

## **Sistemas MultiAgentes: Un Panorama de aplicación de distribución de ayuda en especie para logística humanitaria en situaciones post-desastres naturales.**

### ***MultiAgent Systems: A Survey application aid distribution in kind for humanitarian logistic in post-disaster natural***

**Hernández-Vega José Isidro, Sanchez-Nigenda Romeo, Neira-Tovar Leticia A**

**Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto Tecnológico de Nuevo León  
jose.vega2009@gmail.com,romeo.sanchez@gmail.com,Leticia.neira@gmail.com**

**Resumen.** En este artículo se da una propuesta de la aplicación de Sistemas Multiagentes (SMA) a la Distribución de ayuda humanitaria en especie en situaciones post desastre natural, se presentan los hallazgos en el estudio del arte sobre el tema relacionados a las soluciones encontradas a esta problemática. El objetivo es dar a conocer este tema para investigaciones que estén en proceso o futuras que se desarrollen. Se presenta una revisión de la situación actual de los métodos, sistemas y herramientas utilizados para efecto de la distribución de ayuda humanitaria en especie y se describen las ventajas que puede proporcionar el modelar las acciones de distribución de ayuda humanitaria mediante un sistema de agentes inteligentes autónomos, para lo cual se considera el envío de productos desde los centros de acopio hasta la ubicación de las zonas afectadas por el desastre. Entre las ventajas que ofrecen los SMA están, el manejo de distintas variables relacionadas con los escenarios, la satisfacción de la demanda de la población damnificada de manera más eficiente y en menor tiempo.

**Abstract.** This paper give a research proposal of MultiAgent Systems (SMA) in the survey application aid distribution in kind for humanitarian logistic in post-disaster natural. The peper is presented the findings in the study of art on the theme of the solutions to this problema. The aim is to introduce this topic for research are in progress or future develop. It's presented a review of the current status of methods, systems and tools used in distribution in kind for humanitarian logistic. We are described the benefits it can provide modeling the actions of distribution of humanitarian aid with MultiAgent Systems. It is considered shipping products from the collection centers to the location of the areas affected by the disaster. Among the advantages of SMA are handling different scenarios related variables, the satisfaction of the demand of the affected population more efficiently and in less time.

**Palabras claves.** Distribución de ayuda en especie, Logística Humanitaria, Sistemas Multiagentes

**Keywords.** Distribution of aid in kind, Humanitarian Logistics, MultiAgent Systems

## **Introducción**

El presente trabajo hace una propuesta de empleo de Sistemas Multiagentes en la distribución de ayuda humanitaria en especie, de los centros de acopio a las zonas de desastre, la coordinación de agentes inteligentes permite la toma de decisiones en tiempo real y adaptación a los cambios en el ambiente.

Los desastres naturales son eventos que el ser humano no está en posibilidades de controlar, es decir no puede evitar su ocurrencia y su grado o magnitud. Para hacerles frente puede diseñar con antelación sistemas, métodos y herramientas para la distribución de ayuda humanitaria, con lo que se ayuda a reducir el sufrimiento de la población damnificada y las defunciones por inanición o enfermedad.

Entre los sistemas, métodos y herramientas utilizados en Logística humanitaria se encontró que existen unos basados en técnicas de Investigación de Operaciones como: programación lineal entera, programación lineal entera mixta, programación dinámica, programación de un solo nivel y bi-nivel, sistemas de ruteo de vehículos, etc.

En el trabajo de Camacho y González (2013). Emplearon la Programación bi-nivel en un modelo para distribuir ayuda humanitaria en especie, para lo cual consideraron dos niveles, uno superior en el cual se consideraron las decisiones que toma el país afectado para la distribución de la ayuda y otro inferior en el que se toma en cuenta el envío de la ayuda internacional al país afectado.

En Cabrera y Avelino (2015), se presenta un trabajo de ruteo de vehículos en Logística Humanitaria, el cual dio como resultado que el método de programación lineal, de la Gran Ruta fue el más efectivo para el envío de suministros entre los centros de abastecimiento hasta los centros de acopio, con base en las distancias recorridas por el transporte hacia cada una de los puntos que conformaron los clúster establecidos.

En el trabajo de Moreno et. al., (2013). Desarrollan un modelo de Dinámica de Sistemas para lo cual se toma en cuenta los dos desastres naturales que ocurren con mayor frecuencia en Colombia, y se estiman los

promedios de respuesta con base en análisis estadísticos. En Wohlgemuth, et. al., (2012) se emplea la programación mixta entera de múltiples etapas aplicado al ruteo de vehículos para recoger y enviar productos a la población damnificada ante un desastre, considerando la variación de la demanda en el tiempo.

En el trabajo de Abounacer, et. al., (2014). Se propone un algoritmo basado en el método Epsilon para determinar aspectos relacionados con el número, ubicación y objetivos de los centros de distribución de ayuda humanitaria. En el trabajo de Yuan y Wang (2009). Se proponen dos modelos matemáticos para la selección de la ruta en logística humanitaria, el primer modelo considera un solo objetivo, en el cual consiste en minimizar el tiempo total de viaje a lo largo de un camino cuya velocidad se ve afectada por la extensión del desastre, se resuelve el modelo mediante un algoritmo de Dijkstra. El segundo modelo es multi objetivo y considera aspectos que agregan complejidad a un escenario post-desastre.

En Salmerón y Apte, (2010). Se presenta un modelo de optimización estocástica para la planeación de desastres, mediante el cual se prevé la capacidad y los recursos con los que se cuenta para responder a los efectos de los desastres naturales, se considera dos etapas, la primera toma en cuenta el presupuesto para adquirir los recursos y la segunda a dónde serán asignados.

En el trabajo de Maheswaran, et. al., 2011. Se propone el empleo de Sistemas Multiagentes para hacer frente a situaciones post-desastre en ambientes dinámicos, para búsqueda y rescate de víctimas, programación de personal especializado y reparación de servicios públicos.

### **Sistemas Multiagentes**

La inteligencia artificial distribuida (IAD) para Avouris y Gasser (1992) se ha definido como un subcampo de la Inteligencia Artificial (IA) que se centra en los comportamientos inteligentes colectivos que son producto de la cooperación de diversas entidades llamadas agentes. Para Wooldridge (2005) un agente es un sistema computarizado que está situado en un ambiente (entorno), y que es capaz de realizar acciones autónomamente en el ambiente para satisfacer sus objetivos.

Los Sistemas Multiagentes (SMA) pertenecen al área de la inteligencia

artificial y tienen como unidad fundamental a los agentes o entidades individuales inteligentes y autónomas, que interactúan con el ambiente, son capaces de auto-aprender y de tomar decisiones, poseen una estructura de comunicación y coordinación que utilizan para la resolución de diversos problemas que implican cierta complejidad.

Se han empleado SMA aplicados a la robótica para rescate en situaciones de desastre, en aeronáutica, en evacuación de edificios, en equipos de robots que juegan fútbol soccer, en plataformas educativas, etc.

Un Sistema Multiagente es un conjunto de agentes interactuando entre sí, de manera exitosa y cada uno con objetivos diferentes capaces de cooperar, negociar y coordinarse para resolver un problema o cumplir con un objetivo más grande, Wooldridge (2005)

### **La Logística Humanitaria**

Thomas y Mizushima (2005) definen a la logística humanitaria como el proceso de planificación, ejecución y control eficiente del flujo de efectivo y el depósito de mercancías y materiales, así como la manipulación de la información desde el punto de origen al punto de destino, con el propósito de satisfacer las necesidades de las personas afectadas por eventos adversos, ya sea naturales (terremotos o inundaciones) o sociales (guerras o ataques terroristas). Por otro lado el Fritz Institute (2004) a través de su Conferencia de Logística Humanitaria define la Logística Humanitaria como el proceso de planificar, implementar y controlar de manera eficiente, el flujo y almacenamiento de materiales y de información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo, con el propósito de satisfacer las necesidades de los beneficiarios y aliviar el sufrimiento de la población vulnerable.

Los recursos que por lo general se hacen llegar a los damnificados por un desastre son productos alimenticios y de higiene personal, herramientas, utensilios de cocina, medicamentos, mantas, ropa, medicamentos, personal para atención médica, materiales para la reconstrucción de viviendas o construcción de albergues temporales.

En Reyes (2015) se identifican dos fases principales en situaciones post-desastre natural, la de pre-desastre que considera actividades de planeación y preparación; y la de post-desastre que considera actividades de mitigación y recuperación.

Para efecto de este trabajo se identifican tres fases principales en Logística Humanitaria:

1. Preparación: Comprende actividades previas a la ocurrencia del desastre natural. Planeación de actividades a ejecutar y recursos disponibles para responder al desastre.
2. Respuesta: Se presenta una vez ocurrido el desastre natural y comprende actividades de evacuación, búsqueda y rescate, ubicación de albergues, labores de saneamiento, atención médica, etc.
3. Recuperación: Esta fase es posterior a la ocurrencia el desastre, implica actividades de reconstrucción y otras necesarias para tratar de regresar a la situación que tenía la población afectada antes de la ocurrencia del desastre, también requiere del suministro de productos para satisfacer las necesidades básicas de la población damnificada.

### **La Logística humanitaria en México**

En México se manejan tres niveles de gobierno para la atención de desastres, el nacional, el estatal y el municipal y cada uno de ellos cumple con funciones específicas en caso de catástrofes, gestionar recursos, declarar el desastre, dar información, implementar los centros de acopio, etc.

En México se creó en 1986 el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) para realizar acciones que ayuden a reducir el impacto de los desastres provocados por fenómenos naturales o por el hombre. Los suministros a los centros de acopio de obtienen principalmente de tres fuentes, el Estado (mediante los recursos del Fondo de desastres naturales), las donaciones de la sociedad civil y las aportaciones de países u organismos internacionales, APCE (2011).

Según Luján, 2015. El encargado en México de coordinar el auxilio a las poblaciones damnificadas en caso de emergencia es el organismo de Protección Civil, el cual puede recibir apoyo de otros organismos federales como el Sistema Nacional del Desarrollo Integral de la familia (DIF), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaría de Turismo. En caso de que la contingencia rebase la capacidad de respuesta, se pondrá en funcionamiento el Plan DN-III por parte del Ejército mexicano. La Cruz Roja Mexicana (CRM), tiene una función principal de coordinación de ayuda en caso de desastres.

En la República mexicana, se cuenta con un Atlas Nacional de Riesgos que contiene información acerca de los fenómenos naturales de mayor

ocurrencia en ciertas regiones y estados, información que se toma como base para la predicción y planeación de mecanismo y acciones para mitigar los daños causados por los distintos tipos de desastre.

En el Programa Nacional de Protección Civil, se describe la deficiencia en la implementación de innovación tecnológica en materia de protección civil, para ayudar en acciones de respuesta a problemas de auxilio a la población civil. Se reconoce la falta de coordinación y comunicación de los planes de protección civil para la atención de emergencias de los gobiernos de los estados y el Plan en esa materia del gobierno federal, situación que provoca falta de eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de que se dispone, Programa Nacional de Protección Civil (2014-2018).

El uso de tecnología en Logística humanitaria en México, como es el modelado de SMA en distribución de ayuda humanitaria, puede ayudar al eficiente manejo de recursos, a favorecer la coordinación y la comunicación de los actores involucrados, a la previsión y planeación de la distribución de los productos de ayuda, a la toma de decisiones en tiempo real, lo que provoca una reducción del sufrimiento de los damnificados.

### **Discusión: Sistemas MultiAgentes como modelo de ayuda a los problemas de Logística Humanitaria en la distribución de ayuda en especie**

En situaciones post-desastre, la información es indispensable, mediante esta, se solicitan, se asignan y se envían las ayudas humanitarias. Sin embargo, no es posible obtener dicha información en tiempo real y con la certeza necesaria debido a que cualquier desastre natural destruye toda infraestructura incluyendo la comunicación. La ocurrencia de los desastres naturales en el mundo cada vez aumenta implicando un mayor riesgo para las poblaciones. La magnitud del desastre varía de acuerdo a las características del país afectado, por ejemplo los peores escenarios se presentan en países en desarrollo, puesto que existe una relación entre la tasa de crecimiento poblacional y la vulnerabilidad de ser afectado por un desastre, esto es consecuencia del crecimiento demográfico descontrolado que da paso al asentamiento de la población en zonas de alto riesgo.

La innovación tecnológica enfocada a la protección civil representa un menor crecimiento dentro del Sistema Nacional de Protección Civil, carece de políticas permanentes e incentivos para su desarrollo y su

vinculación con los programas de protección civil. Se requiere la continua revisión y adaptación de los programas, técnicas o tecnologías para responder con mayor claridad y certeza a todas las problemáticas del país en materia de protección civil.


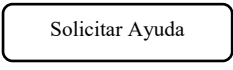
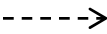
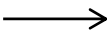


Se necesita desarrollar Sistemas de información especializados que contribuyan a la solución de los problemas de logística humanitaria, tales como sistemas avanzados de planificación para la toma de decisiones estratégicas, para la clasificación del desastre y el diseño de operaciones de respuesta humanitaria en los primeros momentos tras la ocurrencia de desastres. Sistemas de información de apoyo a la toma de decisiones para operaciones logísticas enfocado a los problemas de transporte y afine o sistemas muy específicos en contexto de la distribución de ayuda humanitaria.

Proponer soluciones mediante agentes ante problemáticas que impliquen una coordinación de recursos para la distribución de ayuda en especie en logística humanitaria implica establecer los agentes en su ambiente, acciones, objetivos de cada agente y objetivos globales que se pretenden alcanzar para el problema. Es importante definir un modelo que contribuya a las soluciones de coordinación en sistemas multiagentes. Los beneficios de usar modelos con multiagentes es tomar en cuenta la dinámica del ambiente, a diferencia de soluciones para el problema que cuentan con una dinámica estática. Con la propuesta de este tipo de modelos se puede mejorar la coordinación de tareas para la distribución de ayuda en logística humanitaria post-desastres naturales en su fase de recuperación

### **Propuesta de diagrama general del Modelado de Logística Humanitaria**

La logística humanitaria se puede modelar y representar de acuerdo a la abstracción y representación del problema que se quiera resolver. Existen muy diversas propuestas basadas en restricciones y optimizaciones de los elementos involucrados en la propuesta de solución como las presentadas en la sección de introducción. Un modelo capta los aspectos importantes del problema desde un punto de vista y expresa un medio adecuado para trabajar con las variables involucradas que se quieren probar y experimentar. Un modelo cuenta con una notación como la que se propone para nuestro caso y se describe a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Notación propuesta para la representación del modelo. Elaboración propia JIHV (2016).**

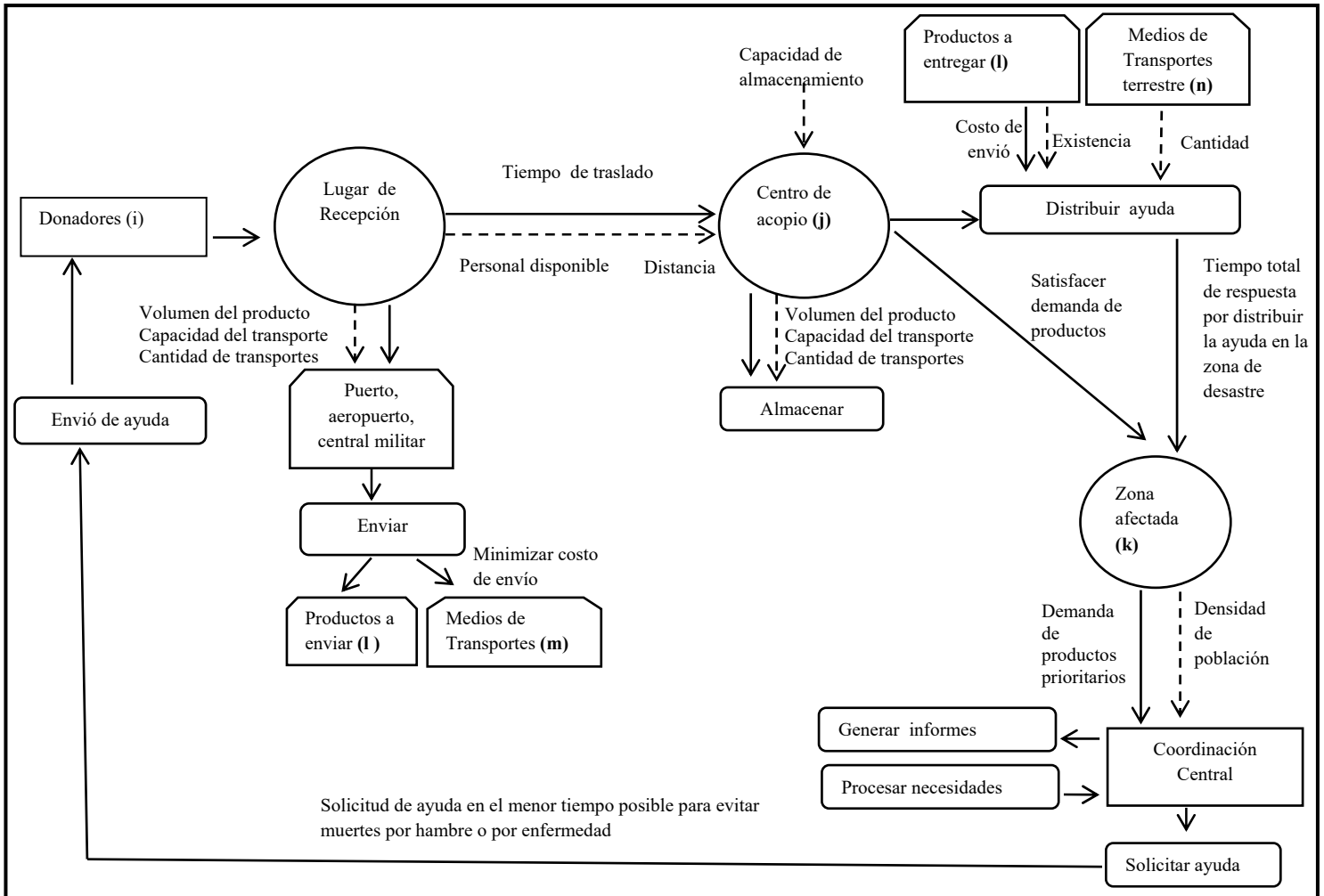
Símbolo	Significado
	Procesos-Entidades-Estados:-Persona, sitios que utiliza o produce datos.
	Acciones: Que se necesita hacer para que se cumpla las tareas.
	Restricciones: Que impide o que limita una actividad.
	Medida de desempeño: Medición de la calidad del logro de un objetivo (actividades o servicios).
	Recursos: Que se requiere para hacer una actividad o servicio.
	Fuente o destino de información : Fuente o destino externos de datos que pueden ser programas, personas, organizaciones u otra entidad que interactúe con el modelo pero que se encuentre fuera de sus fronteras.

Un punto de partida para el modelado mediante Sistemas Multiagentes es tener claro el problema que se va a resolver. Es por esto que se propone en la figura 1, un diagrama general para plantear el problema de la distribución de ayuda en logística humanitaria. Este diagrama permitirá en una siguiente fase identificar agentes y sus roles, definir escenarios, estados, acciones y restricciones de los agentes, recursos que demandan, medidas de desempeño para el logro de un objetivo, sensores y actuadores de los agentes, ambiente donde se desenvuelven.

En el diagrama se propone que existen “i” cantidad de donadores que envían su ayuda de “l” productos mediante “m” medios de transporte. Esta ayuda llega a un lugar de recepción del país afectado el cual tienen que hacer llegar su ayuda a los “j” centros de acopio con los que cuenta, tomando en cuenta que esta ayuda llegue en el menor tiempo posible a al centro de acopio donde se almacenara, teniendo como restricción su capacidad de almacenamiento. Una vez en el “j” centro de acopio se tiene que hacer llegar la ayuda a la zona afectada “k” mediante un “n” transporte terrestre y “l” cantidad de productos. El centro de acopio tiene



que satisfacer la demanda de productos de la zona afectada en el menor tiempo posible. Existe un coordinador central que contribuye a procesar las necesidades de las zonas afectadas, genera informes de la distribución de ayuda y solicita ayuda en el menor tiempo posible para evitar muertes por hambre o por enfermedad a los donadores. El diagrama se muestra en la siguiente figura 1.



**Figura 1. Diagrama general propuesto para el modelo de distribución de ayuda en especie para logística humanitaria en situaciones post-desastres naturales. Fuente: Elaboración propia JIHV (2016).**

## Conclusiones

Existen diversos métodos, herramientas y técnicas para atender una situación post-desastre natural y en específico la distribución de ayuda humanitaria en especie, hay modelos matemáticos, métodos de ruteo de vehículos, herramientas de Investigación de operaciones como la Programación lineal entera, mixta entera y multinivel, métodos estocásticos, cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas. Aunque durante el período que se ha realizado esta investigación, se encontró poca información relacionada con la aplicación de SMA en la distribución de ayuda en especie, se espera en el futuro encontrar aplicaciones similares que faciliten la comprobación del modelo propuesto.

Dado que los modelos matemáticos como los basados en Investigación de Operaciones, tienden a trabajar bajo varios supuestos, entre ellos una cantidad ilimitada de vehículos para la distribución y una igualdad con respecto al tipo de vehículos y en su capacidad de carga, obstrucciones en las vías de comunicación, conocimiento de la demanda de la población damnificada, lo que en una situación real post-desastre deja algunas lagunas y no se adapta a lo que realmente acontece en la actualidad..

Esta propuesta basada en un modelo de SMA, aplicado a la distribución de ayuda en especie en situaciones post-desastre, considera el facilitar la toma de decisiones en tiempo real, la interacción de los agentes inteligentes con el ambiente, el auto-aprendizaje, la comunicación y coordinación de los mismos para la resolución de problemas, los daños en las vías de comunicación, el cambio de ubicación de los puntos de demanda, distintos tipos de vehículos y de capacidades de carga, con la finalidad de reducir el tiempo de entrega de los productos y de maximizar el número de personas beneficiadas con la ayuda humanitaria. Y así en situaciones posteriores a la ocurrencia de un desastre, la ayuda humanitaria llegue lo más pronto posible a los damnificados para reducir los decesos por inanición, enfermedad y aliviar en parte el sufrimiento humano y no solo la optimización de los costes.

## Referencias

- Abounacer, R., Rekik, M., & Renaud, J. (2014). An exact solution approach for multi-objective location-transportation problem for disaster response. *Computers & Operations Research*, 41, 83-93. Recuperado el 25 de octubre de 2015 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054813002037>
- APCE (2011). Manual Operativo Atención a la Población en Riesgo o

- Condición de emergencia “APCE”. DIF. Unidad de Atención a la población vulnerable. Dirección general de Alimentación y Desarrollo Comunitario. Recuperado el 2 de marzo de 2016 de: <http://www.dif.gob.mx/dgadc/media/Manual%20de%20Operaci%C3%B3n%20APCE%202011.pdf>
- Avouris, N. M. , Gasser, L. (1992.). *Distributed Artificial Intelligence: Theory and Praxis*. Boston, USA.: Kluwer Academic Publishers.
- Cabrera, A., & Avelino, R. (2015). Plan de despacho para la distribución de ayuda humanitaria en caso de un terremoto de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao.
- Camacho Vallejo, J. F., & González Rodríguez, E. L. (2013). Un modelo para enviar, recibir y distribuir ayuda en especie después de un desastre natural. *Celerinet*, 1, 57-63.
- Fritz Institute. (2004). *Humanitarian Logistics Conference* (online). Ginebra, Suiza. Recuperado el 15 de octubre de 2015 de <http://www.fritzinstitute.org/prgSCHLCaf2004-proceedings.htm>
- Luján González, V.A. (2015). *Logística Humanitaria: Distribución de Recursos en situaciones de desastres hidrometeorológicos en Nuevo León*. Tesis sin publicar para la obtención del grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministros con Orientación en Dirección de Operaciones. UANL-FIME. Recuperado el 6 de marzo de 2016 de: <http://eprints.uanl.mx/9576/1/1080214962.pdf>
- Maheswaran, R. T., Szekely, P., y Sánchez, R. (2011). Automated adaptation of strategic guidance in multiagent coordination. In *Agents in Principle, Agents in Practice* (pp. 247-262). Springer Berlin Heidelberg
- Moreno, K. V., Kalenatic, D., & González, L. J. (2013). *Análisis de la relación entre estrategias de gestión logística humanitaria y el tiempo de respuesta en la atención de desastres, por medio de la metodología integral y dinámica* (Doctoral dissertation). Recuperado el 17 de octubre de 2015 de <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/7466/KAROL%20VIANA%20MORENO%20%28T%29%20FINAL.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de abril de 2014. Recuperado el 15 de noviembre de 2015 de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343076&fecha=30/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343076&fecha=30/04/2014)
- Reyes Rubiano, L. S. (2015). *Localización de instalaciones y ruteo de personal especializado en logística humanitaria post-desastre-caso inundaciones*. (Doctoral dissertation). Recuperado el 16 de noviembre de 2016 de: <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/15448/Lorena%20Silvana%20Reyes%20Rubiano%20%28tesis%29..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salmerón, J., & Apte, A. (2010). Stochastic optimization for natural disaster asset prepositioning. *Production and Operations Management*, 19(5), 561-574. Recuperado el 28 de enero de 2016 de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1937-5956.2009.01119.x/abstract?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage>
- Thomas, A., Mizushima, M. (2005). Logistics training: necessity or luxury?. *Forced Migration Review*, 2005, vol. 22, pp. 60-61. Recuperado el 14 de octubre de 2015 de <http://beta.fritzinstitute.org/PDFs/FMR18/FMR22fritz.pdf>

- Yuan, Y., & Wang, D. (2009). Path selection model and algorithm for emergency logistics management. *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 1081-1094. Recuperado el 25 de enero de 2016 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835208002234>
- Wohlgemuth, S., Oloruntoba, R., & Clausen, U. (2012). Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 261–271. doi:10.1016/j.seps.2012.06.001
- Wooldridge, M. (2005). *An Introduction to MultiAgent System*. London: Wiley.