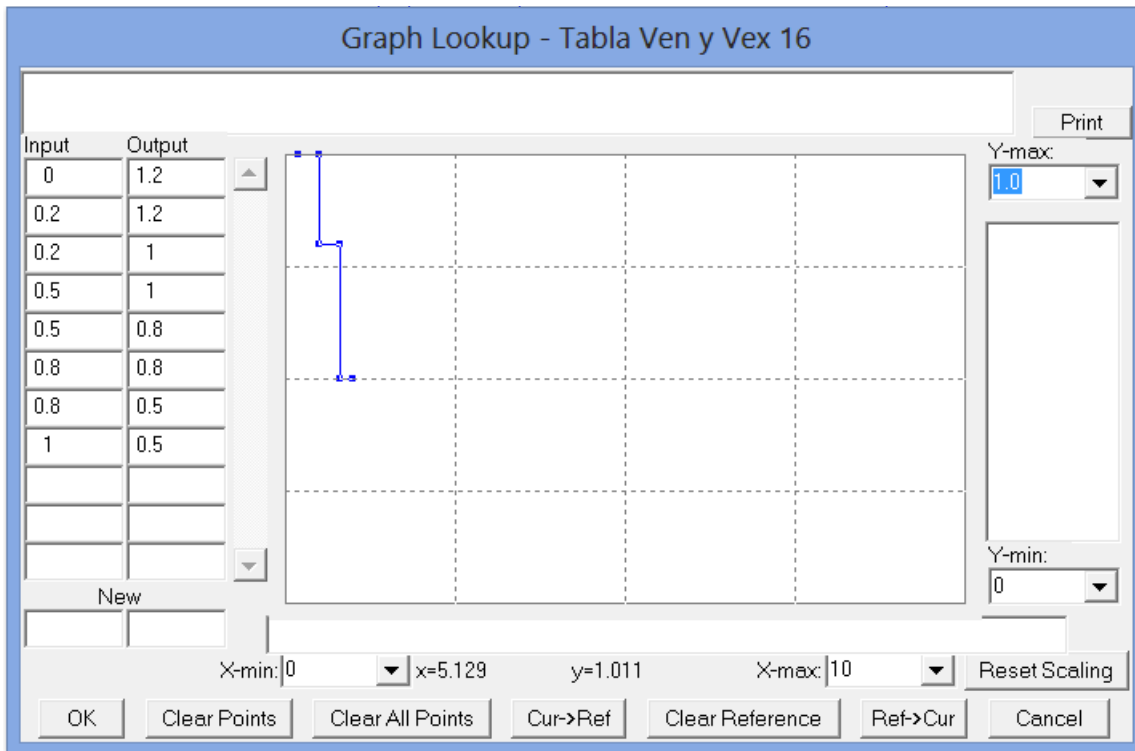


Figura 8: Programación de las tablas de variables endógenas y exógenas.

En la figura 8 se puede observar un ejemplo de cómo fueron programadas las tablas de variables endógenas y exógenas, afectando la velocidad de ejecución de las actividades, estas tablas fueron construidas a partir del trabajo realizado por [CITATION Mor12 \l 9226], tomadas por (González, 2013) y calculadas a partir de los datos que reportó la OPS, 2000 en el manual de materiales logísticos de la Organización Panamericana de la Salud y que indica los principales efectos que provocan diferentes tipos de desastres.

Esta variabilidad va en conjunto con la asignación de recursos los cuales son distribuidos a aquellas actividades que son prioridad, es decir, que forman parte de la ruta crítica encontrada, también se calculó cuáles podían ser los tiempos máximos de duración de cada actividad y se realizó un diagrama de Gantt para determinar cuánto es la duración total del subsistema de búsqueda y rescate y a la vez para determinar cuáles actividades se ejecutan en paralelo y cuáles actividades tendrían la posibilidad de utilizar un recurso al mismo tiempo.

Dicho esto, la ejecución total de las actividades de la ruta crítica en condiciones ideales es de aproximadamente de 21 horas.

7.2.1 Distribución de recursos en el modelo:

Para la distribución de recursos en el subsistema, como se mencionó anteriormente solo se utilizaron aquellos que impliquen el retraso de las actividades involucradas.

En la Figura 9 se puede observar un ejemplo, que para la actividad 6 denominada “Realizar viajes de reconocimiento”, tiene asignado un recurso denominado “Aviones”, en donde ENT, tiene enlazada otras variables que influyen en la velocidad de ejecución de la actividad.

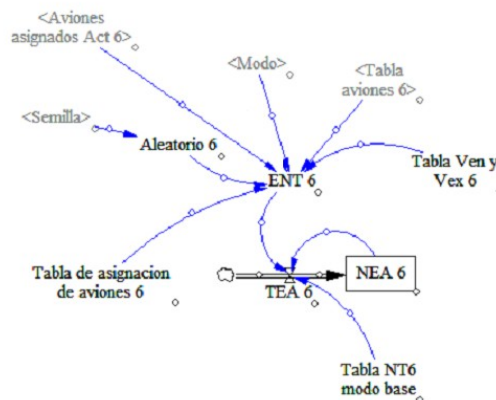


Figura 9: Diagrama de Forrester para los recursos asignados a la actividad 6 del subsistema de búsqueda y rescate.

Estas variables son “Tabla aviones”, la cual representa la cantidad de aviones utilizados en la actividad en función del modo de ejecución, es decir, la actividad requiere el recursos en distintas cantidades dependiendo del modo de ejecución en el que se encuentre.

Seguidamente se observa la variable “Tabla de asignación de aviones”, la cual dependiendo del modo, asigna la cantidad de recurso influyendo en la velocidad de ejecución de la norma técnica.

Y por último “Aviones Asignados a la actividad 6”, es un nivel en donde que determina la cantidad de aviones que se le son asignados a la actividad, debido a que los aviones representan un recurso compartido con otras actividades del subsistema, y existe la posibilidad de que la ejecución de la misma se vea afectada porque el recurso no está disponible en su totalidad.

De igual manera, dentro del modelo se estableció el ciclo de asignación de recursos dependiendo de la disponibilidad del mismo, como se puede observar en la figura 13:

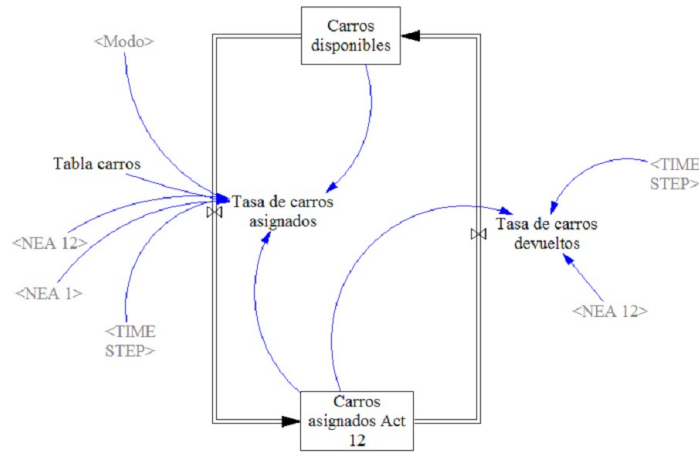


Figura 10: Diagrama de Forrester para el Ciclo de asignación de recursos “Carros”.

En la figura 10 se observa la disponibilidad de recurso que hay para todas las actividades, en este caso el recurso “carros” solo es necesitado por la actividad 12 referente a “Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate”. El nivel de “carros disponibles” está unido a 2 tasas, una de entrada denominada tasa de carros asignados, y una de entrada que es la “Tasa de carros devueltos” definida de la siguiente manera (4):

$$Carros\ disponibles_K = Carros\ disponibles_J + (Tasa\ de\ carros\ asignados_{JK} - Tasa\ de\ carros\ devueltos_{jk}) * DT$$

(4)

$$Tasa\ de\ carros\ asignados_{jk} = if\{NEA\ 1_j \geq 100\}\ then\ \{if\{Carros\ asignados\ act\ 12 > 0 \vee NEA\ 12 \geq 100\}\ then\ 0, else$$

(5)

$$Tasa\ de\ carros\ devueltos_{jk} = if\{NEA\ 12_j \geq 99.99 \wedge Carros\ asignados\ act\ 12 > 0\}\ then\ \{Carros\ asignados\ act\ 12\} else$$

(6)

También se debe tomar en cuenta el nivel de “Carros asignados act 12”, la cual va a alimentar a la ENT de la actividad 12, en dado caso que “carros” necesitare ser asignada a otra actividad, tendría que existir otro nivel para asignar recursos a esa actividad, y los mismos tendrían que ser distribuidos dependiendo de lo que esté disponible en el nivel de “carros disponibles”. Este nivel viene determinado por la siguiente ecuación

$$Carros\ disponibles_K = Carros\ disponibles_J + (Tasa\ de\ carros\ devueltos_{JK} - Tasa\ de\ carros\ disponibles_{jk}) * DT$$

(7).

Como se puede observar en las últimas 2 figuras, que las ENT de las actividades dependen de la asignación realizada, en donde actúan el nivel de recurso asignado, modo, la tabla de recurso en función del modo.

El ciclo de asignación también depende del nivel de la actividad de precedencia, ya que el mismo empieza a funcionar después de la ejecución del 100% de la actividad.

Posteriormente a la asignación de recursos a las actividades, se procedió a la parametrización de la mortalidad, que toma como base el análisis de la estructura sistémica.

7.2.2 Modelación de parámetros de mortalidad.

Para poder establecer un rango de supervivencia, y poder calibrar el modelo para determinar qué cantidad y a qué velocidad se produce la mortalidad, se tomó en cuenta el cuadro de descripción de los distintos tipos de víctimas que se producen en un terremoto realizado por [CITATION Cri01 \l 9226] y tomado por [CITATION Dud13 \l 9226].

Descripción de las clases de víctimas en terremotos	
Clase 1	Víctimas que mueren en el evento o unos minutos después
Clase 2	Víctimas con lesiones muy graves que necesitan una asistencia avanzada para ser rescatadas generalmente se dejan en el sitio
Clase 3	Víctimas que pueden ser salvadas con primeros auxilios, tienen la posibilidad de sobrevivir
Clase 4	Víctimas que pueden caminar y sufrieron lesiones leves.

Tabla 12: Clases de víctimas que se producen en un terremoto.

Fuente: Autor.

Complementando con lo descrito anteriormente, en el terremoto del eje cafetero se produjeron 9708 víctimas, de las cuales 929 murieron antes de ser asistidos por los organismos de rescate, 2387 fueron rescatados con traumas y se les aplicó primeros auxilios antes de las primeras 24 horas, aproximadamente el 20% murió por razones varias, y 6392 personas fueron rescatadas con traumas simples o completamente sanas.

Si colocamos estos datos en la clasificación descrita anteriormente tenemos que las 929 personas fallecidas corresponden a la clase 1 y 2, las 2387 rescatadas con traumas corresponden a la clase 3 y las 6392 rescatadas con pocas lesiones corresponden a la clase 4.

Aquí podemos observarlo en términos porcentuales:

Clase	Víctimas	Porcentaje
-------	----------	------------

1 y 2	924	9,50%
3	2387	24,60%
4	6392	65,90%
Total	9703	100,00%

Tabla 13: Clasificación porcentual de víctimas según clases establecidas por (Crippen, 2001)

Fuente: Autor

Datos recolectados en la investigación de [CITATION New10 \l 9226], donde su estudio determinó que las personas que llegan con traumas severos que necesitaron la implementación de primeros auxilios, aproximadamente el 20% muere. Esta información es de importancia para la calibración del modelo referente a la mortalidad.

Unido a esto tenemos que [CITATION Dud13 \l 9226], Establecen que es muy probable que las víctimas de clase 3 que no sean rescatados en el periodo de 24 horas mueran.

Con la recolección de esta información se pueden establecer los parámetros para determinar la mortalidad dentro del modelo, permitiendo tener un resultado mucho más apegado a la realidad.

A continuación en la figura 11 se muestra como se modela lo descrito anteriormente:

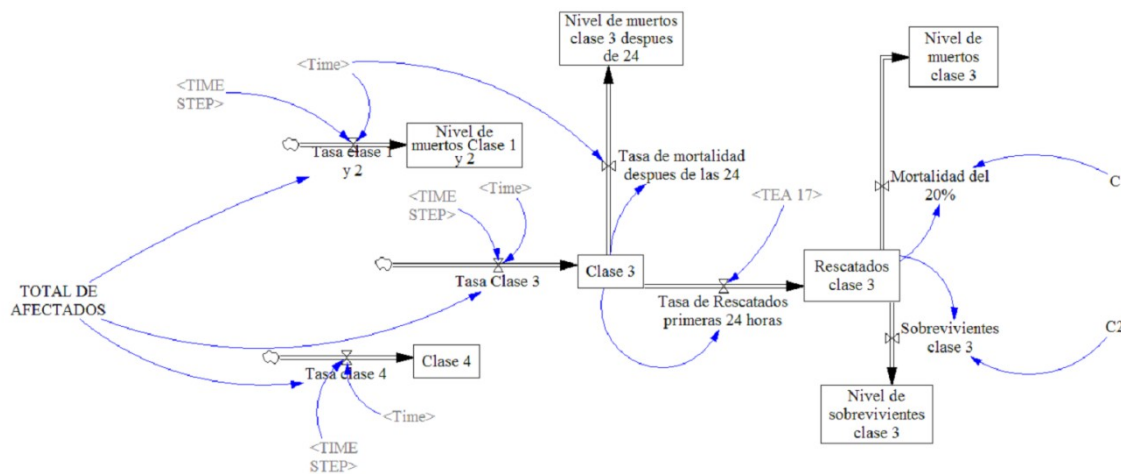


Figura 11: Diagrama de Forrester para la modelación de parámetros de mortalidad.

Para la modelación de la mortalidad se utilizaron las siguientes fórmulas de niveles y tasas:

Niveles:

$$\text{Nivel de muertos Clase 1 y 2}_j = \text{Nivel de muertos Clase 1 y 2}_j + \text{Tasa Clase 1 y 2}_{JK} * DT \quad (8).$$

$$\text{Clase 3}_j = \text{Clase 3}_j + (\text{Tasa Clase 3}_{JK} - \text{Tasa de mortalidad despues de las 24}_{jk} - \text{Tasa de rescatados primeras 24 h}_{jk}) * DT \quad (9).$$

$$\text{Nivel de muertos clase 3 despues de 24 horas}_j = \text{Nivel de muertos Clase 3 despues de 24 horas}_j + \text{Tasa de mortalidad}_{jk} * DT \quad (10).$$

$$\begin{aligned} & \text{Tasa de recatados primeras 24 horas} \\ & (\text{Tasa Clase 3}_{JK} - \text{Mortalidad del 20}_{jk} - \text{Sobrevivientes clase 3}_{jk}) * DT \\ & \text{Rescatados clase 3}_j = \text{Rescatados clase 3}_j + \text{Tasa de rescatados}_{jk} * DT \end{aligned} \quad (11).$$

$$\text{Nivel de sobrevivientes clase 3}_j = \text{Nivel de sobrevivientes clase 3}_j + \text{Tasa sobrevivientes clase 3}_{JK} * DT \quad (12).$$

$$\text{Nivel de muertos Clase 3}_j = \text{Nivel de muertos Clase } j + \text{Tasa mortalidad } 20_{JK} * DT \quad (13)$$

$$\text{Nivel Clase 4}_j = \text{Nivel clase 4}_j + \text{Tasa Clase 4}_{JK} * DT \quad (14)$$

Tasas:

$$\text{Tasa Clase 1 y 2}_{jk} = [\text{if } \{Time = 0\}, \{them 0.095 * total de afectados\} \text{ else } \{0\}] / TIME STEP. \quad (15)$$

Donde 0.095, representa el número de afectados en las clases 1 y 2, como se observó anteriormente en la tabla de clasificación porcentual de víctimas.

$$\text{Tasa Clase 3}_{jk} = [\text{if } \{Time = 0\}, \{them 0.246 * total de afectados\} \text{ else } \{0\}] / TIME STEP \quad (16).$$

Donde 0.246 representa el número de afectados en la actividad 3, como se observó anteriormente en la tabla de clasificación porcentual de víctimas.

$$\text{Tasa Clase 4}_{jk} = [\text{if } \{Time = 0\}, \{them 0.659 * total de afectados\} \text{ else } \{0\}] / TIME STEP \quad (17).$$

Donde 0.659 representa el número de afectados en la clase 4, como se observó anteriormente en la tabla de clasificación porcentual de víctimas.

$$Tasa\ de\ mortalidad\ despues\ 24\ horas_{jk} = if \{Time > 24 \wedge Clase\ 3_k > 0\}, \{them\ 0.9 * Clase\ 3_k\} else \{0\}$$

(18)

Es decir, si en las primeras 24 horas no se ha culminado la actividad 17 referente a “Prestar primeros auxilios y registrar la información de pacientes atendidos y remitidos a centros de salud”, el 90% de las víctimas de clase 3 mueren.

$$Tasa\ de\ rescatados\ despues\ 24\ horas_{jk} = if \{TEA\ 17_{JK} > 0 \wedge Clase\ 3_k > 0\}, \{them\ 4774\}, else \{0\}$$

(19).

Es decir, si la tasa de la ejecución de la actividad 17 se encuentra en ejecución y hay víctimas de clase 3.

Tasas con c1 y c2

Se parametrizó el modelo con el fin de minimizar el error entre la parametrización del modelo y los datos histórico del desastre del eje cafetero.

De igual manera se modelo el número total de muertos como se observa en la siguiente figura 12:

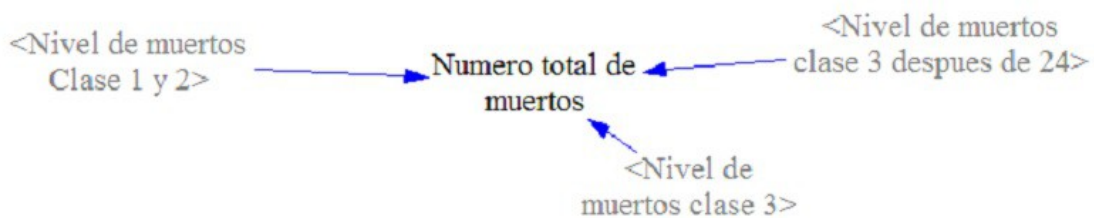


Figura 12: Nivel de total de muertos.

Para determinar este número total de muertos se realizó la siguiente formulación:

$$Número\ total\ de\ muertos_j = Nivel\ de\ muertos\ Clase\ 1\ y\ 2_k + Nivel\ de\ muertos\ clase\ 3_k + Nivel\ de\ muertos\ clase\ 3\ d$$

(20).

Al representar en el modelo la estructura del sistema, las variables endógenas y exógenas que actúan, los recursos involucrados y la parametrización de la mortalidad, se procedió a la validación del mismo.

7.3 Validación del modelo

Para validar el modelo se corrió el modelo, de tal manera que cumpliera con la cantidad de afectados, víctimas y sobrevivientes producidos en el terremoto del eje cafetero [CITATION Cor \l 9226], de igual manera se tomó en cuenta la duración total del desastre, la cual influye sobre las víctimas.

Posteriormente, se recreó una réplica del proyecto en donde no hay influencia de variables exógenas y endógenas, que sirvió como base para establecer la “duración planeada” del desastre, y la cual sirvió como patrón para determinar que tanta desviación se produce en el modelo al tener la influencia de las variables endógenas y exógenas así como la asignación de recursos.

Para efectos de la ejecución tanto real, como planeada del proyecto, se establecieron los pesos de cada una de las actividades involucradas en la ruta crítica, las cuales son las siguientes:

Actividad	Nombre	Peso
4	Establecer redes y frecuencias de comunicación	0,08
3	Dotar a los miembros de las entidades que van a intervenir en la evaluación de daños con los equipos de comunicación	0,08
1	Recopilar la información de daños en el lugar de afectación	0,08
12	Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate	0,3
11	Enviar personal y equipos de BYR a la zona del desastre	0,08
16	Realizar operaciones de Búsqueda y Rescate	0,3
6	Realizar viajes de reconocimiento aéreo	0,08

Tabla 14: Peso de las actividades de la ruta crítica.

Fuente: Autor

Los pesos fueron distribuidos dependiendo de la importancia de la actividad, podemos observar que las actividades 12 y 16 son las que tienen más peso, debido a que son las que involucran los recursos utilizados durante el proceso de búsqueda y rescate, se determinó que estas actividades tuvieran un peso del 30% debido a que entre el 15% y el 45% no se observan diferencias en los perfiles y no afectaban significativamente a la discrepancia.

A continuación se puede observar en la figura 13, la aplicación de los pesos y las tasas de ejecución, lo cual permite determinar la duración y el porcentaje de ejecución del proyecto a través del tiempo de las actividades de la ruta crítica tanto para la duración real del proyecto como de la planificada:



Figura 13: Diagrama de Forrester para la modelación de la duración planificada y real del proyecto.

Niveles:

$$Nivel\ duracion\ real_j = Nivel\ duracion\ real_j + Tasa\ duracion\ real\ del\ proyecto_{JK} * DT \quad . (21)$$

$$Nivel\ duracion\ planeada_j = Nivel\ duracion\ planeada_j + Tasa\ duracion\ planeada\ del\ proyecto_{JK} * DT \quad . (22)$$

Tasas:

$$Tasa\ de\ duración\ proyecto\ real_{jk} = TEA\ 1_{JK} * W\ 1 + TEA\ 11_{JK} * W\ 11 + TEA\ 12_{JK} * W\ 12 + TEA\ 16_{JK} * W\ 16 + TEA\ 3_{JK} * W\ 3 \quad (23).$$

$$Tasa\ de\ duración\ proyecto\ Planeado_{jk} = TEA\ 1\ planeado_{JK} * W\ 1 + TEA\ 11\ planeado_{JK} * W\ 11 + TEA\ 12\ planeado_{JK} * W\ 12 + TEA\ 16\ planeado_{JK} * W\ 16 + TEA\ 3\ planeado_{JK} * W\ 3 \quad (24).$$

Cuando se realizó la simulación del desastre, se realizaron 30 réplicas con el fin de determinar el promedio de duración del mismo, bajo la influencia de las variables y de los recursos, el cual arrojó una duración de 21 horas.

La duración planeada del desastre es de 18 horas, arrojando una diferencia de 3 horas entre lo planificado y lo real, demostrando la necesidad de establecer un control del proyecto para disminuir los tiempos y por consiguiente la mortalidad.

Esto trae como consecuencia la necesidad de establecer el control y aplicar una medida correctiva.

7.4 Mecanismo de control: Tolerancias y Multimodos.

Esta sección del trabajo se basó en la investigación realizada por [CITATION Gon11 \l 9226], en donde se establece un proceso de tolerancias y multimodos.

El modo representa una combinación específica de tiempo y recursos (tecnología) en la ejecución de la actividad. La variación del modo permite el cambio de disponibilidad de recurso, lo cual permite que la ejecución del proyecto real se acerque a la ejecución planificada.

Las tolerancias representan el porcentaje máximo en el cual se puede alejar el proyecto real de lo planificado.

Para efectos de este trabajo se utilizaran estrategias que admitan dos tolerancias:

- 1) Tolerancia 1: Tolerancia de modo 1 a modo 2.
- 2) Tolerancia 2: Tolerancia de modo 2 a modo 3.

Las tolerancias son un punto clave para esta investigación, debido a que a través de ellas se podrá establecer cuál es la estrategia adecuada para la realización del control. Así cuando el proyecto se aleja del nivel de ejecución programado en una proporción mayor a la tolerancia fijada (discrepancia), se genera un cambio de modo en la ejecución de las actividades que permite acelerar la ejecución de las mismas y cumplir así con las expectativas, [CITATION Gon11 \l 9226].

La discrepancia representa la diferencia entre lo real y lo planificado. Es decir:

$$\textit{Discrepancia} = \textit{Duracion planeada} - \textit{dur acion real} \quad (25)$$

A continuación se muestra en la figura 14 la representación de la discrepancia del proyecto

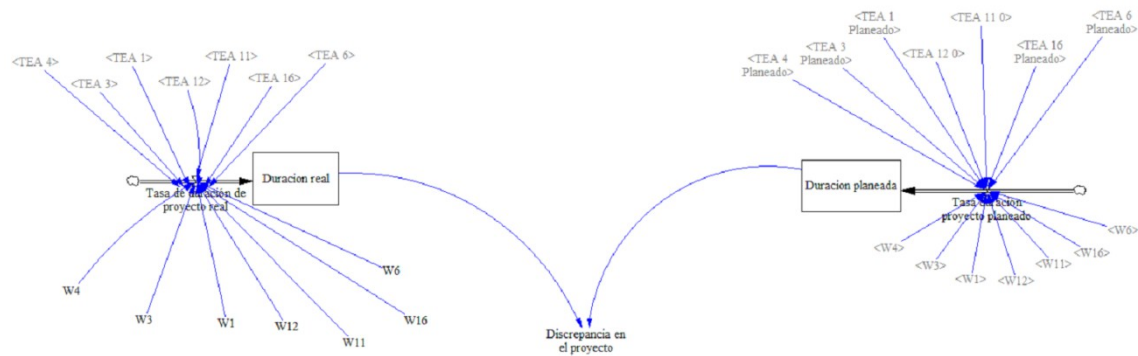


Figura 14: Diagrama de Forrester para la representación de la discrepancia en el proyecto.

Cuando la discrepancia supera la tolerancia, se debe establecer un control, una medida correctiva, que para este caso de estudio corresponde al cambio de modo en los recursos [CITATION Gon11 \l 9226].

Para la realización del control se establecieron 3 modos:

Un modo 1 en donde se consideran los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, el cual actúa como modo base.

Un modo 2 en donde se aumenta la cantidad de recursos disponibles entre un 30 % y 40 %.

Un modo 3 en donde se aumenta la cantidad de recursos disponible entre un 40% y 50%.

Este modo afecta directamente cada uno de los recursos involucrados en el modelo, como se puede observar en la siguiente figura 15:

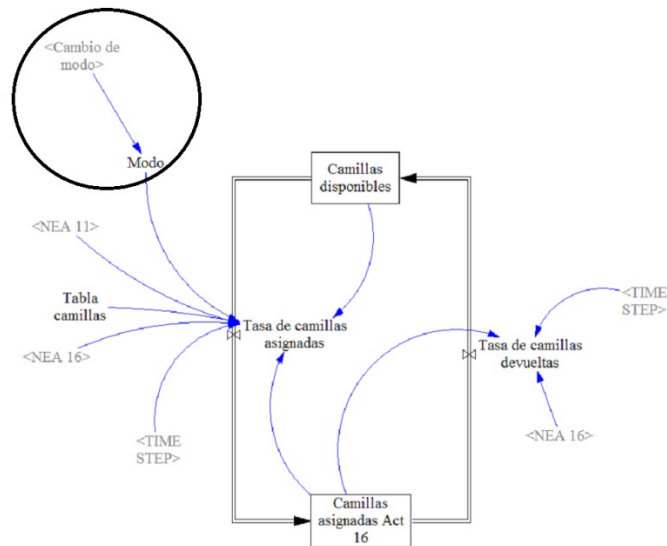


Figura 15: Diagrama de Forrester para el modo de asignación de recursos.

Se puede observar que en la ecuación (5), la tasa de asignación de recursos va ligada al modo, dependiendo del modo, se asignan más recursos al proyecto.

Esta variable “modo” está unida a una variable denominada “Cambio de modo”, la cual viene determinada por la siguiente ecuación:

$$IF THEN ELSE (Tolerancia de Modo 1 a Modo 2 > Discrepancia en el proyecto, 1, IF THEN ELSE (Tolerancia de Modo 2 a Modo 3 > Discrepancia en el proyecto, 2, 3))$$

(26)

Lo que quiere decir que cuando la discrepancia supera la tolerancia 1, el control activa el modo 2 para disminuir la discrepancia y llevar al proyecto real al proyecto planeado, de igual forma si la discrepancia supera la tolerancia 1 y también la tolerancia 2, el control activa el modo 3 para generar el mismo efecto en el proyecto.

Como se puede observar en el bucle de control de la Figura 16, el cambio de modo viene dado por la discrepancia en el proyecto, esto afecta la tasa de recurso asignado en una de las actividades involucradas, trayendo como consecuencia el cambio en el nivel de recurso asignado afectando la ejecución de la norma técnica y por consiguiente la tasa de ejecución de la actividad que afecta la duración del proyecto con el fin de disminuir la discrepancia y llevar la duración real a la duración planeada.

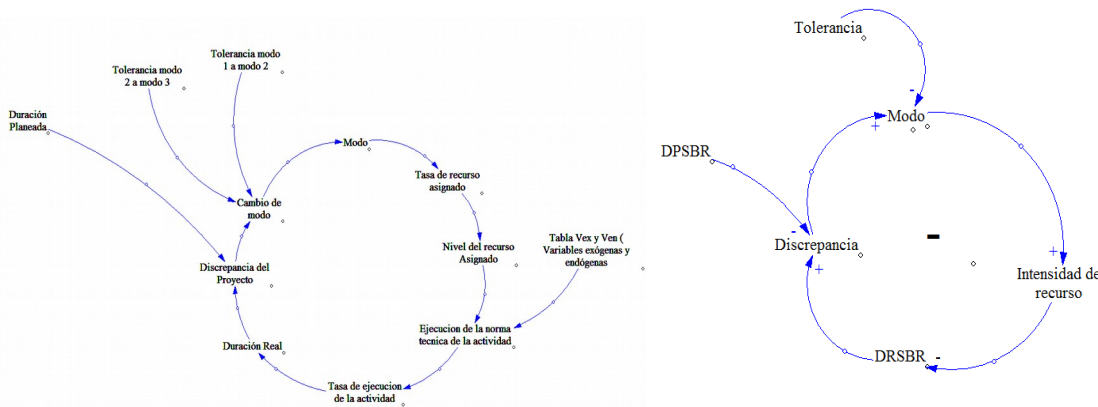


Figura 16: Bucle de control

Partiendo del mecanismo de control utilizado de tolerancias y multimodos se procedió a la elaboración de varias estrategias para ser aplicadas durante la experimentación

7.4.1 Estrategias de control:

Se elaboraron 11 estrategias de control para ser experimentadas en este trabajo de grado, con el fin de determinar cuál es la más adecuada, es decir, que disminuya la duración de ejecución del proyecto y que disminuya el número de víctimas.

Se utilizó un criterio en donde se realizaron estrategias con tolerancias muy bajas con el fin de poder establecer un control continuo sobre el subsistema y tolerancias holgadas, para establecer controles periódicos, es por esto que fueron seleccionadas de manera independiente.

De igual forma se establecieron las tolerancias con la condición de que la tolerancia 2 no debía ser mayor o igual que la tolerancia 1.

En el siguiente cuadro se pueden observar las estrategias con sus respectivas tolerancias.

Estrategia	Tolerancia 1	Tolerancia 2
1	0,1	0,3

2	0,3	0,5
3	0,3	1
4	1	0,5
5	1	3
6	1	5
7	3	5
8	3	10
9	5	10
10	10	15
11	15	20

Tabla 15: Estrategias y tolerancias.

Fuente: Autor

8 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de identificar las estrategias a utilizar se inicia el proceso de experimentación y análisis de resultados, donde se realizan las réplicas de cada una de las estrategias con el fin de ver su comportamiento y así poder analizarlas y sacar conclusiones.

8.1 Experimentación en el modelo

Para la experimentación se realizaron 30 réplicas basándose en el cálculo del número de muestra utilizado inicialmente para determinar la ruta crítica, para cada una de las 11 estrategias establecidas, y se tomaron los resultados de: duración, modo, discrepancia y mortalidad, en el momento de cumplirse el 100% del proyecto.

Posteriormente se sacó el promedio de:

- Duración
- Mortalidad

Con el fin de determinar la varianza y la desviación estándar con los datos de cada una de las estrategias, Esto con el fin de poder determinar los intervalos de confianza de cada una de las estrategias a través de la siguiente ecuación:

$$M = X \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (27)$$

Dónde:

X= Media de la población

Z: Intervalo de confianza

S: Es la desviación Estándar.

N: Muestra.

Dando como resultado la tabla 16:

Estrategia	Tolerancia 1	Tolerancia 2	Intervalo inferior (Duración)	Promedio de duración	Intervalo superior (Duración)	Intervalo Superior (mortalidad)	Promedio de mortalidad	Intervalo Inferior (Mortalidad)
1	0,1	0,3	16,34335	16,48281	16,6222731	1375,98907	1328,27937	1280,56967
2	0,3	0,5	16,34719	16,51432	16,6814547	1363,14212	1314,72771	1266,3133
3	0,3	1	16,33643	16,5026	16,6687797	1382,60531	1353,09611	1323,5869
4	0,5	1	16,49925	16,65729	16,815333	1383,76105	1350,00085	1316,24065
5	1	3	16,52046	16,76276	17,0050566	1397,01226	1395,48788	1393,9635
6	1	5	16,7871	16,99505	17,2030059	1397,57762	1396,50028	1395,42294
7	3	5	16,65063	16,91172	17,1728031	1396,87624	1395,71678	1394,55732
8	3	10	16,79136	17,09844	17,4055166	1397,97527	1396,61074	1395,24622
9	5	10	16,88091	17,18646	17,4920084	1397,66538	1396,59905	1395,53272
10	10	15	16,95918	17,25443	17,5496708	1398,10866	1396,78059	1395,45252
11	15	20	17,50504	17,73255	17,9600629	1396,37163	1397,36222	1398,35281

Sin Estrategia

17,52

Fuente: Autor

8.1 Análisis de resultados

En la figura 17, Se puede observar que a medida que las tolerancias son mayores aumenta la duración del proyecto, permitiendo concluir que entre más pequeñas son las tolerancias y entre más continuo sea el control, el proyecto se apega más rápido a lo planificado.

Tabla 16: Intervalos de confianza de las estrategias de control

DURACION

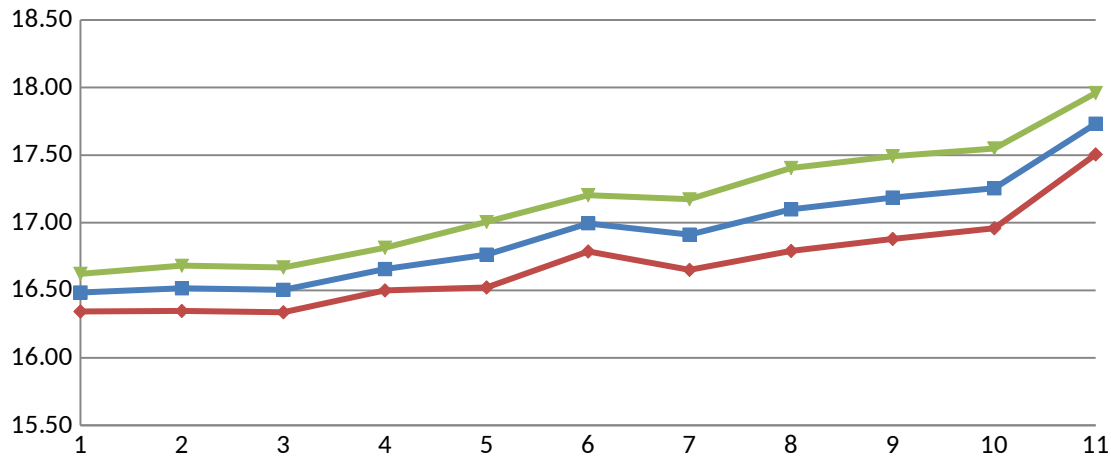


Figura 17: Promedio de duración del proyecto por estrategia.

Un igual comportamiento se observa en la figura 18 referente a la mortalidad, a medida que las tolerancias son más cortas, la probabilidad de rescatar más vidas se hace mayor, ya que los intervalos de confianza son más holgados, aumentando la posibilidad de supervivencia de las víctimas, sin embargo podemos ver que a partir de la cuarta estrategia la diferencia con respecto a esta variable es mucho más marcada, lo que nos permite tener indicios de dividir en varios grupos de estrategias para determinar si se pueden considerar iguales y determinar cuál es la óptima.

En las figuras 23 y 24 se puede corroborar la formación de varios grupos de estrategias, los cuales van a permitir determinar a través de pruebas de validación estadísticas, cuales estrategias pueden considerarse iguales y nos permitan establecer cuál es la estrategia correcta.

Mortalidad

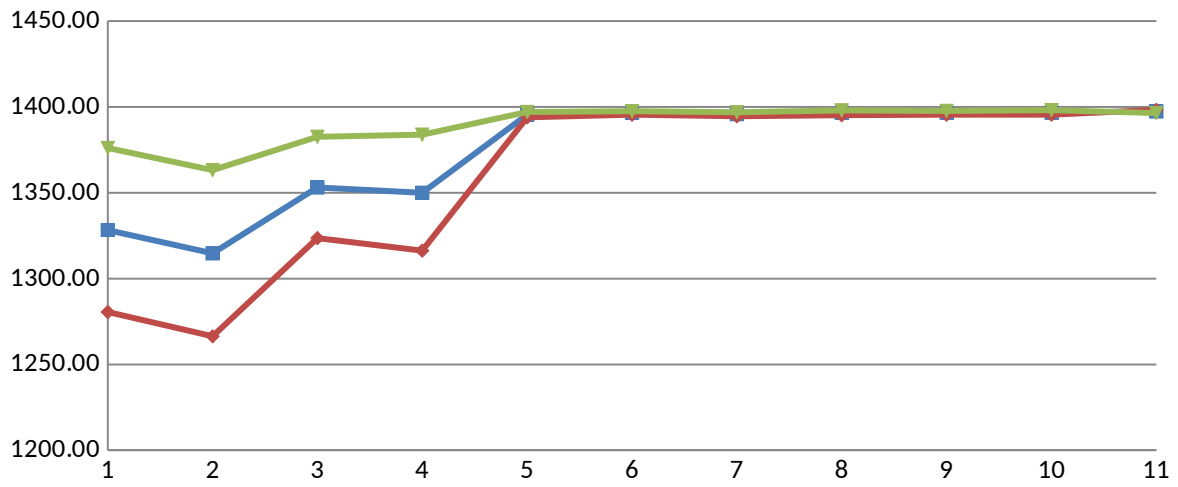


Figura 18: Promedio de mortalidad por estrategia.

Duración

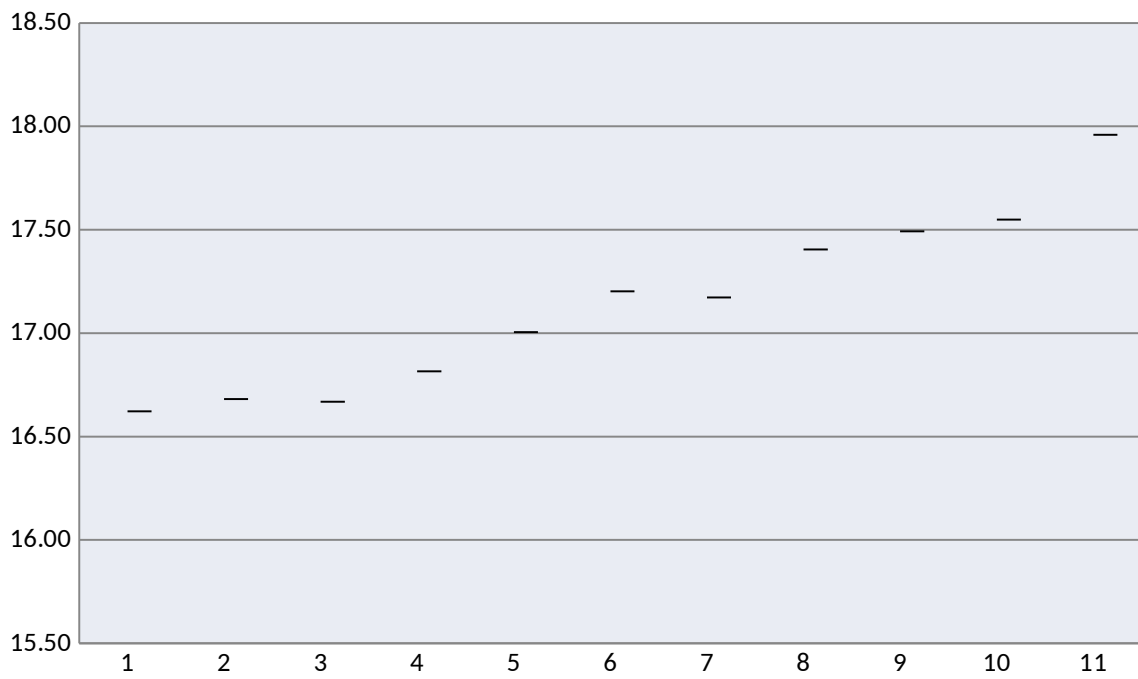


Figura 19: Gráfico de rangos para la duración.

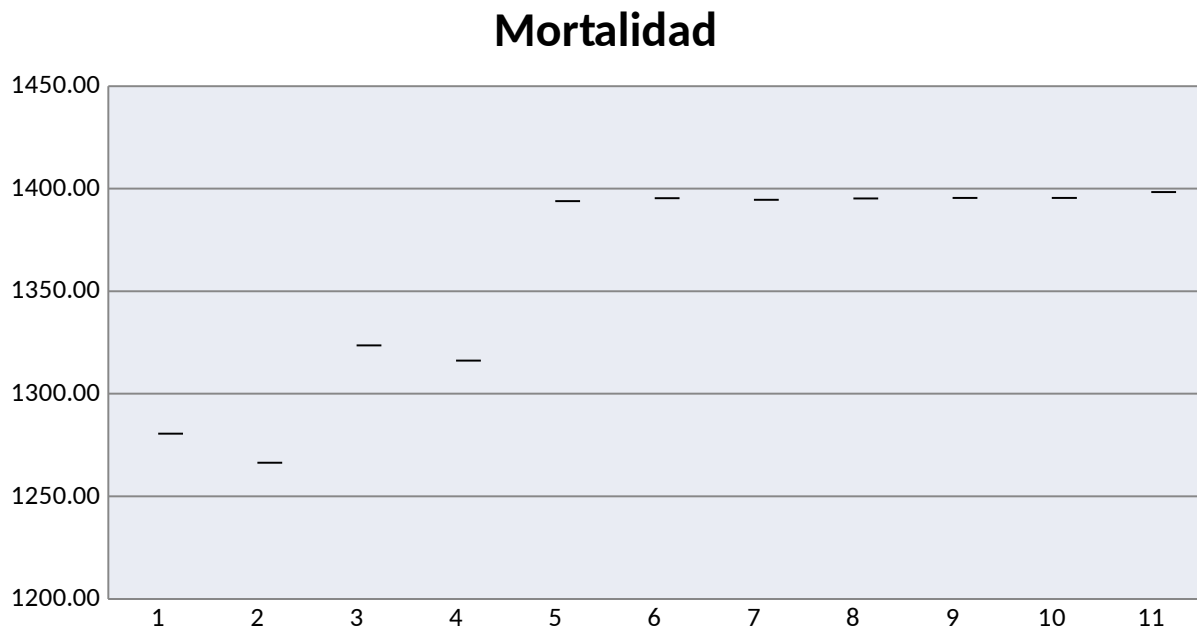


Figura 20: Gráfico de rangos para la mortalidad

Después del análisis de los resultados de las figuras 17, 18, 19 y 20, los grupos de estrategias resultantes fueron los siguientes:

Grupo	Estrategia
1	1,2,3
2	4,5,6
3	7,8,9
4	10,11

Tabla 17: Grupos de estrategias.

Fuente: Autor

Para la realización de la validación estadística de los resultados se utilizó el software IBM SSPS Statistics Editor.

Se realizaron prueba de normalidad para los datos, y al ver que se rechazaba la hipótesis nula se decidió aplicar pruebas estadísticas no paramétricas de muestras independientes como la prueba **Kruskal-Wallis**, la **U de Mann Whitney para 2 muestras** o una **anova**.

Para el primer grupo que alberga las estrategias 1,2, y 3 se obtuvo que:

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de mortalidad es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,957	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de duracion es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,953	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

En lo que se refiere a duración y mortalidad al aplicar una prueba Kruskal- Wallis se retiene la hipótesis nula que nos permite determinar que las 3 estrategias de este grupo pueden considerarse con medias iguales debido a que la significancia fue de 0.957 para la mortalidad y 0.953 para la duración.

Para el segundo grupo que alberga las estrategias 4, 5,6 se obtuvo que:

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de mortalidad es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,023	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de duracion es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,038	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

En el segundo grupo se rechaza tanto en duración como en mortalidad la hipótesis nula a través de la prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes, debido a que en ambos casos la significancia es menor a 0.05 lo que nos permite determinar que no hay igualdad de medias entre estas estrategias y que comprueba lo que se observa en las figuras 19 Y 20,

Para el tercer grupo que alberga las estrategias 7, 8, 9,10 se obtuvo que:

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de mortalidad es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,165	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de duracion es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,419	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Para este grupo de estrategia se retiene la hipótesis nula con la prueba de Kruskal-Wallis, aunque con una significancia de 0.165 para mortalidad y 0.419 para la duración.

A pesar de que se acepta sigue habiendo más relación entre las estrategias del grupo uno.

Para el cuarto grupo que alberga las estrategias 10 y 11 se obtuvo que:

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de mortalidad es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,554	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de duracion es la misma entre las categorías de estrategia.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,032	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Como en este grupo solo habían 2 pruebas, se aplicó el método de la prueba U de Mann-Whitney, en donde se retiene la hipótesis nula en la mortalidad con 0.554 y se rechaza la de duración con 0.32, lo cual confirma el resultado de la figura 22 en donde se observa que ambas estrategias tiene un promedio de mortalidad parecido, pero existe una diferencia apreciativa entre ambas en lo que se refiere a la duración del proyecto (Figura 21).

9. CONCLUSIONES

A pesar de que en Colombia se tiene una estructura logística para la atención de desastres, no se evidencia una estructura que pueda optimizar los tiempos de reacción, frente a estos, los miembros de la UNGRD manifestaron que no todo el

tiempo los recursos necesarios están disponible, lo que dificulta tener un plan estructurado. Por otra parte declararon que la ley 1523 de abril de 2012 es débil en la atención de desastres y que es necesaria una reforma para mejorar en ese aspecto.

La caracterización realizada al subsistema de búsqueda y rescate del sistema logístico humanitario colombiano permitió identificar 17 actividades, 8 entes involucrados, teniendo como principales responsables a la Defensa Civil Colombiana y la Cruz Roja Colombiana y 10 tipos de recursos fundamentales para el funcionamiento del sistema de apoyo de búsqueda y rescate, considerándose claves: Vehículo aéreo, Vehículo marítimo o fluvial, Vehículo terrestre, Médicos, paramédicos y los voluntarios en general. La caracterización también permitió identificar las precedencias y dependencia entre las distintas actividades involucradas.

No hay evidencia de la aplicación de estrategias de control de recursos en la logística humanitaria, lo que llevó a la integración de varias características de estrategias aplicadas a otras áreas de la logística, con el fin de poder generar una que cumpliera con las exigencias que se presentan en el sistema de apoyo de búsqueda y rescate basadas en los elementos básicos del ciclo de control, es decir, debe tener un mecanismo de planificación, un indicador de cumplimiento del plan y el establecimiento de las acciones correctivas.

A través de CPM y la caracterización realizada se logró identificar la ruta: 4, 3, 1, 12, 11, 16, 6 como crítica en el sistema de apoyo de búsqueda y rescate, las mismas fueron consideradas como prioritarias y sobre las cuales se aplicaron las estrategias de control para disminuir la discrepancia de tiempo y mortalidad.

Se identificó que el sistema de búsqueda y rescate puede considerarse como un proyecto, debido a que las actividades involucradas comparten recursos, interactúan en un ciclo logístico entre ellas y dependen de sus procedencias para poder completarse en su totalidad, de igual forma se afirma que el control de recursos puede controlar la ejecución del proyecto, debido a que mayor cantidad de recursos y la variabilidad de la disponibilidad de los mismos, influyó sobre la discrepancia entre la ejecución real del proyecto y lo planeado, permitiendo la disminución de la mortalidad.

Se comprobó que al aplicar estrategias de control del grupo 1 con tolerancias con diferencias pequeñas se realiza un control continuo sobre las actividades y este manifestó un mejor resultado que las estrategias de control con tolerancias grandes, en lo que se refiere en la duración del proyecto y a la tasa de mortalidad.

Se logró identificar 3 estrategias de control de recursos que son iguales estadísticamente (Estrategia 1, estrategia 2 y estrategia 3), en lo que se refiere a la duración del proyecto y mortalidad, pero se estableció como estrategia óptima la número 3 (Tolerancia 1= 0.3, Tolerancia 2= 1), debido a que genera menos cambios de modo, dando resultados iguales a las estrategias 1 y estrategia 2, pero gastando menos recursos.2

Lo descrito anteriormente permite dar respuesta afirmativa a la pregunta de investigación, debido a que al aplicar la estrategia de control se comprobó que si hay una disminución de los tiempos de respuestas y también hay una mayor probabilidad de salvar vidas.

De igual forma se acepta la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, debido a que se determinó que las tolerancias aplicadas a las estrategias de control de recursos son directamente proporcionales a la duración del proyecto y a la mortalidad.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar en futuras investigaciones la estrategia de control de recursos en otros subsistemas del sistema logístico humanitario colombiano en donde aún exista riesgo de muerte por parte de las víctimas, así como en subsistemas que involucren más recursos compartidos en el momento de la ejecución de las actividades.

Se plantea aplicar la estrategia de control sobre recursos no renovables con el fin de determinar si estos influyen en la duración del proyecto y mortalidad.

El modelo fue realizado sobre datos históricos referentes al terremoto del eje cafetero, pero se recomienda aplicar la estrategia sobre otros tipos de desastres para analizar su desenvolvimiento.

Bibliografía

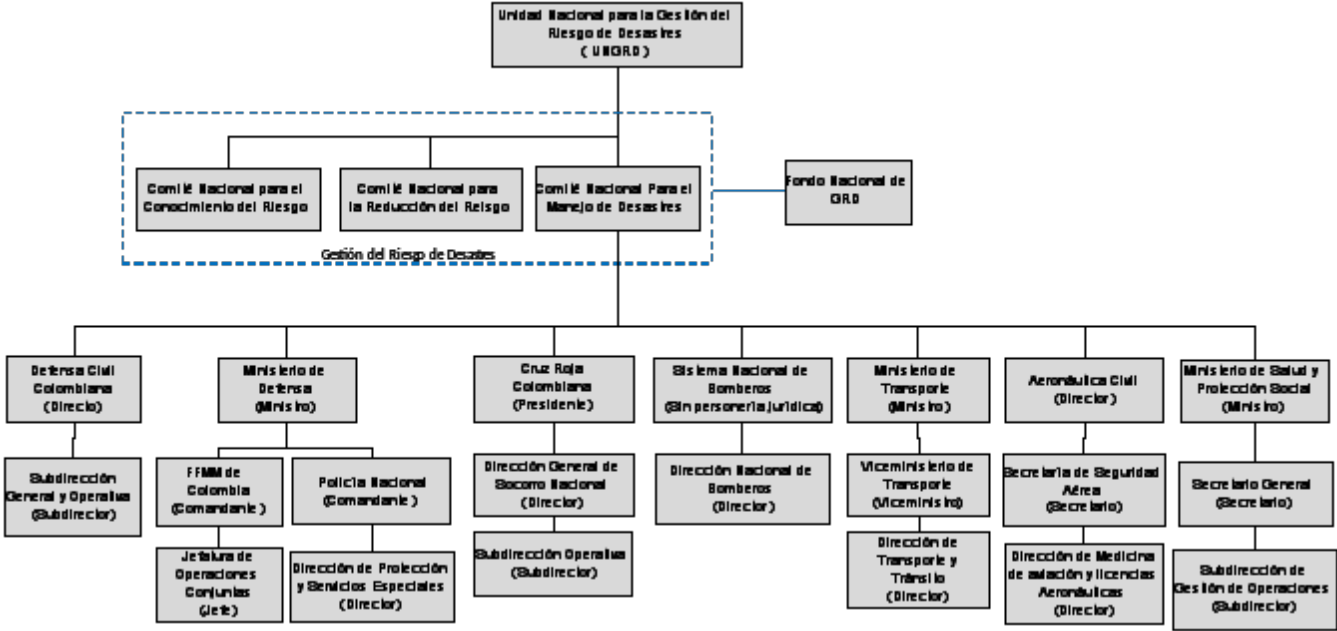
- Balcik, B. a. (2008). Facility location in humanitarian relief. washington: international Journal of Logistics.
- Braunschweig, T., & Janssen, W. (1998). Establecimiento de Prioridades en la Investigación Biotecnológica mediante el Proceso Jerárquico Analítico. *Isnar Research Report*, 1-42.
- Chandes, J. &. (2010). Investigating humanitarian logistics issues: From operations management to strategic action. . *Journal of Manufacturing Technology Management*, 320-340.
- Cortéz, G. (2001). Protocolos Operativos de Búsqueda y Rescate. Bogotá: Sistema nacional para la prevención y atención de desastres .
- Crippen, D. (2001). The World Trade Center attack. Similarities to the 1988 earthquake in Armenia: time to teach the public life-supporting first aid? *Crit Care* , 5(6):312-4.
- De falco & Macchiaroli. (1998). Timing of control activities in project planning. *International Journal of Project Management*, 51-58.
- DPAD. (2006). *Guía de actuación en caso de un desastre Súbito de Cobertura nacional*. Bogotá: Ministerio de interior y justicia.
- Dudaryk, R., & Pretto Jr, E. (2013). Resuscitation in a Multiple Casualty Event. *Anesthesiology Clin* 31, 85-106.
- Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MA: Productivity Press.
- García, J., Noriega, S., Díaz, J., & Riva, J. (2006). APLICACIÓN DEL PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA. *Agronomía costarricense*, 107-114.
- García, R. (2003). *Apuntes de Sistemas de control*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Gass, G., & Rapcsak, T. (2004). Singular value decomposition in AHP. *European Journal of Operational Research*, 573-584.
- González, L. (2011). Metodología integral y dinamica aplicada a la programacion y control de proyectos. *Revista facultad de ingenieria Universidad de antioquia*, 21-32.

- Gonzalez, L., Kalenatic, D., Rueda, F., & Sarmiento, A. (2013). Logística Focalizada. En D. Kalenatic, *Logística Focalizada* (págs. 105-134). Chia : Universidad de la Sabana.
- Guanxiang, Z., Meng, Z., Zhiyong, Z., & Guihai, L. (2010). An Evaluation Model for Emergency Logistics System. *IEEE*, doi:10.1109/ICMSS.2010.5577058 .
- Hoong, C. L. (2008). Real Time supply chain control via multi agent adjustable autonomy. . *Computers & Operations Research*, 3434-3452.
- Kalenatic, D. (2011). "Metodología de planeación logística basada gestion de proyectos y dinamica de sistemas en empresas prestadoras de servicios. *Revista facultad de ingenieria de la universidad de antioquia*, 208-218.
- Kalenatic, D. M. (2010). Metodología de planeación logística basada en gestión de proyectos y dinámica de sistemas en empresas prestadoras de servicios. . *Rev.Fac.Ing.Univ. Antioquia*.
- Kogan, Raz & Elitzur. (2002). Optimal Control in homogeneous projects:Analytical solvable deterministic cases. *IIE Transactions*, 63-75.
- Kovács, G. a. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. . *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 37(2), 99-114.
- Kovács, G. a. (2009). Identifying challenges in humanitarian logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 39(6), 506-528. .
- Mintzberg, H. (1997). *Proceso Estratégico*. Mexico: Pearson Education.
- Molina, V. (2008). La colaboración entre la agencia española de cooperación internacional para el desarrollo (AECID) y el ministerio de la defensa en el campo de la ayuda humanitaria. *Arbor ciencias, pensamiento y cultura*, 64-65.
- Moreno, K. (Junio de 2012). *Análisis de la relación entre estrategias de gestión logística humanitaria y el tiempo de respuesta en la atención de desastres*. Chía, Cundinamarca, Colombia: Universidad de la sabana.
- Muñoz, J. (2008). The military contribution to the humanitarian help. Towards a model of cooperation. *Arbor, Ciencia, pensamiento y cultura*, 54-56.

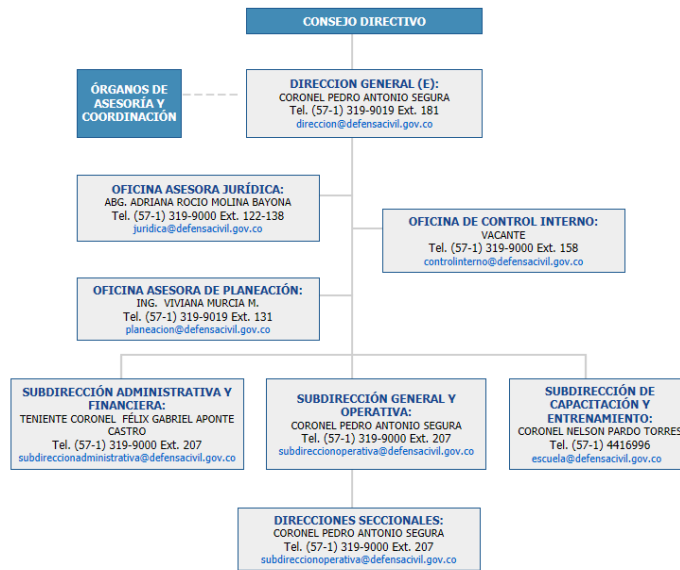
- Newgard et al., G. (2010). Emergency Medical Services Intervals and Survival in Trauma: Assessment of the "Golden Hour" in a North American Prospective Cohort. *the American College of Emergency Physicians*, 235-246.
- Oloruntoba, R. (2010). An analysis of the Cyclone Larry emergency relief chain: Some key success factors. *International Journal Production Economics*, 126, 85–101.
- Oloruntoba, R. G. (2006). Humanitarian aid an agile supply chain. *Supply Chain Management*, 11(2), 115-120.
- Páez, C. W. (junio de 7 de 2013). Jefe Grupo de Operador de Comunicaciones y Sub Direccion general y operativa de defensa civil Colombiana. (A. Blanco, Entrevistador)
- Perry, M. (2007). Natural disaster management planning: A study of logistics managers responding to the tsunami. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management.*, 37(5), 409-433.
- Pettit, S. a. (2009). Critical success factors in the context of humanitarian aid supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 39 (6), 450-468.
- Pettit, S., & Beresford, A. (2009). Critical success factors in the context of humanitarian aid supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(6), 450-468.
- Project Management Institute, P. M. (2001). *Practice standar for Work Breackdown Structure (WBS)*. Institute Project Management, Pensilvania.
- Raz & Erel. (2000). Optimal timing of project control points. *European Journal of Operational Research*, 252-261.
- Robert, T. (2006). Sense and respond logistic, integrating prediction and control capacities. *RAND Usa air Force*.
- Rozene, S., Vitner, G., & Spraggetta, S. (2004). Multidimensional Project Control System. *International Journal of Project Management*, 109-118.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority*. New York: McGraw-Hill.
- Sheu. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research part e-logistics and transportation review*, 687–709.

- Sheu, J. (2010). Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters. . *Part e-logistics and transportation review*, 46, (1), 1-17.
- Skipper, J. H. (2010). Alabama power response to Katrina: managing a severe service supply chain disruption. . *Journal of the International Academy for Case Studies*, (16), 2, 15-21. .
- SNPAD. (2006). *Guía de actuación de desastres subitos nacional*. Bogotá.
- Taskin, S. E. (2010). Inventory decisions for emergency supplies based on hurricane count predictions. *International Journal Production Economics*, 126, 66–75.
- Tenrox. (2012). *Tenrox*. Recuperado el 20 de Octubre de 2012, de Cloud-based Project Management Software - online resource management, resource scheduling, project planning, time & expense tracking, project billing & cost reporting: <http://www.tenrox.com/>
- Terry, G. (1998). *Administración y control de oficina. El manejo Administrativo de la información*. Editorial Continental.
- Thomas, A. a. (2005). *fritz institute*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2010, de www.fritzinstitute.org/PDFs/WhitePaper/FromLogisticsto.pdf.
- Thomas, A., & L., K. (2005). From Logistics To Supply Chain Management: The Path Forward In The Humanitarian Sector. *Instituto Fritz*, 1-15.
- Thompson, A. (1999). *Strategic Management*. McGraw-Hill College.
- Valencia, G. (2000). *Acciones para la reconstruccion del eje cafetero: Memoria colectiva de un proceso*. Pereira.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). Blackett memorial lecture humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *ournal of the Operational Research Society*, 57(5), 475-489.
- Veras, J. H. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. . *Journal of Operations Management*, 494-506.
- Yakubu, O., & Ming, S. (2010). Cost and time control of construction projects: Inhibiting factors and mitigating measures in practice. *Construction Management and Economics*, 28 (5), pp. 509 – 526 .

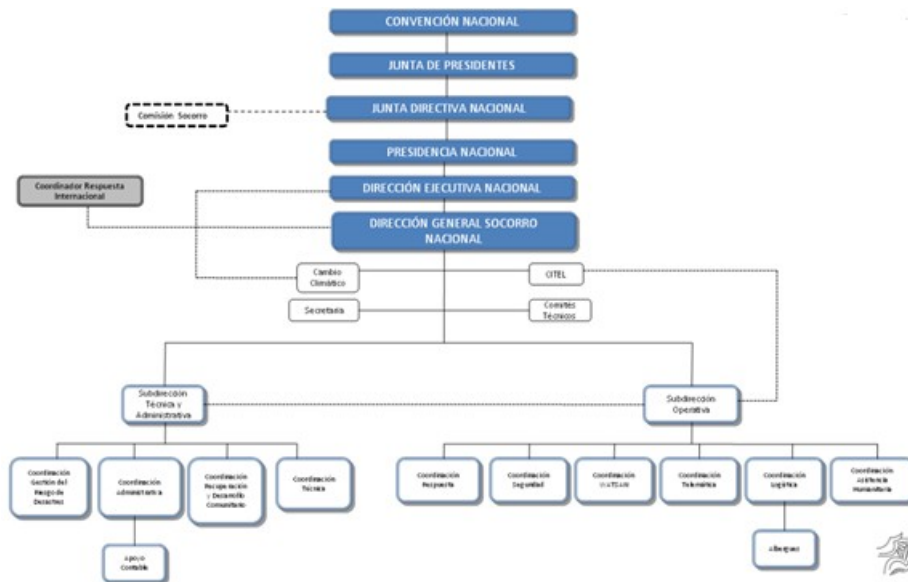
ANEXO A. ESTRUCTURA OBS DEL SISTEMA DE APOYO (3) BÚSQUEDA Y RESCATE



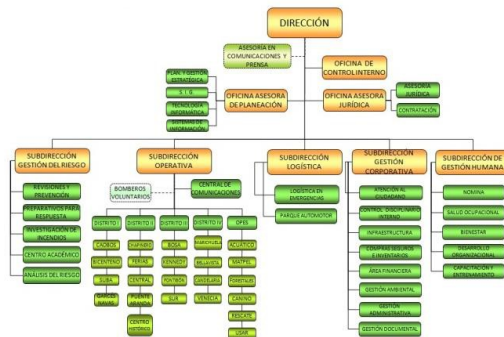
ANEXO B. ORGANIGRAMAS ENTIDADES (COORDINADORA Y DE APOYO)



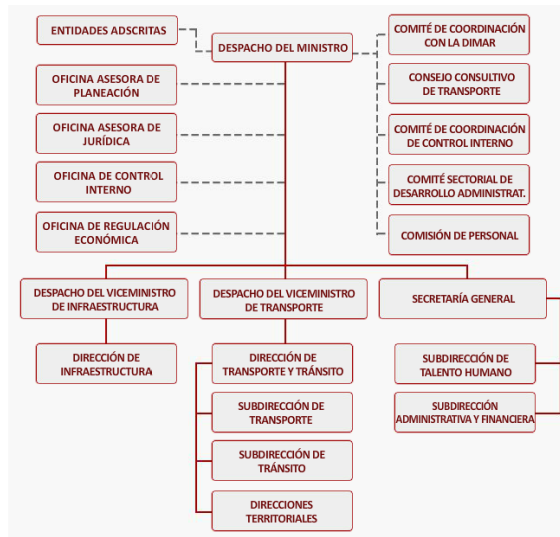
Organigrama Defensa Civil Colombiana
Fuente: www.defensacivil.gov.co



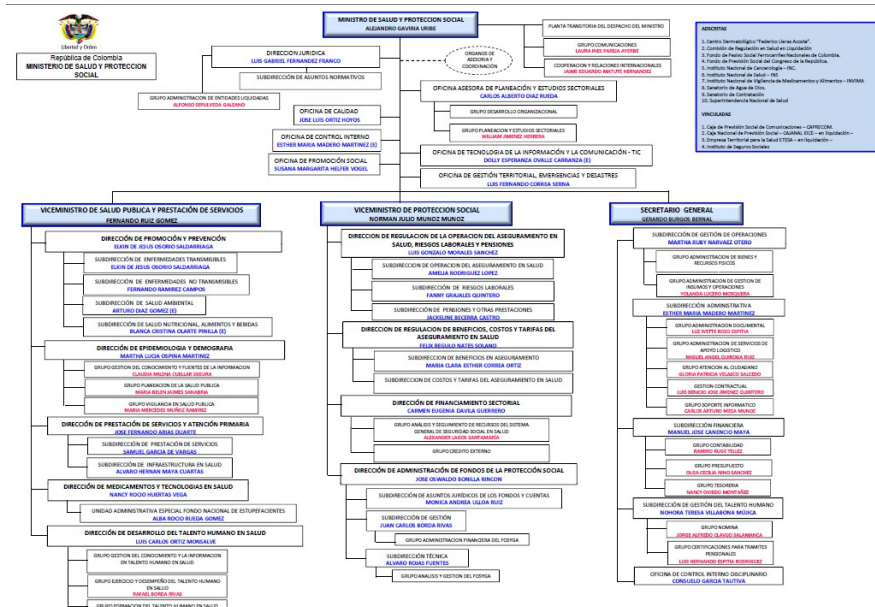
Organigrama Cruz Roja Colombiana
Fuente: www.cruzrojacolombiana



Organigrama Sistema Nacional de Bomberos
Fuente: www.bomberosbogota.gov.co



Organigrama Ministerio de Transporte
Fuente: www.mintransporte.gov.co



Organigrama Ministerio de Salud y Protección Social
Fuente: www.minsalud.gov.co

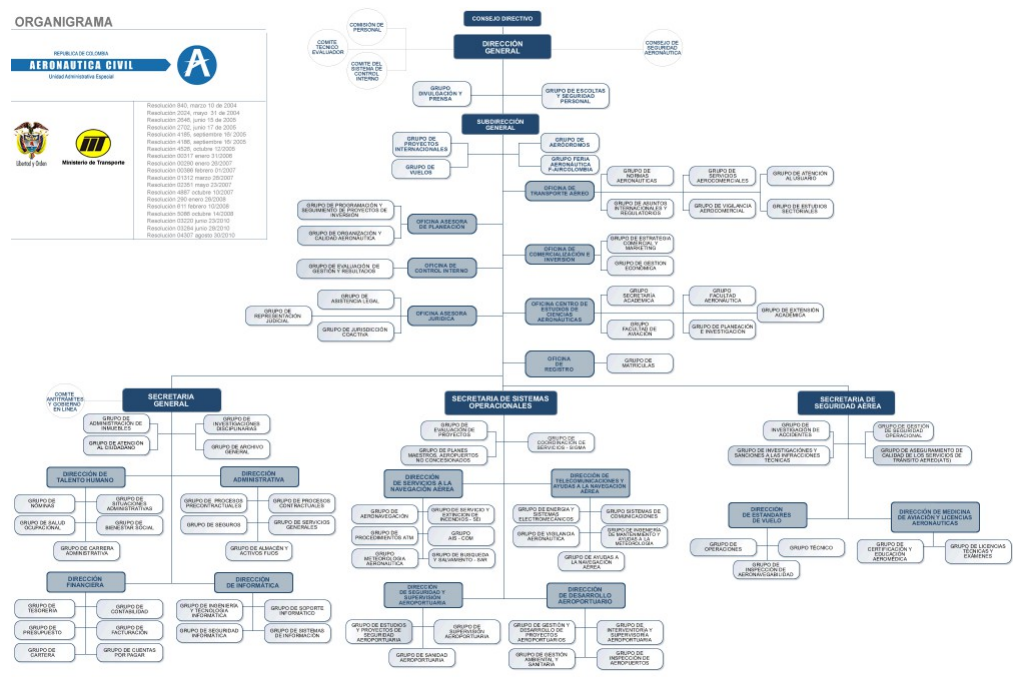
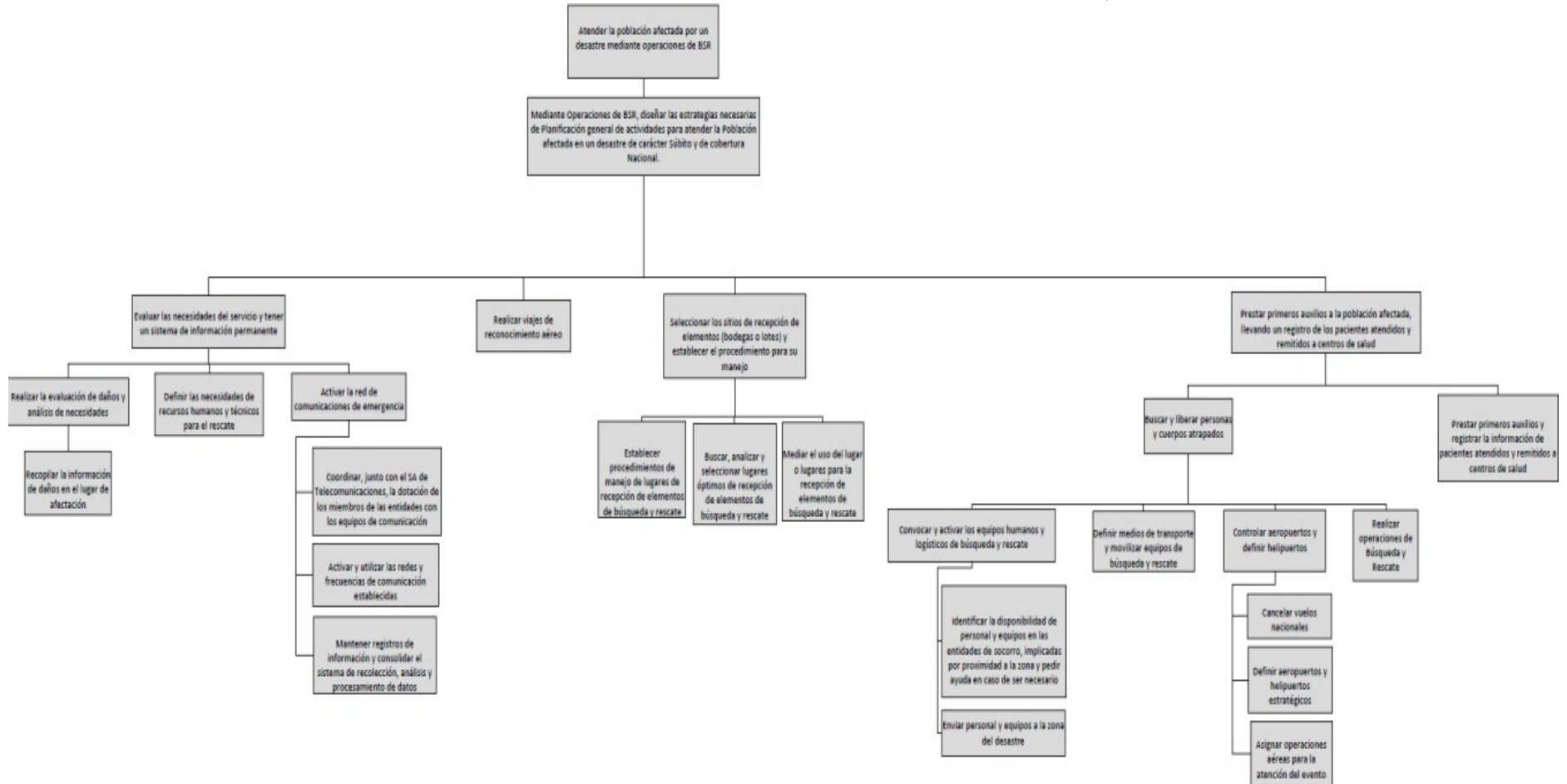


Figura: Organigrama Aeronáutica Civil Colombiana
Fuente: www.aerocivil.gov.co

ANEXO C. ESTRUCTURA OBS DEL SISTEMA DE APOYO BÚSQUE



DA Y RESCATE

ANEXO D. MATRIZ DE RESPONSABILIDAD DEL SISTEMA DE APOYO BUSQUEDA Y RESCATE

3. BÚSQUEDA Y RESCATE		MINISTRO DE DEFENSA			PRESIDENTE CRUZ ROJA COLOMBIANA	SISTEMA NACIONAL DE BOMBEROS	MINISTRO DE TRANSPORTE	DIRECTOR AERONÁUTICA CIVIL	MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL
		DIRECTOR DEFENSA CIVIL COLOMBIANA	COMANDANTE GENERAL FUERZAS MILITARES	COMANDANTE POLICÍA NACIONAL			VICEMINISTRO DE TRANSPORTE	SECRETARÍO DE SEGURIDAD AÉREA	SECRETARIO GENERAL
		SUBDIRECTOR GENERAL Y OPERATIVO	JEFE DE OPERACIONES CONJUNTAS	DIRECTOR DE PROTECCIÓN Y SERVICIOS ESPECIALES	DIRECTOR GENERAL DE SOCORRO NACIONAL	DIRECTOR NACIONAL DE BOMBEROS	DIRECTOR DE TRANSPORTE Y TRANSITO	DIRECTOR DE MEDICINA DE AVIACIÓN Y LICENCIAS AERONÁUTICAS	SUBDIRECTOR DE GESTIÓN DE OPERACIONES
					SUBDIRECTOR OPERATIVO				
3.1	Recopilar la información de daños en estructuras del lugar afectado	△	■	■	●	●	●	●	■
3.2	Definir las necesidades de recursos humanos y técnicos para el rescate	△	●	■	●	■	■	●	
3.3	Dotar a los miembros de las entidades que van a intervenir con los equipos de comunicación en coordinación con el Sistema de Apoyo de Telecomunicaciones	△	●	●	●	■		●	
3.4	Establecer y activar redes y frecuencias de comunicación	△	●	●	●	●	■	●	
3.5	Mantener registros de información actualizados y consolidar el sistema de recolección, análisis y procesamiento de datos	●	●	●	△	●		●	■
3.6	Realizar viajes de reconocimiento aéreo	■	●	●	■		○	△	■
3.7	Buscar, analizar y seleccionar lugares óptimos de recepción de elementos de ayuda	●			△				
3.8	Mediar el uso del lugar o lugares para la recepción de elementos de ayuda	●			△				
3.9	Establecer y coordinar lugares de recepción de elementos de ayuda	●	■	■	△	■	■	■	■
3.10	Identificar la disponibilidad de personal y equipos en las entidades implicadas por proximidad a la zona y pedir apoyo en caso de ser necesario	△	●	●	●	●		●	
3.11	Enviar personal y equipos a la zona del desastre	△	●	●	●	●	●	●	
3.12	Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate	△	●	●	●	●	○	●	
3.13	Cancelar vuelos nacionales							△	
3.14	Definir aeropuertos y helipuertos estratégicos	■	●	■	■	■	●	△	
3.15	Asignar operaciones aéreas para la atención del evento	●	●					△	
3.16	Realizar operaciones de Búsqueda y Rescate	△	●	●	●	●	●	■	
3.17	Prestar primeros auxilios y registrar la información de pacientes atendidos y remitidos a centros de salud	△	●	●	●	●		●	■

ANEXO E. ARTICULOS DE CONTROL EN LOGISTICA VS CARACTERISTICAS DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL

	Indicador de cumplimiento de plan o programa	Mecanismo de planificación	Quien controla	Recurso a controlar	Acciones correctivas	
1	A control system project development model derived from System Dynamics, White, A.S. 2011	Estado del modelo menos estado del proyecto	Pert y Gert	No indica	Ambos	esperar ciclo
2	Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management. Lee, Sang Hyeon 2006	Comparación Simple	Simulación	No indica	No evidencia	metodo de prevención
3	Optimal control in homogeneous projects: analytically solvable deterministic cases: Kogan roz 2001	La acumulación de las desviaciones del plan sobre el tiempo, diferencias entre desviaciones positivas y negativas	Datos historicos	No indica	No Renovables	esfuezos de control
4	Tracking Demands in Optimal Control of Managerial Systems with Continuously-distributable, Doubly Constrained Resources: Kogan, Konstantin, 1998	No mide discrepancia, establece como se planifica las referencias	No indica	No indica	Ambos	No indica
5	Scars and respond logistics : integrating prediction, responsiveness, and control capabilities / Robert S. Tripp, Malyar A. Amouzgar, [et al.], 2006	no indica	No indica	Min de defensa	Renovables	No indica
6	Statistical process control via context modeling of finite-state processes: an application to production monitoring-Bor-Gil, Singer 2004	Se aplica un CSPC con limites superiores e inferiores, la discrepancia es la diferencia entre los limites de control y el estado del sistema.Kullback leibler mesure	Por valores superiores e inferiores	No indica	No evidencia	Dynamic Alternative Routings (DAR)
7	A framework for an automated and integrated project monitoring and control system for steel fabrication projects,Azmi, Lee, AbouRisk, Alrandi, 2011	La medición de la discrepancia es netamente subjetiva	Planificación por experiencia	Federados	No Renovables	No indica
8	Effective Information for Offline Stochastic-Gong-2003	CPM	No indica	No indica	No evidencia	No indica
9	Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos, Gonzalez, Kálcatic,Morano- 2012	Diferencia entre lo planeado y lo ejecutado	Pert y cpm	No indica	No Renovables	multimodos y tolerancia
10	Context-based statistical process control : A monitoring procedure for state-dependent processes,Bor-Gil,Meng,Shmalovici-2003	Se aplica un CSPC con limites superiores e inferiores, la discrepancia es la diferencia entre los limites de control y el estado del sistema.	Por valores superiores e inferiores	No indica	No evidencia	No indica
11	Optimal timing of project control points ,Roz,Ernd -2000	Realiza la medición del estatus de la actividad con respecto a costos, riesgos, calidad, rendimiento y el proceso de completación, no establece métodos de control	Mediante la carga de la actividad	No indica	No evidencia	No indica
12	Timing of control activities in project planning, de Falco, Macchiaroli- 1998	Realiza la medición del estatus de la actividad con respecto a costos, riesgos, calidad, rendimiento y el proceso de completación, no establece métodos de control	Mediante la carga de la actividad	No indica	No evidencia	No indica
13	In-process Control of Design Inspection Effectiveness, Piza,Bornd-2004	No Indica	No indica	No indica	No evidencia	No indica
14	An Optimal control method for aggregate, Kogan, Nikolaitzky-1995	No Indica	No indica	No indica	No evidencia	No indica
15	MPCS: Multidimensional Project Control System, Rozanes, Viner, Spraggott-2004	Global Project Control Specification (GPCS)	No indica	No indica	No Renovables	No indica
16	Getting control of multi-project organizations: Combining contingent control mechanisms, Paolo Caonico, Joao Söderlund-2010	No Indica	No indica	No indica	No evidencia	No indica
17	A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics, Acobas, Pajares, Galin, Lopez- Parodis,2013	Earned Value Methodology (EVM) (No sugiere acciones)	Presupuestaria	No indica	No Renovables	No indica
18	Project management improves wall control events,Oberlander,1995	No Indica	CPM	Grupo Asignado	Ambos	No indica

ANEXO F. TABLA DE RECURSOS

NODOS (Paquetes de Trabajo)		RECURSO TIPO	TIPOS DE RECURSOS REQUERIDOS	Requerimiento	Por cada...
CÓDIGO	NOMBRE				
3.1	Recopilar la información de daños en el lugar de afectación	Profesional BYR 1	Coordinador de equipo de evaluación de daños	3	Desastre
		Técnico construcción 1	Personal técnico del equipo de evaluación de daños	12	Desastre
		Computador portátil	Computador portátil	1	Coordinador de evaluación de daños
		Radio-telefóno	Radio-telefónos	2	Coordinador de evaluación de daños
		Kit de notas	Lápis o esfero	1	Coordinador o técnico del equipo
		Formato evaluación de daños	Formato de evaluación de daños	1	Coordinador o técnico del equipo
3.2	Definir las necesidades de recursos humanos y técnicos para el rescate	Profesional BYR 2	Coordinador de equipo de evaluación de daños	3	Desastre
		Técnico construcción 2	Personal técnico del equipo de evaluación de daños	12	Desastre
		Radio-telefóno	Radio-telefónos	2	Entidad de apoyo
		Computador con software BYR	Computador con software BYR	1	Coordinador
		.	.	0	.
3.3	Dotar a los miembros de las entidades que van a intervenir en la evaluación de daños con los equipos de comunicación	Profesional 2	Personal de suministros	10	Desastre
		Computador con software BYR	Computador con software BYR	1	Persona de suministros
		Formato entrega de equipos	Formato de entrega de equipos	1	Entidad de apoyo
		.	.	0	.
		Kit de notas	Lápis o esfero	1	Persona de suministros
3.4	Establecer redes y frecuencias de comunicación	Profesional comunicaciones 2	Profesional en redes de comunicación	1	Sede de cada entidad de apoyo
		Técnico comunicaciones 1	Técnico en redes de comunicación	2	Sede de cada entidad de apoyo
		Computador con software BYR	Computador	1	Profesional en redes de comunicación
		Radio VHF	Radio VHF	3	Entidad de apoyo
		Radio HF	Radio HF	3	Entidad de apoyo
		Cable de red (1000m)	Cable de red (1000 m)	1	Entidad de apoyo
3.5	Mantener registros de información y consolidar el sistema de recolección, análisis y procesamiento de datos	Profesional 2	Profesional en análisis de datos	10	Desastre
		Computador con software BYR	Computador	1	Profesional en análisis de datos
3.6	Realizar viajes de reconocimiento aéreo	Profesional comunicaciones 1	Profesional en comunicaciones con conocimiento en PyA de desastres	5	Desastre
		Fotógrafo	Fotógrafo especializado en tomas aéreas	1	Vehículo
		Vehículo aéreo	Vehículo aéreo	8	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Vehículo
		Equipo de localización	Equipo de localización	1	Vehículo
		Cámara tomas aéreas	Cámara especializada	1	Vehículo
3.7	Establecer los procedimientos de manejo de lugares de recepción de elementos de búsqueda y rescate	Profesional 1	Expertos en logística en prevención y atención de desastres (2 grupos de 5 expertos/grupo)	10	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Miembro del grupo de expertos
		Computador portátil con software BYR	Computador portátil con software BYR	1	Miembro del grupo de expertos
		.	.	0	.
		.	.	0	.
3.8	Buscar, analizar y seleccionar lugares óptimos de recepción de elementos de búsqueda y rescate	Profesional 1	Expertos en logística en prevención y atención de desastres (2 grupo de 5 expertos/grupo)	10	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Miembro del grupo de expertos
		Computador portátil con software BYR	Computador portátil con software BYR	1	Miembro del grupo de expertos
		.	.	0	.
		.	.	0	.
3.9	Mediar el uso del lugar o lugares para la recepción de elementos de búsqueda y rescate	Profesional comunicaciones 1	Profesional en comunicaciones con conocimiento en PyA de desastres	5	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Profesional de comunicaciones
		Computador portátil con software BYR	Computador portátil con software BYR	1	Profesional de comunicaciones
3.10	Identificar la disponibilidad de personal y equipos en las entidades de socorro, implicadas por proximidad a la zona y pedir ayuda en caso de ser necesario	Profesional 2	Expertos en logística en prevención y atención de desastres (1 grupo de 5 expertos/grupo)	5	Desastre
		Profesional 1	Coordinador de grupos BYR	1	Entidad de apoyo
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Experto
		Computador con software BYR	Computador	1	Experto
		.	.	0	.
3.11	Enviar personal y equipos de BYR a la zona del desastre	Profesional 2	Coordinador de grupos BYR	1	Entidad de apoyo
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Coordinador de grupos BYR
		Profesional 2	Expertos en logística en prevención y atención de desastres (1 grupo de 5 expertos/grupo)	5	Desastre
3.12	Definir medios de transporte y movilizar equipos de búsqueda y rescate	Conductor	Conductor	1	Vehículo terrestre
		Vehículo aéreo	Vehículo aéreo	15	Desastre
		Vehículo fluvial	Vehículo marítimo o fluvial	5	Desastre
		Vehículo terrestre	Vehículo terrestre	30	Desastre
		Piloto	Piloto	1	Vehículo aéreo
		Capitán de marina	Capitán de marina	1	Vehículo marino o fluvial
3.13	Cancelar vuelos nacionales	Mapa de rutas terrestres y aéreas	Mapa de rutas terrestres y aéreas	1	Conductor
		Profesional aeronáutica 2	Profesional en aeronáutica o directivo del sector	15	Desastre
3.14	Definir aeropuertos y helipuertos estratégicos	Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Entidad aeronáutica
		Profesional aeronáutica 2	Profesional en aeronáutica	15	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Profesional en aeronáutica
3.15	Asignar operaciones aéreas para la atención del evento	Computador con software BYR	Computador	1	Entidad aeronáutica
		Profesional aeronáutica 2	Profesional en aeronáutica o directivo del sector	15	Desastre
		Equipo de comunicación	Equipo de comunicación	1	Entidad aeronáutica
		Computador con software BYR	Computador	1	Profesional en aeronáutica
		Equipo de localización	Equipo de localización	1	Entidad aeronáutica
		Mapa de rutas aéreas	Mapa de rutas aéreas	1	Profesional en aeronáutica
		Piloto	Piloto	1	Vehículo aéreo
		Tripulación aérea de BYR	Tripulación aérea de BYR	1	Vehículo aéreo
		Vehículo aéreo	Vehículo aéreo	2	Desastre
		Voluntario BYR	Voluntario de organismos de socorro	5000	Desastre
3.16	Realizar operaciones de Búsqueda y Rescate	Ambulancia	Ambulancias	500	Desastre
		Equipo de seguridad	Equipo de seguridad	1	Voluntario
		Conductor	Conductor	1	Vehículo terrestre
		Planta eléctrica	Planta eléctrica	2	Desastre
		Motobomba	Motobomba	1	Desastre
		Camilla	Camilla	250	30 voluntarios
		Equipo de protección personal	Equipo de protección	1	Voluntario
		Profesional BYR 1	Profesional en BYR	1	50 Voluntarios
		Grúa	Grúa	5	Desastre
		Kit de herramientas	Kit de herramientas	1	Voluntario
		Equipos de rescate acuático	Equipos de rescate acuático	3	100 Voluntarios y si se requiere rescate acuático
		Equipos de rescate estructuras colapsadas	Equipos de rescate estructuras colapsadas	3	100 Voluntarios y si se requiere rescate en estructuras colapsadas
		Equipos de rescate vertical	Equipos de rescate vertical	3	100 Voluntarios y si se requiere rescate vertical
		Profesional Médico 1	Médico	200	Desastre
		Técnica paramédico 1	Paramédico	250	Desastre
3.17	Prestar primeros auxilios y registrar la información de pacientes atendidos y remitidos a centros de salud	Voluntario BYR 1	Voluntario con conocimiento en primeros auxilios	1000	Desastre
		Computador portátil	Computador portátil	50	Desastre
		Formato registro de pacientes	Formato de registro de pacientes	1	2 Voluntarios
		Kit de primeros auxilios	Kit de primeros auxilios	1	3 Médicos o paramédicos o voluntarios
		Kit de notas	Lápis o esfero	1	3 Médicos o paramédicos o voluntarios

ANEXO G. Valorización AHP para elección de características de estrategia de control.

		0,25	0,125	0,125	0,5	
		Aplicación por actividad	Integración con otras características	Integración con el modelo dinámico	Control de recursos	
0,4244199	E1	0,033780881	0,040136842	0,050335848	0,037476793	0,0384927
	E2	0,069763695	0,06587954	0,050335848	0,062124227	0,06302996
	E3	0,298818475	0,159248712	0,129416636	0,110769217	0,1661724
	E4	0,298818475	0,279507241	0,300092013	0,321461036	0,30788504
	E5	0,298818475	0,455227665	0,469819654	0,468168725	0,4244199
						1