

## 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 dé crédito al trabajo de grado 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



El presente formulario debe ser diligenciado en su totalidad como constancia de entrega del documento para ingreso al Repositorio Digital (Dspace).

<b>TITULO</b>	Modelo de respuesta estratégica de la red nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales de Colombia ante escenarios de desastre		
<b>SUBTITULO</b>			
<b>AUTOR(ES)</b> Apellidos, Nombres (Completo) del autor(es) del trabajo	<b>Salamanca Saavedra, Oscar Enrique</b>		
<b>PALABRAS CLAVE</b> (Mínimo 3 y máximo 6)	<b>Bancos de sangre</b>		
	<b>atención de desastres</b>		
	<b>optimización de redes</b>		
<b>RESUMEN DEL CONTENIDO</b> (Mínimo 80 máximo 120 palabras)	<p>Este proyecto analiza la captación, producción y distribución de hemocomponentes (glóbulos rojos) a nivel nacional.</p> <p>El objetivo principal es determinar la relación entre las estrategias de captación, procesamiento, almacenamiento y distribución de sangre y glóbulos rojos, y los tiempos de respuesta de Red sangre requeridos para la atención de la demanda asociada a la ocurrencia de un desastre.</p> <p>Se realiza una caracterización logística de la red nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales de Colombia, posteriormente se desarrolla un modelo matemático que representa esta red, se formulan estrategias para garantizar el suministro de hemocomponentes, y con la ayuda del modelo matemático desarrollado se evalúan las estrategias propuestas para responder ante la ocurrencia de desastres a nivel nacional.</p>		

Autorizo (amos) a la Biblioteca Octavio Arizmendi Posada de la Universidad de La Sabana, para que con fines académicos, los usuarios puedan consultar el contenido de este documento en las plataformas virtuales de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

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, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

**Modelo de respuesta estratégica de la  
Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Transfusionales de  
Colombia ante escenarios de desastre**

**OSCAR ENRIQUE SALAMANCA SAAVEDRA**

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE PROCESOS  
Chía, Cundinamarca**

**2013**

**Modelo de respuesta estratégica de la  
Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Transfusionales de  
Colombia ante escenarios de desastre**

**OSCAR ENRIQUE SALAMANCA SAAVEDRA**

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Diseño y Gestión de Procesos  
Énfasis en Sistemas Logísticos**

**Directores:**

**Dusko Kalenatic, PhD.**

**Msc. Leonardo José González Rodríguez**

**Universidad de La Sabana**

**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Diseño y Gestión de Procesos**

**Chía, Cundinamarca**

**2013**

**A la memoria de Luis Aristóbulo Salamanca Ramírez,  
Mi padre por enseñarme con ejemplo y sacrificio a esforzarme y luchar para cumplir  
los sueños, sus sueños hoy son mi realidad y mi futuro.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a las personas que con su colaboración, participación y aporte para el desarrollo de este proyecto:

- Ingenieros Leonardo González y Dusko Kalenatic
- Grupo Sistemas Logísticos, Universidad de La Sabana
- Instituto Nacional De Salud
- Coordinación nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales de Colombia
- Secretaria Distrital De Salud
- Hemocentro Distrital
- Banco de sangre FHIUSJ
- Dra. Louise Garzón
- Docentes y compañeros de maestría
- A mi Familia y amigos

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
2. OBJETIVOS .....	18
2.1 Objetivo general .....	18
2.2 Objetivos específicos .....	18
3. JUSTIFICACIÓN .....	19
3.1 Necesidad .....	21
3.2 Importancia .....	21
4. MARCO REFERENCIAL .....	22
4.1 Antecedentes .....	22
4.2 Marco teórico .....	27
4.2.1 Definición de términos del contexto .....	27
4.2.2 Hemocomponentes .....	27
4.2.2.1 Sangre total .....	28
4.2.2.2 Glóbulos Rojos Estándar .....	28
4.2.2.3 Hemocomponentes de la investigación .....	28
4.2.3 Producción de hemocomponentes .....	30
4.2.4 Atención de desastres .....	33
4.3 Marco Legal .....	35
4.4 Supuestos .....	40
5. METODOLOGÍA .....	42
5.1 Obtención de información .....	42
5.2 Caracterización de Redsangre .....	43
5.3 Desarrollo modelo matemático .....	44
5.4 Generación de estrategias .....	45
1.1 Evaluación de estrategias .....	45
2. CARACTERIZACIÓN DE LA RED NACIONAL DE BANCOS DE SANGRE Y SERVICIOS TRANSFUSIONALES DE COLOMBIA (REDSANGRE) .....	46
2.1 Conceptualización del término logística .....	46

2.2	Definición de cadena de suministro.....	46
2.3	Definición de red nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales: .....	47
2.3.1	Cobertura de Redsangre .....	47
2.4	Componentes de Redsangre.....	48
2.4.1	Bancos de sangre.....	49
2.4.1.1	Clasificación de los bancos de sangre .....	49
2.4.1.1.1	Clasificación según su capacidad instalada y cobertura.....	49
2.4.1.1.2	Clasificación según naturaleza del capital.....	50
2.4.2	Servicios Transfusionales.....	50
2.4.3	Servicios Asistenciales.....	51
2.4.4	Demanda de hemocomponentes a Redsangre .....	51
2.5	Flujos logísticos de Redsangre .....	52
2.5.1	Flujos de materiales.....	52
2.5.2	Flujos de información .....	53
2.6	Relaciones logísticas de Redsangre .....	53
3.	MODELO MATEMÁTICO .....	55
3.1	Conjuntos .....	56
3.1.1	Bancos de sangre distribuidores.....	56
3.1.2	Bancos de sangre institucionales.....	56
3.1.3	Servicios transfusionales.....	56
3.1.4	Modos de transporte.....	57
3.1.5	Tiempos de evaluación.....	57
3.2	Parámetros .....	57
3.2.1	Capacidad de almacenamiento.....	57
3.2.2	Capacidad de producción .....	58
3.2.3	Disponibilidad de operación .....	58
3.2.4	Tiempos de transporte .....	58
3.2.5	Inventario disponible.....	59
3.2.6	Demanda de hemocomponentes.....	59
3.2.7	Reactividad.....	60
3.3	Variables .....	60



3.4	Restricciones de equilibrio.....	63
3.5	Restricciones de almacenamiento.....	65
3.6	Restricciones de capacidad de producción .....	65
3.7	Restricciones de capacidad de operación (funcionamiento).....	65
3.8	Restricciones de activación de rutas .....	66
3.9	Restricciones de captación de sangre total .....	67
3.10	Restricciones de reactividad .....	67
3.11	Función Objetivo .....	68
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	69
4.1	Escenarios asociados a la ocurrencia de desastres.....	69
4.2	Definición de estrategias de mitigación.....	70
4.3	Resultados.....	71
1.	CONCLUSIONES .....	76
2.	RECOMENDACIONES.....	77
3.	BIBLIOGRAFÍA .....	78
44.	ANEXOS .....	84

## LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1- Componentes Redsangre .....	51
Tabla 2- Demanda de hemocomponentes Colombia 2011 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Cadena de suministro de sangre y hemocomponentes en Colombia .....	30
Figura 2 - Procesamiento de hemocomponentes dentro de la cadena de suministro.....	31
Figura 3-Cobertura Bancos de Sangre y Servicios de Transfusión Sanguínea, Colombia.....	48
Figura 4 - Representación grafica de Redsangre .....	54
Figura 5 - Metodología de la investigación .....	42
Figura 6 - Componentes sistema Redsangre.....	56
Figura 7 - Equilibrio nodo distribuidor.....	63
Figura 8 - Equilibrio nodo institucional.....	64
Figura 9 - Equilibrio de nodo servicio transfusional .....	64
Figura 10 - Función Objetivo.....	68
Figura 11 - Mapa Riesgo geológico de Colombia .....	69

## **RESUMEN**

Este proyecto analiza la captación, producción y distribución de hemocomponentes (glóbulos rojos) a nivel nacional.

El objetivo principal es determinar la relación entre las estrategias de captación, procesamiento, almacenamiento y distribución de sangre y glóbulos rojos, y los tiempos de respuesta de Redsangre requeridos para la atención de la demanda asociada a la ocurrencia de un desastre.

Se realiza una caracterización logística de la red nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales de Colombia, posteriormente se desarrolla un modelo matemático que representa esta red, se formulan estrategias para garantizar el suministro de hemocomponentes, y con la ayuda del modelo matemático desarrollado se evalúan las estrategias propuestas para responder ante la ocurrencia de desastres a nivel nacional.

Palabras clave: Bancos de sangre, atención de desastres, optimización de redes

## **ABSTRACT**

This project analyzes the collection, production and distribution of blood components (red blood cells) nationwide.

The main objective is to determine the relationship between recruitment strategies, processing, storage and distribution of blood and red blood cells, and the response times required by Redsangre in order to satisfy the demand associated with a disaster occurrence.

This study characterizes the national logistics network of blood banks and transfusion services in Colombia, a mathematical model is developed representing this network, strategies are developed to ensure the supply of blood components, and the strategies proposed are assessed through the mathematical model developed to address the occurrence of disasters nationwide.

**Keywords:** Blood Banks, disaster relief, network optimization

## INTRODUCCIÓN

Como afirma Ghiani la logística debe proporcionar a los clientes de una organización el producto adecuado en el lugar correcto y en el momento adecuado (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004) , y a su vez cada organización debe cumplir con un conjunto de restricciones y objetivos que impone el entorno y los clientes que requieren productos y servicios, además si se tiene en cuenta que “La logística se refiere a la gestión eficiente del flujo de los materiales, información y/o personas” (Aguirre, Velasco, & Amaya, 2007), se puede afirmar que mediante la logística se pueden gestionar de una mejor manera los recursos disponibles en los sistemas que se encuentran presentes materiales, y flujos.

Una tipología particular de logística es la logística humanitaria que se define como: “el proceso de planificar, ejecutar y controlar el flujo y almacenamiento de bienes y materiales, así como la información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo con el fin de aliviar el sufrimiento de las personas vulnerables” (Thomas & Kopczak, 2005), es dentro de este concepto de logística humanitaria es que se desarrolla esta investigación

Ya se ha concluido que la planificación y evaluación de los sistemas humanitarios “disminuye los tiempos promedio de respuesta en la atención del mismo, lo que se

puede traducir en la disminución de víctimas y en el aumento del bienestar de la población afectada, esto debido a que el sistema se encuentra mejor preparado y no se expone a las demoras que se producen si la capacidad de atención del sistema no es suficiente para la atención” (Moreno Valbuena & González Rodríguez, 2011)

Las transfusiones de sangre y sus componentes (Hemocomponentes) son necesarios para el tratamiento de algunas condiciones médicas y situaciones quirúrgicas de media y alta complejidad que no tienen otra alternativa para su manejo; además de ser considerados como un recurso caro, escaso y perecedero que requiere condiciones especiales de transporte y almacenamiento (OPS, 2001) (OPS, 2005). Es esa necesidad irremplazable y criticidad como recurso lo que genera el interés del estudio del suministro de sangre como insumo vital para la atención de patologías que así lo requieran ante la ocurrencia de desastres.

La red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Transfusionales de Colombia, en adelante RedSangre, es un sistema de coordinación técnico - administrativo y asistencial que debe desarrollar, organizar, supervisar y evaluar los bancos de sangre y servicios transfusionales en Colombia, con el propósito de garantizar el suministro suficiente, oportuno y seguro de la sangre y sus hemoderivados en el Territorio Nacional, coordinado por la Subdirección Nacional de Laboratorios dependencia del Instituto Nacional De Salud (INS) creada mediante el decreto 1571

de 1993 del ministerio de salud, actualmente conformada por los bancos de sangre y servicios de transfusión sanguínea públicos y privados que existen a nivel nacional. Su objetivo es realizar la integración funcional de todos sus actores, aplicando la filosofía de red para garantizar el suministro suficiente, oportuno y seguro de los componentes sanguíneos a la población a nivel nacional.(INS, 2012)

En esta investigación se realiza una caracterización del sistema Redsangre y distribución de hemocomponentes ante escenarios de demanda generada por la ocurrencia de desastres, se desarrolla un modelo que permite representar el sistema Redsangre, así como los flujos, recursos, restricciones y objetivos de este sistema en particular, para poder posteriormente evaluar estrategias logísticas que se pudiesen implementar para mejorar el desempeño de la red ante criterios de eficacia, oportunidad y eficiencia en el manejo de los recursos disponibles en Redsangre

Esta investigación suministra información soportada, clasificada, y validada para la toma de decisiones a nivel estratégico que permitan definir lineamientos y/o políticas que estandaricen y mejoren la reacción y coordinación de Redsangre en conjunto ante la ocurrencia de desastres.



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El impacto de los desastres en los sistemas de salud y más específicamente en los sistemas de suministro de hemocomponentes ya ha sido evidenciado “Los riesgos y amenazas naturales tales como terremotos, inundaciones y tsunamis, las amenazas biológicas tales como epidemias y pandemias de gripe, así como las interrupciones de trabajo artificiales y destructivos actos de terrorismo. Los desastres pueden crear un impacto indeseable sobre los donantes de sangre, personal de servicio de sangre, los voluntarios, los procesos de banco de sangre, la logística y las instalaciones, así como sobre los pacientes, los hospitales y el público en general. En la planificación de la gestión del sistema de sangre, el impacto de la catástrofe sobre los elementos críticos del sistema de la sangre debe ser identificado y desarrollar planes de acción adecuados (Kumudu Kuruppu, 2009), además de las variables externas asociadas a la ocurrencia de los desastres hacen más complejas la gestión y pronósticos particulares debido a sus patrones de demanda impredecibles y duración de los mismos (Kotleba & Beamon, 2006)

En documentos especializados para gestión de bancos de sangre ya se han definido necesidades de gestión que buscan de forma general mejorar la disposición de los recursos disponibles ante la ocurrencia de un desastre enfocándose en puntos específicos: “1. La necesidad de controlar colectas que excedan las necesidades reales, 2. La necesidad de garantizar que las instalaciones mantengan inventarios

para estar preparados para los desastres en todo momento en todas las ubicaciones

### 3. La necesidad de una gestión de inventario general” (AABB, 2008)

Se ha evidenciado que debido a la cantidad y variedad de componentes del sistema de suministro de sangre y hemocomponentes, la gestión del mismo se puede tornar compleja “La coordinación se efectúa entre varios socios que causan la sobreestimación de las necesidades de transfusión, la duplicación de esfuerzos y el desperdicio a veces de sangre colectada. Deficiencias de transporte y almacenamiento, empeorando las deficiencias de alivio durante las crisis” (Zaheer, 2012).

En la actualidad se han definido responsabilidades y funciones de reacción para Redsangre ante la ocurrencia de una situación de desastre nacional (INS, 2012) , pero estas responsabilidades y funciones asignan compromisos que de acuerdo con la información suministrada en entrevistas personales con los coordinadores y responsables de la operación de Redsangre, no son respaldados por herramientas y/o mecanismos desarrollados técnicamente, que orienten o faciliten en la toma de decisiones estratégicas, que garanticen el suministro oportuno y eficaz de hemocomponentes en el momento oportuno, lugar adecuado y la cantidad adecuada en las zonas afectadas ante la ocurrencia de desastres, pues estas decisiones hasta el

momento se han tomado de forma intuitiva con base en la experiencia de los coordinadores.

El anterior problema puede formularse a través de las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál será el comportamiento de la demanda y las variables que intervienen en la de La red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Trasfusionales de Colombia (Redsangre), ante la ocurrencia de una situación clasificada como desastre?

¿De ser necesario cuándo, dónde y en qué cantidad se debe captar, procesar y distribuir sangre Y Hemocomponentes (Glóbulos rojos) para atender la demanda generada por la ocurrencia de una situación clasificada como desastre?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la relación entre las estrategias de captación de procesamiento, almacenamiento y distribución de sangre y glóbulos rojos, y los tiempos de respuesta de Redsangre requeridos para la atención de la demanda asociada a la ocurrencia de un desastre.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar desde el concepto de cadena de suministro la Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Transfusionales de Colombia (Redsangre)
- Generar y modelar mediante programación matemática estrategias de gestión logística, orientadas a suplir la demanda de sangre y glóbulos rojos de forma eficaz y oportuna ante la ocurrencia de un desastre.
- Evaluar las estrategias propuestas para suplir la demanda de Hemocomponentes dentro del sistema logístico de Redsangre en diferentes escenarios de demanda asociados a la ocurrencia de un desastre.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Si se tiene en cuenta que en los últimos años a nivel mundial el número de desastres naturales y su letalidad se han incrementado (Ernest Benjamin, 2011) y (Kotleba & Beamon, 2006) , y además Colombia está ubicada en una región vulnerable por la frecuente ocurrencia de sismos y terremotos (FOPAE, 2012), se puede afirmar que Colombia corre un riesgo alto de ocurrencia de un desastre de origen geológico o terremoto, además ya se ha concluido y evidenciado que en condiciones de demanda normales la sangre y sus hemocomponentes son escasos en Colombia (Cruz, 2011) y (Cruz Roja Colombiana), por ende todo esfuerzo e iniciativa que este en pro de minimizar o mitigar el riesgo de falta de disponibilidad de hemocomponentes en el lugar de desastre puede llegar a ser fundamental en la respuesta o resultado que como nación se pueda ejecutar para hacer frente a este tipo de eventos impredecibles e incontrolables.

La realización de esta investigación cobra importancia y genera impacto dentro de las tendencias preventivas para la gestión de los riesgos impulsadas en algunos casos desde organismos multilaterales o desde las mismas políticas de estado, según la Organización Panamericana De La Salud (OPS) una de la áreas prioritarias de intervención ante la ocurrencia de desastres es la provisión oportuna de sangre segura para responder a la demanda inmediata post-desastre (OPS, 2001), por otra

parte también se afirma que dentro de la seguridad transfusional para las Américas una de las directrices es “ reducir las consecuencias sanitarias de las emergencias, desastres, crisis y conflictos y minimizar su impacto social y económico mediante la sangre para transfusión en caso necesario” (OMS, 2008).

Ya se ha concluido que ante la ocurrencia de desastres, la colecta, el procesamiento, el análisis y distribución de las necesidades adicionales de sangre y hemocomponentes deben ser planificados y la oferta ajustada a la demanda (Kumudu Kuruppu, 2009).

En países más desarrollados y especializados en la gestión de desastres como Japón se ha concluido que la gestión conjunta como red es una estrategia que brinda más y mejores resultados positivos ante la ocurrencia de desastres (Tadokoro, 2011)

En cuanto a la posible demanda ante la ocurrencia de un desastre, “cuando se sabe con algún grado de certeza cuánta sangre y/o hemocomponentes se requieren en periodos determinados, resulta más sencillo pronosticar cuales pueden ser la necesidades de colecta y en consecuencia poder realizar una adecuada convocatoria de donantes” (OPS, 2010), en cuanto a la convocatoria y la comunicación con los donantes cobra importancia que la comunicación sea adecuada y oportuna a la opinión pública, en función de si se necesita más sangre, y que no se alerte a la opinión pública innecesariamente (Kumudu Kuruppu, 2009), porque en materia de

sangre si se realiza de forma precipitada o innecesaria esta convocatoria podría llevar a malgastar y desperdiciar recursos escasos e importantes para la gestión de desastres como se evidencio el 11 de septiembre de 2001 para la reacción en los ataques terroristas en Estados Unidos (Schmidt, 2002)

Dentro de este escenario es que toma valor el análisis del funcionamiento de Redsangre, mas cuando se ha afirmado que “todas aquellas actividades requeridas para el despliegue logístico durante una emergencia, deben ser preparadas, conocidas y probadas con anterioridad” (OPS, 2001).

### **3.1 Necesidad**

En la actualidad el grupo administrador y regulador de Redsangre ha definido responsabilidades y roles a desempeñar en caso de ocurrencia de un desastre, pero no se han desarrollado herramientas que apoyen y soporten la toma de decisiones para la gestión eficaz y oportuna de los recursos disponibles ante la ocurrencia de un desastre, se evidencia la necesidad de diseñar y desarrollar una herramienta o mecanismo que soporte la toma de decisiones estratégicas que hasta este momento se tomarían de forma intuitiva y empírica.

### **3.2 Importancia**

En Redsangre se gestionan y administran un conjunto de recursos críticos y escasos, poder realizar una adecuada disposición y gestión de estos recursos en casos de desastre cobra importancia vital, en cuanto cada unidad de hemocomponente puede ser la diferencia entre la vida y la muerte.

#### **4. MARCO REFERENCIAL**

En la revisión de literatura para el desarrollo de esta investigación, se encontraron antecedentes que tratan el tema de gestión de sistemas de bancos de sangre, así como sistemas logísticos humanitarios que se clasificaron en antecedentes, marco teórico, marco legal y otros conceptos inherentes a la investigación. También se exponen los supuestos y las hipótesis planteadas para el desarrollo de la investigación.

##### **4.1 Antecedentes**

Existen documentos que han tratado el papel que deben realizar los bancos de sangre ante la ocurrencia de desastres: como el documento de la organización panamericana de la salud sobre intervención de los laboratorios y bancos de sangre ante situaciones de desastre en la que es una guía práctica en la que se proponen etapas de planificación para respuesta y atención de los bancos de sangre ante la ocurrencia de desastres (OPS, 2001), La Sociedad de bancos de California en su plan de respuesta a desastres protocoliza la respuesta local y regional de los bancos de sangre así como su interacción con la red nacional (CBBS, 2007), La asociación Americana de bancos de sangre en su manual operativo para desastres detalla aspectos de comunicaciones, transporte, procesamiento y almacenamiento de hemocomponentes en casos de desastre, además de define muy acertadamente “desastre” para un sistema de gestión de sangre y hemocomponentes (AABB, 2008), la autoridad



nacional de sangre de Australia en su plan nacional de contingencia de suministro de sangre define responsabilidades a nivel nacional, regional, local e institucional frente a la ocurrencia de desastres que puedan afectar el sistema de suministro de sangre y hemocomponentes (NBA, 2008), Kumudu presenta en su artículo como ha sido la reacción y evolución de la respuesta de la red de suministro de sangre ante la demanda imprevisible y los desastres de diferentes orígenes en la isla de Sri Lanka, país que ha sufrido desastres devastadores así como requerimientos sanitarios extras por cuanta del terrorismo local (Kumudu Kuruppu, 2009), como parte de la referenciación regional se encuentra la respuesta que presento Chile ante el terremoto de 2010 en el cual se hace una descripción del comportamiento de la red de sangre de Chile, más específicamente de la red regional de Maule, y se caracterizan los procesos de captación y producción post- desastre (Vásquez, Maldonado, & Tagle, 2011), también se encuentra como en Canadá una sociedad regional de bancos de sangre formula el plan de contingencia en función de fases de acuerdo con los niveles de inventario de hemocomponentes disponibles para la tención de desastres (Provincial Health Services Authority, 2011), en general dentro de los documentos encontrados se asignan funciones, se definen roles, establecen procedimientos operativos, formulan recomendaciones y sugerencias en cuanto a la gestión de bancos de sangre para poder afrontar la demanda de hemocomponentes ante la ocurrencia de desastres, frente a estos enfoques la investigación propuesta busca complementarlos mediante el diseño y desarrollo de un modelo basado en la gestión de cadena de suministro. Basado en información histórica, las capacidades actuales y

las relaciones de suministro de la red de bancos de sangre y hemocomponentes permita una mejor disposición estratégica de los recursos disponibles.

Se encuentra literatura en la que tienen en cuenta la disponibilidad de uso de los bancos como recurso vulnerable “En el terremoto de 2005, la infraestructura de salud, incluyendo los bancos de sangre, fue severamente dañada” (Zaheer, 2012), en este sentido se busca que este proyecto de investigación tenga en cuenta esta condición y permita modelar la posibilidad de operación y funcionamiento de la red aún cuando componentes del sistema no estén disponibles o queden fuera de servicio.

Hay autores que contemplan complicaciones logísticas ante la ocurrencia de desastres “durante las crisis que a menudo incluyen la interrupción del sistema de transporte ” (Hess, 2005), teniendo en cuenta la posibilidad de restricciones de la disponibilidad de sistemas de transporte, el proyecto busca modelar más de un modo de transporte por el cual se puedan transportar los hemocomponentes, también de disponibilidad de los recurso de los bancos de sangre después de la ocurrencia de un desastre (Tadokoro, 2011)

En cuanto a la capacidad de respuesta de la red se busca definirla en función de la capacidad de operación (capacidad de producción y capacidad de almacenamiento) de la misma, puesto que esta hasta el momento no ha sido considerada como

restricción del sistema dentro de la literatura relacionada con la operación de bancos de sangre ante la ocurrencia de desastres.

A nivel local se ha definido en cuanto a atención de desastres por parte de Red sangre se ha definido : en el artículo 6° del decreto 1571 del 12 de agosto de 1993 respecto a la atención de desastres: “En casos de emergencia o calamidad pública, la sangre se considerará de interés social público y, como consecuencia de ello, las Direcciones Seccionales de Salud, en coordinación con el Ministerio de Salud, podrán disponer de la sangre y sus derivados que se encuentren almacenados y disponibles en los bancos que conformen la Red Nacional de Bancos de Sangre”, y más recientemente se está documentando el plan de emergencia nacional red bancos de sangre y servicios de transfusión sanguínea (INS, 2012), el proyecto de investigación busca suministrar a estos lineamientos establecidos una herramienta estructurada y soportada para orientar la toma de decisiones estratégicas de reacción de Red sangre ante la ocurrencia de desastres en el territorio nacional.

En otros artículos se pone en evidencia como varían los consumos de sangre ante la ocurrencia de desastres (Tabatabaie, y otros, 2010) , así como el surgimiento de ineficiencias y fallas en los sistemas de procesamiento y suministro de sangre ante la ocurrencia de desastres (Erickson, Champion, Klein, Ross, Neal, & Snyder, 2008)

En este proyecto de investigación se tratara por primera vez Redsangre como un sistema logístico, también se modelara por primera vez los flujos de materiales de Redsangre así como sus componentes a nivel nacional, y la mayor novedad del proyecto está en la evaluación del desempeño de la red ante escenarios asociados a la ocurrencia de desastres así como la evaluación de diferentes estrategias de mitigación y respuesta ante la posible ocurrencia de estos escenarios.

## **4.2 Marco teórico**

De acuerdo con la temática abordada por esta investigación es necesario establecer el contexto en que se desarrolla la problemática así como las relaciones del sistema estudiado con el entorno y sus características.

### **4.2.1 Definición de términos del contexto**

A continuación las definiciones adoptadas para el desarrollo de este proyecto:

#### **Transfusión sanguínea**

Para Colombia según el decreto 1571 del 12 de agosto de 1993, “es el procedimiento por medio del cual, previa formulación médica y practicadas las pruebas de compatibilidad a que haya lugar, se le aplica sangre total o alguno de sus componentes a un paciente con fines terapéuticos o preventivos.”

#### **Unidad**

Para Colombia según el decreto 1571 del 12 de agosto de 1993, “es el volumen de sangre total o de uno de sus componentes, provenientes de un donante único de quien se recolecta.”

### **4.2.2 Hemocomponentes**

De acuerdo con la definición del Instituto nacional de salud (INS) Hemocomponentes son: “las células sanguíneas como glóbulos rojos, plaquetas; los fluidos corporales como plasma y sus fracciones como crioprecipitados, que pueden

prepararse por métodos como: centrifugación, sedimentación, entre otros.” (INS, 2011)

#### **4.2.2.1 Sangre total**

“Es el componente sanguíneo obtenido a partir de un donante, mezclada con anticoagulante, conservada en un contenedor estéril y que no se ha fraccionado. Su principal uso es como producto inicial para la preparación de otros componentes sanguíneos.” (INS, 2011)

#### **4.2.2.2 Glóbulos Rojos Estándar**

“Es el componente sanguíneo obtenido al separar la mayor parte del plasma de la sangre total, por centrifugación o sedimentación en cualquier momento antes de la fecha de caducidad “ (INS, 2011)

#### **4.2.2.3 Hemocomponentes de la investigación**

La sangre total y sus componentes de sangre entera (glóbulos rojos, plaquetas y plasma) se conocen como componentes de la sangre fresca o hemocomponentes. A nivel local la mayoría de estos hemocomponentes se obtienen por centrifugación de la sangre total. El proceso de centrifugación separa la sangre total en glóbulos rojos, plaquetas y plasma. Las plaquetas y plasma también puede ser recogido mediante aféresis (un proceso donde se extrae sangre entera de un donante y el

componente requerido(s) retenido(s), mientras que el resto de los componentes de la sangre se devuelve al donante).

Para efecto de esta investigación se modelaran los procesos de colecta, procesamiento y distribución a nivel nacional de Hemocomponentes , específicamente se seleccionaron glóbulos rojos frescos tipo **O+**, se excluyen otros tipos de sangre y hemocomponentes y hemocomponentes específicos que requieren tratamientos especiales (leucorreducidos, irradiados, alícuotas pediátricas) , por disponibilidad a nivel nacional, el grupo O es el más abundante en el continente americano, y a pesar que la sangre O Rh negativa es considerada como el donante universal el tipo de sangre O Rh negativa representa sólo entre 4% y 7% de los inventarios disponibles en los bancos de sangre en Colombia (Cortés A. , 1998), a nivel internacional ya se han definido en documentos de atención de desastres la prioridad de este hemocomponente “Cualquier envío inmediato consistirá en células de tipo de sangre O (glóbulos rojos)” (AABB, 2008), a nivel local ya se ha comprobado su aplicación para la atención primaria de urgencias “el uso de componentes Rh positivo en emergencia médica es la primera elección en situaciones que no dan espera para recibir sangre tipo específica o cruzada y es una opción segura” (Cortés, Wedekin, & Bolaños, 2004).

### 4.2.3 Producción de hemocomponentes

En Colombia, de acuerdo con la normatividad vigente (Decreto Numero 1571 DE agosto 12 de 1993), los únicos establecimientos autorizados para la captación, procesamiento y distribución de hemocomponentes son los bancos de sangre previamente habilitados y certificados por el instituto nacional de salud y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA).

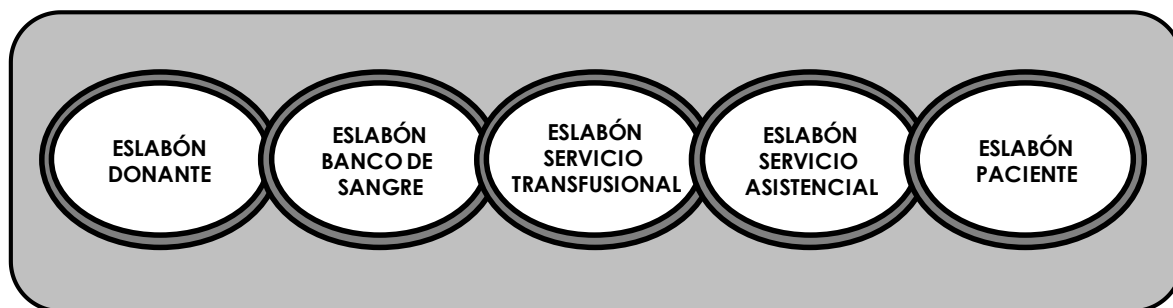


Figura 1 - Cadena de suministro de sangre y hemocomponentes en Colombia

La figura 1 muestra la cadena de suministro de sangre y hemocomponentes en Colombia, se puede identificar que todo el proceso de obtención de hemocomponentes inicia con el donante voluntario, en segundo lugar se encuentra el eslabón banco de sangre, que es el eslabón crítico de la cadena, es este eslabón el único que de acuerdo con la normatividad puede captar la sangre donada voluntariamente por los donantes, los bancos de sangre además son los únicos establecimientos que pueden procesar y distribuir los hemocomponentes, en tercer lugar se encuentran los servicios transfusionales que son básicamente centros de



almacenamiento de hemocomponentes ya procesados, los servicios transfusionales son espacios que están ubicados dentro de establecimientos institucionales que hacen uso de hemocomponentes como parte de la prestación de sus servicios asistenciales, en cuarto lugar está el eslabón del servicio asistencial, este eslabón hace referencia específicamente al espacio en el cual se ha de llevar a cabo la transfusión del hemocomponente, por último se encuentra el eslabón paciente o receptor, que es el cliente final del hemocomponente, es el portador al cual se le realiza la transfusión y también es la razón de ser de toda la cadena de suministro.

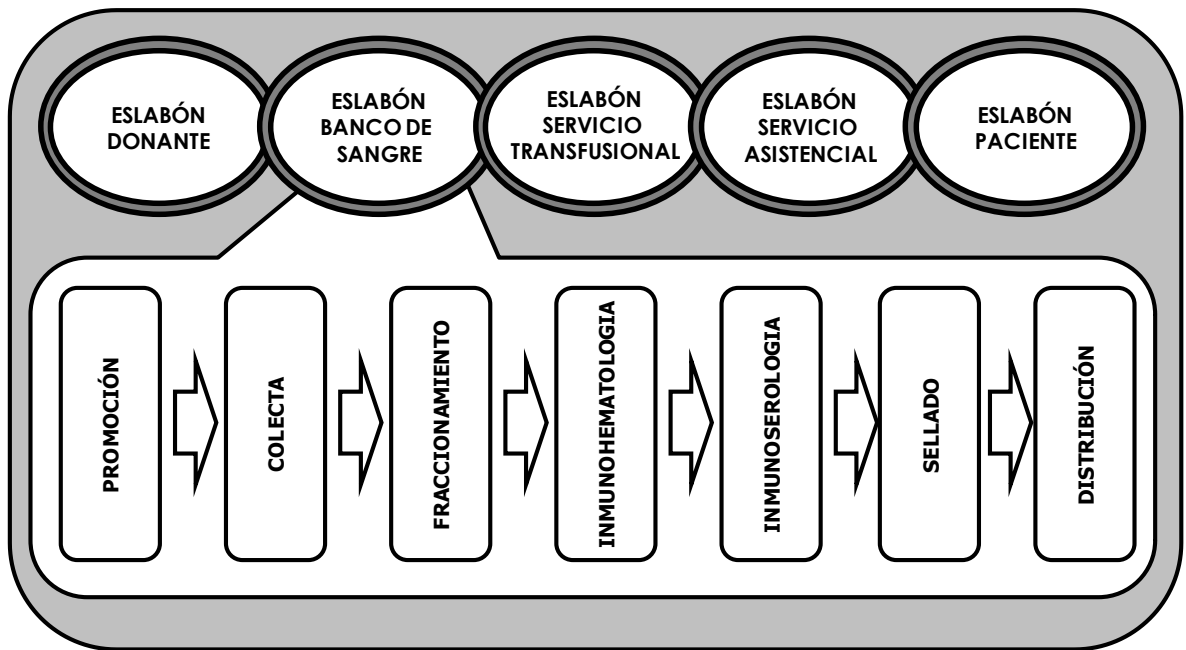


Figura 2 - Procesamiento de hemocomponentes dentro de la cadena de suministro

La figura 2 muestra el proceso de producción de hemocomponentes dentro de la cadena de suministro anteriormente detallada, la gestión de los bancos de sangre se inicia con la promoción de la donación, la cual se efectúa como una campaña permanente de difusión al público en general acerca de las necesidades de sangre y hemocomponentes en los servicios asistenciales a nivel nacional, el objetivo es la concientización y consecución permanente de donantes, una vez se logra la consecución de donantes la siguiente actividad es la captación de sangre total, cuando se ha obtenido la sangre total se debe proceder a realizar el fraccionamiento de la sangre total en hemocomponentes (glóbulos rojos, plaquetas, plasma, crioprecipitados), posteriormente se realizan las pruebas de inmunohematología, estas pruebas buscan determinar la tipificación ABO (determinar el tipo de sangre donada) así como características físicas y químicas de la sangre para poder utilizar los hemocomponentes obtenidos, en quinto lugar están las pruebas de inmunoserología que son las pruebas de tamizaje o evaluación frente a la presencia de patologías (VIH, sífilis, chagas, hepatitis) en la sangre del donante, de acuerdo con la disponibilidad de recursos (equipos, insumos, personal, infraestructura) en algunos bancos de sangre esta actividad se hace al mismo tiempo que la inmunohematología, una vez se tienen los resultados de las pruebas de inmunoserología se procede a sellar las unidades de hemocomponentes con el sello nacional de calidad como evidencia y garantía que cumple con los requerimientos sanitarios para ser transfundido, por último se encuentra el proceso de distribución

de hemocomponentes desde los bancos de sangre hacia los servicios transfusionales.

#### **4.2.4 Atención de desastres**

En cuanto a la atención de desastres se afirma que “La atención de desastres es un campo interdisciplinario que trata los procesos organizativos que ayudan a preparar y llevar a cabo todas las funciones de emergencia necesarias para prevenir, prepararse, responder y recuperarse de emergencias y desastres causados por los riesgos, ya sean naturales, tecnológicos o provocados por el hombre” (Ernest Benjamin, 2011), es un tema en el que en los últimos años se ha profundizado e intensificado su estudio y su aplicación como parte de la tendencia y la conciencia hacia la gestión del riesgo

En cuanto a la atención de desastres primero se establece la definición de desastre dentro de la que se enmarca este proyecto de investigación, según la Asociación Americana De Bancos De Sangre (AABB) se establece como desastre: “cualquier desastre nacional o un acto de terrorismo que: de repente, requiere una cantidad mucho mayor de sangre de lo normal, O, Temporalmente limita o impide la capacidad de un colector para recoger, evaluar, procesar y distribuir la sangre, O, Crea un flujo repentino de los donantes, lo que requiere captación acelerada de sangre para satisfacer una necesidad emergente en otra parte” (AABB, 2008).

También es importante establecer en que etapa o fase de la atención del desastre puede impactar más esta investigación, dentro del ciclo de gestión de los desastres la fase respuesta es el periodo inmediatamente posterior a la ocurrencia del desastre y se considera como crítico para el éxito de la intervención en desastres. “Cuanto más tiempo se tarda en llegar la atención, mayor es la tasa de mortalidad. Después del terremoto de 1995 en Kobe, Japón, en el que murieron 6.434 personas, el 71% de las víctimas murieron dentro de los primeros 14 minutos, y otro 10,7% en las 6 horas siguientes de las réplicas. Alrededor del 54% de las muertes fueron resultado de lesiones por aplastamiento y otros tipos de trauma generados por los edificios derrumbados” (Ernest Benjamin, 2011) , de acuerdo con lo anterior la fase de respuesta está comprendida hasta las 48 horas posteriores a la ocurrencia del desastre y es cuando las intervenciones son más pertinentes y apropiadas porque tienen el mayor impacto para la supervivencia.

Es en este escenario puntual donde la logística entra a hacer parte de las herramientas útiles para poder responder oportunamente a los requerimientos de hemocomponentes generados ante la ocurrencia de un desastre.

### **4.3 Marco Legal**

Debido a la naturaleza y criticidad de los componentes que se obtienen y manejan en los bancos de sangre y servicios transfusionales, estas actividades están reglamentadas, reguladas y vigiladas por una amplia legislación vigente que se relaciona a continuación:

**Decreto Número 616 DE Marzo 11 de 1981 :** “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título IX de la Ley 9ª de 1979, en cuanto a funcionamiento de establecimientos dedicados a la extracción, transfusión y conservación de sangre total o de sus fraccionados”, es el primer decreto que trata individualmente el tema de los bancos de sangre y servicios transfusionales.

**Decreto Numero 1571 DE agosto 12 de 1993:** “Por el cual se reglamenta parcialmente el título IX de la ley 09 de 1979, en cuanto a funcionamiento de establecimientos dedicados a la extracción, procesamiento, conservación y transporte de sangre total o de sus hemoderivados, se crean La Red Nacional De Bancos De Sangre Y El Consejo Nacional De Bancos De Sangre y se dictan otras disposiciones sobre la materia”, en este decreto se crea Red sangre y además se encuentran artículos relacionados específicamente con el objeto de este proyecto como son:

**ARTICULO 5º:** “La obtención de la sangre humana y la práctica de cualquiera de las actividades a que se refiere el artículo 2º de este Decreto, sólo podrá hacerse en instituciones médico-asistenciales, servicios de medicina transfusional y bancos de sangre que hayan obtenido Licencia Sanitaria de Funcionamiento para tal fin, expedida por la autoridad sanitaria competente.”

**ARTICULO 6º :** “En casos de emergencia o calamidad pública la sangre se considerará de interés social público y como consecuencia de ello, las Direcciones Seccionales de Salud en coordinación con el Ministerio de Salud, podrá disponer de la sangre y sus derivados que se encuentren almacenados y disponibles en los bancos que conformen la Red Nacional de Bancos de Sangre. “

**Parágrafo primero.** “En caso de emergencia o calamidad pública, los bancos de sangre, cualquiera que sea su categoría estarán en la obligación de participar en el plan de emergencia que diseñe el Ministerio de Salud, las Direcciones de Salud o la Red Nacional de Bancos de Sangre, con el suministro de sangre o sus derivados, so pena de la aplicación de las sanciones previstas en el presente Decreto. “

**Parágrafo segundo.** “Cada banco de sangre, cualquiera que sea su categoría, deberá diseñar e implementar su propio plan de emergencia para atender sus propias necesidades y participar en el plan de emergencia nacional o regional.”

**Parágrafo Tercero.** “En casos de emergencia o calamidad pública, la obtención y transfusión de sangre podrá hacerse en lugares distintos de los establecimientos autorizados oficialmente, bajo la supervisión de la autoridad sanitaria competente o la responsabilidad exclusiva de médicos o profesionales de la salud calificados.”

**Parágrafo Cuarto.** “La sangre que se ha recolectado en situaciones de emergencia o calamidad pública, con el fin de garantizar su seguridad e inocuidad , deberá ser sometida a las pruebas señaladas en el artículo 42 del presente Decreto. Igualmente deberá ser conservada y transportada en condiciones técnicas apropiadas de refrigeración que impidan su alteración o deterioro”

**Decreto Numero 2423 Del 31 De Diciembre De 1996:** “Por el cual se determina la nomenclatura y clasificación de los procedimientos médicos, quirúrgicos y hospitalarios del Manual Tarifario y se dictan otras disposiciones” . en este decreto entre otros se establecen las tarifas para los procedimientos de Banco de Sangre y servicios transfusionales.

**Decreto Número 1543 12 De Junio De 1997:** “ Por el cual se reglamenta el manejo de la infección por el Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH), el

síndrome de la Inmuno Deficiencia Adquirida (SIDA) y las otras Enfermedades de Transmisión Sexual (E.T.S.)”

**Decreto Numero 1011 De 2006 3 Abril de 2006 :** “Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud” , en este decreto se excluye a los bancos de sangre del SOGCS, pero se asigna la vigilancia sanitaria y el control de calidad de los productos y servicios que estas organizaciones prestan al INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos).

**Resolución no. 5261 agosto 5 de 1994:** Por la cual se establece el Manual de Actividades , Intervenciones y Procedimientos del Plan Obligatorio de Salud en el Sistema General de Seguridad Social en Salud.

**Resolución 1738 de 1995:** Ordena la práctica de la prueba de serología para *Tripanosoma cruzi* (también conocida como chagas) en todas y cada una de las unidades de sangre recolectadas por los Bancos de Sangre

**Resolución 0901 de 1996:** Manual de Normas Técnicas y Administrativas para Bancos de Sangre y Servicios de Transfusión.



**Resolución Numero 01164 De Septiembre 6 De 2002:** “por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares”

**Resolución Número 0132 De Enero 23 de 2006:**” Por la cual se adopta el Manual de Condiciones de Almacenamiento y/o Acondicionamiento para Reactivos de Diagnóstico In Vitro.”

**Resolución Número 1043 Del 3 De Abril De 2006:** “Por la cual se establecen las condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar sus servicios e implementar el componente de auditoría para el mejoramiento de la calidad de la atención y se dictan otras disposiciones”

**Resolución Número 3355 De Septiembre 11 De 2009:** “Por la cual se conforma el Comité Nacional de Promoción de la Donación Voluntaria y Habitual de Sangre, como grupo de apoyo de la Coordinación Red Nacional de Sangre - INS, para el enfoque adecuado de estrategias de sensibilización y educación.”

**Política Nacional De Sangre Del Ministerio De La Protección Social:**  
Documento que establece lineamientos (estrategias y acciones) para asegurar el acceso de la población a la sangre y sus hemocomponentes con criterios de suficiencia, equidad, oportunidad, seguridad y a costo razonable.

#### 4.4 Supuestos

Para poder desarrollar el modelo del sistema estudiado se han tomado como supuestos:

1. En caso de ocurrencia de un desastre a nivel nacional, no todos los bancos de sangre quedaran inhabilitados. Tampoco todos los servicios transfusionales.
2. En caso que los inventarios disponibles de hemocomponentes en bancos de sangre y servicios transfusionales sean insuficientes para satisfacer la demanda, los donantes acudirán a los bancos de sangre donde sean solicitados y cuando sean solicitados.
3. En caso de ocurrencia de desastre, los costos de transporte de hemocomponentes desde los sitios de origen hacia el lugar de demanda de hemocomponentes es insignificante o no existe puesto que este se realiza mediante medios oficiales (policía, ejercito, defensa civil, ministerio de salud) o humanitarios (cruz roja, ONG, entidades de ayuda internacional) que no cobran por el transporte de los hemocomponentes.
4. En caso de ocurrencia de desastre, cuentan con los insumos y suministros suficientes para procesar la sangre requerida de acuerdo con la capacidad instalada, esto también soportado en convenios especiales que existen entre proveedores y bancos de sangre.
5. Los hemocomponentes solo se transportan por 2 modos de transporte a saber: aéreo y terrestre.

6. La definición e implementación de estrategias propias específicas para Redsangre en la captación, procesamiento, almacenamiento y distribución de hemocomponentes garantizan la eficacia y oportunidad en el suministro de hemocomponentes donde sean requeridos ante la ocurrencia de un desastre.
7. Gestionar la Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Transfusionales de Colombia (Redsangre) como una cadena de suministro permite analizar y abordar aspectos logísticos que facilitan una gestión integral del sistema.
8. Con base en el comportamiento histórico de la demanda de hemocomponentes y variables asociadas a la capacidad y vulnerabilidad es posible estimar la demanda requerida ante la ocurrencia de un desastre.
9. Es posible modelar mediante programación matemática las estrategias de gestión logística, orientadas a suplir la demanda de Hemocomponentes, priorizando la eficacia y oportunidad en el suministro.
10. Se pueden evaluar las estrategias propuestas para suplir la demanda de Hemocomponentes dentro del sistema logístico de Redsangre en diferentes escenarios asociados a la ocurrencia de un desastre.

## 5. METODOLOGÍA

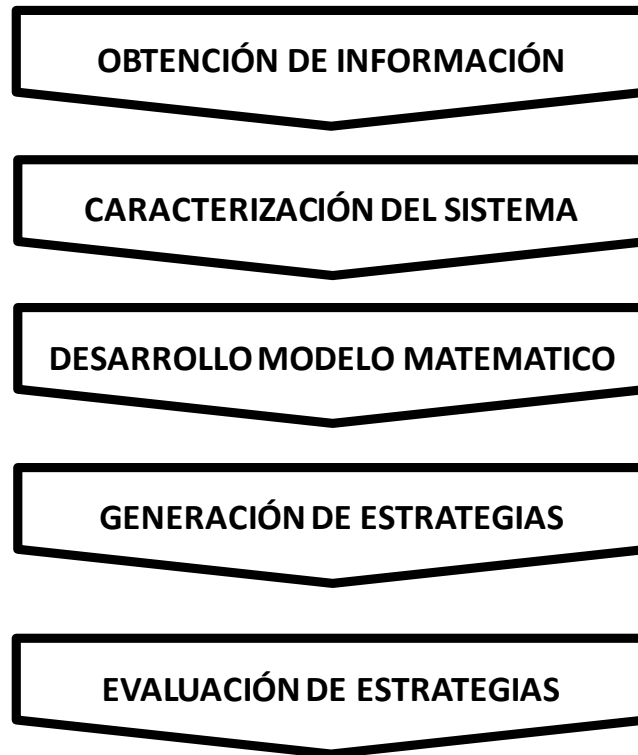


Figura 3 - Metodología de la investigación

### 5.1 Obtención de información

Para la obtención de la información cualitativa del sistema se empleó el método de las entrevistas abiertas por ser considerado adecuado para abordar múltiples temas, además de permitir ahondar en detalles importantes en el funcionamiento del sistema de estudio (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006), para registrar la información de Red Sangre se realizó una encuesta estructurada mediante hoja de cálculo en Microsoft Excel, que fue diligenciada por todos los directores de bancos de sangre, y por los funcionarios responsables de los

servicios transfusionales a nivel nacional, esta actividad fué coordinada directamente por el Instituto Nacional de Salud (INS), (Ver Anexos)

Para la obtención de tiempos de procesamiento de hemocomponentes se realizó el estudio de métodos y tiempos de producción de hemocomponentes (Gonzalez, Castañeda, & Acosta, 2013) , como parte de esta investigación , se realizó mediante el método de cronometraje vuelta a cero, evaluación de métodos de producción mediante economía de movimientos y técnica interrogativa de acuerdo con lo expuesto por (Duran, 2007) asi como mejora de métodos y optimización de procesos de trabajo (Aguirre de Mena, Rodríguez Fernández, & Tous Zamora, 2002)

## **5.2 Caracterización de Redsangre**

Para iniciar se debe abordar a Redsangre como un sistema y más específicamente como un sistema logístico se debe entender este como un sistema que se compone de un sistema de instalaciones (bancos de sangre y servicios transfusionales que son interconectadas o comunicadas por servicios de transporte). Las instalaciones son los sitios en donde se procesan los materiales (para nuestro caso sangre), se manufacturan, almacenan, clasifican, y consumen de acuerdo con la definición de sistemas logísticos del texto Introduction to Logistics Systems Planning and

Control (Ghiani, Laporte, & Musmanno, Introduction to logistics systems planning and control, 2004).

Posteriormente para el diseño de modelo se debe soportar sobre el concepto de cadena de suministro que ha sido definido como : “un sistema de logística compleja en la que las materias primas se convierten en productos terminados y luego se distribuye a los usuarios finales” (Ghiani, Laporte, & Musmanno, Introduction to logistics systems planning and control, 2004), y también como: “El conjunto de empresas integradas por proveedores, fabricantes, distribuidores y vendedores, coordinados eficientemente por medio de relaciones de colaboración para colocar los requerimientos de insumos o productos en cada eslabón de la cadena en el tiempo preciso al menor costo, buscando el mayor impacto en las cadena de valor de los integrantes con el propósito de satisfacer los requerimientos de los consumidores finales” (Jiménez Sánchez & Hernández Garcia, 2002), mediante este concepto se realizara la caracterización de la cadena de suministro de Redsangre.

### **5.3 Desarrollo modelo matemático**

Se desarrolló de un modelo matemático que representa el sistema de la cadena de suministro Redsangre de acuerdo con modelos de programación lineal detallados con conceptos de diseño integral de la cadena de suministros (MAX SHEN, 2007),

métodos de programación lineal y gestión de operaciones que ya han sido utilizados para el modelamiento de cadenas de suministro de sangre (Beliën & Forcé, 2011).

El sistema se aborda como red, definida como conjunto de nodos interconectados o comunicados por arcos (Taha, 2012), se aplica un modelo de optimización de redes de acuerdo con lo expuesto por Hillier (Hillier & Lieberman, 2010).

## **5.4 Generación de estrategias**

Para la generación de estrategias a evaluar se realizó un panel de expertos (ec.europa), que de acuerdo con su experiencia y conocimiento del funcionamiento de Redsangre emitió posibles alternativas de gestión y administración de los recursos disponibles en Redsangre

### **1.1 Evaluación de estrategias**

Para evaluar las estrategias propuestas por el panel de expertos, se procedió a construir un modelo computacional mediante el software GAMS, se modificaron los parámetros que correspondiera con las condiciones de desastre y se corrió el modelo para evaluar y observar el comportamiento las variables de respuesta del modelo.

## **2. CARACTERIZACIÓN DE LA RED NACIONAL DE BANCOS DE SANGRE Y SERVICIOS TRANSFUSIONALES DE COLOMBIA (REDSANGRE)**

### **2.1 Conceptualización del término logística**

Si se entiende por logística "el proceso de administrar estratégicamente el flujo y almacenamiento eficiente de las materias primas, de las existencias en proceso y de los bienes terminados del punto de origen al de consumo" (Lamb, Hair, & McDaniel, 2002) y que para poder gestionar y/o administrar el flujo dentro de un sistema este sistema debe estar definido y limitado, debe tener objetivos y responsables que gestionen el sistema.

### **2.2 Definición de cadena de suministro**

Una forma de delimitar los sistemas logísticos es dentro del concepto de cadena de suministro, entendiendo esta como "un sistema de logística compleja en la que las materias primas se convierten en productos terminados y luego se distribuyen a los consumidores" (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004), la figura 1 es una representación ajustada de esta definición de acuerdo con la naturaleza de materias primas, instalaciones, transportes y productos que se obtienen y fluyen en el sistema de estudio en particular.



### **2.3 Definición de red nacional de bancos de sangre y servicios transfusionales:**

De acuerdo con la normatividad vigente ( decreto 1571 del 12 de agosto de 1993) la Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios Trasfusionales de Colombia “es un sistema de coordinación técnico, administrativo y asistencial que permiten desarrollar, organizar, supervisar y evaluar, con el propósito de garantizar el suministro suficiente, oportuno y seguro de la sangre y sus hemoderivados en el Territorio Nacional”, en términos de logística Redsangre es el sistema en el que la sangre se transforma en hemocomponentes y luego se distribuye para hacerla llegar hasta los pacientes que la requieren a nivel nacional, incluyendo donantes, bancos de sangre , servicios transfusionales, servicios asistenciales y pacientes transfundidos.

#### **2.3.1 Cobertura de Redsangre**

En la actualidad Redsangre tiene presencia y cobertura en todo el territorio nacional, en todos los departamentos hay servicios transfusionales, hay bancos de sangre en 25 de los 32 departamentos del país distribuidos como se muestra en la figura 4.

Los bancos de sangre y la mayoría de los servicios transfusionales se encuentran ubicados en las ciudades capitales de los departamentos, pero igualmente la red suministra hemocomponentes a los servicios transfusionales que se encuentran ubicados en municipios y zona rurales.



Figura 4-Cobertura Bancos de Sangre y Servicios de Transfusión Sanguínea, Colombia

## 2.4 Componentes de Redsangre

De acuerdo con la definición adoptada de cadena de suministro, dentro de Redsangre se encuentran los siguientes componentes que interactúan de acuerdo con los flujos definidos dentro de la red.

## **2.4.1 Bancos de sangre**

Para Colombia según el decreto 1571 del 12 de agosto de 1993, banco de sangre es: “todo establecimiento o dependencia con Licencia Sanitaria de Funcionamiento para adelantar actividades relacionadas con la obtención, procesamiento y almacenamiento de sangre humana destinada a la transfusión de la sangre total o en componentes separados, a procedimientos de aféresis y a otros procedimientos preventivos, terapéuticos y de investigación.”, de acuerdo con esta definición y ajustado para efectos de la investigación banco de sangre es el establecimiento que capta, procesa, tamiza, certifica y distribuye hemocomponentes dentro de la cadena de suministro de hemocomponentes.

### **2.4.1.1 Clasificación de los bancos de sangre**

#### **2.4.1.1.1 Clasificación según su capacidad instalada y cobertura**

Por su capacidad instalada y la capacidad que tienen para satisfacer las necesidades de servicios transfusionales, los bancos de sangre se clasifican en institucionales y distribuidores.

Los bancos de sangre institucionales son aquellos bancos dependientes o vinculados a instituciones de salud, públicas o privadas que tienen capacidad limitada para satisfacer los requerimientos de un servicio transfusional o máximo dos en cuanto a procesamiento y almacenamiento de hemocomponentes, también se distinguen porque solo proveen a uno o

máximo 2 servicios transfusionales que generalmente pertenecen a la misma institución a la que pertenece el banco de sangre.

Los bancos de sangre distribuidores son aquellos que tienen capacidad suficiente de para el procesamiento y almacenamiento para poder proveer 3 o más servicios transfusionales simultáneamente e inclusive para suministrar a otros bancos de sangre.

#### **2.4.1.1.2 Clasificación según naturaleza del capital**

De acuerdo con el origen del capital del banco de sangre los bancos de sangre se clasifican también en públicos y privados.

#### **2.4.2 Servicios Transfusionales**

Para Colombia según el decreto 1571 del 12 de agosto de 1993, “es la organización técnico - científica y administrativa de una institución médica o asistencial destinada a la transfusión de sangre total o de sus componentes provenientes de un banco de sangre.”, de acuerdo con lo anterior para efectos de la investigación el servicio transfusional es el espacio físico en el cual se almacenan los hemocomponentes antes de ser suministrados directamente a los pacientes que los requieren y que para efecto de este proyecto se denominaran la demanda.

<b>REGION</b>	<b>BANCOS DE SANGRE DISTRIBUIDORES</b>	<b>BANCOS DE SANGRE INSTITUCIONALES</b>	<b>SERVICIOS TRANSFUSIONALES</b>
BOGOTA CENTRO	7	26	64
OCCIDENTE	3	12	25
ORIENTE	2	7	15
SUR	5	6	20
NORTE	2	15	27
	<b>19</b>	<b>66</b>	<b>151</b>

**Tabla 1- Componentes Redsangre**

### **2.4.3 Servicios Asistenciales**

Los servicios asistenciales son los espacios físicos donde puntualmente se realiza el proceso transfusión de los hemocomponentes al paciente que así lo requiera por prescripción médica.

### **2.4.4 Demanda de hemocomponentes a Redsangre**

Para 2011 Redsangre suministró 1.085.349 hemocomponentes a los servicios asistenciales a nivel nacional, de los cuales 601.169 son glóbulos rojos que representan más del 55% de hemocomponentes transfundidos a nivel nacional como se muestra detallado en la tabla 2

DEPARTAMENTO	GLOBULOS ROJOS ESTANDAR	GLOBULOS ROJOS MODIFICADOS	CONCENTRADO PQS ESTANDAR	SANGRE TOTAL	TOTAL COMPONENTES TRANSFUNDIDOS
AMAZONAS	464	0	144	0	703
ARAUCA	2.167	0	43	0	2.740
BOGOTA	123.633	25.215	60.596	81	302.105
BOYACA	3.660	4.127	2.490	2	13.260
CAQUETA	4.740	40	268	166	6.060
CASANARE	2.816	0	150	0	3.616
CUNDINAMARCA	16.322	3.058	4.397	70	31.922
GUAINIA	93	0	0	0	93
GUAVIARE	551	0	0	0	633
HUILA	20.721	6	7.155	579	35.420
META	10.371	371	2.535	0	16.787
QUINDIO	2.299	1.345	337	0	4.659
TOLIMA	3.882	16.604	9.003	12	36.315
VAUPES	20	0	0	0	20
ANTIOQUIA	66.231	37.347	18.723	273	190.853
CALDAS	3.971	4.733	1.248	6	15.600
CHOCO	65	2.531	27	0	2.897
RISARALDA	9.491	2.389	3.691	0	20.756
CESAR	6.694	3.718	789	17	16.594
NORTE DE SANTANDER	15.764	1.808	6.584	6	29.432
SANTANDER	15.764	19.035	12.410	572	64.206
CAUCA	8.663	359	3.671	0	19.520
NARIÑO	9.894	4.851	6.533	3	27.849
PUTUMAYO	715	0	9	0	840
VALLE	37.515	51.849	512	0	157.916
ATLANTICO	8.729	1.085	4.719	4	18.315
BOLIVAR	10.153	13.325	5.957	39	36.536
CORDOBA	7.781	0	687	1	9.436
GUAJIRA	715	43	73	8	1.120
MAGDALENA	6.034	1.099	1.942	257	10.858
SAN ANDRES	775	0	0	0	776
SUCRE	5.092	291	1.367	0	7.355
<b>NACIONAL</b>	<b>405.941</b>	<b>195.228</b>	<b>156.056</b>	<b>2.095</b>	<b>1.085.349</b>
	<b>37,40%</b>	<b>17,99%</b>	<b>14,38%</b>	<b>0,19%</b>	<b>100%</b>

Cumplimiento de notificación 95%

**Tabla 2- Demanda de hemocomponentes Colombia 2011**

## 2.5 Flujos logísticos de Redsangre

Como en la mayoría de sistemas logísticos en Redsangre se encuentran básicamente dos tipos de flujos que son:

### 2.5.1 Flujos de materiales

Para efectos del proyecto de investigación solo se modelara el flujo de glóbulos rojos tipo O+, pero cabe aclarar que en el sistema real fluyen todos los tipos de hemocomponentes (plasma, glóbulos rojos, plasma, crioprecipitados) de todos

los grupos sanguíneos y factores RH, inclusive debido a la naturaleza biológica de los desechos, existe un flujo muy específico de logística inversa para el manejo y disposición de los desechos de hemocomponentes así como de componentes reactivos.

### **2.5.2 Flujos de información**

Debido a la criticidad y el impacto biológico de los hemocomponentes en la salud y bienestar de los donantes y de los pacientes receptores de hemocomponentes, dentro de Redsangre se maneja información de forma muy protocolaria y estandarizada, una de las características del flujo de hemocomponentes es la trazabilidad y esta se logra gracias a la uniformidad y la disposición que hay acerca de cada unidad de hemocomponente presente en Redsangre.

## **2.6 Relaciones logísticas de Redsangre**

Como se puede observar en la figura 5, los flujos de hemocomponentes se dirigen siempre desde los bancos de sangre hacia los servicios transfusionales, están representados los bancos de sangre distribuidores (d) que proveen servicios transfusionales y en ocasiones proveen bancos de sangre institucionales (i) para que estos a su vez puedan proveer sus respectivos servicios transfusionales, y se encuentran los servicios transfusionales (s) que para efectos del proyecto representan el punto donde se genera la demanda.

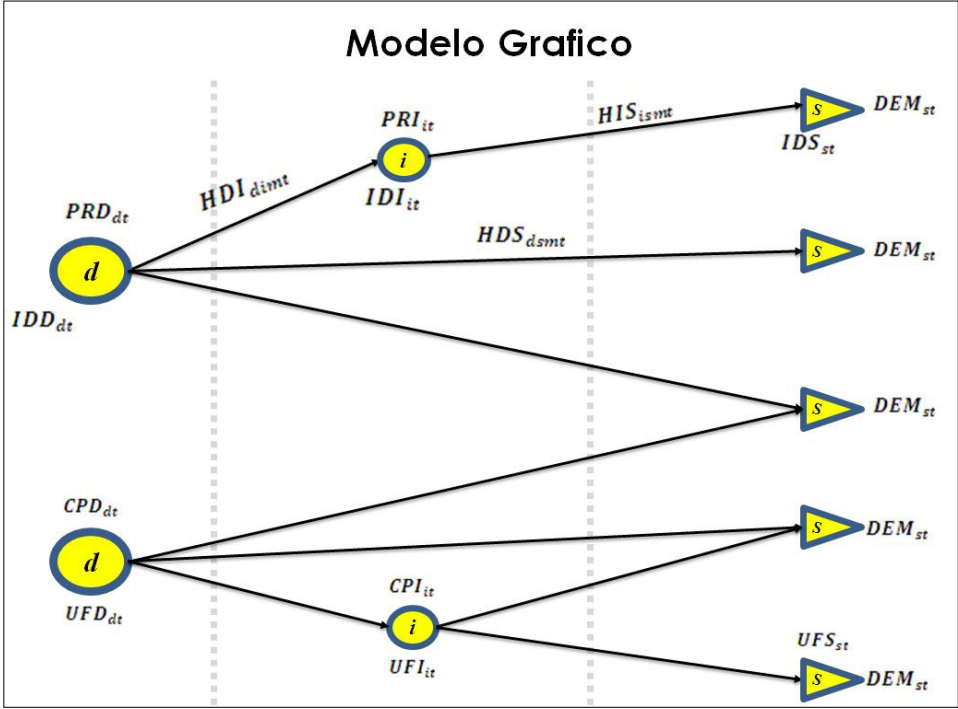
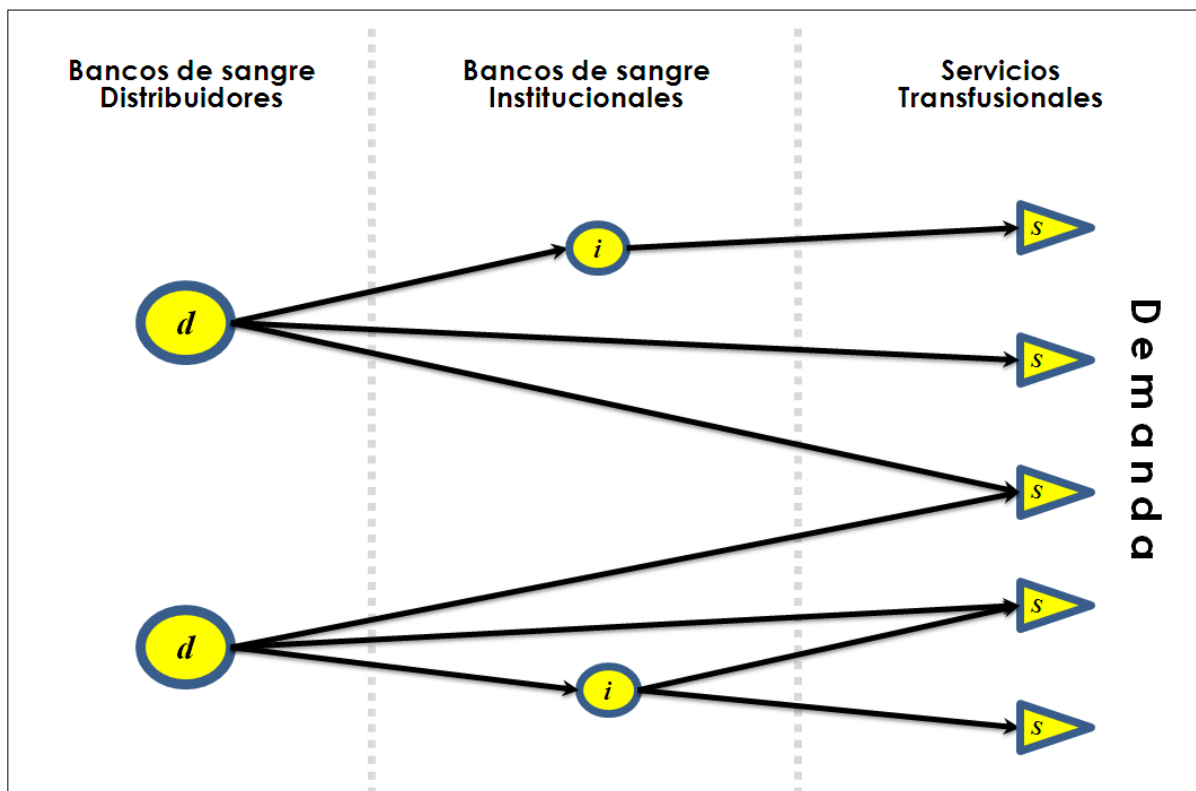


Figura 5 - Representación grafica de Redsangre



### 3. MODELO MATEMÁTICO

Para poder modelar el sistema de estudio se representara una red como la que se muestra en la figura 6, Redsangre está compuesta por nodos (d) que representan bancos distribuidores con mayor capacidad y mayor número de arcos que le permiten suministrar componentes a mayor cantidad de nodos clientes, los nodos (i) que representan bancos de sangre institucionales con menor capacidad y menos nodos clientes, y por ultimo están los nodos (s) que representan a los servicios transfusionales que son elemento de Redsangre más próximo al paciente como consumidor final de los hemocomponentes obtenidos y procesados en Redsangre.



### Figura 6 - Componentes sistema Redsangre

Como parte del desarrollo del modelo matemático y computacional se desarrollaron los siguientes conjuntos, parámetros y restricciones representativos del sistema Redsangre:

#### **3.1 Conjuntos**

Para poder modelar es sistema se definieron los siguientes conjuntos a saber:

##### **3.1.1 Bancos de sangre distribuidores**

Este conjunto representa a todos los bancos institucionales que operan en Redsangre, está compuesto por 19 bancos distribuidores,  $d=d_1, d_2, d_3, \dots, d_{19}$

##### **3.1.2 Bancos de sangre institucionales**

Este conjunto representa a los bancos institucionales del sistema, por 66 bancos institucionales,  $i=i_1, i_2, i_3, \dots, i_{66}$

##### **3.1.3 Servicios transfusionales**

Este conjunto representa a los servicios transfusionales que almacenan y conservan los hemocomponentes para la transfusión en los servicios asistenciales, se representan con “s”,  $s=s_1, s_2, s_3, \dots, s_{151}$

### **3.1.4 Modos de transporte**

De acuerdo con la disponibilidad de transporte y medios utilizados anteriormente se definieron 2 modos de transporte, transporte terrestre (m1) y transporte aéreo (m2).

### **3.1.5 Tiempos de evaluación**

De acuerdo con los estudios de métodos y tiempos de producción de hemocomponentes, y por lo definido en el marco teórico como atapa de respuesta a los desastres, se definen 4 tiempos de evaluación del sistema como momentos de evaluación del sistema para toma de decisiones, se representan mediante “t”,  $t=t_1, t_2, t_3, t_4$ .

## **3.2 Parámetros**

### **3.2.1 Capacidad de almacenamiento**

Una de las restricciones de los componentes del sistema es la de capacidad de almacenamiento, puesto los hemocomponentes analizados necesitan para su conservación condiciones muy específicas de almacenamiento, se definen  $CAD_d$  = capacidad de almacenamiento del banco de sangre distribuidor d ,  $CAI_i$  = capacidad de almacenamiento del banco institucional i , y  $CAS_s$ = capacidad de almacenamiento del servicio transfusional s.

### 3.2.2 Capacidad de producción

Como los únicos que pueden procesar hemocomponentes son los bancos de sangre, se definen:  $CAPD_d$  = Capacidad de producción del banco distribuidor d

$CAPi_i$  = Capacidad de producción del banco institucional i

### 3.2.3 Disponibilidad de operación

Para poder representar la imposibilidad de uso del elemento de la red debido a la afectación como consecuencia de un desastre, se definió la disponibilidad de operación como un parámetro binario,  $DSD_d$  = Disponibilidad del banco distribuidor d (0, 1),  $DSI_i$  = Disponibilidad del banco institucional i (0, 1),  $DST_s$  = Disponibilidad del servicio transfusional s (0, 1)

### 3.2.4 Tiempos de transporte

De acuerdo con la encuesta realizada (ver anexos) con los coordinadores de Red sangre, se establecieron los tiempos de transporte entre los nodos de la red,  $TDI_{dim}$  = Tiempo de transporte entre el banco distribuidor d al banco institucional i por el modo de transporte m (horas),  $TIS_{ism}$  = Tiempo de transporte entre el banco institucional i al servicio transfusional s por el modo de transporte m (horas),  $TDS_{dsm}$  = Tiempo de transporte entre el banco distribuidor d al servicio transfusional s por el modo de transporte m (horas)

### 3.2.5 Inventario disponible

Este parámetro se define de acuerdo con el promedio histórico de unidades de glóbulos rojos disponibles,  $IDD_{dt}$ = Inventario disponible en el banco distribuidor d al inicio del momento t=1,  $IDI_{it}$ = Inventario disponible en el banco institucional i al inicio del momento t=1  $IDS_{st}$ = Inventario disponible en el servicio transfusional s al inicio del momento t=1.

### 3.2.6 Demanda de hemocomponentes

Se define este parámetro, de acuerdo con la información histórica suministrada por la coordinación de Red Sangre, para la evaluación de escenarios asociados a la ocurrencia de desastres se incrementa este parámetro,  $DEM_{st}$ = Demanda en el servicio transfusional s en el momento t 1, para definir la demanda de hemocomponentes en escenarios asociados a la ocurrencia de desastres se encontraron 2 cifras , la primera habla de hasta 7 veces el inventario necesario para 1 día normal (Vásquez, Maldonado, & Tagle, 2011), y otro asociado a la estimación de la demanda en caso de terremoto de gran magnitud calcula hasta 8 veces el consumo de un día normal (Tabatabaie, y otros, 2010) , para efecto de esta investigación se adopta la cifra de hasta 8 días consumo normal de acuerdo a la información histórica suministrada.

### 3.2.7 Reactividad

Valor calculado de reactividad de acuerdo con la información histórica suministrada por la coordinación de Red sangre,  $RRD_d$ = Índice de rechazo por reactividad de la producción del banco distribuidor d ,  $RRI_i$ = Índice de rechazo por reactividad de la producción del banco institucional i.

### 3.3 Variables

$HDI_{dimt}$ = Cantidad de unidades de hemocomponentes suministrada desde el banco distribuidor d al banco institucional i por el modo de transporte m en el momento t (unidades de hemocomponente)

$HIS_{ismt}$ = Cantidad de unidades de hemocomponentes suministrada desde el banco institucional i al servicio transfusional s por el modo de transporte m en el momento t (unidades hemocomponente)

$HDS_{dsmt}$ = Cantidad de unidades de hemocomponentes suministrada desde el banco distribuidor d al servicio transfusional s por el modo de transporte m en el momento t (unidades hemocomponente)

$BDI_{dimt}$  = Variable binaria que se activa cuando se realiza envío por el modo m desde el banco distribuidor d hacia el banco institucional i en el momento t

**$BIS_{mist}$**  = Variable binaria que se activa cuando se realiza envío por el modo m desde el banco institucional i hacia el servicio s en el momento t

**$BDS_{mdst}$**  = Variable binaria que se activa cuando se realiza envío por el modo m desde el banco distribuidor d hacia el servicio s en el momento t

**$IDD_{dt}$**  = Inventario disponible en el banco distribuidor d al final del momento t

**$IDI_{it}$**  = Inventario disponible en el banco institucional i al final del momento t

**$IDS_{st}$**  = Inventario disponible en el servicio transfusional s al final del momento t

**$UFS_{st}$**  = Unidades faltantes en el servicio transfusional s en el momento t

**$UFI_{it}$**  = Unidades faltantes en el banco de sangre institucional i en el momento t

**$UFD_{st}$**  = Unidades faltantes en el banco de sangre distribuidor d en el momento t

**$CPD_{dt}$**  = Captación de sangre del banco distribuidor d en el momento t

**$CPI_{it}$**  = Captación de sangre banco institucional i en el momento t

**$PRI_{it}$**  = Producción de hemocomponentes en el banco institucional i en el momento t

**$PRD_{dt}$**  = Producción de hemocomponentes en el banco distribuidor d en el momento t



### 3.4 Restricciones de equilibrio

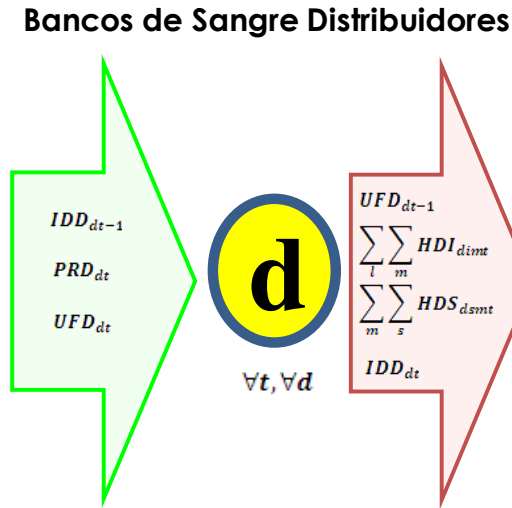


Figura 7 - Equilibrio nodo distribuidor

$$IDD_{dt-1} - UFD_{dt-1} + PRD_{dt} - \sum_l \sum_m HDI_{dimt} - \sum_m \sum_s HDS_{dsmt} = IDD_{dt} - UFD_{dt} \quad \forall t, \forall d$$

Para el equilibrio del modelo, respecto a los hemocomponentes de los bancos de sangre distribuidores: inicialmente está el inventario disponible (nnnn) más los hemocomponentes producidos en el periodo de tiempo, más las unidades faltantes del periodo de tiempo evaluado (que será un numero negativo) , esto debe ser igual a las unidades faltantes del periodo inmediatamente anterior, más la sumatoria de los hemocomponentes

### Bancos de Sangre Institucionales

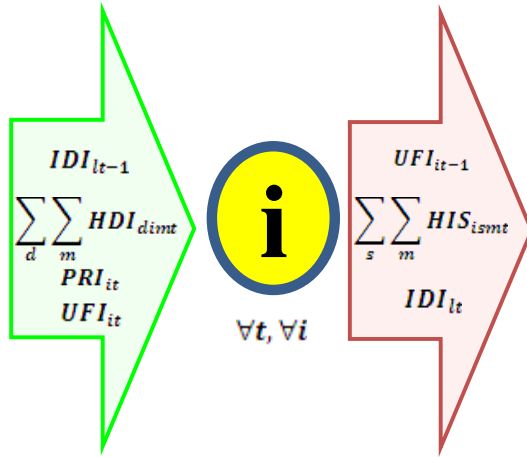


Figura 8 - Equilibrio nodo institucional

$$IDI_{it-1} - UFI_{it-1} + PRI_{it} + \sum_d \sum_m HDI_{dimt} - \sum_s \sum_m HIS_{ismt} = IDI_{it} - UFI_{it} \quad \forall t, \forall i$$

### Servicios Transfusionales

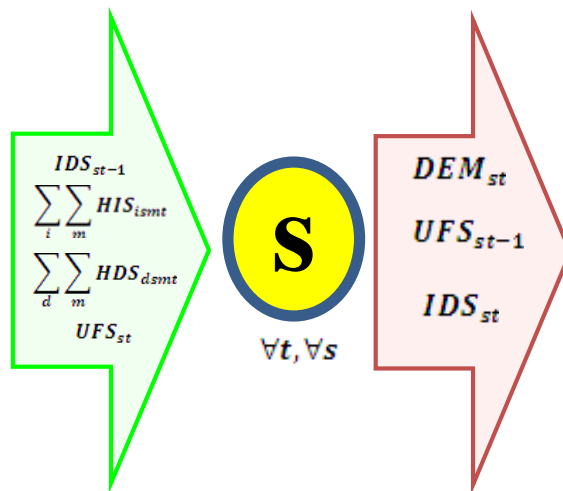


Figura 9 - Equilibrio de nodo servicio transfusional

$$IDS_{st-1} - UFS_{st-1} + \sum_i \sum_m HIS_{ismt} + \sum_d \sum_m HDS_{dsmt} - DEM_{st} = IDS_{st} - UFS_{st} \quad \forall t, \forall s$$

### 3.5 Restricciones de almacenamiento

Servicios transfusionales

$$IDS_{st} \leq CAS_s \quad \forall t, \forall s$$

Bancos institucionales

$$IDI_{it} \leq CAI_i \quad \forall t, \forall i$$

Bancos distribuidores

$$IDD_{dt} \leq CAD_d \quad \forall t, \forall d$$

### 3.6 Restricciones de capacidad de producción

Bancos institucionales

$$PRI_{it} \leq CAPL_i \quad \forall t, \forall i$$

$$PRI_{it} \leq CPI_{it} * (1 - RRI_i) \quad \forall t, \forall i$$

Bancos distribuidores

$$PRD_{dt} \leq CAD_d \quad \forall t, \forall d$$

$$PRD_{dt} \leq CPD_{dt} * (1 - RRD_d) \quad \forall t, \forall d$$

### 3.7 Restricciones de capacidad de operación (funcionamiento)

Servicios Transfusionales

$$\sum_m \sum_d HDS_{dsmt} + \sum_m \sum_i HIS_{ismt} \leq M * DST_s \quad t = 1, 2, 3, 4 \quad \forall t, \forall s$$

Bancos institucionales

$$\sum_m \sum_s HIS_{ismt} \leq M * DSI_i \quad t = 1, 2, 3, 4 \forall t, \forall i$$

Bancos distribuidores

$$\sum_m \sum_i HDI_{dimt} \leq M * DSD_d \quad \forall t, \forall d$$

$$\sum_m \sum_s HDS_{dsmt} \leq M * DSD_d = \quad \forall t, \forall d$$

### 3.8 Restricciones de activación de rutas

Rutas bancos distribuidores – bancos institucionales

$$HDI_{dimt} \leq M * BDI_{dimt} \quad \forall d, \forall i, \forall m, \forall t$$

Rutas bancos institucionales – servicios institucionales

$$HIS_{ismt} \leq M * BIS_{ismt} \quad \forall i, \forall s, \forall m, \forall t$$

Rutas bancos distribuidores – servicios institucionales

$$HDS_{dsmt} \leq M * BDS_{dsmt} \quad \forall d, \forall s, \forall m, \forall t$$

### **3.9 Restricciones de captación de sangre total**

Captación bancos distribuidores

$$CPD_{dt} = UFD_{dt-1} \quad \forall d, \forall t$$

Captación bancos institucionales

$$CPI_{it} = UFI_{it-1} \quad \forall i, \forall t$$

### **3.10 Restricciones de reactividad**

Reactividad bancos distribuidores

$$PRD_{dt} = CPD_{dt-1} * (1 - RRD_d) \quad \forall d, \forall t$$

Reactividad bancos institucionales

$$PRI_{it} = CPI_{it-1} * (1 - RRI_i) \quad \forall i, \forall t$$

### 3.11 Función Objetivo

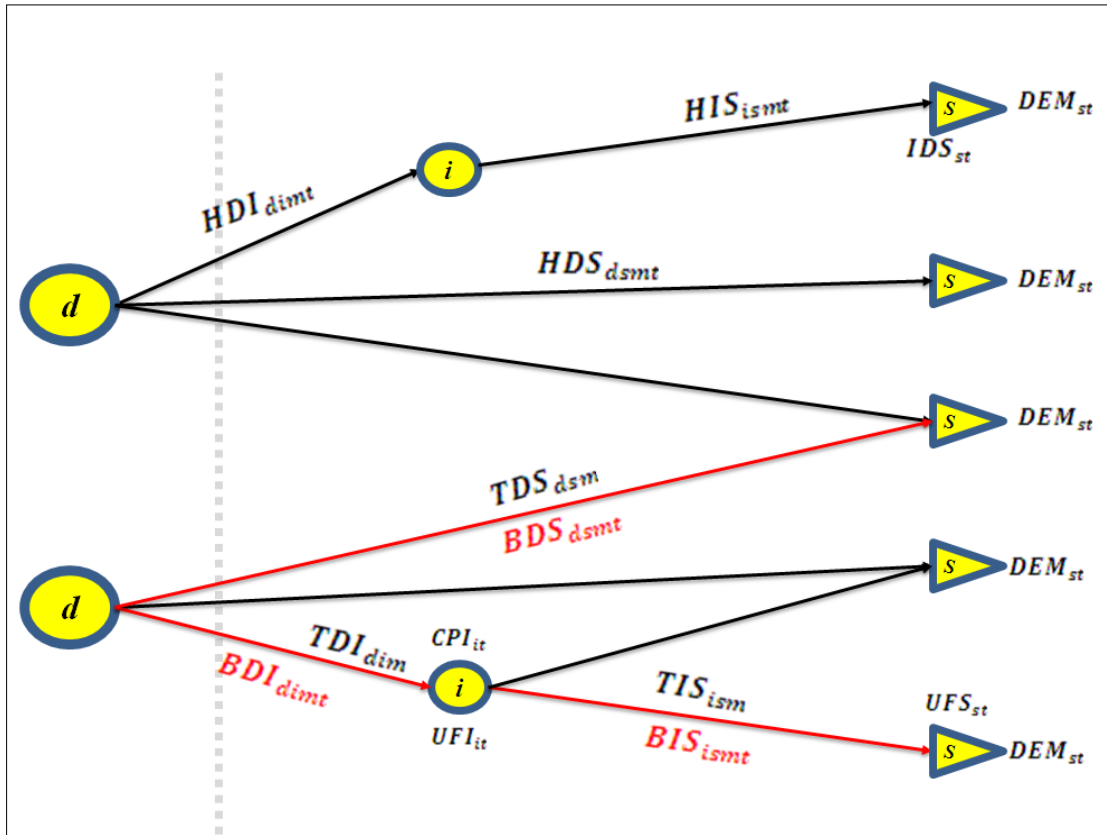


Figura 10 - Función Objetivo

Minimizar

$$\sum_d \sum_i \sum_m \sum_t TDI_{dim} * BDI_{dimt} + \sum_i \sum_s \sum_m \sum_t TIS_{ism} * BIS_{ismt} +$$

$$\sum_d \sum_s \sum_m \sum_t TDS_{dsm} * BDS_{dsmt} + UFD_{dt} * 12 + UFI_{it} * 12 + UFS_{st} * 12$$

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Escenarios asociados a la ocurrencia de desastres

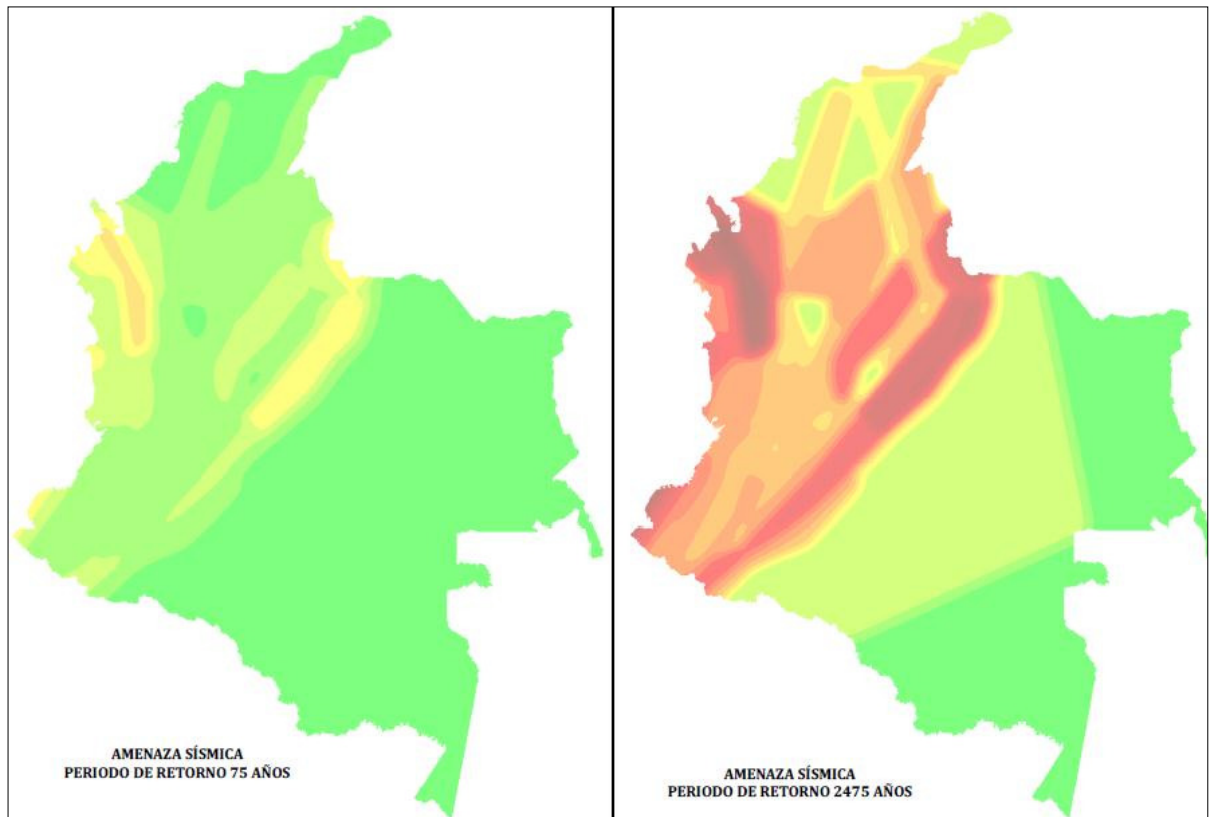


Figura 11 - Mapa Riesgo geológico de Colombia

Para la selección de escenarios de desastre, tuvo en cuenta la vulnerabilidad de acuerdo con la figura 11, la ciudad con más riesgo por la concentración de la población y la infraestructura es Bogotá, y la región que está completamente sobre zona de riesgo es la zona sur, por esta razón serán evaluadas dentro de los escenarios de validación del modelo computacional.

## **4.2 Definición de estrategias de mitigación**

Para la formulación de estrategias de mitigación se realizó un panel con los coordinadores de Redsangre, también con un director de banco de sangre así como un coordinador de servicio transfusional, se plantearon diversos escenarios de posibles desastres de acuerdo con los antecedentes y experiencias de los asistentes, en conclusión se llegó a definir que la ocurrencia de terremotos puede ser el desastre que más podría llegar a afectar el normal funcionamiento de Redsangre, y como posibles estrategias de mitigación para la ocurrencia de este serían las siguientes:

- Niveles de inventarios adecuados
- Posibles aumentos de la capacidad de almacenamiento
- Posibles Aumentos de la capacidad de procesamiento
- Minimizar y/o mantener la reactividad ante la convocatoria a donaciones masivas
- Racionalizar la utilización de hemocomponentes a situaciones extremas que exijan de forma irremplazable la aplicación de hemocomponentes



### 4.3 Resultados

Validación de escenarios asociados a la ocurrencia de desastres

#### DESASTRE BOGOTÁ

ESCENARIO	Z OPTIMO	UNIDADES FALTANTES	CAPTACIONES DE SANGRE TOTAL	PRODUCCION DE GLOBULOS ROJOS
6 unidades faltantes	1077	0	0	0
3264 faltantes en servicios transfusionales de Bogotá	9235	6	100	93
3264 faltantes en servicios transfusionales de Bogotá y dos servicios transfusionales fuera de servicio	13883	478	100	93
3264 faltantes en servicios transfusionales de Bogotá y dos bancos institucionales fuera de servicio	14644	376	0	0
3264 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales fuera	14825	390	100	93
3264 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales y dos servicios transfusionales fuera,	11262	93	100	93
3264 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales y dos servicios transfusionales fuera y aumento de reactividad a 10%	10735	132	150	135

De acuerdo con la información generada por el modelo para el escenario de desastre en la ciudad de Bogotá se puede observar que cuando se inhabilitan dos bancos de sangre institucionales y un banco de sangre distribuidor los tiempos son superiores a cuando hace falta los servicios transfusionales únicamente, inclusive cuando se inhabilitan dos bancos institucionales y dos servicios transfusionales es

mejor el tiempo de respuesta, las unidades faltantes (eficacia del sistema), son mayores cuando solo están fuera de servicio los 2 servicios transfusionales.

En cuanto a la captación se debe aumentar cuando la reactividad sube y en la misma proporción la producción de hemocomponentes.

### DESASTRE BOGOTÁ

<b>Escenario : 3264 faltantes en servicios transfusionales de Bogotá y dos servicios transfusionales fuera de servicio</b>				
ESTRATEGIA	Z OPTIMO	UNIDADES FALTANTES	CAPTACIONES DE SANGRE TOTAL	PRODUCCION DE GLOBULOS ROJOS
Aumentar capacidad de produccion 20 %	<b>13382</b>	<b>436</b>	<b>100</b>	<b>93</b>
Aumentar capacidad de produccion 40 %	<b>13299</b>	<b>428</b>	<b>100</b>	<b>93</b>
Aumentar capacidad de almacenamiento 20%	<b>13382</b>	<b>436</b>	<b>100</b>	<b>93</b>
Aumentar capacidad de produccion 40 % y capacidad de almacenamiento 40%	<b>13289</b>	<b>428</b>	<b>100</b>	<b>93</b>
Establecer inventarios 50 % de capacidad de almacenamiento	<b>3540</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>93</b>
Establecer inventarios 70 % de capacidad de almacenamiento	<b>6122</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Reducir reactividad a 2%	<b>10899</b>	<b>62</b>	<b>100</b>	<b>98</b>

En cuanto a las estrategias de mitigación para responder a un desastre en la ciudad de Bogotá, un establecimiento en niveles de inventario mejora considerablemente la disminución de tiempos de respuesta de la red ante la necesidad creada por la ocurrencia del mismo, la reducción de la reactividad también mejora los tiempos

de respuesta del sistema, el aumento de capacidad de producción y de capacidad de almacenamiento también presenta mejoras en los tiempos de respuesta frente a los tiempos con los parámetros actuales.

#### **DESASTRE ZONA SUR**

ESCENARIO	Z OPTIMO	UNIDADES FALTANTES	CAPTACIONES DE SANGRE TOTAL	PRODUCCION DE GLOBULOS ROJOS
6 unidades faltantes	<b>1074</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2504 faltantes en servicios transfusionales de zona sur	<b>27213</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2504 faltantes en servicios transfusionales de zona sur y dos servicios transfusionales fuera de servicio	<b>27164</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2504 faltantes en servicios transfusionales de zona sur y dos bancos institucionales fuera de servicio	<b>19565</b>	<b>327</b>	<b>400</b>	<b>372</b>
2504 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales fuera	<b>18351</b>	<b>171</b>	<b>300</b>	<b>279</b>
2504 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales y dos servicios transfusionales fuera,	<b>17959</b>	<b>157</b>	<b>300</b>	<b>279</b>
2504 faltantes un banco distribuidor, dos bancos institucionales y dos servicios transfusionales fuera y aumento de reactividad a 10%	<b>18479</b>	<b>118</b>	<b>208</b>	<b>191</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede afirmar que para el escenario asociado a la ocurrencia de un desastre que requiera transfusión de hemocomponentes en la zona sur, cuando no estén disponibles 2 bancos de sangre y 2 servicios transfusionales sería cuando sería menor la eficacia del sistema puesto que se presentarían hasta 327 faltantes, en el caso de faltar 2 servicios transfusionales se afectaría hasta en 27213 horas la oportunidad de entrega de

hemocomponentes hacia la población afectada en la zona sur, si no se afecta la disponibilidad de los bancos de sangre no sería necesario captar sangre total de la población, esto quiere decir que con los inventarios disponibles se podría responder a los requerimientos generados por el desastre.

### DESASTRE ZONA SUR

Escenario : 2504 faltantes en servicios transfusionales de zona sur y dos bancos institucionales fuera de servicio				
ESCENARIO	Z OPTIMO	UNIDADES FALTANTES	CAPTACIONES DE SANGRE TOTAL	PRODUCCION DE GLOBULOS ROJOS
Aumentar capacidad de produccion 20 %	18096	252	300	279
Aumentar capacidad de produccion 40 %	18105	252	400	372
Aumentar capacidad de almacenamiento 20%	19434	114	200	186
Aumentar capacidad de produccion 40 % y capacidad de almacenamiento 40%	18235	180	300	291
Establecer inventarios 50 % de capacidad de almacenamiento	43388	0	0	0
Establecer inventarios 75 % de capacidad de almacenamiento	18133	0	0	0
Reducir reactividad a 2%	18096	252	400	392

En cuanto a las estrategias de mitigación para responder a un desastre en la región sur definida por Redsangre, un establecimiento en niveles de inventario mejora considerablemente la disminución de tiempos de respuesta y la eficacia de la red en el suministro de hemocomponentes ante la necesidad creada por la ocurrencia del mismo, la reducción de la reactividad también mejora los tiempos de respuesta

del sistema, el aumento de capacidad de producción y de capacidad de almacenamiento también presenta mejoras en los tiempos de respuesta frente a los tiempos con los parámetros actuales.

## **1. CONCLUSIONES**

1. El modelo en los escenarios evaluados muestra una mayor sensibilidad ante la no disponibilidad de servicios transfusionales con respecto a la no disponibilidad de bancos de sangre.
2. El modelo muestra mayor sensibilidad en tiempos de respuesta ante la no disponibilidad de bancos de sangre distribuidores frente a los bancos de sangre institucionales.
3. El modelo muestra mayor sensibilidad a las variaciones en nivel de inventario que a las demás variaciones de las estrategias evaluadas.
4. En los escenarios evaluados en el modelo computacional se puede observar que la vulnerabilidad de cada región puede variar , debido a los componentes y las relaciones existentes entre los mismos.

## 2. RECOMENDACIONES

- Debido a la criticidad y vulnerabilidad como red logística de Redsangre ante la no disponibilidad de servicios transfusionales, se recomienda identificar y priorizar las medidas de mitigación y contingencia que garanticen el adecuado funcionamiento de los servicios transfusionales de Redsangre
- De acuerdo con la cobertura, capacidad de almacenamiento, capacidad de producción e inventarios disponibles de algunos bancos distribuidores se recomienda identificar y priorizar las medidas de mitigación y contingencia que garanticen el adecuado funcionamiento de los bancos distribuidores de gran cobertura y capacidad.
- Se recomienda para el adecuado funcionamiento de Redsangre ante la ocurrencia de desastres establecer medios y canales que garanticen los flujos de información y comunicación entre los componentes y los coordinadores de Redsangre.
- Para futuras investigaciones se pueden asociar el modelado de variables estocásticas que mejoren la representación de las variables del sistema.
- Se puede enriquecer el modelo asociándole costos de producción y transporte de hemocomponentes.
- En futuras investigaciones sería recomendable que la obtención de información de parámetros del sistema sea menos subjetiva, porque mediante la encuesta es posible que no sea exacta o incompleta la información suministrada.
- Realizar pruebas de resiliencia y robustez al sistema logístico Redsangre

### 3. BIBLIOGRAFÍA

1. AABB. (2008). Disaster operations Handbook. Bethesda: American Association of Blood Banks.
2. Aguirre de Mena, J. M., Rodríguez Fernández, M. M., & Tous Zamora, D. (2002). Organización y métodos de trabajo. Ediciones Piramide.
3. Aguirre, S., Velasco, N., & Amaya, C. A. (2007). Logística Hospitalaria. Bogotá: Universidad De Los Andes.
4. Beliën, J., & Forcé, H. (2011). Supply chain management of blood products: A literature review. European Journal of Operational Research , 1-16.
5. CBBS. (Marzo de 2007). Disaster Response Plan. California, USA: California Blood Bank Society.
6. Cortés, A. (1998). Servicios de transfusión: aspectos técnicos y administrativos y procedimientos relevantes para la práctica adecuada. Bogotá: Editorial Universidad del Valle.
7. Cortés, A., Wedekin, W., & Bolaños, F. (2004). Reanimación con glóbulos rojos Rh positivo y sin prueba cruzada en emergencias médicas. Colombia Médica , 185-190.
8. Cruz Roja Colombiana. (s.f.). Si eres un donante de sangre, eres un heroe para alguien que recibio tu regalo de vida. Recuperado el 5 de Septiembre de 2012, de [http://www.cruzrojacolombiana.org/noticias/noticias\\_detalle.html](http://www.cruzrojacolombiana.org/noticias/noticias_detalle.html)



9. Cruz, M. R. (6 de abril de 2011). En caso de emergencia, Colombia no tiene suficiente sangre. Recuperado el 3 de 10 de 2012, de <http://senado.gov.co/sala-de-prensa/noticias/item/11482-en-caso-de-emergencia-colombia-no-tiene-suficiente-sangre?tmpl=component&print=1>
10. Duran, F. A. (2007). *Ingeniería de Métodos Globalización: Técnicas para el Manejo Eficiente de recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios y hospitalarias*. Guayaquil.
11. ec.europa. (s.f.). ec.europa. Recuperado el 12 de Noviembre de 2012, de [http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too\\_pan\\_res\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_pan_res_es.pdf)
12. Erickson, M. L., Champion, M. H., Klein, R., Ross, R. L., Neal, Z. M., & Snyder, E. L. (2008). Management of blood shortages in a tertiary care academic medical center: the Yale-New Haven Hospital frozen blood reserve. *Transfusion* , 2252-2263.
13. Ernest Benjamin, M. A.-M. (2011). Principles and Practice of Disaster Relief: Lessons From Haiti. *MOUNT SINAI JOURNAL OF MEDICINE* , 306-318.
14. FOPAE. (Enero de 2012). *Guía para el manejo logístico de emergencias*. Resolución 004/09 . Bogotá, Colombia: Fondo de prevención y atención de emergencias de Bogotá.
15. Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control*. Chichester: JohnWiley & Sons Inc.,.

16. Gonzalez, G., Castañeda, D., & Acosta, D. (Febrero de 2013). Estudio de métodos y tiempos de producción de hemocomponentes. Estudio de investigación . Chía: Universidad de la Sabana.
17. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología De la Investigación. México: Mc Graw Hill.
18. Hess, J. R. (2005). Blood use in war and disaster: The US experience. Scand J Trauma Resusc Emerg Med , 74-81.
19. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). Introducción a la investigación de operaciones - novena edición. Mc Graw Hill.
20. INS. (2011). Guía de Control de Calidad de Componentes Sanguíneos. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
21. INS. (2012). Instituto Nacional de Salud - Colombia. Recuperado el 1 de Septiembre de 2012, de Red nacional de bancos de sangre Y servicios de transfusión: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Red-Nacional-Laboratorios/Paginas/red-nacional-de-bancos%20de-sangre-y-servicios-de-transfusion.aspx#.UJfS-m-ZRyo>
22. INS. (Agosto de 2012). Plan de emergencia nacional red bancos de sangre y servicios de transfusión sanguínea (borrador). Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Salud.
23. Integrated supply chain desing models: A survey and future research directions2007Journal of industrial and management optimization 1-27

24. Jiménez Sánchez, J. E., & Hernández García, S. (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico. Mexico D.F: Secretaria de comunicaciones y transportes - Instituto mexicano de trnasportes.
25. Kotleba, S. A., & Beamon, B. (2006). Inventory modelling for complex emergencies in humanitarian relief operations. *International Journal of Logistics: Research and Applications* , 1-18.
26. Kumudu Kuruppu, K. S. (2009). Management of blood system in disasters. *Biologicals* , 87-90.
27. Lamb, C., Hair, J., & McDaniel, C. (2002). *Marketing, Sexta Edición*. Thomson Editores S.A.
28. Moreno Valbuena, K. V., & González Rodríguez, L. J. (2011). Relación entre recursos, eficiencia y tiempo de respuesta del sistema logístico de atención humanitaria desde un enfoque sistémico. *La Dinámica de Sistemas: Un Paradigma de Pensamiento*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario .
29. NBA. (Abril de 2008). National Blood Supply Contingency Plan. Australia: National Blood Authority - Australia.
30. OMS. (2008). Improving Blood Availability And Transfusion Safety. 48th Directing Council. Washington, D.C., USA: Organizacion Mundial de la Salud.
31. OPS. (2001). Intervencion de los laboratorios y bancos de sangre ante situaciones de desastre. Managua: Organización Panamericana de la Salud.

32. OPS. (2001). Intervencion de los laboratorios y bancos de sangre ante situaciones de desastre. Managua: Organizacion Panamericana de la Salud.
33. OPS2001Logística y gestión de suministros en el sector saludWashington, D.C.Organización Panamericana de la Salud
34. OPS. (2005). Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 26 de Julio de 2012, de [http://www2.paho.org/hq/dmdocuments/2009/OPS\\_Hagamos\\_la\\_Diferencia2005.pdf](http://www2.paho.org/hq/dmdocuments/2009/OPS_Hagamos_la_Diferencia2005.pdf)
35. OPS2010Recomendaciones para la Estimación de las Necesidades de Sangre y sus ComponentesWashington, D.C.Organización Panamericana de la Salud
36. Provincial Health Services Authority. (Junio de 2011). British Columbia Blood Contingency Plan. British Columbia, Canada: Provincial Health Services Authority.
37. Schmidt, P. j. (2002). Blood and disaster - supply and demand. The New England Journal of Medicine , 617-620.
38. Tabatabaie, M., Ardalan, A., Abolghasemi, H., Holakouie Naieni, K., Pourmalek, F., Ahmadi, B., y otros. (2010). Estimating Blood Transfusion Requirements in Preparation for a Major Earthquake: The Tehran, Iran Study. Prehospital and Disaster Medicine , 246-252.
39. Tadokoro, K. (2011). Impact of the Great East Japan Earthquake/Tsunami on blood services and the countermeasures adopted. ISBT Science Series , 654-656.
40. Taha, H. A. (2012). Investigacion de operaciones - novena edición. Pearson.

41. Thomas, A. S., & Kopczak, L. R. (2005). From logistics to supply chain management. The path forward in the humanitarian sector. Recuperado el 12 de Enero de 2013, de Fritz Institute:  
<http://www.fritzinstitute.org/pdfs/whitepaper/fromlogisticsto.pdf>
42. Vásquez, M., Maldonado, M., & Tagle, F. (2011). Abastecimiento de sangre durante desastres: la experiencia de Chile en 2010. *Revista panamericana de salud pública* , 365-370.
43. Zaheer, H. A. (2012). Blood management in disaster situations in Pakistan. *ISBT Science Series* , 1-5.

# 44. ANEXOS

## Anexo 1. Formulario de recolección de información bancos de sangre

Nombre del banco de sangre:		relacione de la lista disponible el banco de sangre del cual se recibirán atenciones de la información.
Nombre del director del banco de sangre:		
Telefonos de contacto:		
Correo electrónico:		
INFORMACIÓN DE CAPACIDAD DEL BANCO		
Capacidad de captación de unidades de sangre total - Día:		En unidades - día
Capacidad de fraccionamiento - Día:		En unidades - día
Capacidad de procesamiento en inmunohematología - Día:		En unidades - día
Capacidad de procesamiento en inmunoserología - Día:		En unidades - día
Capacidad de sellado de unidades - Día:		En unidades - día
Capacidad de total almacenamiento de unidades de globulos rojos (con pruebas)		Unidades refrigeradas
Capacidad de almacenamiento de unidades de globulos rojos O+ (con pruebas)		Unidades refrigeradas
Capacidad de almacenamiento de unidades de globulos rojos D+ (sin pruebas)		Unidades refrigeradas

**INVENTARIO (STOCK) DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES**  
 RELACIONE LOS INVENTARIOS PROMEDIO DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES EN SU BANCO DE SANGRE DURANTE CADA SEMANA PARA LOS DOS AÑOS ANTERIORES

		AÑO 2011	
		SEMANAS	INVENTARIO DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES
ENERO	1		
	2		
	3		
	4		
FEBRERO	5		
	6		
	7		
	8		
MARZO	9		
	10		
	11		
	12		
ABRIL	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		

SELECCIONE EL NOMBRE DE SU BANCO DE SANGRE

De acuerdo con el plan de contingencia de su banco, por favor relacione los bancos de sangre que de acuerdo con su prioridad le brindan y/o brindarian apoyo en caso de emergencia

	BANCO DE APOYO	MEDIO DE TRASLADO DE REQUERIMIENTOS	TIEMPO MAXIMO DE RESPUESTA
PRIMERA LINEA	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO
SEGUNDA LINEA	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO
TERCERA LINEA	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO

**UNIDADES CAPTADAS DE SANGRE TOTAL**  
 RELACIONE LAS UNIDADES DE SANGRE TOTAL CAPTADAS PARA PROCESAR EN SU BANCO DE SANGRE DURANTE CADA SEMANA PARA LOS DOS AÑOS ANTERIORES

		AÑO 2011	
		SEMANA	UNIDADES CAPTADAS
ENERO	1		
	2		
	3		
	4		
FEBRERO	5		
	6		
	7		
	8		
MARZO	9		
	10		
	11		
	12		
ABRIL	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	...		

ELIJA EL NOMBRE DE SU BANCO DE SANGRE

RELACIONE LOS SERVICIOS TRANSFUSIONALES A LOS QUE EN LA ACTUALIDAD SU BANCO DE SANGRE SUMINISTRA HEMOCOMPONENTES. COMPLEMENTE LA INFORMACION SOLICITADA (ver glosario en documento adjunto)

**Director de banco de sangre: Los servicios relacionados en esta hoja son los servicios a los que se debe enviar el archivo de registros de servicio transfusional (REGISTROS STRANS XXXX) Y el instructivo servicio transfusional**

Nº	NOMBRE DEL SERVICIO TRANSFUSIONAL	DEPARTAMENTO	CIUDAD O MUNICIPIO	RESPONSABLE DE SERVICIO	TELEFONO DE CONTACTO	TIEMPO APROXIMADO DE ENTREGA DE REQUERIMIENTOS	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO O REFRIGERADO DE GLOBULOS ROJOS
1							
2						ELIJA UN PERIODO	
3						ELIJA UN PERIODO	
4						ELIJA UN PERIODO	
5						ELIJA UN PERIODO	
6						ELIJA UN PERIODO	
7						ELIJA UN PERIODO	
8						ELIJA UN PERIODO	
9						ELIJA UN PERIODO	
10						ELIJA UN PERIODO	
11						ELIJA UN PERIODO	
12						ELIJA UN PERIODO	
13						ELIJA UN PERIODO	
14						ELIJA UN PERIODO	
15						ELIJA UN PERIODO	
16						ELIJA UN PERIODO	
17						ELIJA UN PERIODO	
18						ELIJA UN PERIODO	
19						ELIJA UN PERIODO	
20						ELIJA UN PERIODO	

4 → N IDENTIFICACION / BANCOS DE APOYO / SERVICIOS TRANSFUSIONALES / INVENTARIOS / CAPTACION / NO MOD

## Anexo 2. Instructivo de diligenciamiento

### Instructivo para diligenciar archivo de registros Bancos de Sangre:

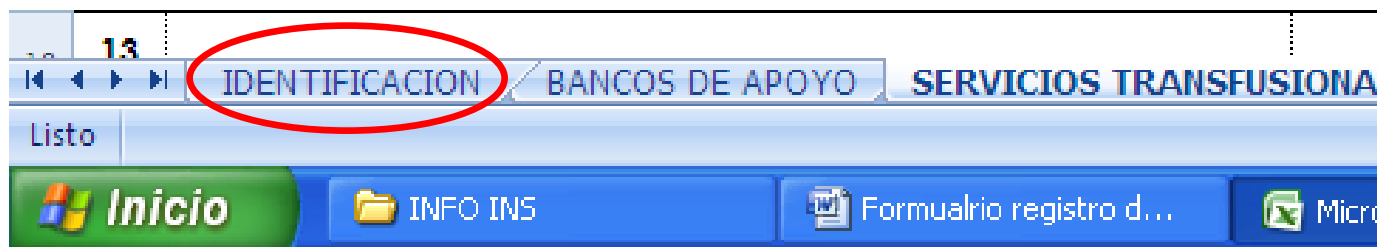
Adjunto a este documento se ha enviado un formulario en formato Excel, para poder registrar la información solicitada de una forma estandarizada y uniforme que permita el posterior procesamiento y análisis de los datos.

Este archivo tiene como nombre “REGISTROS BANCO XXXXXX”, una vez usted empiece a diligenciarlo, debe cambiar el nombre de acuerdo con el nombre de su banco de sangre, por ejemplo: “REGISTROS BANCO HEMOCENTRO DISTRITAL”.

El archivo se ha diseñado de forma que se debe diligenciar de forma secuencial y ordenadamente, se ha estructurado la información por hojas de cálculo.

Se encuentran identificadas las hojas de cálculo en la parte inferior de la hoja de cálculo así:

1. Identificación
2. Bancos de apoyo
3. Servicios transfusionales
4. Inventarios
5. Captación



Hay dos formas de registrar, una es mediante la selección de valores en una lista desplegable y la otra es el registro directo de la información.

<b>Nombre del banco de sangre:</b>	<b>SELECCIONE EL NOMBRE DE SU BANCO</b>
<b>Nombre del coordinador del</b>	

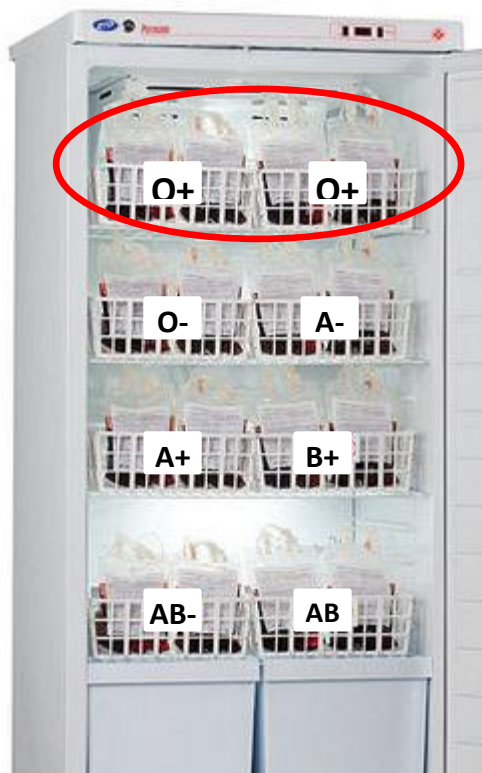
Cuando se trate de una lista desplegable le aparecerá una flecha como la encerrada en el círculo rojo, sobre la que deberá posicionar el cursor para que se despliegue la lista de opciones.

### Glosario Archivo de registro bancos de sangre:

#### Hoja identificación

- **Nombre del banco de sangre:** seleccione de la lista desplegable el banco de sangre del cual se va realizar el registro de la información.
- **Nombre del Director del banco de sangre:** Registre en nombre del director del banco de sangre.
- **Teléfonos de contacto:** registre los números fijos (con extensiones si es necesario), así como números de teléfonos móviles (celulares) en los que se pueda hacer contacto con el director del banco de sangre.
- **Correo electrónico:** Registre el o los correos electrónicos a los cuales se puede enviar información directamente al coordinador o director del banco de sangre

- **Capacidad de captación de unidades de sangre total – Día:** En su banco de sangre de acuerdo de acuerdo con su experiencia y con la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre cuantas unidades (de sangre total) máximo podría captar durante una jornada laboral (8 horas).
- **Capacidad de fraccionamiento – Día:** En su banco de sangre de acuerdo con su experiencia y con la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre cuantas unidades (de sangre total) máximo podría fraccionar en hemocomponentes durante una jornada laboral (8 horas).
- **Capacidad de procesamiento en inmunohematología:** En su banco de sangre de acuerdo con su experiencia y la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre a cuantas unidades (de sangre total) máximo podría realizarse pruebas de inmunohematología durante una jornada laboral (8 horas).
- **Capacidad de procesamiento en inmunoserología:** En su banco de sangre de acuerdo con su experiencia y la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre a cuantas unidades (de sangre total) máximo podría realizarse pruebas de inmunoserología durante una jornada laboral (8 horas).
- **Capacidad de sellado de unidades de glóbulos rojos:** En su banco de sangre de acuerdo con su experiencia y la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre cuantas unidades de glóbulos rojos se pueden como máximo sellar durante una jornada laboral (8 horas).





- **Capacidad de almacenamiento de unidades de glóbulos rojos O+ (con pruebas):** En su banco de sangre de acuerdo con el o los equipos asignados al almacenamiento adecuado (refrigerado) de glóbulos rojos, cuantas unidades puede almacenar en ese espacio asignado específicamente para unidades de glóbulos rojos O+ a las que se le han realizado pruebas de inmunoserología e inmunohematología. En la imagen ilustrativa sería únicamente la capacidad de almacenamiento de las 2 canastillas superiores.
- **Capacidad de almacenamiento de unidades de glóbulos rojos O+ (sin pruebas):** En su banco de sangre de acuerdo con el o los equipos asignados al almacenamiento adecuado (refrigerado) de glóbulos rojos, cuantas unidades puede almacenar en ese espacio asignado específicamente para unidades de glóbulos rojos O+ a las que no se le han realizado pruebas de inmunoserología e inmunohematología.

#### **Glosario Archivo de registro bancos de sangre:**

##### **Hoja bancos de apoyo**

Para diligenciar esta hoja de cálculo apóyese en el plan de contingencia establecido para el banco de sangre.

- **Primera línea:** es el banco de sangre al cual primero se le va a pedir o se ha pedido ayuda o colaboración en casos emergencia.
- **Segunda línea:** En caso que el banco de primera línea no pueda prestar ayuda o no tenga los recursos solicitados, es el banco que en segunda instancia se buscara para poder suplir los requerimientos.
- **Tercera línea:** en caso que falle el llamado a la primera y segunda línea, la tercera línea es el banco al que se solicitara ayuda para poder suplir las necesidades que se tengan ante la ocurrencia de un desastre o una emergencia.
- **Banco de apoyo:** seleccione de la lista desplegable el banco de sangre del cual se va realizar la solicitud de ayuda o asistencia
- **Medio de traslado de requerimientos:** seleccione de la lista desplegable el medio disponible actualmente para el transporte de hemocomponentes desde el banco de apoyo hasta su banco.
- **Tiempo máximo de respuesta:** De acuerdo con la experiencia y los medios de transporte seleccionados anteriormente seleccione de la lista desplegable un valor de tiempo máximo.

#### **Glosario Archivo de registro bancos de sangre:**

##### **Hoja Servicios Transfusionales**

En esta hoja del archivo se debe relacionar la información básica de los servicios transfusionales a los que el banco de sangre le suministra hemocomponentes

- **Nombre del servicio transfusional:** registre el nombre completo del servicio transfusional del cual se va realizar el registro de la información.

- **Departamento:** Registre el nombre del departamento geográfico donde está ubicado el servicio transfusional
- **Ciudad o municipio:** Registre el nombre de la ciudad o municipio donde está ubicado el servicio transfusional
- **Responsable de servicio:** Registre el nombre del profesional responsable o coordinador del servicio transfusional.
- **Teléfono de contacto:** registre los números fijos (con extensiones si es necesario), así como números de teléfonos móviles (celulares) en los que se pueda hacer contacto con el coordinador o director del servicio transfusional
- **Tiempo aproximado de entrega:** De acuerdo con la experiencia y los medios de transporte disponibles seleccione de la lista desplegable un valor de tiempo máximo en el se hacen llegar desde su banco de sangre los hemocomponentes al servicio transfusional.
- **Capacidad de almacenamiento refrigerado de glóbulos rojos O+:** En el servicio transfusional de acuerdo con el o los equipos asignados al almacenamiento adecuado (refrigerado) de glóbulos rojos, cuantas unidades puede almacenar en ese espacio asignado específicamente para unidades de glóbulos rojos O+

**Glosario Archivo de registro bancos de sangre:**

**Hoja Inventarios**

En esta hoja se deben relacionar los registros de inventarios de glóbulos rojos O+ disponibles.

Puede ser uno de los siguientes registros.

1. Promedio semanal de glóbulos rojos O+ disponibles.
2. Registro de disponibilidad de uno de los días de la semana, en este caso sería del día lunes, entonces se registrara el inventario disponible los días lunes de cada una de las semanas de los dos años solicitados.

**Glosario Archivo de registro bancos de sangre:**

**Hoja Captación**

En esta hoja se deben relacionar los registros de captaciones realizadas por el banco de sangre durante los dos últimos años sumándolas semanalmente.

### Anexo 3. Formulario servicios transfusionales

<b>Nombre del servicio transfusional:</b>	
<b>Nombre del profesional responsable del servicio transfusional:</b>	
<b>Telefonos de contacto:</b>	
<b>Correo electronico:</b>	

#### INFORMACIÓN DE CAPACIDAD DEL SERVICIO TRANSFUSIONAL

CAPACIDAD DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS CRUZADAS - DIA	En pruebas - dia
CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE GLOBULOS ROJOS	Unidades refrigeradas
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE GLOBULOS ROJOS O+	Unidades refrigeradas
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN AGITACIÓN DE PLAQUETAS O+	Unidades almacenadas en agitación

<b>Nombre del servicio transfusional:</b>			
De acuerdo con el plan de contingencia de su servicio transfusional, por favor relacione los bancos de sangre que de acuerdo con su prioridad le brindan y/o brindarian apoyo en caso de emergencia			
	<b>BANCO DE APOYO</b>	<b>MEDIO DE TRASLADO DE REQUERIMIENTOS</b>	<b>TIEMPO MAXIMO DE RESPUESTA</b>
<b>PRIMERA LINEA</b>	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO
<b>SEGUNDA LINEA</b>	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO
<b>TERCERA LINEA</b>	ELIJA UN BANCO DE LA LISTA	ELIJA UN MEDIO	ELIJA UN PERIODO DE TIEMPO

#### INVENTARIO (STOCK) DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES

RELACIONE LOS INVENTARIOS PROMEDIO DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES EN SU SERVICIO TRANSFUSIONAL DURANTE CADA SEMANA, PARA EL AÑO 2011

		AÑO 2011	
		SEMANAS	INVENTARIO DE GLOBULOS ROJOS O+ DISPONIBLES
ENERO	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
FEBRERO	8		
	9		
	10		
MARZO	11		
	12		
	13		
	14		
ABRIL	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		

Revisar el instructivo adjunto para diligenciar la cifra de inventario semanal

## Anexo 2. Instructivo de diligenciamiento formulario de registros servicio transfusional

Adjunto a este documento se ha enviado un formulario en formato Excel, para poder registrar la información solicitada de una forma estandarizada y uniforme que permita el posterior procesamiento y análisis de los datos.

Este archivo tiene como nombre “**REGISTROS STRANS XXXXXX**”, una vez usted empiece a diligenciarlo, debe cambiar el nombre de acuerdo con el nombre de su banco de sangre, por ejemplo: “**REGISTROS STRANS HOSPITAL JOSÉ MARIA CORDOBA**”

El archivo se ha diseñado de forma que se debe diligenciar de forma secuencial y ordenadamente, se ha estructurado la información por hojas de cálculo.

Se encuentran identificadas las hojas de cálculo en la parte inferior de la hoja de cálculo así:

6. Identificación
7. Bancos de apoyo
8. Inventarios



Hay dos formas de registrar, una es mediante la selección de valores en una lista desplegable y la otra es el registro directo de la información.

<b>Nombre del banco de sangre:</b>	<b>SELECCIONE EL NOMBRE DE SU BANCO</b>
<b>Nombre del coordinador del</b>	

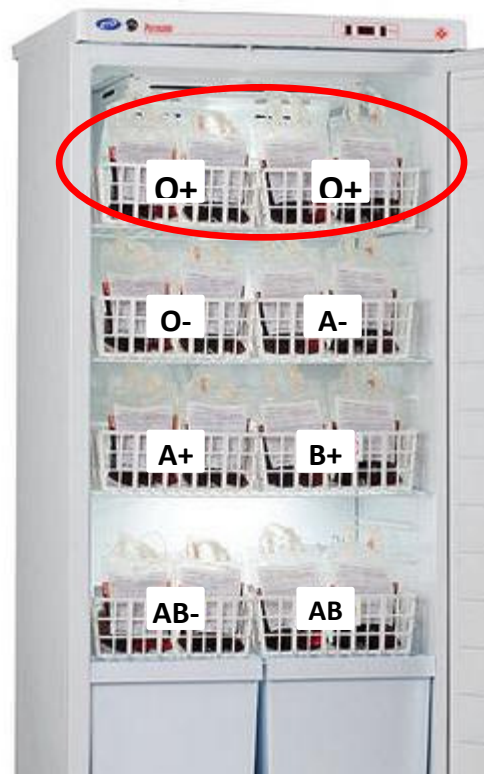
Cuando se trate de una lista desplegable le aparecerá una flecha como la encerrada en el círculo rojo, sobre la que deberá posicionar el cursor para que se despliegue la lista de opciones.

### Glosario Archivo de registro servicio transfusional:

#### Hoja identificación

- **Nombre del servicio transfusional:** registre el nombre completo del servicio transfusional del cual se va realizar el registro de la información.
- **Nombre del profesional responsable de servicio transfusional:** Registre en nombre del profesional responsable de la coordinación y dirección del servicio transfusional.
- **Teléfonos de contacto:** registre los números fijos (con extensiones si es necesario), así como números de teléfonos móviles (celulares) en los que se pueda hacer contacto con el profesional responsable del servicio transfusional.
- **Correo electrónico:** Registre el o los correos electrónicos a los cuales se puede enviar información directamente al profesional responsable del servicio transfusional.

- **Capacidad de realización de pruebas cruzadas-Día:** en el servicio transfusional de acuerdo con su experiencia y con la disponibilidad actual de recursos (humanos, maquinas, financieros, infraestructura, insumos), registre cuantas pruebas cruzadas máximo se podrían realizar para transfusión de glóbulos rojos durante una jornada laboral (8 horas).
- **Capacidad de almacenamiento de unidades de glóbulos rojos** En su servicio transfusional de acuerdo con el o los equipos asignados al almacenamiento adecuado (refrigerado) de glóbulos rojos, cuantas unidades puede almacenar en ese espacio asignado específicamente para unidades de glóbulos rojos.



- **Capacidad de almacenamiento de unidades de glóbulos rojos O+ (con pruebas):** En su servicio transfusional de acuerdo con el o los equipos asignados al almacenamiento adecuado (refrigerado) de glóbulos rojos, cuantas unidades puede almacenar en ese espacio asignado específicamente para unidades de glóbulos rojos O+ a las que se le han realizado pruebas de inmunoserología e inmunohematología. En la imagen ilustrativa sería únicamente la capacidad de almacenamiento de las 2 canastillas superiores.



### **Glosario Archivo de registro servicio transfusional:**

#### **Hoja bancos de apoyo**

Para diligenciar esta hoja de cálculo apóyese en el plan de contingencia establecido para el servicio transfusional.

- **Primera línea:** es el banco de sangre al cual primero se le va a pedir o se ha pedido ayuda o colaboración en casos emergencia.
- **Segunda línea:** En caso que el banco de primera línea no pueda prestar ayuda o no tenga los recursos solicitados, es el banco que en segunda instancia se buscara para poder suplir los requerimientos.
- **Tercera línea:** en caso que falle el llamado a la primera y segunda línea, la tercera línea es el banco al que se solicitara ayuda para poder suplir las necesidades que se tengan ante la ocurrencia de un desastre o una emergencia.
- **Banco de apoyo:** seleccione de la lista desplegable el banco de sangre del cual se va realizar la solicitud de ayuda o asistencia
- **Medio de traslado de requerimientos:** seleccione de la lista desplegable el medio disponible actualmente para el transporte de hemocomponentes desde el banco de apoyo hasta su banco.
- **Tiempo máximo de respuesta:** De acuerdo con la experiencia y los medios de transporte seleccionados anteriormente seleccione de la lista desplegable un valor de tiempo máximo.

### **Glosario Archivo de registro servicio transfusional:**

#### **Hoja Inventarios**

En esta hoja se deben relacionar los registros de inventarios de glóbulos rojos O+ disponibles.

Puede ser uno de los siguientes registros.

3. Promedio semanal de glóbulos rojos O+ disponibles.
4. Registro de disponibilidad de uno de los días de la semana, en este caso sería del día lunes, entonces se registrara el inventario disponible los días lunes de cada una de las semanas de los dos años solicitados.



## Anexo 5. Parámetros iniciales de modelo Redsangre

### Bancos de sangre distribuidores (d)

	<b>INDICE DE REACTIVIDAD EN BANCO DISTRIBUIDOR</b>	<b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO BANCOS DISTRIBUIDORES</b>	<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION BANCOS DISTRIBUIDORES</b>	<b>INVENTARIO INICIAL GLOBULOS ROJOS EN BANCOS DISTRIBUIDORES</b>
d1	0.07	3000	350	432
d2	0.07	1008	240	291
d3	0.07	2000	173	146
d4	0.07	500	200	49
d5	0.07	320	40	90
d6	0.07	200	200	70
d7	0.07	150	150	85
d8	0.07	450	120	118
d9	0.07	600	120	145
d10	0.07	82	60	35
d11	0.07	360	200	150
d12	0.07	180	180	94
d13	0.07	300	235	60
d14	0.07	150	100	51
d15	0.07	50	40	30
d16	0.07	160	160	10
d17	0.07	200	200	94
d18	0.07	120	120	58
d19	0.07	100	100	60

### Bancos de sangre institucionales (i)

	<b>REACTIVIDAD BANCOS INSTITUCIONALES</b>	<b>INVENTARIO INICIAL GLOBULOS ROJOS EN BANCOS INSTITUCIONALES</b>	<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION BANCOS INSTITUCIONALES</b>	<b>CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO BANCOS INSTITUCIONALES</b>
i1	0.07	67	86	200
i2	0.07	22	40	80
i3	0.07	117	120	140
i4	0.07	113	60	300
i5	0.07	113	20	340
i6	0.07	42	20	120
i7	0.07	45	40	130
i8	0.07	37	50	110
i9	0.07	34	30	100
i10	0.07	18	20	50
i11	0.07	54	40	150
i12	0.07	11	20	30
i13	0.07	11	45	30
i14	0.07	10	32	30
i15	0.07	8	18	25
i16	0.07	56	120	170
i17	0.07	52	80	150
i18	0.07	29	80	90
i19	0.07	45	40	130
i20	0.07	11	100	60

	REACTIVIDAD BANCOS INSTITUCIONALES	INVENTARIO INICIAL GLOBULOS ROJOS EN BANCOS INSTITUCIONALES	CAPACIDAD DE PRODUCCION BANCOS INSTITUCIONALES	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO BANCOS INSTITUCIONALES
i21	0.07	67	72	180
i22	0.07	28	30	80
i23	0.07	56	86	100
i24	0.07	56	70	140
i25	0.07	52	70	160
i26	0.07	29	95	170
i27	0.07	45	100	85
i28	0.07	11	100	60
i29	0.07	67	100	180
i30	0.07	28	100	180
i31	0.07	60	100	140
i32	0.07	128	60	280
i33	0.07	34	60	100
i34	0.07	29	60	90
i35	0.07	27	100	80
i36	0.07	124	60	300
i37	0.07	43	60	120
i38	0.07	25	60	80
i39	0.07	35	60	100
i40	0.07	102	30	300
i41	0.07	18	15	60
i42	0.07	83	25	250
i43	0.07	68	10	200
i44	0.07	13	50	45
i45	0.07	67	120	190
i46	0.07	112	15	280
i47	0.07	45	28	140
i48	0.07	27	25	80
i49	0.07	68	10	200
i50	0.07	13	20	50
i51	0.07	67	40	200
i52	0.07	20	50	240
i53	0.07	50	30	70
i54	0.07	37	50	70
i55	0.07	34	30	90
i56	0.07	37	20	100
i57	0.07	22	30	60
i58	0.07	37	40	100
i59	0.07	24	10	70
i60	0.07	16	30	50
i61	0.07	60	30	90
i62	0.07	45	50	85
i63	0.07	26	28	60
i64	0.07	43	30	80
i65	0.07	42	15	120
i66	0.07	14	55	40

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO SERVICIOS TRANSFUSIONALES**

s1	20	s51	16	s101	22
s2	35	s52	16	s102	18
s3	30	s53	22	s103	24
s4	18	s54	18	s104	32
s5	22	s55	24	s105	42
s6	12	s56	32	s106	30
s7	16	s57	42	s107	16
s8	15	s58	30	s108	16
s9	21	s59	16	s109	22
s10	36	s60	16	s110	18
s11	23	s61	22	s111	24
s12	22	s62	18	s112	20
s13	20	s63	24	s113	35
s14	16	s64	20	s114	30
s15	18	s65	35	s115	18
s16	40	s66	30	s116	22
s17	23	s67	18	s117	12
s18	34	s68	22	s118	16
s19	28	s69	12	s119	15
s20	32	s70	16	s120	21
s21	26	s71	15	s121	20
s22	42	s72	21	s122	35
s23	22	s73	36	s123	30
s24	18	s74	23	s124	18
s25	12	s75	22	s125	22
s26	16	s76	20	s126	12
s27	16	s77	16	s127	16
s28	22	s78	18	s128	15
s29	18	s79	40	s129	21
s30	24	s80	23	s130	36
s31	32	s81	34	s131	23
s32	42	s82	28	s132	22
s33	30	s83	32	s133	20
s34	16	s84	22	s134	16
s35	16	s85	18	s135	18
s36	22	s86	24	s136	40
s37	18	s87	32	s137	23
s38	24	s88	42	s138	34
s39	32	s89	30	s139	28
s40	42	s90	16	s140	32
s41	30	s91	16	s141	26
s42	23	s92	22	s142	42
s43	34	s93	18	s143	22
s44	28	s94	24	s144	18
s45	32	s95	20	s145	12
s46	26	s96	35	s146	16
s47	42	s97	30	s147	16
s48	22	s98	18	s148	22
s49	18	s99	22	s149	18
s50	12	s100	12	s150	24
				s151	32

**INVENTARIO INICIAL GLOBULOS ROJOS EN SERVICIOS TRANSFUSIONALES**

s1	6	s51	4	s101	6
s2	10	s52	4	s102	6
s3	8	s53	6	s103	6
s4	6	s54	6	s104	8
s5	6	s55	6	s105	12
s6	4	s56	8	s106	8
s7	4	s57	12	s107	4
s8	4	s58	8	s108	4
s9	6	s59	4	s109	6
s10	10	s60	4	s110	6
s11	6	s61	6	s111	6
s12	6	s62	6	s112	6
s13	6	s63	6	s113	10
s14	4	s64	6	s114	8
s15	6	s65	10	s115	6
s16	10	s66	8	s116	6
s17	6	s67	6	s117	4
s18	10	s68	6	s118	4
s19	8	s69	4	s119	4
s20	8	s70	4	s120	6
s21	8	s71	4	s121	6
s22	12	s72	6	s122	10
s23	6	s73	10	s123	8
s24	6	s74	6	s124	6
s25	4	s75	6	s125	6
s26	4	s76	6	s126	4
s27	4	s77	4	s127	4
s28	6	s78	6	s128	4
s29	6	s79	10	s129	6
s30	6	s80	6	s130	10
s31	8	s81	10	s131	6
s32	12	s82	8	s132	6
s33	8	s83	8	s133	6
s34	4	s84	6	s134	4
s35	4	s85	6	s135	6
s36	6	s86	6	s136	10
s37	6	s87	8	s137	6
s38	6	s88	12	s138	10
s39	8	s89	8	s139	8
s40	12	s90	4	s140	8
s41	8	s91	4	s141	8
s42	6	s92	6	s142	12
s43	10	s93	6	s143	6
s44	8	s94	6	s144	6
s45	8	s95	6	s145	4
s46	8	s96	10	s146	4
s47	12	s97	8	s147	4
s48	6	s98	6	s148	6
s49	6	s99	6	s149	6
s50	4	s100	4	s150	6
				s151	8