

Type of the Paper (Article)

Aseguramiento de la calidad en el transporte de productos de origen biológico categoría B.

The quality assurance in the transportation of category B biological products.

Danie Moreno Reyes¹ and **Kevin Fernando Buitrago Merchán**²

¹ Administrador de Empresas, estudiante de Especialización en Gerencia en Calidad de Productos y Servicios, Universidad Libre sede Bogotá, danielm2304@hotmail.com.

² Diseñador Industrial, estudiante de Especialización en Gerencia en Calidad de Productos y Servicios, Universidad Libre sede Bogotá, buitragokevin.di@gmail.com.

* Correspondence: danielm2304@hotmail.com.

Received: 30/02/2022; Accepted: 25/4/2022; Published: 30/06/2022.

Resumen: El siguiente artículo hace parte de una investigación que se realizó en el marco de la Especialización en Gerencia en Calidad de Productos y Servicios de la Universidad Libre sede Bogotá, la cual planteó como eje de problematización el manejo del transporte de productos de origen biológico tipo B, dichos productos son transportados a nivel nacional según se requieran o se soliciten, uno de los principales medios empleados para el transporte es el aéreo, especialmente el servicio aeropuerto -aeropuerto, sin embargo, empleando control estadístico se demostró que el servicio presenta fallas tales como retrasos, pérdidas y daños a la integridad de los productos siendo una constante en el servicio. Los productos son en la mayoría de sus casos de vital importancia para la salud humana, tal es el caso de los componentes sanguíneos, por tanto, es necesario preservar su calidad a través de su transporte. Para asegurar la calidad del producto, es necesario cerciorar la integridad de este y la trazabilidad de la cadena de frío por medio del diseño de procedimientos transversales en todo el proceso, cumpliendo con los diferentes requisitos legales, lo anterior posibilita disminuir la pérdida de productos a pesar de los incumplimientos del servicio aéreo.

Palabras claves: Productos tipo B, cadena de frío, logística, control estadístico y transporte.

Abstract: The following document is part of the research carried out within the framework of the specialization on quality management of products and services, this research sets out as main issue the management of the biological type B products transportation, these products are transported through the country according to the solicitations. One of the most used means to transport the products is by plane, using the airport to airport service, nevertheless by utilizing statistical control was found that the service presents failures such as delays, losses and damage to the products integrity. The products are mostly of vital importance to human health, such is the case of blood products, so it is necessary to preserve the quality through the transportation. In order to preserve the product quality, it is necessary to ensure its integrity and track the cold chain by designing transversal procedures along the complete process that fulfill legal requirements and diminish the losses of product

Keywords: Logistics, type B products, cold chain, statistical control, transport

1. Introducción

Las muestras clínicas son productos biológicos que al ser extraídos de pacientes de naturaleza orgánica buscan informar, establecer y tratar diferentes padecimientos, dichos productos biológicos son analizados y tratados por microbiólogos, en el caso que se requiera realizar un estudio de orden etiológico el médico especialista se basará en las mismas para hacer un diagnóstico y determinar que procedimiento deberá seguir el paciente, no todas las muestras pueden ser analizadas en su lugar de toma por la ubicación de los laboratorios especializados dependiendo la naturaleza de la muestra y el estudio demandado por lo que las muestras deben ser transportadas.

Cabe aclarar, que para el proceso son necesarias ciertas condiciones como es el caso de las muestras biológicas que deben mantener propiedades químicas y nutricionales necesarias para dilatar el metabolismo de los microorganismos conservando su morfología indispensable para el diagnóstico de parásitos [1], en el caso de las vacunas se pueden ver alteradas por factores como luz, temperatura, humedad, que pueden llegar a afectar la capacidad inmunizante de forma irreversible, por medio de la cadena de frío se garantizará que sus características no se vean perturbadas por las distintas condiciones ambientales [2].

Para Colombia, el tema de garantizar la cadena de frío es un reto, puesto que el país presenta un déficit de vías pavimentadas en un 26% lo que representa 45.000 mil kilómetros de vías inexistentes y contrastando las carreteras sin pavimentar la brecha se estima en 30%, asimismo es necesario tener en cuenta que el país se encuentra en deuda con el tema de las vías férreas, en contraste con la infraestructura aeroportuaria del país la cual en la actualidad en materia de transporte se encuentra como una de las mejores posicionadas [3], contando con 13 aeropuertos internacionales, 17 aeropuertos nacionales, ubicados en ciudades intermedias y aeropuertos regionales que cubren las zonas distantes de los aeropuertos anteriormente mencionados [4]; siendo un medio óptimo para transportar los productos biológicos o tipo B.

En el portafolio de servicios ofrecidos por las aerolíneas a nivel nacional se encuentra el servicio aeropuerto-aeropuerto (B2B), siendo en apariencia el servicio más eficiente para la movilización de mercancías, teniendo en cuenta, que la naturaleza de los productos biológicos son de vital importancia y que la necesidad de cadena de frío requiere de un manejo especializado para un tiempo límite de entrega, la aerolínea ofrece un tiempo promesa teórico de traspaso que al no ser cumplido implica pérdida del producto, compromete a los pacientes que requieren dichos tratamientos, en el caso de vacunas y componentes sanguíneos, constituye re-procesos en el caso de toma de muestras de laboratorio y costos económicos para el tratamiento. Los tiempos promesa, según lo evidencia el artículo más adelante no se cumplen a cabalidad, por tanto, es necesario que las diferentes organizaciones que intervienen en la logística se encarguen de garantizar la estabilidad de la cadena de frío afrontando el factor externo.

2. Marco Teórico

2.1. Transporte de productos de origen biológico.

2.1.1. ¿Qué son los productos biológicos?

La organización mundial de la salud define a los productos biológicos, como todo aquel que es procedente de organismos vivos obtenidos con el único fin de diagnosticar, prevenir y tratar padecimientos en seres humanos y animales, adicional pueden ser empleados para ser base de investigación y fabricación de productos como las vacunas [5].

Dichos productos están categorizados en dos grupos:

- **Categoría A:** Son aquellos productos cuya exposición fuera del embalaje puede ser fatal para los seres humanos y animales, produciendo discapacidad temporal o hasta la muerte, dentro de este grupo pueden estar las bacterias, virus y hongos, entre los más conocidos se destacan los cultivos de hepatitis B, VIH, Herpes, viruela, tuberculosis, etc.
- **Categoría B:** Son aquellos productos que no cumplen los parámetros para la categoría A, es decir no son sustancias infecciosas o de bajo impacto para la salud de seres humanos o animales, sustancias que contengan patógenos neutralizados y que no representan una amenaza para la salud.

Dentro de las sustancias se pueden encontrar componentes sanguíneos, empleados para procedimientos como transfusiones, trasplante de tejidos u órganos. Igualmente, sustancias como muestras especímenes humano o animales, muestras de sangre tomadas en material absorbente y coprológicos.

Los dispositivos que son empleados o que por alguna circunstancia resultaron contaminados y requieren transportarse son incluidos dentro de la categoría B.

2.1.2. Logística y normatividad

De acuerdo a las disposiciones legales emitidas por el Ministerio de Transporte en el Decreto 1609 del 31 de julio del 2002 y las especificaciones técnicas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, en la Norma NTC3969, es necesario que los vehículos cuyo servicio se destina para el transporte de productos biológicos cumplan con las condiciones mínimas necesarias, no solo para asegurar la carga, que para el asunto se refiere al transporte de productos de origen biológico sino adicional a la seguridad y responsabilidad del personal a cargo de la logística durante su distribución.

Por tanto, se es necesario capacitar y formar al personal bajo los parámetros relacionados al servicio establecidos en la Resolución 1223, [6] emitida por el Ministerio de Transporte la cual regula la necesidad de formación con una intensidad mínima de 60 horas para estar habilitados en el transporte de mercancías peligrosas por carretera, considerar el producto de origen biológico como mercancía peligrosa hace parte de las características de las sustancias, puesto que, son productos para ser analizados y se asume que representan un riesgo para la salud e integridad de las personas que se encuentran en contacto con dichas sustancias.

Por consiguiente, las responsabilidades de las personas involucradas en el proceso de distribución son fundamentales [7], debido a que son ellas a quien le corresponde las responsabilidades del remitente en el aseguramiento del embalaje de la mercancía, cabe resaltar, que una de las responsabilidades del transportador, es velar por el cumplimiento en el servicio desde dos aspectos fundamentales: la promesa de entrega, relacionada con los tiempos y la calidad del producto, en tanto su aspecto físico externo e interno, lo que apunta a la reducción del riesgo durante el transporte. El destinatario es el encargado de verificar el estado de la carga o de los productos a su llegada, generar la alerta correspondiente si hay avería, faltante o pérdida para iniciar los respectivos procesos de reclamación que den lugar en la Ley 1480, (2011).

El Estatuto de protección al consumidor consagrada en el código de comercio, las disposiciones y tiempos que por derecho tiene lugar una persona natural o jurídica para exigir reclamación por concepto de pérdida, avería, incumplimiento en la promesa de entrega o faltante correspondiente a los productos transportados durante su distribución y que por circunstancias ajenas a la operación de distribución presenten incidencia o novedad[8].

2.1.3. Documentación

Todo producto tipo B, debe ir acompañado de la siguiente documentación, es necesario que se cumpla a cabalidad, dado que, con la misma, las empresas efectuaran los cobros respectivos a los servicios:

- **Guía:** Contiene la información general del envío como nombres, teléfonos y direcciones, albergará información sobre el contenido del envío su descripción, cantidad, peso y valor, el documento es generado por la empresa logística.
- **Carta del expedidor:** El documento ira respectivamente identificado, la empresa remitente hará una autodeclaración donde explica las características del producto a transportar, como se manejan los tres niveles de embalaje, se especifica qué método emplea para la refrigeración del producto y es claro si utiliza o no sustancias como hielo seco o nitrógeno líquido, por último, descarta que la carga contenga algún elemento ilícito todo lo anterior con el ánimo de proteger a todas las personas que manipularán la carga después de que es recibida por la empresa aérea. El documento deberá llevar las firma, nombre y número de identificación del responsable del laboratorio.
- **Oficio de remisión:** El documento ira dirigido al laboratorio que recibe la carga, describirá el contenido del paquete y los exámenes a practicar.
- **Historia clínica:** En caso de requerirse por el laboratorio para los exámenes se adjuntará la historia clínica del paciente, bajo los estándares del instituto nacional de salud.
- **Ficha epidemiológica:** Documento de gran importancia, describirá el historial de la muestra desde su recolección hasta el envío.

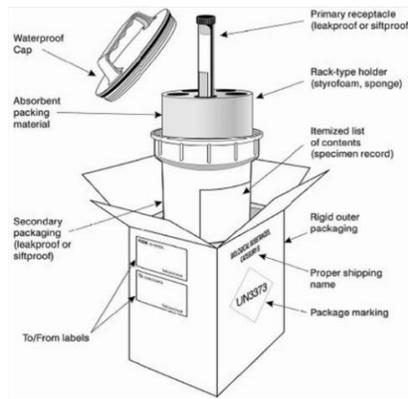
Toda la documentación anterior, excepción de la guía, debe agruparse en una bolsa plástica y pegarse al exterior del paquete con el fin de evitar manipulación por personal ajeno al laboratorio que recibe [9]. La documentación en el contexto de la organización es de fácil recolección puesto que la mayoría es generada por el cliente.

2.1.4. Requisitos de embalaje.

El objeto de estudio son los productos tipo B, y en particular cómo se realiza su transporte a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil), la cual manifiesta que es necesario aplicar el sistema de envasado triple donde los embalajes primarios no deben superar la capacidad de 1 litro, a su vez el embalaje secundario no debe superar la capacidad de 4 litros, exceptuando aquellos que contengan órganos o partes del cuerpo, el embalaje debe estar refrigerado por medio de geles, pilas de refrigeración y nitrógeno líquido.

La superficie de embalaje debe ser superior a 100mm x 100mm, el paquete deberá cumplir con las especificaciones de la prueba 6.3.5.3 donde se prueba desde una altura de 1.2 m y no se debe evidenciar daños al contenido. Para sustancias liquidas el envase secundario debe ser a prueba de fugas, si se desea transportar muestras de diferente origen es necesario asilarlas, para evitar cualquier contacto entre ellos se dispondrá de material absorbente entre el empaque primario y secundario que sea capaz de absorber todo el contenido en caso de fuga y que el líquido no se traspase al envase terciario y afecte sus propiedades físicas.

Figura 1. Ejemplo de embalaje de Sistema triple en productos categoría B.



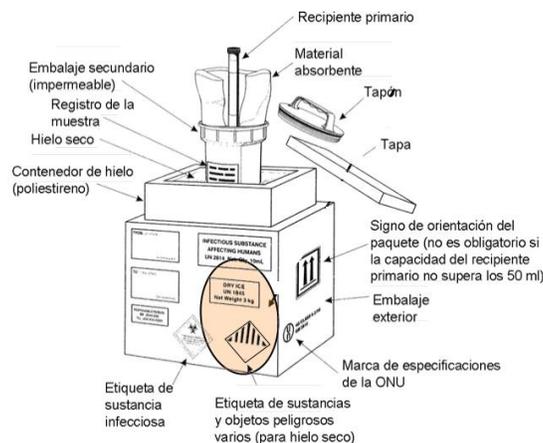
Fuente: World Health Organization. [5]

Para sustancias sólidas los empaques primario y secundario deben ser a prueba de tamizaje, si se colocan varias muestras de empaque primario débil se deben envolver y asilar individualmente para minimizar el riesgo de contacto interno, si se llegase a presentar líquidos residuales es necesario proporcionar material absorbente como se presenta en las sustancias líquidas.

Para sustancias congeladas o criocontroladas, es necesario que el refrigerante ya sea hielo seco o nitrógeno líquido se encuentre fuera del envase secundario, el sobre-embalaje debe ofrecer los soportes para los envases secundarios y ser a prueba de fugas.

Las muestras conservadas con hielo seco (dióxido de carbono sólido), deben estar debidamente identificadas durante su transporte y llevar la etiqueta de sustancia peligrosa miscelánea, adicional los embalajes permiten la liberación de gases los cuales pueden romper el envase por su presión derivado de las bajas de temperatura de -79°C y la acumulación de gases.

Figura 2. Ejemplo de embalaje de Sistema triple en productos tipo B en caso de productos congelados.



Fuente: Instituto Nacional de salud. [9]

Las empresas transportadoras de productos biológicos categoría B, deben considerar las características del producto transportado, puesto que se encuentra clasificado como mercancía peligrosa clase 6.2 [10]. En algunas ocasiones, se utiliza como refrigerante hielo seco UN1845, para

mantener la estabilidad de las muestras lo que es considerado mercancía peligrosa clase 9. Por lo anterior, su manejo durante el transporte o almacenamiento temporal debe contar con las recomendaciones técnicas de las compatibilidades entre mercancías peligrosas, antes de consolidar los productos categoría B con algunas otras sustancias peligrosas [11].

Los embalajes deben garantizar la integridad del producto, por tanto deben soportar medidas extremas, controlando los movimientos y la vibración del transporte, cumpliendo con lo establecido en la NTC4702-6 en el apartado 4.10, donde menciona las pruebas a las que será sometido el contenedor como son ensayos de acondicionamiento, que consisten en poner a prueba el contenedor con lluvias simuladas, albergando los tipos de refrigeración, bajo las circunstancias se someterán a caída libre desde 9 metros en una superficie plana, inelástica y horizontal; si se presenta un contenedor ortogonal se arrojará, por las caras cortas, largas, superior e inferior y por una esquina, para lo anterior se utilizarán 5 muestras; en el caso de ser un bidón se emplearan 3 muestras que serán impactadas por las esquinas de cada extremo y por la parte lateral.

El contenedor solo aprobará cuando no presente fugas en el envase primario; también es necesario emplear una prueba de perforación que consiste en situar sobre una superficie sólida y plana, una barra de acero cilíndrica de 38 mm cuya punta formara un cono que no exceda los 6mm, su longitud será la suma de la distancia de los empaques primarios, la superficie externa, más 200 mm. La muestra caerá desde una altura de 1000mm y se ubicará con la intención de perforar los envases primarios [12].

El embalaje empleado en el servicio de envíos actualmente cumple parcialmente con lo establecido, puesto que se emplean neveras de poliestireno expandido o comúnmente conocido como icopor, el Instituto Nacional de Salud considera que dicho material no proporciona la rigidez requerida para emplearse como embalaje exterior, solo podrá cumplir con la función de conservar la temperatura del contenido [13]. Además, el material es de naturaleza porosa por lo que dificultará su posible reutilización. En caso de querer reutilizar un contenedor deberá ser desinfectado y se le retirarán los sellos para su devolución.

Asimismo, la norma que contempla el tema de los tres embalajes también se cumple parcialmente en la operación, debido a que se implementa un empaque primario para contener los fluidos, el embalaje primario va contenido directamente en el empaque fallido que se describe anteriormente, sumado a lo anterior se presentan un listado de fallos como lo son: falta de material absorbente, lo cual complica el manejo en caso de algún derrame, el contenido puede sufrir golpes y vibraciones al no contar con algún embalaje secundario, sin protección alguna más que láminas de poliestireno expandido ubicadas con el ánimo de evitar congelaciones.

El transporte debe contar con las etiquetas que rige el protocolo respectivo, como lo es el uso de la etiqueta UN 3373, en un rombo de al menos 50 mm y con contornos negros de 2mm, también contará con la identificación de sustancia infecciosa cuya tipografía debe superar los 6mm de altura como se identifica en la figura 1, estas dos etiquetas estarán dispuestas en el empaque secundario y terciario. En caso de contar con hielo seco deberá portar la etiqueta respectiva [5].

Figura 3. Etiqueta para embalaje terciario. Medidas en mm.



Fuente: Autores.

Además de lo anterior, en la documentación se debe incluir nombre, teléfono y dirección tanto de remitente y expedidor, número telefónico del responsable de la carga; dirección y teléfono del receptor de la carga, también se deberán ubicar en la parte exterior del embalaje terciario. Cuando se requieren emplear refrigerantes como el hielo seco, o líquidos criogénicos es necesario usar el etiquetado correspondiente.

2.1.5. Refrigerantes

Es indispensable para el transporte de productos de origen biológico, que durante todas las fases de transporte se mantenga controlada la temperatura dentro de los rangos necesarios para asegurar la inmunogenicidad del producto, lo que se denomina cadena de frío. La variedad de productos requiere en especial que cada producto soporte un intervalo de tiempo a temperatura ambiente, si por temas de transporte se supera el tiempo es necesario someter a cadena de frío inmediatamente, en la tabla 1 se exponen algunos ejemplos de tiempos máximos a temperatura ambiente y los rangos de temperatura que debe conservar la cadena de frío [14].

Tabla1. Variación entre tiempos y temperaturas de muestras.

Nombre de muestra	Tiempo máximo a temperatura ambiente (horas)	Rango de temperatura de cadena de frío (°C)
Frotis nasal	Antes 24	2 – 8
Exudado faringoamigdalino	Antes 24	2 – 8
Espuito	Antes 2	2 - 8
Hemocultivos	0	35 - 37
Hematimetría	Antes 1	2 - 8
Catéter intravascular	0	35 - 37
Retiro de catéter	0.25	2 - 8
Orina	Antes 2	2 - 8
Análisis sistemático (urocultivo)	1	2 - 8
Heces (coprocultivo)	Antes 2	2 - 8
Heces tomadas por (cary- blair)	0	2 - 8
Exudados genitales (chlamydia)	0.25	2 - 8
Cultivo de líquidos estériles (hongos o microbacterias)	24	4

Fuente: Zornosa, Yui-huayanca, y Mirón [15].

Dichas temperaturas se pueden clasificar de acuerdo con lo requerido como se explica en la tabla 2 [14].

Tabla 2. Condiciones de almacenamiento y conservación de las muestras durante el transporte.

Condiciones de almacenamiento y conservación de las muestras durante el transporte	
Ambiente	20 a 25°C
Refrigeración	2 a 8 °C
Congelación	-20°C
Crio preservación	-80°C

Fuente: Instituto Nacional de Salud [15].

La cadena de frío actualmente se controla por la combinación de pilas de gel, las cuales son sometidas a temperaturas de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 36 horas, periodo durante el cual el gel se endurecerá y culminará su proceso de maduración, para un uso adecuado de los geles es necesario exponerlos al ambiente hasta que empiece a evidenciar gotas en su exterior lo que indicará que el descongelamiento empezó con el fin de evitar congelamientos de las muestras.

Para garantizar la cadena de frío durante el transporte, es necesario emplear elementos que conserven la temperatura de los productos según su necesidad, una vez que salen de los congeladores a su destino, como lo son [16]:

- Los sobres: son los encargados de mantener la temperatura ambiente, gracias a sus burbujas internas evitan picos de temperaturas extremas.
- Paquetes de gel: Los geles están diseñados para conservar temperaturas a nivel de refrigeración ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$), pueden llegar hasta los $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Paquetes y pilas de gel: Los paquetes y pilas de gel están diseñados para descender hasta los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se emplean para el transporte de congelados.
- Hielo seco: Se presenta en pastillas o bloques se emplea para transporte de tipo congelado se debe llevar un etiquetado especial en caso de emplearse, descende hasta los $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Nitrógeno líquido: se emplea para transporte criogénico muy poco común en los productos tipo B, requiere un montaje especial puede descender hasta $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menos, requiere que se indique con etiqueta que se emplea en el transporte.

2.1.6. Movilización de muestras terrestre.

2.1.6.1. Condiciones del vehículo y estibas:

Los vehículos que sean empleados para el transporte de productos tipo B, deben portar el habitáculo de carga cerrado sin ninguna perforación ni grieta, dichos vehículos únicamente transportaran este tipo de mercancía, si llegase a presentar que algún vehículo haya transportado alimentos se debe descartar el uso del mismo. [17]. Lo anterior, contrasta con algunos casos donde los vehículos tipo furgón por su sistema de refrigeración se emplean para transporte de todo tipo de productos existiendo el riesgo de una contaminación cruzada, se podrá hacer otro uso de este vehículo al someterse a un proceso de desinfección.

El habitáculo de carga albergará la carga y no deberá portar ningún elemento que comprometa la integridad de la mercancía, como elementos filosos o punzantes, la carga irá montada sobre estibas de carga con el fin de aliviar los efectos de inercia resultado de los movimientos durante el transporte, toda la carga debe ser distribuida uniformemente, ubicando los contenedores más pesados en la base y la carga más ligera en la parte superior, de la misma manera se ubicarán de acuerdo al riesgo de su contenido.

Los encargados de apilar la mercancía tendrán en cuenta los etiquetados para organizar la carga, para evitar golpes entre contenedores se empleará material de amortiguación, en caso de que los contenedores no sean ortogonales, presenten variedad de morfologías, será necesario emplear separadores de un material plano y rígido que permita generar estabilidad para separar por niveles la mercancía, en el trascurso de operación se emplean estibas, no obstante la carga se apila de manera aleatoria y al emplear materiales como el poliestireno expandido sin separadores, ni materiales de amortiguación existe riesgo de daño de la carga que repose en el inferior.

Finalmente, es necesario disponer las estibas en el vehículo, las más peligrosas hacia la puerta y las menos peligrosas hacia la parte frontal del vehículo, la carga deberá ir sujeta a la estiba para evitar caídas y golpes.

2.1.6.2 Equipamiento del vehículo:

Cuando un vehículo cumple con las condiciones físicas debe tener elementos importantes, como lo son la tarjeta de emergencia y el respectivo equipo, en caso de presentarse alguna eventualidad los conductores reportan y esperan el apoyo de la central, cabe resaltar, que los vehículos cuentan con el equipo de emergencia, pero en su gran mayoría se desconoce su uso.

La tarjeta de emergencias instruye en el cómo proteger al usuario en caso de emergencia [10], para lo anterior se sugiere:

- Protección de ojos y rostro: se debe dar por medio de gafas de seguridad con ventilación directa, para evitar salpicaduras no es necesario que resistan impactos, se empleará solo en casos necesarios caretas o pantallas para evitar salpicaduras al rostro y cuello.
- Protección de pies: se dará por medio de botas de butilo de triple densidad y suela SRC con el fin de evitar posibles filtraciones, se recomienda botas media caña blanca para evidenciar posibles salpicaduras y minimizar el riesgo de una mala desinfección.
- Protección respiratoria: el ítem depende del riesgo al que el operario se encuentre expuesto, se emplearán tapabocas de laboratorio para derrames de líquidos no peligrosos, para derrames que comprometen gases de origen biológico es necesario emplear mascarillas de cartucho apto para la filtración de vapores orgánicos y gases ácidos (el cartucho se debe renovar después de 10 usos, si supera el número no es apta).
- Protección para manos: se emplearán guantes de nitrilo para el manejo de sustancias de origen biológico, para manipular hielo seco o nitrógeno líquido se emplearán guantes criogénicos con doble capa de material aislante y con protección hasta el codo.
- Protección del cuerpo: se empleará cuando sea necesario delantal de polipropileno con empuñadura elástica y deberá ser desechada una vez se emplee.

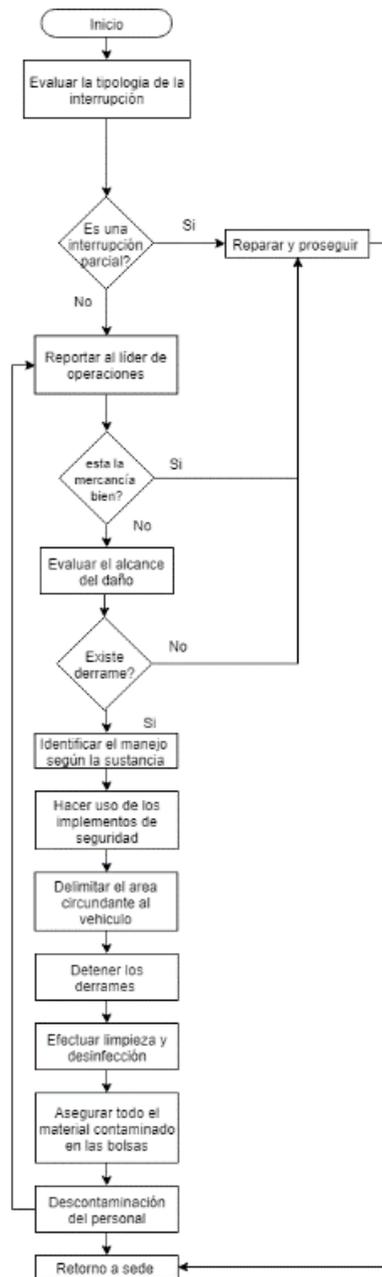
Al ser productos que no atentan la salud del humano, la exposición no es limitada, siempre y cuando se utilicen los elementos de seguridad anteriormente mencionados.

El contenido del kit de emergencias se empleará en casos de vertimientos y derrames su contenido netamente se empleará para emergencias en rodamiento, su contenido es propuesto en base al manejo del tipo de productos tipo B, ensayos BS 1650 y 1276.

2.1.6.3. Manejo de derrames.

Según la NTC 4532 es necesario plantear un procedimiento a seguir en caso de que se presente un accidente, como se mencionaba anteriormente en el caso de estudio los operarios desconocen el cómo responder a tal eventualidad, para lo anterior se propone el siguiente procedimiento resumido en la figura 4.

Figura 4. Procedimiento en caso de derrame.



Fuente: Autores.

Para que el procedimiento pueda operar con éxito, es fundamental que los operarios cuenten con la capacitación necesaria, los vehículos con las tarjetas de emergencias y su documentación legal respectiva.

2.2 Transporte de muestras vía aérea

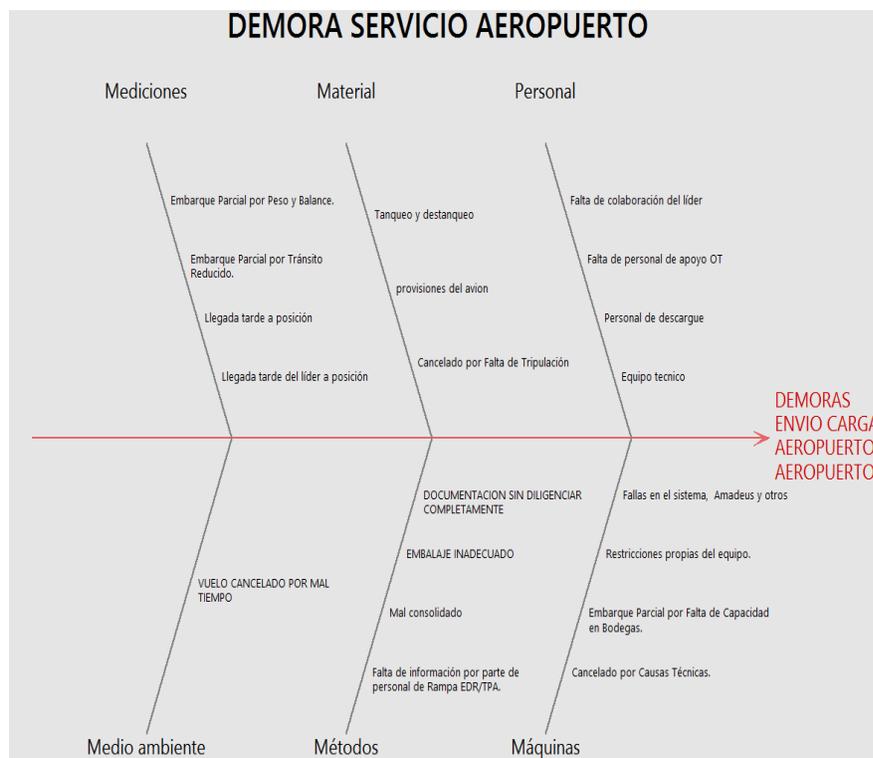
El transporte de mercancía vía aérea, es empleado para la movilización a ciudades donde se requiera la mercancía con mayor prontitud, para el caso la investigación se apoya en el servicio B2B

de Avianca, en este sentido, se analizaron los datos de entrega durante los meses de noviembre, diciembre del 2018 y enero de 2019, en los servicios despachados particularmente a las ciudades de Rionegro y Palmira, la idea es identificar y determinar por medio de control estadístico el estado real del servicio.

2.2.1. Diagrama causa - efecto

A continuación, se exponen las causas de los retrasos en el servicio de entrega de componentes en los aeropuertos de Palmira y Rionegro basados en la teoría de las seis M, mediciones, material, mano de obra, medio ambiente, método y maquinas; se logró establecer el siguiente diagrama de espina de pescado el cual nos permitirá por medio de un diagrama de Pareto conocer cuáles son las acciones con mayor repetición y como se relacionan entre los dos casos de estudio.

Figura 5. Diagrama de espina de pescado, demora servicio aeropuerto.



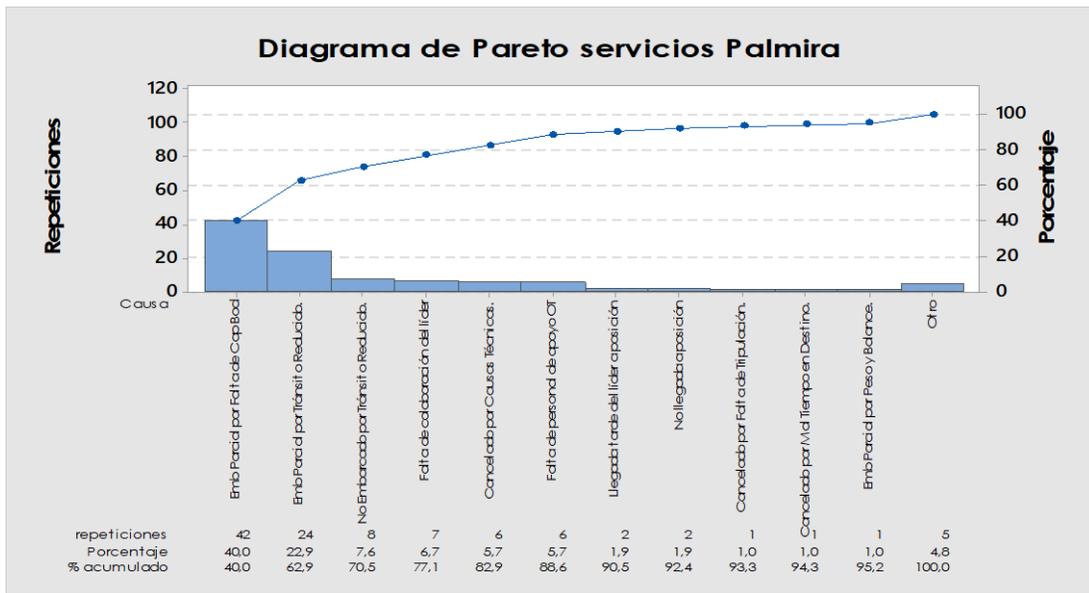
Fuente: Autores

De acuerdo, con las causas representadas en el gráfico la mayoría de las novedades que están generando demoras en la promesa de entrega para el cliente Soluciones de Transportes Integrales, tienden a ser por causas internas de la operación y en especial por represamiento de carga por su capacidad en bodegas las cuales no le permiten embarcar toda la mercancía con destino Palmira y Rionegro.

2.2.2. Diagrama de Pareto

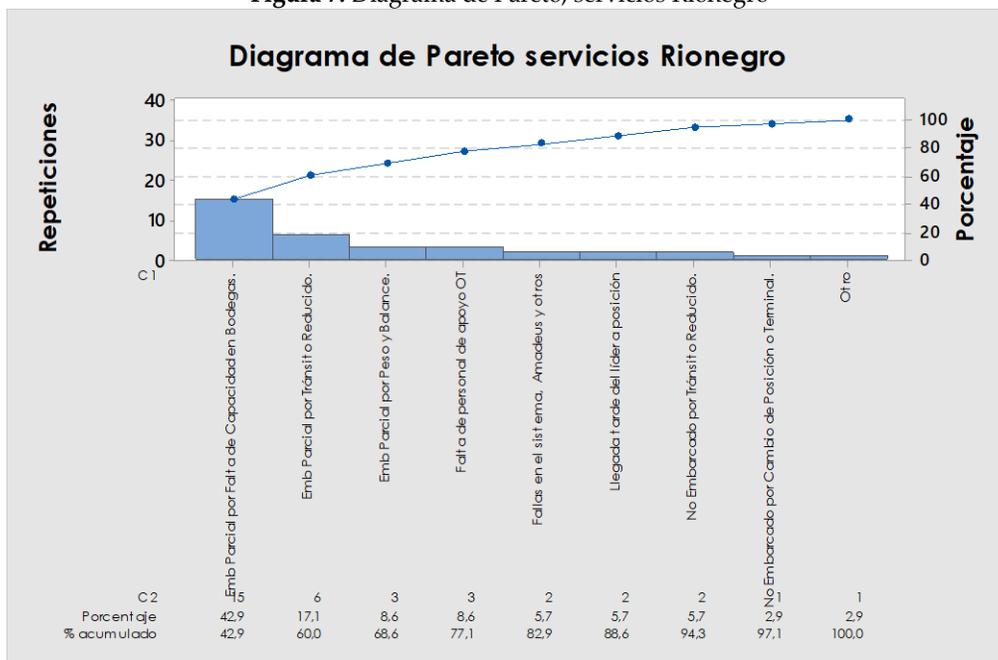
El diagrama permitirá deducir cuáles de las causas son más latentes y cómo repercute en las demoras del servicio, para tal tarea, se realizó una discriminación por ciudad donde se efectuó una sumatoria de las veces que cada causa se presentaba, lo que permitió la creación de los siguientes gráficos uno para Palmira y el siguiente para Rionegro.

Figura 6. Diagrama de Pareto, servicios Palmira.



Fuente: Autores.

Figura 7. Diagrama de Pareto, servicios Rionegro



Fuente: Autores.

Con las dos gráficas anteriores observamos los casos que suman el 80%, las coincidencias se relacionan en la siguiente tabla donde se expresa las fallas aeropuertos de Palmira y Rionegro.

Tabla3. Matriz de comparación fallas aeropuertos de Palmira y Rionegro.

PALMIRA	REPETICIONES		RIONEGRO
Cancelado por Causas Técnicas.	6	2	Fallas en el sistema, Amadeus y otros
Embarque Parcial por Falta de Capacidad en Bodegas.	42	15	Embarque Parcial por Falta de Capacidad en Bodegas.
Embarque Parcial por Tránsito Reducido.	24	6	Embarque Parcial por Tránsito Reducido.
Falta de colaboración del líder	7	3	Falta de personal de apoyo OT
No Embarcado por Tránsito Reducido.	8	3	Embarque Parcial por Peso y Balance.
Porcentaje final	82.9%	82,9	Porcentaje final

Fuente: Autores.

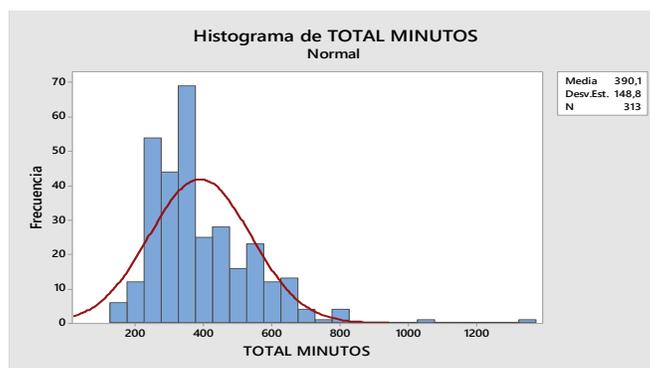
Para el caso se puede evidenciar que la causa común más reiterada es “embarque parcial por falta de capacidad en bodegas” donde Palmira presenta 42 de los 87 casos, lo que representa un 48% de las fallas dentro del marco comprendido en la teoría de Pareto, en el caso de Rionegro se presentan 15 de los 29 casos que representan un 51.7% de las fallas dentro del marco comprendido en la teoría de Pareto.

La segunda causa común es “embarque parcial por tránsito reducido” donde Palmira presenta 24 de los 87 casos que representan el 27.5% de las fallas dentro del marco comprendido en la teoría de Pareto, en el caso de Rionegro se presentan 6 de los 29 casos que representan un 20% de las fallas dentro del marco comprendido en la teoría de Pareto.

2.2.3. Histograma

De acuerdo con la información que se registra en el siguiente histograma, su distribución evidencia que el 37% de los servicios realizados no está cumpliendo con los tiempos establecidos, razón por la cual el proceso no es estable, lo que ocasiona que se encuentre fuera del control debido a causas especiales, donde se presenta mucha variabilidad y el proceso no es centrado. Por consiguiente, con la media que arroja una gráfica de tipo leptocúrtica con asimetría negativa, se incurre en demoras con relación a la vos del cliente.

Figura 8. Gráfico de histograma de tiempos de servicios. Rionegro vs Palmira con desviación.



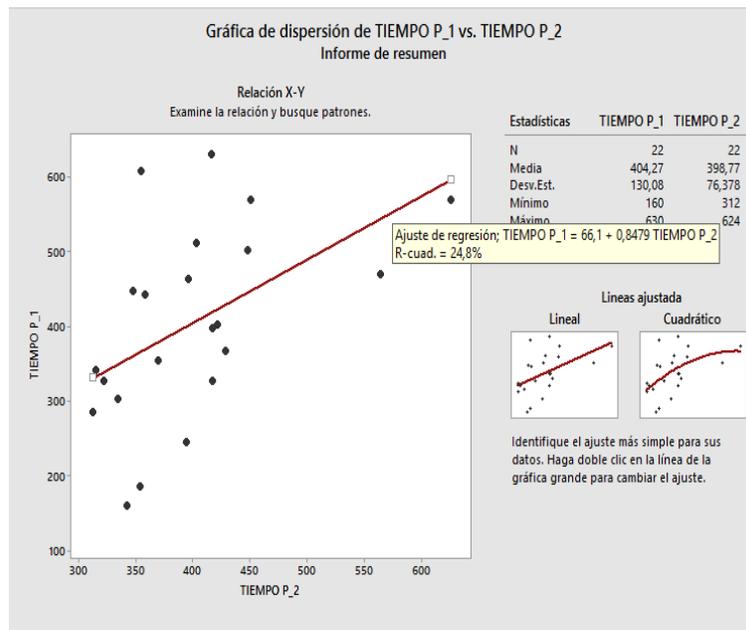
Fuente: Autores.

2.2.4. Diagrama de dispersión

Cabe aclarar, que para obtener los datos y elaborar el diagrama de dispersión se agruparon los servicios en periodos de tres días, de los cuales se obtuvieron los promedios y se llevaron dichos tiempos a minutos. Por tanto, es correcto afirmar que el coeficiente de correlación es mayor a cero $0.49 > 0 =$ Directa.

La relación lineal es positiva, puesto que el promedio de tiempos de entrega en Palmira tiende a variar el promedio de tiempos en Rionegro, sin embargo, según su ajuste en el r^2 no se presenta un buen ajuste, ya que se encuentra en un rango del 24,8%, por tanto existe una distorsión la cual se puede dar por los destinos diferentes entre Palmira y Rionegro, o por procesos internos en la aerolínea que afectan el servicio.

Figura 9. Diagrama de dispersión de tiempos de aeropuertos Palmira y Rionegro.



Fuente: Autores.

2.2.5. Estadísticos descriptivos

Sometiendo los datos estadísticos descriptivos (Tabla 4) a un gráfico de probabilidad, que se presenta en la figura 11, se resalta que la parte inferior sobrepasa los intervalos de confianza de los percentiles individuales, indicando que alrededor del 10 % de los datos no están dentro de la distribución normal y deben ser tratados en beneficio del proceso.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos proceso aeropuerto a aeropuerto ciudades Palmira y Rionegro.

Estadísticos descriptivos: E. CON NOVEDAD

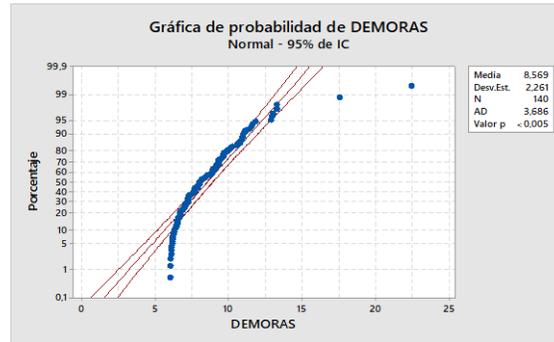
Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
E. CON NOVEDAD	140	0	8,569	0,191	2,261	6,017	6,987	8,033	9,608	22,400

Variable	Rango	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
E. CON NOVEDAD	16,383	2,621	9,31667	4	2,34	10,35

Fuente: Autores.

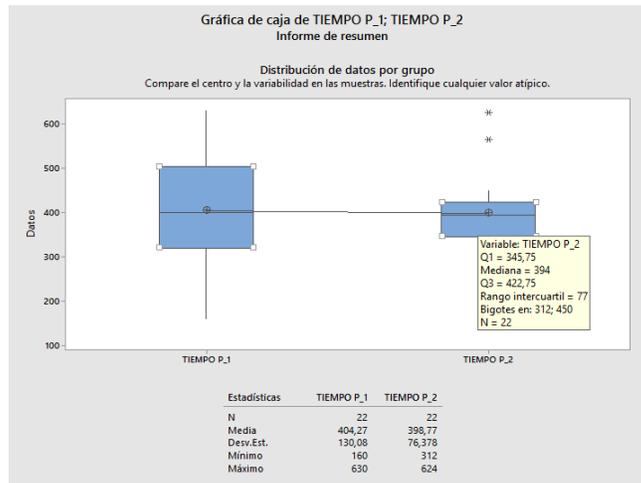
Figura 10. Gráfico probabilidad de demoras en servicio.



Fuente: Autores.

El promedio de tiempos, según los datos obtenidos del historial de servicios aeropuerto a aeropuerto es de 8,569 horas según la media establecida y de acuerdo con la mediana la mayoría de las entregas se realizaron por debajo de las 8,033 horas. La diferencia entre el tiempo del límite inferior frente al límite superior fue de r=16,383 horas, adicionalmente se observa que la distribución en los tiempos de entrega es asimétrica positiva lo que afecta la voz del proceso.

Figura 11. Gráfico de caja de tiempos demoras Rionegro y Palmira



Fuente: Autores.

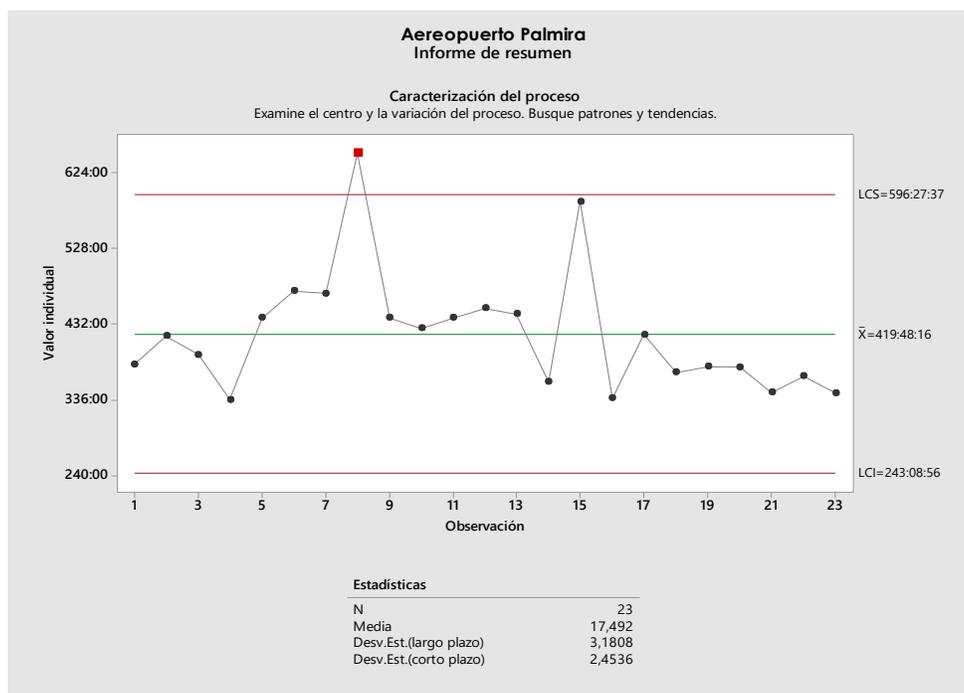
De acuerdo al histórico de envíos, las poblaciones reportadas por el cliente soluciones de transportes integrales y obteniendo un promedio de tiempos por cada tres días según detalle adjunto, se procede a tomar como tiempos de límite inferior 157 minutos=2,61 horas, que corresponde al tiempo más eficiente en la entrega y de acuerdo a la promesa de entrega por parte de Avianca de 360 minutos= 6 horas el servicio aeropuerto a aeropuerto como límite superior, se requiere intervenir en el proceso puesto que no es estable lo que genera entregas fuera de control.

2.2.6. Oportunidad de mejora:

Para la construcción de la ventana de oportunidad se agruparon los datos en el promedio de los servicios efectuados en plazos de 3 días a partir del 02/11/2018 y finalizado el 29/01/2019.

A continuación, se presenta la gráfica en donde aparece la caracterización del proceso en el Aeropuerto de Palmira, en la misma se exponen las estadísticas que demostró el aeropuerto durante el desarrollo de la investigación, y que son necesarios para determinar el tiempo que se puede comprometer Avianca en la mejora del servicio:

Figura 12. Gráfica de estabilidad y capacidad del proceso aeropuerto de Palmira



Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta la siguiente tabla, podemos afirmar que el tiempo con el cual se puede comprometer Avianca para el servicio aeropuerto a aeropuerto es de 345,83 minutos =5,76 horas para la población de Palmira.

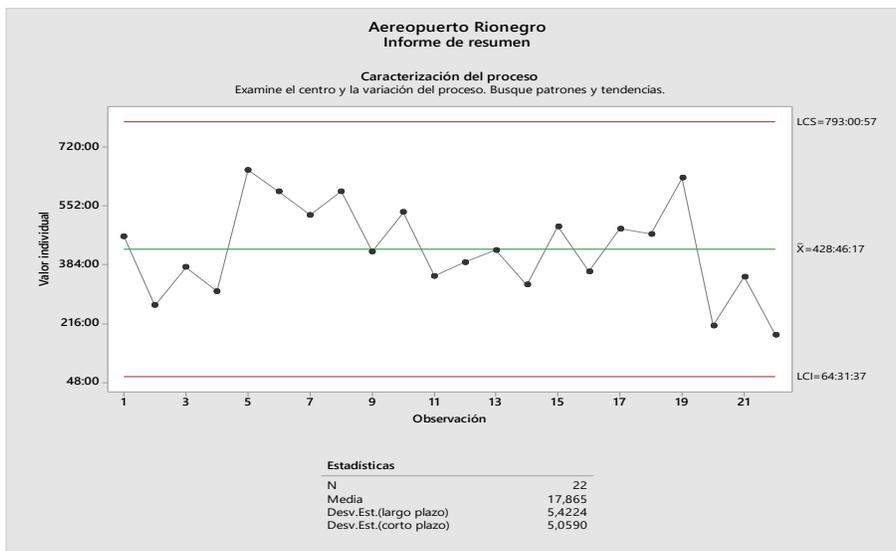
Tabla 5. Matriz de origen compromiso aeropuerto de Palmira.

AEREOPUERTO DE PALMIRA					
Entitlement	Baseline	Target	Ventana de oportunidad	T	Compromiso
312:45:30					
314:36:27	395:48:16	360	-2,32	14,17	345,83
321:13:47					
316:11:55					

Fuente: Autores.

La siguiente figura muestra la caracterización del proceso en el Aeropuerto de Rionegro:

Figura 13. Gráfica de estabilidad y capacidad del proceso aeropuerto de Rionegro



Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta la tabla 6, podemos afirmar que el tiempo con el cual se puede comprometer Avianca para el servicio aeropuerto a aeropuerto es de 349,19 minutos =5,81 horas para la población de Rionegro.

Tabla 6. Matriz de origen compromiso aeropuerto de Rionegro

AEREOPUERTO DE RIONEGRO					
Entitlement	Baseline	Target	Ventana de oportunidad	T	Compromiso
160:01:00					
186:16:00	404:46:17	360	-6,06	10,81	349,19
244:47:40					
197:01:33					

Fuente: Autores.

2.2.7. Manejo de residuos tipo B

Una de las consecuencias de no asegurar la calidad del transporte de productos biológicos, es la pérdida de este, ya sea por malos manejos durante su alistamiento o por la ruptura de la cadena de frío, la pérdida del producto representa un costo de no calidad. En relación con, el manejo de los residuos de los productos tipo B cabe aclarar que se encuentran regulados por el Instituto Nacional de Salud (2011) el cual los cataloga así:

- **Biosanitarios:** Son aquellos elementos o instrumentos utilizados durante algún procedimiento donde tuvieron contacto con material orgánico, componentes sanguíneos, o cualquier fluido de tipo biológico, en este caso de estudio elementos como papel, algodones, guantes, bolsas para transfusiones, tubos capilares y demás elementos empleados.
- **Anatomopatológicos:** Son los productos de origen biológico como lo son los componentes sanguíneos, tejidos, fluidos corporales etc.

Los anteriores residuos, se contendrán en empaques de color rojo identificado con el sello de riesgo biológico, el empaque debe ser de polietileno de calibre en el rango de 1.4 – 1.6 milésimas de pulgada, que soportará por máximo 20 kg y en su contenido no superará los 8 kg, la bolsa se atará por su boca y se sellará por medio de un cierre plástico, cinta o cordón; dichos empaques se ubicarán en un contenedor plástico del mismo color con una capacidad de 20 a 53 litros, asegurando que no exista ninguna arista capaz de rasgar las demás bolsas. Los residuos estarán registrados bajo el formato REG A05-002.0000.001 [10].

La gestión de los residuos de origen biológico se puede dar por medio de rellenos sanitarios como lo son los biosanitarios y en el caso de los anatomopatológicos en celda de seguridad, incineración directa e incluso en la incineración en cementeras, para los anatomopatológicos, sin embargo, es necesario que estos residuos se encuentren desactivados por medio de diferentes procesos que se pueden dividir en dos grupos:

- **Alta eficiencia:** (empleados para biosanitarios), pueden existir diferentes métodos dentro de esta categoría, se pueden encontrar la desactivación por autocable de calor húmedo, por calor seco, por microondas, por el uso de gases y por incandescencia, los métodos buscan eliminar todos los patógenos por medio de altas temperaturas, gases, arcos eléctricos u ondas las cuales son capaces de generar ambientes mortales para los patógenos eliminándolas por completo destruyendo su composición.
- **Baja eficiencia:** (empleados para anatomopatológicos), pueden estar presentes métodos como desactivación química donde se aplican soluciones como el amonio, yodoforo, hipoclorito de sodio y calcio que se destacan por no afectar al medio ambiente y al ser humano, los residuos de este orden necesitan estar empacados en bolsas selladas para ser congeladas para su posterior incineración. [18]

Para la gestión de los residuos, la empresa SOLTI contrata los servicios de la empresa transportamos, la cual ofrece el servicio de manejo de residuos biológicos, el servicio tiene un costo de \$1680 (mil seiscientos ochenta pesos COP), alrededor de 0.5 dólares a la fecha de la creación de este artículo (septiembre 2019) por cada litro o kilo de producto que se convierta en residuo.

Para controlar el costo por concepto de averías, perdidas y demás novedades derivadas de la operación logística de la organización. Se debe contemplar el tiempo de la promesa de servicio desde el momento de la recolección hasta el momento de la entrega en destino, este servicio se encuentra previamente programado y pactado por las dos partes clientes y transportadora que para este caso de estudio es la empresa SOLTI.

El servicio programado por políticas de la empresa, por la naturaleza y estabilidad de los productos con un retraso de más de una hora es inaceptable y se deberá compensar al cliente por el

incumplimiento en la promesa de servicio con el valor proporcional al envío en este caso la tabla 25 muestra los correspondientes costos:

Tabla 7. Costos correspondientes a la devolución.

Tarifa	Costo
Origen/kilo adicional	\$ 6600
Kilo inicial	\$ 17450
Cargo por manejo	\$1000
Kilos para transportar	9
TOTAL	\$71250

Fuente: Autores.

De acuerdo con el tiempo con el cual se puede comprometer Avianca para el servicio aeropuerto a aeropuerto es de 345,83 minutos =5,76 horas para la población de Palmira.

Con relación a la operación de Bogotá- Medellín podemos afirmar que el tiempo con el cual se puede comprometer Avianca para el servicio aeropuerto a aeropuerto es de 349,19 minutos =5,81 horas para la población de Rionegro.

Tabla 8. Tiempos de ruta y promesa en la ruta Bogotá y Medellín.

Ruta	Tiempo en minutos	Tiempo en horas
BOG-CLO	346	5,8
BOG-MDE	349	5,8
Total, horas		12
Promedio por ciudad		6
Traslado en tierra		2
Promesa de servicio en horas		8

Fuente: Autores.

En la ecuación: $L(Y) = k (Y-t)^2$

Debemos conocer la constante de coste, asumiendo el máximo de valores.

L: es el importe de bonificación al cliente en caso de tardar más de una hora en llegar a su domicilio, en este caso sería de \$71.250.

Y: en este caso es el tiempo que se ha tardado en llegar. Para obtener la constante consideramos el valor máximo, en este caso de estudio para las poblaciones de Cali y Medellín 8 horas de retraso.

T: es el valor optimo, en este caso sería 8 horas; es decir, el transportador llega justo a la hora que la empresa se ha comprometido con el cliente.

Con estos valores, obtenemos el valor k.

Si sustituimos los valores en la ecuación obtenemos:

Tabla 9. Variables de formula.

Variable	$L(Y)=K(Y-T)^2$
L	Pérdida de la calidad
K	constante de coste
Y	valor promedio real de la característica de la calidad

T	valor nominal o central de la característica de la calidad
9	Horas de llegar tarde Y
\$71.250	Bonificación llegada tarde L
8	Valor optimo T
$20=K(9-8)^2; K=71250/1$	
1	FORMULA K
\$71.250	K=

Fuente: Autores.

Por lo tanto, k tiene un valor de \$71.250, para el caso en cuestión.

Si queremos conocer, para cada caso, la pérdida de calidad en función del retraso o el efecto de llegar antes de lo pactado que el servicio tiene, podemos hacer una tabla calculando la función de pérdida.

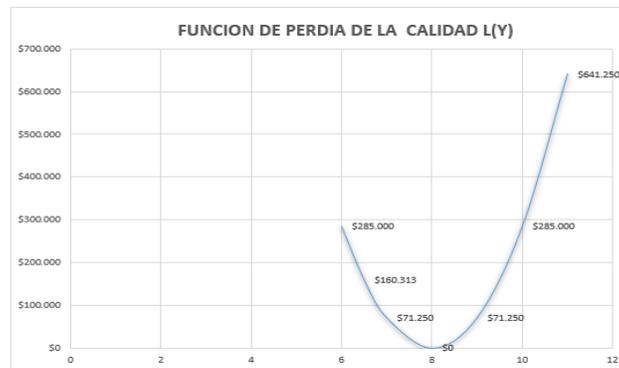
Tabla 10. Valores nominal y promedio

L(Y)	K	Y	T
\$641.250	\$71.250	11	8
\$285.000	\$71.250	10	8
\$71.250	\$71.250	9	8
\$0	\$71.250	8	8
\$71.250	\$71.250	7	8
\$160.313	\$71.250	6,5	8
\$285.000	\$71.250	6	8

Fuente: Autores.

Plasmando la información anterior en una gráfica, se establece la siguiente curva en la figura 14:

Figura 14. Grafica de función de pérdida de calidad aeropuerto de Palmira.



Fuente: Autores.

Para este caso, se contempla que el servicio logístico llegue antes o después de la hora programada, con el propósito de explicar el por qué se contempla que pueden existir pérdidas al respecto. Si el transportador llega antes o después de la hora a la central de procesamiento puede pasar que:

1. El cliente no reciba antes y por lo tanto el transportador tenga que esperar (horas de espera perdidas con su correspondiente costo económico por no poder llevar a cabo la ejecución de otras entregas).
2. Que llegue tarde después de lo programado y el cliente no reciba a conformidad el producto y la empresa transportadora deba indemnizar al cliente con el costo más el seguro por avería de la carga.

La empresa actualmente ofrece al cliente unos requisitos de calidad referentes a garantizar la estabilidad de los productos en el traslado y la oportunidad en el servicio haciendo eficaz el proceso preanalítico para los laboratorios clínicos, sin embargo, cualquier desviación de estos requisitos preestablecidos contractualmente pueden producir un aumento del costo y una disminución en la productividad para la organización

Por lo tanto, a través de la función de pérdida de calidad se pretende identificar la mejora en el diseño de servicio y su oportunidad, que la organización tenga cero defectos y una adecuada administración de sus recursos.

2.2.8 Aseguramiento cadena de frio:

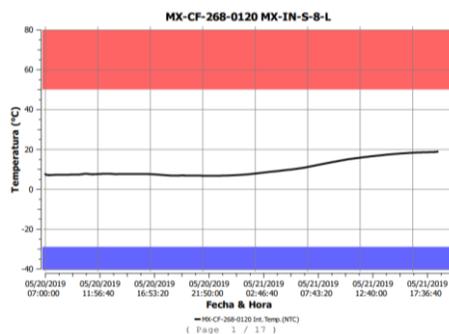
Como se mencionó previamente, el costo de no calidad es generado por el incumplimiento del servicio adquirido de transporte aéreo, el cual es un factor externo a la organización donde no puede intervenir directamente, por ello es necesario adoptar medidas que prolonguen la vida del producto biológico como lo pueden ser garantizar una cadena de frio superior a los 600 minutos y una interfaz de control de la ubicación del producto.

2.2.8.1 Prolongación cadena de frio:

En este sentido, para dar cumplimiento con la normativa emitida por la ONU se emplearon los tres niveles de embalaje, para el embalaje exterior se reemplazó por un contenedor de polipropileno que cumple los ensayos requeridos y se somete a prueba con las siguientes características:

Se emplea el contenedor de polipropileno y su interior es forrado con aislante térmico aluminizado de 5mm para garantizar que la temperatura ambiente no interfiera con la cadena de frio, en su interior el contenedor albergó muestras de orina y componentes sanguíneos (la cadena de frio para estas muestras debe ser de 6 °C - 8°C), separados de las pilas de gel por una pared de poliestireno expandido, este contenedor fue sellado y enviado a la ciudad de Barranquilla el día 20/05/2019, donde la temperatura promedio es de 31 °C y cuenta con una promesa de entrega de 360 minuto originando el siguiente resultado:

Figura 15. Cadena de frio envió a la ciudad de Barranquilla. Reporte de data logger resultado de simulación de envío.



Fuente: Autores.

Se dio inicio al registro de temperatura, desde el cerramiento del embalaje siendo las 7:00 del día 20/05/2019 hasta su apertura el día 21/05/2019 a las 19:57, se programó que se tomará el registro de la temperatura cada 89 segundos durante todo el periodo de prueba donde el primer registro fue de 7.6 °C y finalizo en 18.9°C, observando el registro de la temperatura el largo del tiempo se evidencio que la cadena de frio se rompió exactamente el día 05/21/19 siendo las 03:00:01 donde la temperatura rompió el umbral de los 8°C llegando a los 8,1°C, (tabla 7), llegando a garantizar la cadena de frio por 20 horas.

Tabla 11. Registro de temperaturas, evidencia de ruptura de cadena frio. Reporte de data logger resultado de simulación de envío.

#	Date	Time	T°C	H%	eT°C	#	Date	Time	T°C	H%	eT°C
801	05/21/19	02:46:40	7.9			851	05/21/19	04:00:50	8.7		
802	05/21/19	02:48:09	7.9			852	05/21/19	04:02:19	8.7		
803	05/21/19	02:49:38	7.9			853	05/21/19	04:03:48	8.7		
804	05/21/19	02:51:07	8.0			854	05/21/19	04:05:17	8.7		
805	05/21/19	02:52:36	8.0			855	05/21/19	04:06:46	8.8		
806	05/21/19	02:54:05	8.0			856	05/21/19	04:08:15	8.8		
807	05/21/19	02:55:34	8.0			857	05/21/19	04:09:44	8.8		
808	05/21/19	02:57:03	8.0			858	05/21/19	04:11:13	8.8		
809	05/21/19	02:58:32	8.0			859	05/21/19	04:12:42	8.8		
810	05/21/19	03:00:01	8.1			860	05/21/19	04:14:11	8.8		
811	05/21/19	03:01:30	8.1			861	05/21/19	04:15:40	8.8		
812	05/21/19	03:02:59	8.1			862	05/21/19	04:17:09	8.8		
813	05/21/19	03:04:28	8.1			863	05/21/19	04:18:38	8.9		
814	05/21/19	03:05:57	8.1			864	05/21/19	04:20:07	8.9		

Fuente: Autores.

2.2.8.2. Interfaz de ubicación de control:

Es necesario aclarar, que tanto para el cliente como para la organización saber la ubicación de los productos durante su transcurso es fundamental, para ello se propone una interfaz donde cada servicio será individualizado por medio de un código QR, que se enlazará al sistema de posición satelital del vehículo y gracias a ello se podrá saber la posición del producto por vía terrestre, la interfaz busca también generar documentación de forma ágil gracias a la virtualización de los datos desde el origen del servicio hasta su entrega final.

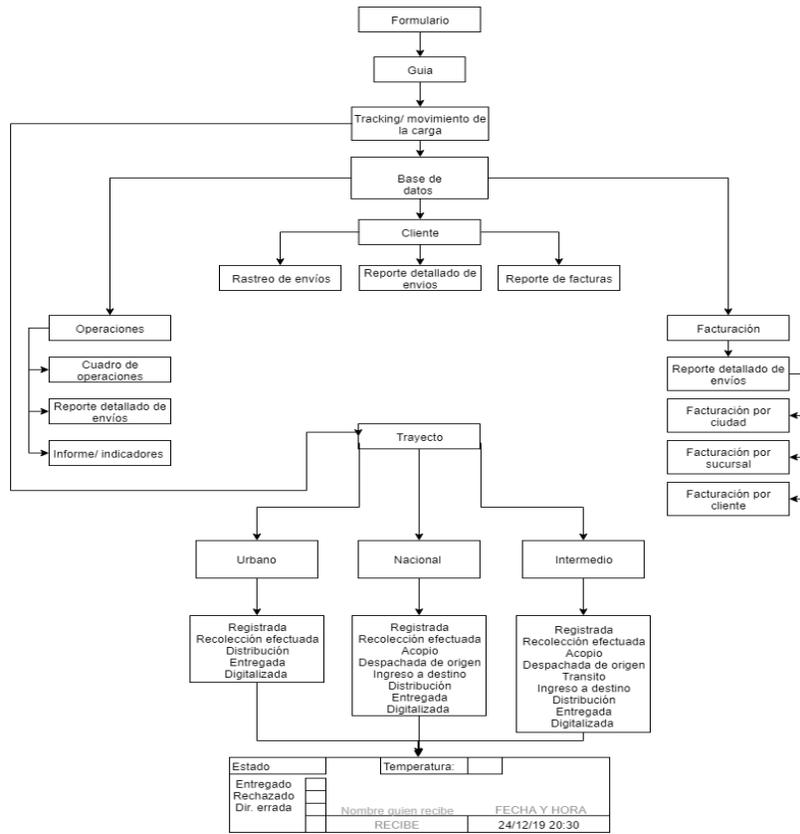
2.2.8.3. Estructura de interfaz:

La interfaz tendrá como base, que las partes interesadas estén involucradas desde la toma de datos para la solicitud del servicio, de allí se desprenderá la guía y el código QR con que se realiza el seguimiento, en base a esta información se generarán datos sobre la operación, donde el cliente podrá detallar el rastreo de manera individual y grupal, generar reportes y facturación. La organización podrá determinar igualmente, los estados de envío para tomar decisiones en pro de la estabilidad de la carga. A continuación, en la figura 16 se apreciará el flujo de la información desde la captura de datos por medio de un formulario, hasta la información del estado final de la entrega.

2.2.8.3. Seguimiento de la Carga:

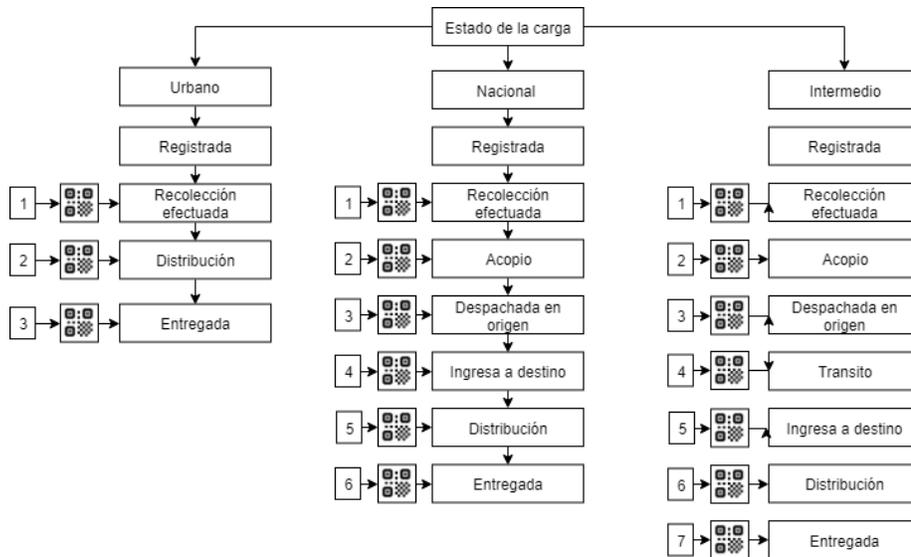
Las fases de información del estado de la carga se establecieron de acuerdo con su destino como se muestra en la parte inferior de la figura 17: urbano, nacional e intermedio con la diferencia de la adición de fases como la de acopio, ingreso a destino y transito necesarias por la naturaleza del envío. La lectura del estado de la entrega se tomará en cada una de las fases, el encargado de esta lectura será quien reciba el producto e inicie una etapa nueva.

Figura 16. Estructura de interfaz.



Fuente: Autores

Figura 17. Tipos de servicio y lectura de datos.



Fuente: Autores

En la figura 18 se puede evidenciar una propuesta de interfaz en dispositivo móvil, donde en la primera etapa el operario ingresa a la plataforma y hace lectura del código QR, al hacer lectura efectiva del código el sistema asume que se da inicio a una nueva etapa, el ingreso de datos del usuario será pieza clave para registrar la carga y que esta sea anexada al sistema GPS del automóvil y con esto el cliente podrá evidenciar la localización, estado, fecha de entrega y fecha estimada de entrega de su producto vía terrestre.

Figura 18. Propuesta gráfica de interfaz de validación.



Fuente: Autores.

3. Discusión

La empresa soluciones de transportes integrales “SOLTI” para su prestación de servicios logísticos en el transporte de productos tipo B, presenta en la calidad del servicio compromisos en diferentes aspectos a través del flujo de la operación tanto en algunos factores internos y externos.

En los factores internos se resalta, que la organización no cumple con la norma NTC 4702-6, fallan en la metodología de embalaje, para empezar, son acomodados solo dos de los tres embalajes sin incluir el material absorbente y sin protección para los impactos físicos como térmicos, condición que afectará posteriormente la cadena de frío. Para el embalaje exterior se emplea contenedores de poliestireno expandido incumpliendo con la instrucción p650, que establece el procedimiento para declarar apto los contenedores destinados para el transporte de los productos tipo B.

Otro aspecto interior donde presenta fallas es la ausencia de protocolos, para eventos que puedan llegar a ocurrir durante el tiempo que los productos estén bajo la responsabilidad de la organización, como lo son la falta de equipamientos que contienen los implementos e insumos para el tratamiento de incidentes como el derramamiento accidental de los productos durante el rodaje, los equipamientos son de carácter obligatorio para que cualquier vehículo pueda ser empleado para transportar los productos tipo B. Por último, la operación no cumple con los procedimientos de estibación dentro de los vehículos.

El factor externo y el de mayor impacto es el transporte de productos vía aérea, servicio prestado por la empresa Avianca, el servicio fue sometido en la investigación a control estadístico para identificar el estado del servicio para las ciudades de Rionegro y Palmira, se determinó que el proceso se encuentra fuera de control y es inestable como lo evidencian diferentes gráficas que se presentan en la parte superior del documento.

La promesa de entrega para las dos ciudades es de 360 minutos contrastando con el tiempo promedio para la ciudad de Rionegro de 404 minutos y la ciudad de Palmira con 398 minutos, sin

embargo, en los tiempos, se presentan los puntos donde se registraron los picos de más de 600 minutos. Al sobrepasar dichos tiempos existe ruptura de cadena de frío por lo que es necesario para la organización emplear métodos para asegurar una cadena de frío que se ajuste a los tiempos reales. Al aplicar la función de pérdida de la calidad se establece que los costos pueden variar desde \$285.000 a \$641.250, costos que se podrían mitigar con la conservación de la cadena de frío.

Al emplear los métodos que indica la NTC4702-6 y las recomendaciones de embalaje P650, se realizó una prueba piloto de envío de productos tipo B, se implementó material térmico aislante aluminizado en el embalaje terciario según recomendaciones de embalaje mencionado, prueba que aseguro una cadena de frío de 20 horas tiempo de sobra para cubrir las eventualidades que se puedan presentar durante el tráfico aéreo.

Para lograr un mayor control en los envíos y lograr establecer transparencia cumpliendo con [19] se propone una interfaz, por la cual se hará seguimiento en tiempo real, allí se enlazara el sistema de localización de los vehículos con la identificación de la mercancía, se identificarán las fases del servicio con lectura de códigos QR, se busca de esta manera que la experiencia del usuario sea lo más clara y directa posible, como segunda intención se busca digitalizar la información de clientes con el ánimo de facilitar la gestión documental e indicadores de los servicios prestados.

3.1. Recomendaciones

1. Definir zonas horarias de baja tráfico de carga aérea para reducir represamientos en orígenes y demoras en la embarcación de la carga.
2. Sensibilizaciones y apoyo técnico al cliente con las recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas, su naturaleza, clasificación de riesgo según la normatividad nacional.
3. Embalaje según sustancia infecciosa P650 y P620.
4. Recomendaciones al cliente en la maduración de geles y técnicas de embalaje adecuadas para asegurar la estabilidad del producto biológico.
5. Identificación de la carga embalada según normatividad NTC 1692.
6. Implementación y adecuación de vehículos NTC3969.
7. Seguimiento y trazabilidad de la carga.
8. Llevar a cabo el cumplimiento a las disposiciones del decreto 1079 de 2015, sistemas de GPS, indicadores de calidad, tarjetas de operación de los vehículos y demás requisitos contemplados en la norma.
9. Activar planes de contingencia en caso de novedades dentro de la operación como: fallas mecánicas de la flota asignada, cierres de aeropuertos, asonadas, terrorismo y demás situaciones que puedan poner en riesgo la carga. Que para alcance del estudio corresponde a los productos biológicos categoría B.
10. Capacitación y sensibilización a las partes interesadas como aerolíneas y proveedores logísticos y aliados, sobre la importancia y la necesidad del manejo oportuno de las sustancias biológicas para que la operación tenga priorización y manejo inmediato.
11. Planes de emergencia, atención de derrames y demás protocolos que se requieran para asegurar la integridad del personal logístico, pasajeros en el caso aéreo.
12. Definir ruto-gramas para asegurar la trazabilidad de la carga en ruta.
13. Hacer seguimiento post venta en el entendido de recibir retro alimentación del servicio de la estabilidad del producto transportado para asegurar de manera conjunta los planes de acción de mejora.
14. Definir planes de capacitación al personal nuevo para mantener los procesos de la organización y los relacionados con el cliente.

4.Referencias

- [1] Ortega, Astasio y Albaladejo., «Cadena del frío para la conservación de las vacunas en los centros de atención primaria de un área de Madrid.,» 2002. [En línea]. Available: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272002000400008.
- [2] Fernández, Vara y Peña. , « Interrupción de la cadena de frío vacunal en un centro de atención primaria y su valoración económica.,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130862116301000>.
- [3] Yepes, Ramírez y Villar. , « Infraestructura del transporte en Colombia.,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/153>.
- [4] Otero, Andrea, «La infraestructura aeroportuaria del Caribe colombiano,» 2011. [En línea]. Available: <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/banrep/article/view/8879/0>.
- [5] World Health Organization. , « Guidance on regulations for the Transport of Infectious Substances,» 2017. [En línea]. Available: http://carpha.org/publications/LaboratoryUserManual/manual/transportation_packaging.html.
- [6] Ministerio del Transporte. , 2019. [En línea]. Available: <https://www.mintransporte.gov.co/>.
- [7] Y. A. Jimenez Peña, «Implementación de la metodología Six Sigma para el mejoramiento y optimización de procesos en el equipo aseguramiento de calidad de software de la vertical de Restaurantes de Rappi,» *Revista Avenir*, vol. 4, nº 2, pp. 17-24, 2021.
- [8] Congreso de Colombia, «Congreso de Colombia. (12 de octubre de 2011). Estatuto del Consumidor. Ley 1480 de 2011.,» 2011. [En línea]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1480_2011.html.
- [9] Instituto Nacional de salud, «Procedimiento para el transporte por vía aérea de muestras y sustancias infecciosas para análisis de eventos de interés en salud pública en el territorio nacional.,» 2017. [En línea]. Available: https://www.ins.gov.co/Direcciones/RedesSaludPublica/DocumentosdeInteresSRNL/Procedimiento%20transporte%20de%20sustancias%20infecciosas_via%20aerea_en%20Colombia.pdf.
- [10] Ministerio de Salud., «Gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia.,» 2002. [En línea]. Available: <http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Resoluci%C3%B3n%201164%202002%20-%20Manual%20Residuos%20Hospitalarios.pdf>.
- [11] Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible., «Guía de comunicación de peligros basada en los criterios del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos. SGA.,» 2017. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/A6_-_Gu%C3%ADa_de_comunicaci%C3%B3n_de_peligros_seg%C3%BA_n_el_SGA_2017.pdf.

- [12] Ministerio de Transporte, «Embalajes y envases para transporte y mercancías peligrosas clase 6, sustancias tóxicas e infecciosas,» 1999. [En línea]. Available: <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC4702-6.pdf>.
- [13] Instituto nacional de salud., «Procedimiento para el transporte por vía aérea de órganos con fines de trasplante en el territorio nacional.,» 2005. [En línea]. Available: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/RedesSaludPublica/DonacionOrganosYTEjidos/DocumentosTecnicos/TRASLADO%20AEREO.pdf>.
- [14] Zornosa, Yui-huayanca, y Mirón. , «Protocolos Tratamiento Antimicrobiano Domiciliario Endovenoso (TADE). Obtención, transporte y conservación de muestras biológicas.,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.fesemi.org/sites/default/files/documentos/publicaciones/capitulo-10.pdf>.
- [15] Instituto Nacional de Salud., «Manual obtención y envío de muestras de EISP,» 2011. [En línea]. Available: http://www.saludcapital.gov.co/CTDLab/Publicaciones/2016/Manual_obtencion_y_envio_muestras_de_EISP.pdf.
- [16] Ministerio de Transporte, « Transporte de mercancías peligrosas clase 6 sustancias tóxicas infecciosas, transporte terrestre por carretera.,» 1998. [En línea]. Available: <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC3969.pdf>.
- [17] Instituto Nacional de Salud. , « Manual de gestión integral de residuos.,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.ins.gov.co/test2017/PGIRH%20INS.pdf>.
- [18] C. Liao and H. Kao., *Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. Computers & Industrial Engineering, vol. 58.*
- [19] Taborda Almanza, J., & Soto Gomez, K., *Metodología para una propuesta de implementación del SGC bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015, articulado con la GTC ISO 9004:2018.*, Revista Avenir, 2021.
- [20] Ministerio de Transporte, « Decreto 1609,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6101>.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).