

**PROPUESTA TÉCNICA DE UNA HERRAMIENTA DE COMPARACIÓN DE
MÉTODOS DE EMBALAJE POR OCUPACIÓN Y COSTO PARA EL SECTOR
FARMACÉUTICO EN COLOMBIA**

**JUAN SEBASTIAN ERAZO PAEZ
DANIEL ESTEBAN VICTORIA ROBAYO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director
Gustavo Adolfo Salas Orozco
Ing. Industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre:
Firma del director

Nombre:
Firma del presidente jurado

Nombre:
Firma del Jurado

Nombre:
Firma del Jurado

Bogotá D.C. febrero de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana de la Facultad

Dra. Naliny Patricia Guerra Pietro

Director de Programa de Ingeniería Industrial

Msc. Mónica Yinette Suárez Serrano

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Antecedentes	14
1.2 Pregunta problema	15
1.3 Justificación	16
1.4 Delimitación	16
1.5 Hipótesis	17
1.6 Objetivo general	17
1.7 Objetivos específicos	17
1.8 Alcance	18
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1 Marco normativo	19
2.2 Marco histórico	20
2.2.1 <i>Situación ambiental</i>	20
2.2.2 <i>Industria farmacéutica</i>	21
2.3 Marco conceptual	22
2.3.1 <i>Logística de distribución</i>	23
2.3.2 <i>Naturaleza de la carga</i>	23
2.3.3 <i>Carga refrigerada</i>	24
2.3.4 <i>Cadena de frío</i>	24
2.3.5 <i>Clasificación cadena de frío</i>	24
2.3.6 <i>Tecnología de control</i>	25
2.3.7 <i>Operadores logísticos</i>	25
2.4 Marco teórico	26
2.4.1 <i>Procesos operáticos de la cadena de frío</i>	26
2.4.2 <i>Medición y control de temperatura</i>	27
2.4.3 <i>Recepción</i>	28
2.4.4 <i>Almacenamiento</i>	28
2.4.5 <i>Planeación de pedido</i>	29

2.4.6	<i>Alistamiento</i>	30
2.4.7	<i>Cargue</i>	35
2.4.8	<i>Distribución</i>	35
2.4.9	<i>Entrega</i>	36
2.4.10	<i>Ciclo de vida de desarrollo de software</i>	37
3.	DISEÑO METODOLOGICO	39
3.1	Primera fase: levantamiento de requisitos	39
3.2	Segunda fase: arquitectura de la herramienta	39
3.3	Tercera fase: construcción de la herramienta	40
3.4	Cuarta fase: validación de la herramienta	40
4.	RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	41
4.1	Levantamiento de requisitos	41
4.1.1	<i>Requisito 1: tablas parametrizadas de entrada</i>	42
4.1.2	<i>Requisito 2: módulo de configuración</i>	45
4.1.3	<i>Requisito 3: módulo de asignación</i>	47
4.1.4	<i>Requisito 4: Front</i>	49
4.2	Arquitectura de la herramienta	52
4.2.1	<i>Diagrama entidad relación</i>	52
4.2.2	<i>Estructura lógica del sistema</i>	53
4.2.3	<i>Estructura de vista de usuario</i>	55
4.3	Construcción de la herramienta	56
4.3.1	<i>Hojas de entrada (pedidos, recipientes, SKU)</i>	56
4.3.2	<i>Hojas de configuración (área, volumen)</i>	57
4.3.3	<i>Hoja de asignación</i>	60
4.3.4	<i>Hoja de menú principal (Front)</i>	62
4.3.5	<i>Hoja de resumen</i>	64
4.3.6	<i>Hoja de soporte</i>	64
4.4	Caso de uso	64
4.4.1	<i>Apertura del formulario de cotización de carga</i>	65
4.4.2	<i>Preparación y cargue de las tablas que solicita el modelo</i>	65
4.4.3	<i>Cálculo de la cotización a usando la herramienta</i>	67
4.4.4	<i>Revisión de resultados y decisión</i>	67

5. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Diagrama Ishikawa por procesos de la problemática</i>	12
Figura 2 <i>Desarrollo de fármacos en la industria farmacéutica.</i>	22
Figura 3 <i>Esquema de tipos de carga en logística</i>	23
Figura 4 <i>Procesos operáticos Cold Chain Logistics</i>	27
Figura 5 <i>Caja térmica de poliuretano</i>	32
Figura 6 <i>Envirotainer</i>	33
Figura 7 <i>Embalaje pasivo</i>	34
Figura 8 <i>Lista de requisitos priorizada</i>	41
Figura 9 <i>Flujo de proceso para del primer requisito</i>	42
Figura 10 <i>Historias de usuario del primer requisito</i>	43
Figura 11 <i>Elementos de tabla de entrada de pedidos</i>	43
Figura 12 <i>Elementos de tabla de entrada de SKY</i>	44
Figura 13 <i>Elementos de tabla de entrada de recipientes</i>	45
Figura 14 <i>Flujo del proceso para el segundo requisito</i>	46
Figura 15 <i>Historias de usuario del segundo requisito</i>	47
Figura 16 <i>Flujo del proceso para el tercer requisito</i>	48
Figura 17 <i>Historias de usuario del tercer requisito</i>	49
Figura 18 <i>Flujo del proceso para el cuarto requisito</i>	50
Figura 19 <i>Historias de usuario del cuarto requisito</i>	51
Figura 20 <i>Vista de la interfaz de usuario</i>	52
Figura 21 <i>Diagrama entidad relación</i>	53
Figura 22 <i>Lógica del sistema</i>	54
Figura 23 <i>Proceso de la vista de usuario</i>	55
Figura 24 <i>Hoja de pedidos</i>	56
Figura 25 <i>Hoja de recipientes</i>	57
Figura 26 <i>Hoja de SKU Master</i>	57
Figura 27 <i>Hoja de configuración por volumen</i>	58
Figura 28 <i>Tabla dimensiones y áreas de producto</i>	58

Figura 29 <i>Tabla dimensiones y áreas de recipiente</i>	59
Figura 30 <i>Hoja de configuración por área</i>	59
Figura 31 <i>Hoja de asignación</i>	60
Figura 32 <i>Matriz de duración (Hoja de asignación)</i>	60
Figura 33 <i>Matriz de utilización (hoja de asignación)</i>	61
Figura 34 <i>Matriz de costos (hoja de asignación)</i>	61
Figura 35 <i>Hoja de asignación</i>	62
Figura 36 <i>Hoja menú principal</i>	63
Figura 37 <i>Hoja resumen</i>	64
Figura 38 <i>Formulario cotización de carga</i>	65
Figura 39 <i>Resultados de cotización</i>	67

RESUMEN

A lo largo del documento, se realizó un análisis de las problemáticas ambientales generadas por el sector farmacéutico, específicamente en el proceso de distribución y conservación de carga refrigerada, en donde se utilizan recipientes de un solo uso que generan residuos a lo largo de la cadena de suministro. La propuesta técnica conforma una herramienta que tiene como finalidad aumentar la eficiencia en la asignación de embalajes para productos refrigerados en utilización y costo, así como, reducir el porcentaje de utilización de insumos de un solo uso para la distribución Cold Chain en el sector farmacéutico de Colombia, a través de una estrategia de asignación por descarte de recipientes de conservación. Una vez definido el alcance de la propuesta, se sigue una metodología de ciclo de vida de Software, que demanda realizar un levantamiento de requerimiento, diseño de arquitectura lógica, de sistema y de usuario, la construcción de la herramienta, y las pruebas a través de un caso de uso. Finalmente, se plantea una herramienta que permite visualizar alternativas de manera eficiente, que combina y cotiza diversos recipientes de embalaje, en donde el usuario puede percibir un aumento en su productividad y le permite cotizar su operación bajo modalidad de alquiler o única compra

Palabras clave: Embalaje, sector farmacéutico, distribución cold chain, herramienta, asignación, software, ciclo de vida.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal presentar una herramienta que incremente la eficiencia del proceso de asignación de la logística en el sector farmacéutico, utilizando diversas alternativas de embalaje para el transporte terrestre de productos refrigerados en el sector farmacéutico, contemplando y comparando los beneficios que trae como solución en contraste con los recipientes de un solo uso que son los responsables por la huella de carbono en la distribución, en conjunto con sus insumos.

Se plantea evaluar y diseñar una herramienta de asignación de carga para que presente un perfil de consolidación dependiendo de las variables relevantes en un operador logístico, para así, poder establecer un proceso de asignación de contenedores para el transporte de la carga refrigerada. Al analizar al operador logístico se espera encontrar las variables que son determinantes para el proceso de distribución de carga refrigerada, con el objetivo de diseñar un modelo lógico que recopile las variables y las haga interactuar de manera que se obtenga la asignación de los recipientes que mejor convengan al pedido.

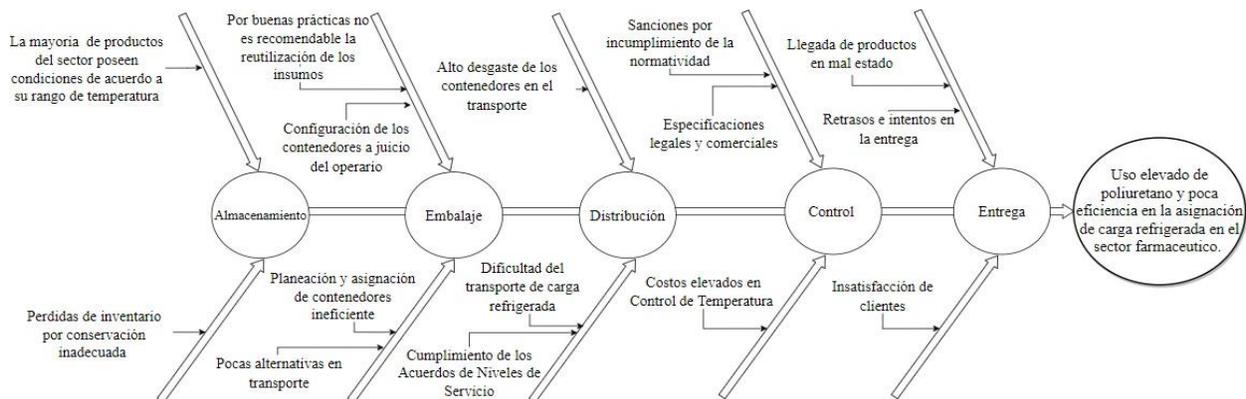
Concluyendo, el presente estudio pretende proponer una estrategia que promueva la cadena de abastecimiento de ciclo cerrado, que pueda ser una solución viable a la disminución de recipientes de un uso, donde no solo reduzca el impacto ambiental, sino que también, mejore el desempeño, la preparación de propuestas comerciales con datos acercados a la realidad de la operación, y aumente la eficiencia en los procesos de consolidación y asignación de carga para la distribución terrestre de la cadena de frío en el sector farmacéutico de Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La logística de distribución en vía terrestre requiere de una serie de procesos, dichos procesos involucran a varios actores que tienen diversos roles, como lo podrían ser los vehículos, el personal, los centros de distribución, entre otros. Parte de los actores del procesológico son los insumos para empaque y embalaje, este depende de la naturaleza de la carga que se transporte, a nivel general, la logística causa una gran controversia mundialmente por la huella de carbono que deja cada movimiento, así como la composición de los materiales y utilizados para la preservación de mercancías.

Figura 1

Diagrama Ishikawa por procesos de la problemática



Nota. La figura muestra las causas de la problemática principal del trabajo de grado representada por un diagrama de Ishikawa.

Para la logística de productos refrigerados se presenta el reto del control de la temperatura en la cadena de suministro, sobre todo a la hora de distribuir o transportar, ya que, si se tiene un control errado de esta temperatura, los productos transportados perderían su valor y tendrán que ser desechados, al ser riesgoso para el consumidor final. Específicamente hablando de productos del sector farmacéutico se debe cumplir con requerimientos legales y comerciales, por lo que, es necesario generar una buena gestión de la cadena de frío. [1]

Un deficiente control de la cadena de frío puede llevar a pérdidas, ya sean en el inventario, en ventas o incluso en sanciones, es, por tanto, que los procesos de la logística en la cadena de frío poseen demasiada importancia para el operador logístico. Sin embargo, se pueden presentar

diferentes deficiencias, ya sean en actividades de distribución, almacenamiento o embalaje, las cuales derivan de un proceso de control y organización de la carga incompleto o ineficiente. [2]

La mayoría de los productos del sector farmacéutico constan de requerimientos específicos de conservación, ya sea la temperatura, humedad, tiempo, etc. Factor que generalmente se resuelve con el uso de contenedores de poliuretano, comúnmente desechables, aquellos, representan un riesgo contundente para el entorno, ya que, debido a las condiciones de calidad del embalaje no son reutilizables y en promedio, los procesos de definición de embalaje toman alrededor de 3 horas en la planeación de estrategias de conservación de carga en una operación nacional. [3]

Los contenedores que mantienen los requerimientos de los productos refrigerados reducen el riesgo de que el producto no llegue al cliente en perfectas condiciones, no siendo el caso, estos recipientes mantienen esos requerimientos solo temporalmente haciendo que la logística detrás de este sector sea más complicada y que la organización y asignación de la carga sea de mucha importancia dentro de la cadena de frío. [2]

Dentro del marco ambiental se puede considerar que la logística es partícipe de una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, no solo por la naturaleza de los combustibles utilizados para transportar las mercancías, sino también por las características físicas de los insumos que preservan el estado de la carga, donde en gran medida se puede destacar el plástico. [4]

Los polímeros tienen una gran resistencia frente a las condiciones ambientales debido a su composición molecular, bajos costes y abundancia, estos se utilizan para proteger la carga en diversas presentaciones, como lo pueden ser los recubrimientos para impermeabilizar los centros de distribución, el plástico para proteger la carga, los componentes de un vehículo, las cajas que permiten mantener a temperatura el producto que no debe ser alterado. [5]

El impacto ambiental negativo que produce el alto uso de recursos como lo son el combustible o los polímeros, se ve reflejado en los ecosistemas, en la calidad del recurso hídrico, en la calidad del aire y en los suelos, para prevenir y corregir, el sector logístico, en concordancia con las agendas ambientales y políticas, deben innovar con iniciativas verdes que promuevan la

economía circular y la sostenibilidad. [5]

La industria farmacéutica está manifestando un impacto medioambiental negativo que, se está convirtiendo en un gran problema. De acuerdo con datos encontrados por la ONG Healthcare Without Harm (HCWH), si el sector sanitario mundial fuera un país, sería el quinto emisor de gases de efecto invernadero más grande del planeta. Se estima que su huella climática global es equivalente al 4,4% de las emisiones netas globales, el equivalente a dos gigatoneladas de dióxido de carbono. [6]

Se puede considerar que el sector farmacéutico es partícipe de una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, produciendo cerca de un 13% más que los fabricantes de automóviles a pesar de tener un mercado 28% más pequeño, dejando en evidencia que este es uno de los sectores más contaminantes. Por otro lado, el 71% de las emisiones se derivan principalmente de la cadena de suministro de atención de salud a través de la producción, el transporte y la eliminación de bienes y servicios. [7]

1.1 Antecedentes

Para disminuir el impacto negativo al ambiente, existen diversas propuestas e investigaciones realizadas por los más grandes operadores logísticos del planeta, donde se contemplan acciones como el uso de flotas que funcionen a base de energía eléctrica, entregas de última milla en bicicletas, centros de distribución amigables con el ambiente, sin embargo, dichas alternativas, al ser de difícil acceso para el sector en general, hacen que los costos tengan un precio elevado. [4]

En las alternativas de estrategias para controlar la temperatura en la logística de cadena de frío, se encuentran caracterizadas por dos tipos de sistemas de refrigeración en donde encontramos la refrigeración activa y la pasiva, las cuales tienen diferentes insumos para el embalaje; ya en la refrigeración activa o de temperatura controlada encontramos embalajes como el Envirotainer capaces de mantener la temperatura constante de los productos, en la refrigeración pasiva encontramos embalajes pasivos como el APX50, Kailbox, SkyCell 770C o incluso las mantas térmicas. Ya caracterizadas las diferentes estrategias o alternativas para el control de temperatura en el cold chain logistics, se concluye que para el contexto colombiano para la distribución

terrestre es favorable el uso de embalajes pasivos, que ofrecen entre 36 horas a 6 días de autonomía al menor costo. [8]

En un proyecto investigativo realizado en la universidad nacional de Trujillo se califican algunas operaciones en la cadena de frío y las principales variantes críticas a las que están sujetos los productos del sector farmacéutico, en donde, se especifica los insumos y herramientas utilizadas el proceso de embalaje, transporte y distribución en donde se utilizan principalmente los contenedores de aislamiento térmico de poliestireno expandido junto a gel refrigerante y registradores de temperatura. Además, se hace referencia a las certificaciones de buenas prácticas de manufactura, laboratorio, almacenamiento, dispensación y de distribución transporte; esto con el objetivo de evitar la pérdida de productos y disminución de desperdicios en el proceso de embalaje, distribución y transporte. [9]

Otros estudios enfatizan en estrategias para cold chain logistics netamente gestionales, en donde se divide en dos secciones la administración de la cadena de frío la orientación al rendimiento del Cold Chain Logistics y tres prácticas de gestión para maximizar el rendimiento del Cold Chain Logistics; estas tres prácticas son las siguientes:

- De “extinción de incendios” a mejora continua.
- Mejor coordinación y responsabilidad.
- Aprovechas al máximo los recursos limitados.

Estas con el objetivo de mejorar el rendimiento de la logística de cadena de frío en países subdesarrollados o en vía de desarrollo. [10]

1.2 Pregunta problema

Frente a los diversos inconvenientes en la cadena de suministro, específicamente, los residuos generados en la distribución y conservación de productos refrigerados en el sector farmacéutico de Colombia, ¿Qué alternativa es viable para disminuir los altos desperdicios en insumos y para mejorar la eficiencia en los métodos de embalaje para la distribución Cold Chain en el sector farmacéutico de Colombia?

1.3 Justificación

La presente investigación va a explorar los métodos que se pueden abordar para mejorar el rendimiento en la presentación de propuestas comerciales y específicamente los ajustes que se deben realizar para la configuración de carga en contenedores para distribución, dado que el análisis de perfiles y configuración de carga en contenedores es un proceso arbitrario y complejo, razón por la que se pretende evaluar de manera lógica-matemática y volumétrica, formas para generar un perfil de apilamiento o consolidación dentro contenedores de diversos tamaños, asimismo, acorde a dichos perfiles de apilamiento o consolidación, se va a diseñar un método de asignación de contenedores según un histórico de embarques que es suministrado por los clientes durante los procesos de licitación, o en uso interno, utilizando pronósticos de la demanda.

Así las cosas, resulta de vital importancia tener claros los lineamientos de la geometría y optimización de carga acorde al análisis de capacidades de los contenedores. Se pretende abordar una serie de temáticas analíticas que optimicen los métodos para asignar carga y definir tarifas, por ello, el estudio se enfoca en el uso de contenedores pasivos reutilizables que representen una alternativa verde, que incentiven la logística circular y permitan analizar el rendimiento económico y práctico en comparación con el esquema actual. [8]

Hay que tener en consideración que la distribución de carga del sector farmacéutico en Colombia genera un alto daño ambiental debido a los materiales utilizados en el embalaje por su baja rotación y baja o nula gestión de residuos contaminantes que afectan al entorno, por ello, incentivar a alternativas verdes que permitan dejar una menor huella de carbono y retornar por medio de logística de reversa, es vital para el cuidado ambiental, sin dejar de cumplir con las expectativas de los clientes, fortaleciendo los métodos de distribución y aumentando la conciencia ambiental en las organizaciones logística del sector farmacéutico en Colombia.[5]

1.4 Delimitación

La presente investigación se realiza para el sector farmacéutico, enfocada a la logística de distribución de salida en Colombia, en las zonas de alto flujo, comprendiendo Zonas Centro, y Norte del país, para productos de refrigeración que requieran de control de temperatura, o también

conocido como Cold Chain Logistics.

El estudio tiene un énfasis experimental, donde los estudiantes se comprometen a la financiación del proyecto y materialización de una herramienta que permita definir el método de embalaje óptimo por utilización y costo para carga refrigerada, cuyo periodo de desarrollo comprende un lapso aproximado de cuatro (4) meses, comprendido entre los meses de agosto y diciembre de 2022.

1.5 Hipótesis

Es posible proponer una propuesta técnica de una herramienta que compare la configuración de métodos de embalaje para la distribución terrestre cold chain en Colombia, por medio una estructura lógica de un perfil de configuración que tenga en cuenta las variables de entrada del producto, método de embalaje, y el pedido, para determinar la utilización por diversos métodos, el embalaje óptimo para cada producto y el costo que corresponda, y de esa manera proponer alternativas para aumentar la rotación de recipientes y reducir los desperdicios en insumos, tanto por único uso, como por imprecisiones a la hora de solicitarlos.

1.6 Objetivo general

Diseñar una propuesta técnica de una herramienta de comparación de métodos de embalaje por ocupación y costo, para productos refrigerados del sector farmacéutico en Colombia.

1.7 Objetivos específicos

- Definir los requisitos principales por medio de un análisis técnico, para la construcción de una herramienta de asignación y consolidación de embalaje.
- Diseñar la arquitectura de la herramienta, conformada por los requerimientos definidos en la fase inicial, con la finalidad de estructurar la lógica de la herramienta.

- Construir la herramienta con la cual se pueda cotizar distintos modelos de embalaje, dependiendo del proceso de configuración, contemplando rendimiento, utilización y costo.
- Validar el funcionamiento de la herramienta a través de un caso de uso como piloto, con la finalidad de controlar posibles en la herramienta.

1.8 Alcance

El estudio contempla el comportamiento de consolidación de carga del sector logístico frente a los productos de refrigeración del sector farmacéutico en Colombia, para ello, se enfoca en los procesos en los cuales se realice la planeación de carga y sea controlado por el operador logístico, dada la alta volatilidad y variabilidad del cliente al entregar la carga, por lo cual, se contemplan los procesos de recepción, almacenamiento, planeación de pedido, alistamiento, cargue, distribución y entrega.

Con el objetivo principal de soportar en los procesos de definición de embalajes y optimización de la planeación y configuración de pedido, se postula la presentación de una herramienta que facilite la asignación y consolidación de carga para la distribución terrestre de cadena de frío de los productos farmacéuticos en Colombia.

Teniendo en cuenta esto para el cumplimiento de este objetivo se debe realizar un reconocimiento de los componentes y procesos enfocados a las necesidades del usuario, así como, la forma de validación de estas. Para así, concluir con la identificación de los parámetros para el diseño de la herramienta de comparación de métodos de embalaje, finalizando con una prueba a la herramienta para validar el funcionamiento y encontrar posibles fallos.

2. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente espacio se evidencian referencias relevantes sobre conceptos, estudios de caso, teorías, historia y antecedentes legales necesarios para respaldar y cumplir con los objetivos de la investigación.

2.1 Marco normativo

- DECRETO 482 DEL 26 DE MARZO DE 2020, MINISTERIO DE TRANSPORTE: norma que define las medidas sobre la prestación del servicio de transporte e infraestructura, dentro del estado de emergencia económica, social y ecológica. [11]
- DECRETO 1609 DEL 31 DE JULIO DE 2012: establece los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en todo el territorio nacional y tiene como fin minimizar los riesgos, garantizar la seguridad y proteger la vida y el medio ambiente. [12]
- RESOLUCIÓN 003690 DEL 17 DE AGOSTO DE 2016: Guía de estabilidad de medicamentos biológicos. [13]
- ART. 245. LEY 100 DE 1002 EL INSTITUTO DE VIGILANCIA Y CONTROL DE ALIMENTOS: créase el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos Invima, como un establecimiento público del orden nacional, adscrito al Ministerio de Salud, con personería jurídica, patrimonio independiente y autonomía administrativa, cuyo objeto es la ejecución de las políticas en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos médico quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva. [14]
- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 4435 1998-07-22 TRANSPORTE DE MERCANCÍAS. HOJAS DE SEGURIDAD PARA MATERIALES. PREPARACIÓN. E: TRANSPORT OF GOODS. MATERIAL SAFETY DATA SHEETS PREPARATION: DESCRIPTORES: document técnico; guía metodológica; hojas de seguridad; ficha técnica; mercancías peligrosas; seguridad industrial. – requisitos. I. C. S.: 13. 300. 01. 110. 00 editada

por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) apartado 14237 Bogotá, D.C. – Tel 6078888 – Fax 2221435 prohibida su reproducción. [15]

- ISO 14040:2006 GESTIÓN AMBIENTAL – ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA: esta Norma Internacional describe los principios y el marco de referencia para el análisis del ciclo de vida (ACV) incluyendo la definición del objetivo y el alcance del ACV, la fase de análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), la fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), la fase de interpretación del ciclo de vida, el informe y la revisión crítica del ACV, las limitaciones del ACV, la relación entre las fases del ACV, y las condiciones de utilización de juicios de valor y de elementos opcionales.[16]

2.2 Marco histórico

2.2.1 Situación ambiental

La crisis ambiental de contaminación por los altos niveles de CO₂ en la atmósfera durante las últimas décadas es altamente preocupante y es tema de estudio en la actualidad, se pretenden desarrollar herramientas y estrategias para disminuir la huella de carbono, causada por los niveles descontrolados de producción y la gestión de recursos del ecosistema, así como también el manejo adecuado de los residuos al finalizar su ciclo de vida. [4]

Durante finales del siglo XX, un grupo de líderes mundiales, en conjunto con la ONU, adoptaron una serie de objetivos globales para erradicar la pobreza, cuidar el planeta y asegurar prosperidad por medio de la agenda ambiental que engloba 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde cada objetivo tiene metas específicas y deben alcanzarse en un plazo de 15 años.

En conformidad con el Acuerdo de París, acuerdo internacional de las Naciones Unidas que se enfoca en el cambio climático y establece medidas para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el cual define que la economía circular consiste en evitar el alto consumo de residuos y combustibles fósiles mediante el arrendamiento, utilización, reparación y reciclaje de materiales y productos existentes. [5]

Tiene como objetivo aportar positivamente al cambio climático para afrontar el impacto a la biodiversidad, generar métodos de gestión de residuos y disminuir paulatinamente la

contaminación, se encuentra en contrariedad a la economía tradicional que engloba modos de producción lineales y sin retorno de residuos.

En concordancia con la agenda ambiental en el mundo, muchas organizaciones se encuentran investigando alternativas sostenibles que disminuyan la huella de carbono e impacten positivamente en la industria, acoplándose a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a la economía circular, por medio del análisis de circularidad de los agentes de la cadena y del ciclo de vida de los productos.

en ese marco, se articula con la economía circular, dentro de una cultura de sostenibilidad propiciada por el fomento de una actitud responsable de consumo inducida por las artes que genere una reciclabilidad de los residuos en pro de reincorporación a la vida útil de manera cíclica no lineal. No solamente ello se lograría, sino también una disminución del 60% del consumo energético que se requeriría para producir un producto igual, lo cual impactaría ambientalmente al reducir la huella de carbón, generando un impacto social en la creación de empleos a través de sus seis ciclos de líneas de acción. En primer lugar, materiales y productos industriales; segundo, materiales de envases y empaques; tercero, optimización y aprovechamiento de biomasa; cuarto, ciclo del agua; quinto fuentes y aprovechamiento de energía; sexto, gestión de materiales en centros urbanos, y séptimo, comunicación y cultura ciudadana dadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. – Edilson Bello [5]

2.2.2 Industria farmacéutica

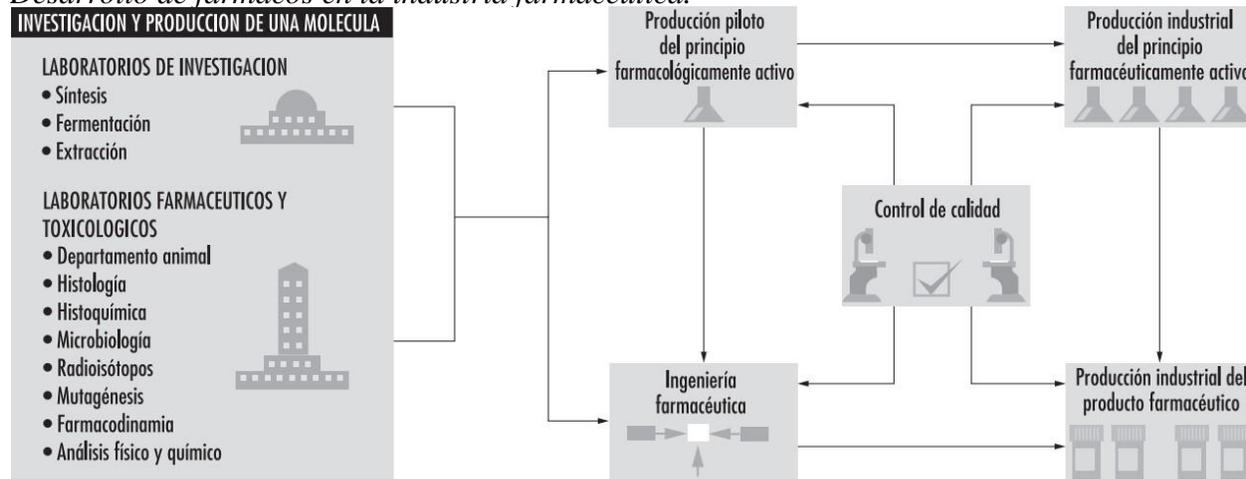
La industria farmacéutica hace parte del sector de la salud, se enfoca principalmente en el descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos para la salud de humanos y animales. Se constituye por entidades públicas y privadas dedicadas a prevenir o tratar diversas enfermedades y alteraciones médicas.

La industria colombiana está sometida a leyes, reglamentos y políticas aplicables al desarrollo y aprobación de medicamentos por medio de entidades gubernamentales como lo puede ser el Instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA). Los cuales mantienen el control de calidad y las regulaciones de fabricación, así mismo como la supervisión de los principios activos para el desarrollo de medicamentos. [1]

Así como se expresa de manera esquemática en la figura 2, el desarrollo de fármacos en la industria farmacéutica mantiene una línea de proceso en donde parte del desarrollo de principios activos por parte de los laboratorios de investigación, luego de su aprobación es probable que sea necesario un proceso de ingeniería farmacéutica para implementar mejores prácticas, o de lo contrario se inician pruebas piloto del principio activo. Si el producto es conforme en las pruebas de control de calidad puede iniciar su producción industrial desde el principio y, por consiguiente, la producción del producto farmacéutico. [17]

Figura 2

Desarrollo de fármacos en la industria farmacéutica.



Nota. La figura expresa el proceso para el desarrollo de fármacos en la industria farmacéutica, Tomado de: Tait, Keith. Industria farmacéutica. En: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Vol. 79, 2012; Pág. 2

Los productos farmacéuticos hacen parte de la línea vital de la sociedad, se constituyen según el DANE por subsectores, antibióticos, medicamentos, productos biológicos, productos químicos orgánicos y vitaminas, y por lo tanto, es necesario transportarlos a lo largo del mundo, para ello es necesario definir a qué tipo de producto o carga están asociados los productos farmacéuticos, debido a que por sus condiciones físicas o químicas, su logística es particular, los procesos de distribución, almacenamiento y embalaje deben tener especial cuidado. [17]

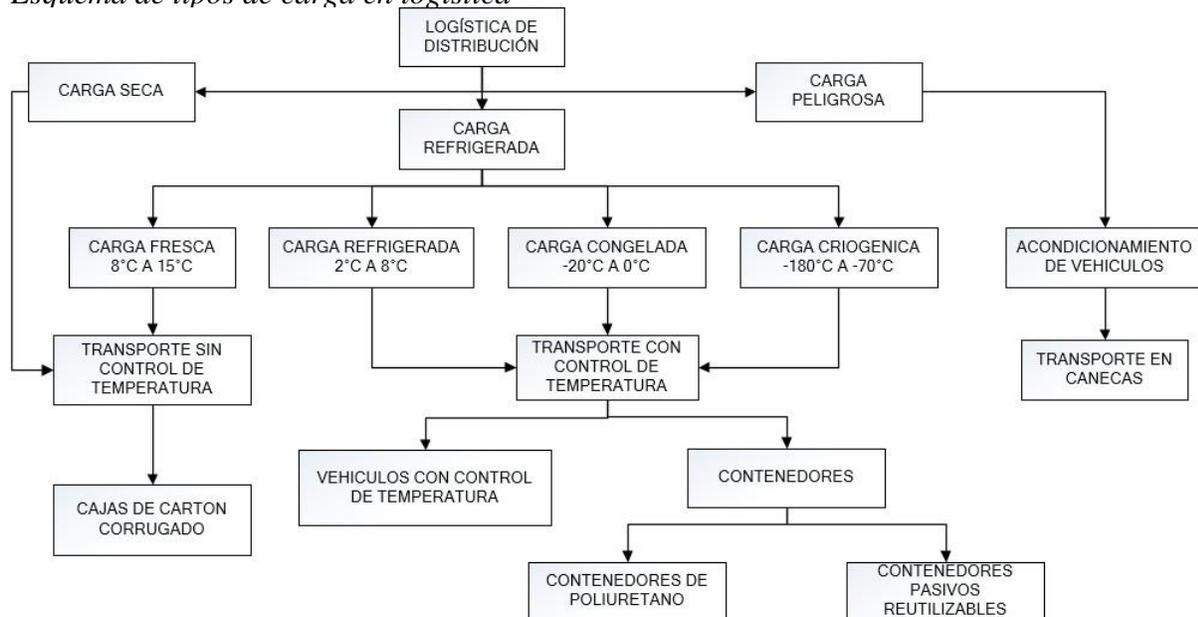
2.3 Marco conceptual

2.3.1 Logística de distribución

La distribución es una de las fases de la logística, su enfoque está dirigido a determinar el mejor sistema para colocar el producto donde el cliente lo necesita. Esta fase también requiere de un alto grado de eficiencia, ya que exige una serie de gastos operativos los cuales deben ser lo mínimos posibles. La logística de distribución, también conocida como logística de salida, es una etapa o fase de la cadena de suministro que se encarga de gestionar las actividades relacionadas con la distribución de productos hacia los compradores, incluyendo almacenaje y entrega y su tratamiento depende de la naturaleza de la carga. [18]

Figura 3

Esquema de tipos de carga en logística



Nota. Tipología, rangos de temperatura y preparación para la distribución por cada tipo de carga.

2.3.2 Naturaleza de la carga

La naturaleza de la carga depende del tipo de producto que se pretende transportar, así como de ella dependen los procesos de embalaje, carga y despacho, dicha carga se puede categorizar por sus características físicas y químicas, como se puede observar en la figura anterior, la carga se divide en seca, refrigerada y peligrosa.

Los requerimientos para tratar carga seca varían de la fragilidad de esta, así como la carga refrigerada debe ser conservada de acuerdo con el ciclo de vida del producto, y finalmente la carga peligrosa debe ser tratada bajo la normatividad y estándares requeridos, ampliando los procesos de embalaje o preparación del vehículo. [5]

2.3.3 Carga refrigerada

Cuando se refiere a logística, la carga refrigerada incluye mercancías que deben tener un control de temperatura, tanto en los procesos de almacenamiento como durante la distribución, por lo que el valor económico y la calidad de la carga depende de la conformidad de estas condiciones. Esto se aplica específicamente a los productos alimenticios, medicinales, farmacéuticos y químicos. [19]

2.3.4 Cadena de frío

Cold Chain o Cadena de frío es conocida como el flujo que requiere la estabilidad de la temperatura, específicamente bajas temperaturas, en los procesos de almacenamiento o distribución, de un producto que lo requiera. Es una estrategia requerida para los procesos logísticos de carga refrigerada en diversos sectores, específicamente en alimentos y productos farmacéuticos. [20]

2.3.5 Clasificación cadena de frío

Las familias de temperatura de almacenaje y distribución que se utilizan debido a las condiciones de almacenamiento y conservación de carga refrigerada se dividen conforme a las especificaciones del producto, los productos que requieren un mayor nivel de refrigeración son aquellos que tienen compuestos o principios activos que necesitan estabilidad térmica para cumplir su función.

- Temperatura ambiente (zonas climáticas).
- Fresco: 8°C a 15°C.
- Refrigerado: 2°C a 8°C.

- No congelar: $> 0^{\circ}\text{C}$.
- Congelado: $< -20^{\circ}\text{C}$.
- Congelación criogénica: -70 o -180°C .

Los parámetros que definen los rangos de temperatura en un objeto están restringidos por las condiciones individuales del mismo, por lo cual, es importante para los procesos de inbound y outbound, tener claras de las restricciones operativas de cada caso, cada proceso de transporte y almacenamiento parte de diversas estrategias e infraestructura para asegurar la cadena de frío o el rango de temperatura ideal. [20]

2.3.6 Tecnología de control

El seguimiento es ideal realizarlo con la tecnología adecuada que se vincule al instrumento y que acompañe la carga y la controle, el programa debe contar con un software que permita gestionar los procesos de transporte, así como también las pruebas técnicas que se deben llevar a cabo con la operación de carga refrigerada, es relevante tener personal calificado y capacitado.

El resultado y el éxito de la tecnología de seguimiento para la operación de transporte y almacenamiento se les conoce como WMS(Warehouse Management System) para almacenamiento, OMS(Operative Management System) para operabilidad y TMS(Transport Management System) para transporte, la trazabilidad de la operación, específicamente en el proceso de transporte se mide utilizando un histórico de embarques, el cual idealmente debe contener Fecha de entrega, Número de orden, Ciudad/Municipio/Departamento de Origen, Ciudad/Municipio/Departamento de Destino, Segregación por SKU, Familia de producto, Cajas/bultos liquidados, Cantidad de unidades liquidadas y Rango de temperatura.[21]

2.3.7 Operadores logísticos

Un operador logístico es un proveedor que por encargo de su cliente diseña, gestiona y ejecuta todas o parte de las actividades logísticas en las distintas fases de la cadena de suministro. Un operador logístico no solo se encarga de intervenir con la carga del cliente y entregarla a un punto de destino. Estos también, desarrolla un proceso de gestión de la cadena de suministro para cumplir

con las necesidades logísticas de cada cliente. [22]

Los operadores logísticos que tercerizan procesos dentro de la cadena de frío precisan de una gran especialización en los procesos de logística, para así garantizar el control de la temperatura de los productos que requieren de un rango de temperaturas específico. Muchos de los sectores que lleguen a necesitar de este servicio presentan diversas particularidades o diferentes estrategias logísticas, lo que hace que exista desconfianza en subcontratar estos procesos por la ruptura de la cadena de frío. [22]

En el caso de Colombia, los operadores logísticos se encuentran en conflicto constante y competitividad, debido a que en la última década ha proliferado la tecnología para controlar los procesos de conservación, control y medición de temperatura, el gran reto en la distribución en Colombia para 2022, es llevar a cabo los procesos de almacenamiento, embalaje y distribución adecuados, sin que representen un alto impacto al medio ambiente. [23]

Para la gestión de cadena de frío en Colombia, los operadores logísticos se enfrentan a diferentes retos que van desde el contacto y confianza con el cliente, así como cumplir con su misión entregando la carga On Time y Full Charge, para satisfacer esas necesidades sin perturbar el medio ambiente, se deben considerar las alternativas verdes para última milla y transporte nacional o internacional aéreo, marítimo o terrestre. [23]

2.4 Marco teórico

2.4.1 Procesos operáticos de la cadena de frío

Figura 4

Procesos operáticos Cold Chain Logistics



Nota. La figura representa el orden y el nombre de los procesos operativos de la logística de cadena de frío

La Figura 3 representa los procesos operativos y la infraestructura del flujo de la logística de cadena de frío, aun cuando es similar a los procesos de distribución convencionales, los parámetros que marcan la distinción de la distribución de cadena de frío son aquellas estrategias que se utilizan para realizar el control de temperatura

2.4.2 Medición y control de temperatura

El aspecto fundamental que asegura una correcta gestión de la cadena de frío es la medición y control de temperatura, dicho aspecto consiste en registrar con los instrumentos correctos la temperatura con muestras constantes y generando alarmas en caso de variación en las condiciones de la carga, este proceso garantiza el cumplimiento de las temperaturas en las que puede oscilar el producto, de otra manera puede representar un riesgo para el consumo o el uso adecuado del mismo. [20]

Algunos instrumentos de medición que se utilizan para medir y controlar la temperatura en los procesos de distribución y almacenamiento para carga refrigerada son:

- Termómetro portátil: instrumento electrónico utilizado en la logística de distribución para la medición de la temperatura de un ambiente o espacio controlado usualmente operado por un operario.
- Termógrafo: dispositivo que, además, de medir la temperatura la registra y permite controlar la cadena de frío para productos refrigerados.

- Termómetro fijo: dispositivo usualmente equipado en instalaciones frigoríficas de naves industriales, comercios y vehículos de transporte que miden y registran la temperatura de un espacio controlado.
- Datalogger electrónicos de temperatura: son grabadores que monitorean la temperatura a intervalos programables y guardan el historial de temperatura en un sistema periférico.

Los aparatos de medición y control de temperatura deben tener una precisión que oscile entre 0°C y 1°C y estar en el rango de -30°C y 20°C, idealmente con un grado de respuesta de 90% de diferencia en el delta de medición por tiempo y debe tener el certificado de calibración que valide que es un instrumento que se puede utilizar para medir las condiciones de la carga. [8]

2.4.3 Recepción

El recibo de mercancía consta de los procesos de recepción, revisión y transporte interno al almacenamiento de productos, en el caso de carga refrigerada, a la cámara de refrigeración o también conocido como cuarto frío, para los productos que tengan un rango de temperatura de 2°C a 8°C y en caso de requerir temperaturas inferiores a los 0°C se le denominan cuartos de congelación o criogénicos, su proceso desde el descargue, revisión, recepción y recorrido a los cuartos de refrigeración, no debe superar los 30 minutos.[2]

2.4.4 Almacenamiento

Es importante que el almacenamiento en los procesos de cadena de frío mantenga la temperatura bajo diversos parámetros que estén acorde a las metodologías y prácticas recomendadas para mantener la calidad del inventario.

Las siguientes recomendaciones están conformes a las disposiciones de almacenamiento de Buenas Prácticas de Almacenamiento, reglamentadas por la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (Digemid) y Good Manufacturing Practices (GMP) de la Food and Drug Administration (FDA). [19]

- Áreas separadas e identificadas de manera adecuada y situadas por cliente, temperatura y

rotación del inventario de acuerdo con el mapa de calor de la instalación.

- Cuarentena: se debe considerar un área de cuarentena que permita separar los productos en la recepción de los que se encuentran almacenados, donde se realice el control de calidad y en tal caso de devoluciones, así como de ser posible tener dicha carga en una zona separada por rejillas.
- Libre disponibilidad: tener los productos con la aprobación para su comercialización o distribución acorde a los requerimientos.
- Devoluciones: compartimentar áreas de devolución que permita separar los productos según el destino, dependiendo de la calidad del producto de devolución.
- Controlados: productos cuyos principios activos están conformados por una o más sustancias controladas por el Decreto 023 de Digemid, dado que estos productos se venden bajo receta médica y deben estar bajo llave.
- Identificación de ubicaciones: divisiones de estanterías que permitan identificar las posiciones de almacenamiento.
- Almacenamiento de materiales de embalaje y refrigerantes: es recomendable tener un área de almacenamiento para los insumos como geles de refrigeración, contenedores o mantas, etc.
- Control de acceso: una cámara de refrigeración debe tener una puerta reforzada de acceso que permita mantener el aislamiento de temperatura, así como tener un control de acceso manual o electrónico.
- Condiciones de almacenamiento: evitar el contacto entre contenedores o con el piso de la cámara, contar con luz de emergencia, limpieza e indicaciones de emergencia.
- Control tecnológico: es recomendable que tenga control de WMS y ubicar los puntos de calor para la instalación de sensores de control de temperatura.

2.4.5 Planeación de pedido

La planeación de órdenes es el proceso que define cómo se va a ejecutar la distribución, y la cual organiza y control los procesos de transporte, así como la gestión de vehículos e insumos requeridos, en primer lugar, se debe recibir la orden de pedido del cliente por medio del software para luego realizar la planeación, para dicho proceso se deben considerar los siguientes parámetros:

2.1.1.a. Método de distribución. La distribución se puede llevar a cabo de forma aérea, terrestre o

marítima, dependiendo del cliente, el costo asociado a los movimientos puede depender del costo por peso volumétrico (KG Volumétrico) o el costo del vehículo, el método depende netamente del cliente o del operador logístico, de la naturaleza de la carga, la tecnología, los insumos y flota disponible. [22]

2.1.1.b. Ruteo. Con el método de distribución se define la ruta que se va a tomar, a nivel marítimo se costea sobre el contenedor y a nivel aéreo hay un costo por peso volumétrico, en caso de ser terrestre puede ser una ruta directa, en la cual se debe alquilar el vehículo completo o en caso de ingresar a alguna red de distribución se contempla el tramo de recogida de mercancía (TR0), luego la ruta entre los centros de distribución o también llamados nodos de la red (TR1) y el recorrido de entrega de la mercancía al cliente final conocido como Última Milla (TR2), en los 3 recorridos se pueden utilizar 3 o más vehículos y se consolida la carga, por lo que el costo se define por el peso volumétrico involucrado. [19]

2.1.1.c Planeación Vehicular. Se definen los vehículos que se van a utilizar y los agentes que serán partícipes del proceso de distribución, debido a que la carga se puede mover por distintos centros de distribución o vehículos es necesario definir políticas de aseguramiento de la carga bajo el valor económico declarado de la carga y definir la planeación de capacidades por tiempo y volumen de producto, para agendar los tiempos de llegada al cliente. [18]

2.1.1.d. Planeación De La Carga. La planeación de la carga conlleva definir el embalaje que se utilice para la distribución, el tipo de carga, el picking y la configuración de la carga dentro del embalaje, para ello, es necesario tener los perfiles de consolidación, que se generan a partir del SKU máster que contiene las dimensiones de cada producto, con ello se define el tipo de contenedor (cartón corrugado, icopor o CPR).

Los perfiles se pueden determinar bajo distintas pruebas de agrupamiento en la cámara de refrigeración o también, si se dispone de las medidas y tipologías, se puede realizar un análisis geométrico de consolidación, el cual consiste en agrupar por volúmenes o por áreas. [21]

2.4.6 Alistamiento

2.4.6.a Picking. El picking o preparación de pedidos es una actividad que consiste en la recogida y combinación de cargas de uno o varios pedidos, dicho proceso es donde se acata la configuración

requerida para cada tipo de embalaje que se utilice y se realiza el alistamiento, para luego ser enviado al cliente por medio del transporte que se defina. [20]

Las recomendaciones para el proceso de picking en la logística de distribución de cadena de frío son:

- Equipo de protección (guantes, gorro, traje, abrigo térmico, zapatos) que mantengan la temperatura corporal.
- Por cada 90 minutos en el cuarto de congelación se debe tomar un receso de 15 minutos.
- Se debe mantener un movimiento constante durante el picking de producto en el cuarto frío.
- Los productos deben estar identificados y ubicados en lugares de fácil accesibilidad, así como también, contar con buena iluminación.

2.4.6.b Embalaje. El embalaje para productos de carga refrigerada depende del tipo de carga y la disponibilidad de los insumos. Para lograr las condiciones necesarias para mantener la refrigeración se requiere de un estudio previo, un diseño de embalaje y pruebas de calificación de diseño que van de la mano con el desarrollo del perfil térmico de la ruta por donde el producto circulará.

Contando con las especificaciones de la cadena de frío para productos refrigerados, y con la necesidad de transportar y distribuir estos productos a todas las partes del mundo se buscan técnicas para mantener refrigerado en el rango óptimo de temperatura y tiempo. [8]

- Refrigeración pasiva: estas técnicas de refrigeración buscan el acondicionamiento de espacios sin el uso de dispositivos de enfriamiento de consumo energético o intercambiadores de calor.
- Refrigeración activa: la refrigeración activa requiere efectuar un trabajo para extraer la energía en forma de calor del sistema y por ello es necesaria la instalación de refrigeradores.

El objetivo del insumo que deba embalar carga refrigerada debe ser mantener a temperatura la mercancía, por lo cual para dicho fin se utilizan, en principio, las siguientes estrategias:

- Cajas térmicas de poliuretano expandido: conocidas como cajas de icopor, pueden variar sus tamaños o sus especificaciones, se utilizan con mayor frecuencia debido a su valor económico accesible, sin embargo, en su mayoría no son reutilizables, dado su alto costo de retorno desde el nodo de destino. Su tiempo de congelación se estima alrededor de 2 días como máximo, lo que en la mayoría de los casos representa un costo por transporte aéreo, y se configura con 3 pilas de agua o geles térmicas, y un sensor de temperatura digital. [8]

Figura 5

Caja térmica de poliuretano



Nota. Imagen que representa la utilización de la caja térmica de poliuretano

- Sistemas de embalaje de temperatura controlado: Tipo de embalaje activo para productos refrigerados o termolábiles que deben ser alimentados continuamente por una fuente electrónica. Utilizado usualmente en el sector de la salud para el almacenamiento de productos o componentes químicos o biológicos y para el transporte aéreo para productos farmacéuticos, que mantienen la temperatura interna del contenedor haciendo uso de conexiones eléctricas o baterías; dentro de este tipo de contenedores el RKNe1 es un elemento unitario de carga (ULD) certificado para carga aérea, capaz de garantizar la gestión sin fisuras de toda la cadena de suministro sin importar el lugar de salida o destino al que se dirija el producto.[8]

Figura 6

Envirotainer



Nota. Imagen de un contenedor envirotainer para embalaje activo. Tomado de: <https://www.novologistica.com/maritimo-y-aereo/thermo-king-y-envirotainer-preparados-para-el-transporte-aereo-seguro-con-control-de-la-temperatura-de-la-vacuna-contra-la-covid-19/>

- Embalajes Pasivos: Populares en Colombia en el sector farmacéutico como medios de congelación, son contenedores compuestos de varias capas térmicas y paredes de aislamiento que permiten mantener refrigerados los productos, usualmente funcionan bajo un modelo de arrendamiento y por lo mismo no es una alternativa económica, aun así, permite generar logística de reversa y cubrir demandas anuales con mayor efectividad. Su tiempo de congelación es aproximadamente de 3 a 4 días, lo que representa una oportunidad en el transporte terrestre, su configuración es interna con 6 paneles de congelación, una bolsa plástica que recubre el cartón corrugado que transporta el producto. [8]

Figura 7

Embalaje pasivo



Nota. Imagen de la configuración de un embalaje pasivo reutilizable.

- **Manta térmica:** Membrana constituida con una o dos láminas exteriores de aluminio, dos láminas de polietileno de baja densidad y burbujas de aire encapsulado adheridas entre estas últimas. El aluminio puro de la manta térmica refleja el 97% de la radiación calórica. A su vez las burbujas de aire encapsulado minimizan la conductividad térmica del producto. [8]
- **Vehículos refrigerados:** Los vehículos refrigerados usualmente se utilizan cuando hay un vehículo dedicado a la demanda constante de un traslado fijo, por lo cual es una opción solo en caso de requerir una gran capacidad constantemente, dado que un vehículo acondicionado a las condiciones de refrigeración mantiene unos costos relativamente altos a comparación de otras opciones, el costo también depende de la capacidad del vehículo. En caso de utilizar un camión con sistema de refrigeración, el embalaje es en cajas de cartón corrugado y a granel o paletizado. [18]

La solución de embalaje que se implemente depende netamente de los recursos y el objetivo que tenga la organización, dado que cada opción tiene sus virtudes y debilidades, en el sector farmacéutico, en su mayoría, el transporte se realiza con cajas térmicas de poliuretano expandido, dado su valor económico y practicidad.

En estudios realizados por dos profesores de la Universidad EAN, Pablo Ocampo y Luis Rodríguez, se han obtenido resultados favorables en el uso de contenedores pasivos reutilizables,

donde en sus pruebas, se determina una mejor conservación de la carga debido a que disminuye la manipulación de terceros a la carga durante la distribución con un rendimiento de 120 horas de conservación de refrigeración y Se demuestra un beneficio en la reducción de un 15% de sus costos, específicamente en fletes de importación y en la disminución del flete de transporte del aeropuerto destino a la bodega en el centro de distribución operador logístico.[8]

2.4.7 Cargue

Teniendo la consolidación y el embalaje listo, se debe realizar un control de los insumos por cada contenedor (Pilas, Geles, Sensor) y se realiza una inspección visual de cada bulto, para luego cargar en el vehículo con la cuadrilla bien sea por carga a granel o paletizado. Es recomendable que el perfil de apilamiento en el camión no exceda un nivel a menos de tener un vehículo acondicionado para el almacenamiento seguro de los contenedores. [9]

Los procesos de carga varían acorde a las necesidades del nodo de destino, por lo cual se pueden presentar las siguientes variaciones en el proceso.

- Carga general: artículos individuales compuestos por cantidades pequeñas.
- Carga suelta: bienes sueltos manipulados y separados por tubos.
- Carga paletizada: carga general o carga suelta, agrupada por estibas, conformado un pallet o contenedor.
- Carga a granel: existen diferentes tipos, líquido, sólido o seco, los gráneles se almacenan en tanques o silos y se transportan por bandas o ductos.

2.4.8 Distribución

El transporte de cadena de frío puede ser por medios terrestres y aéreos, no se recomienda transporte marítimo a menos que haya un sistema de congelación a bordo, ya que en concordancia con la planeación de las rutas hay que tener en cuenta que los tiempos desde la salida hasta la entrega al nodo de destino, no debe exceder las 120 horas, de no cumplirse, es motivo de rechazo y devolución. Es importante realizar un seguimiento de cada pedido, así como de cada vehículo.

Se debe tener planes de contingencia en caso de emergencias. [8]

Es relevante considerar las siguientes recomendaciones para el proceso de transporte:

- El apilamiento de carga en vehículos con control de temperatura o de refrigeración activa no debe restringir la salida de aire del evaporador y debe permitir que el aire regrese al mismo.
- Evitar el contacto de la mercancía con el aire del medio ambiente y los puntos calientes del vehículo.
- Es obligatorio el mantenimiento preventivo de furgones, camiones y refrigeradores.
- No abrir las puertas más tiempo del requerido por los procesos de transporte.
- No trocar o mezclar productos que requieren diferentes condiciones térmicas o de apilamiento.

2.4.9 Entrega

El proceso de entrega tiende a ser el más complejo debido a que es el momento donde el cliente inspecciona el producto y las condiciones de tiempo y la calidad del producto entregado, por ello es el proceso que dictamina si un producto es devuelto o rechazado por averías o no conformidades. [18]

El proceso de entrega es crucial en Cold Chain Logistics debido a que se debe ingresar el contenedor al cuarto de congelación del cliente en el tiempo que no se perjudique la refrigeración, por ello se debe considerar las condiciones del nodo destino, como sus ventanas de tiempo, el tiempo de servicio y las condiciones de la infraestructura del cliente, con la finalidad de realizar una entrega correcta de acuerdo con la planeación. [18]

Las entregas tienen cierta particularidad, especialmente en el sector farmacéutico de Colombia y es que la entrega tiene modalidades de acuerdo con el cliente, puede tener diversas sedes que reciban el producto a lo que se le denomina intentos en la entrega, puede incluir citas o mallas de recepción de producto. [18]

Con el objetivo de mantener la trazabilidad de la operación es ideal instaurar políticas de pruebas de entrega (PoD) cuando se llega a destino. Una Prueba de Entrega (Proof of Delivery) es un método para constatar que el cliente recibe su pedido enviado por el remitente, es un documento

que permite realizar seguimiento a los viajes y pedidos, ayudando así a documentar el proceso y tener registro de las entregas, las quejas, la recepción de pagos (de ser necesario) y las no conformidades para realizar la gestión de logística de reversa. [24]

2.4.10 Ciclo de vida de desarrollo de software

Con el objetivo de desarrollar una propuesta técnica de una herramienta funcional para lograr la consolidación y asignación de métodos de embalaje, es requerido tener un entendimiento de los pasos básicos para construir adecuadamente una herramienta de software. Los pasos para la construcción constan de levantar requerimientos, diseñar arquitectura, construir la herramienta y probarla. [25]

- Levantamiento de requerimientos: El proceso de levantamiento y análisis de requerimientos, demanda que el analista haga un análisis de los requisitos que conforman la constitución de la herramienta, y así mismo, es relevante generar una priorización en esos requerimientos que se pretenden desarrollar. Finalmente, cada requisito debe ser especificado a través de historias de usuario, las cuales desglosan las necesidades del cliente y el flujo lógico que compone su funcionamiento, en conjunto con los criterios de aceptación que definen que la historia ha sido desarrollada adecuadamente. [25]
- Diseño de Arquitectura: La arquitectura se conforma por el desglose de los requisitos especificados durante la fase del levantamiento de requerimientos, conectando visual y lógicamente el funcionamiento de la herramienta, desde la perspectiva del sistema, del usuario, e internamente, bien sea a través de diagramas UML, BPMN, Entidad Relación, de Clases, entre otros, dependiendo de la tecnología que se pretenda diseñar y desarrollar. [25]
- Construcción: La construcción de la herramienta se desarrolla en el momento que se tienen claros los requerimientos, así como la arquitectura, en este punto, se llevan a cabo los requisitos de mayor prioridad o determinantes para la consolidación de la herramienta, como lo pueden ser los niveles básicos que sustentan las entradas del sistema, luego en consecuencia se desarrollan y prueban unitariamente los componentes de la herramienta. [25]
- Pruebas: Las pruebas de una herramienta de software se conforman por las pruebas unitarias, que en la mayoría de los casos son ejecutadas por el desarrollador, o que también

pueden ser automatizadas, son aquellas pruebas que verifican componentes de menor dimensión, para luego, integrar los componentes en un solo programa, en donde se desarrolla la segunda fase de pruebas, que consiste en la prueba generada a la integración del programa. Validado el programa internamente, se realizan pruebas con el funcionario para dar un visto bueno al desarrollo de la herramienta. [25]

3. DISEÑO METODOLOGICO

El presente trabajo de grado tiene un enfoque cuantitativo de alcance experimental, debido a que, es necesario un análisis de los datos, y, además, el diseño de la herramienta propuesta exige un tratamiento numérico de información, y procesos que permitan conformar la arquitectura que constituya la herramienta. Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza un modelo de diseño de software orientado a desarrollo con el que se abordan una serie de fases compuestas para lograr los objetivos.

3.1 Primera fase: levantamiento de requisitos

Esta fase abarca el primer objetivo del proyecto, en donde se identifican requisitos principales, por medio de un análisis técnico. Por lo que, teniendo en cuenta que la finalidad del proyecto es diseñar una herramienta, se pretende utilizar conceptos de desarrollo de software como lo son requisitos, historias de usuario, interfaces y criterios de aceptación, para el levantamiento de requerimientos necesarios y construcción de la herramienta comparativa de carga refrigerada.

El requerimiento consta de los requisitos, y estos a su vez se conforman de un flujo para el proceso del requisito e historias de usuario que especifican el mismo, junto a los criterios de aceptación para validar que cada historia de usuario cumpla con el requisito. Con esto se da paso a la segunda fase del proyecto.

3.2 Segunda fase: arquitectura de la herramienta

Ya en la segunda fase, que se enfoca en el segundo objetivo de diseñar la arquitectura haciendo uso de los requisitos definidos en la fase anterior. Los requisitos dan paso a entender el proceso general que conforma la herramienta, con lo que se podrá determinar la estructura lógica del sistema; que define el paso a paso del funcionamiento interno de la herramienta, así como un modelo de entidad relación que constituye su base estructural, y en conjunto con el flujo del proceso de cara al usuario, se define la arquitectura de la herramienta para dar paso a la siguiente fase.

3.3 Tercera fase: construcción de la herramienta

En consecuencia, a las fases anteriores, se puede dar paso a la tercera fase del proyecto, en donde, a partir de la arquitectura conformada por la lógica del sistema, la vista de usuario y el modelo entidad relación, se comienza con la construcción de la herramienta, con la cual se pueda cotizar distintos modelos de embalaje, dependiendo del proceso de configuración, contemplando rendimiento, utilización y costo.

Se comienza con la construcción de la herramienta, partiendo de los submódulos de configuración por volumen y por área, que sustenten el análisis de ocupación, luego de ello, en el módulo de asignación, se agrupan los pedidos y se organizan de tal manera, que se pueda hacer un proceso de descarte, contemplando rendimiento, utilización y costo, para finalmente entregar una cotización al usuario.

3.4 Cuarta fase: validación de la herramienta

Finalizando con la cuarta y última fase, se planteará un caso de uso, con el cual se espera validar el funcionamiento de la herramienta. Puesto que, haciendo uso de la herramienta de comparación de métodos de embalaje, se pueden identificar posibles mejoras, correcciones, y actualizaciones para la presentación de la propuesta técnica de la herramienta como mínimo producto viable.

4. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el siguiente espacio se muestran los resultados, el análisis y las discusiones obtenidos de seguir la metodología expuesta en el diseño metodológico.

4.1 Levantamiento de requisitos

Frente a este proyecto se fija un requerimiento, el cual, es la propuesta de la herramienta comparativa de métodos de embalaje para productos refrigerados por ocupación y costo para el sector farmacéutico. Para este requerimiento se establecen los requisitos que permiten construir dicha herramienta, estos mismos nos delimitan los elementos generales que la herramienta necesita para poder funcionar, en donde podemos encontrar diferentes elementos dependiendo de la naturaleza del requisito.

Figura 8

Lista de requisitos priorizada

ID	PRIORIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
REQ 1	Alta	Tablas parametrizadas de entrada	Realizar la categorización de las tablas de entrada, en conjunto con las variables
REQ 2	Media Alta	Módulo de configuración	Generar el proceso de configuración por ocupación de contenedores
REQ 3	Media Alta	Módulo de asignación	Generar el proceso de asignación de acuerdo con los parámetros
REQ 4	Media	Front	Realizar el Front para conectar los servicios

Nota. Identificación de los requisitos y su clasificación por nivel de prioridad.

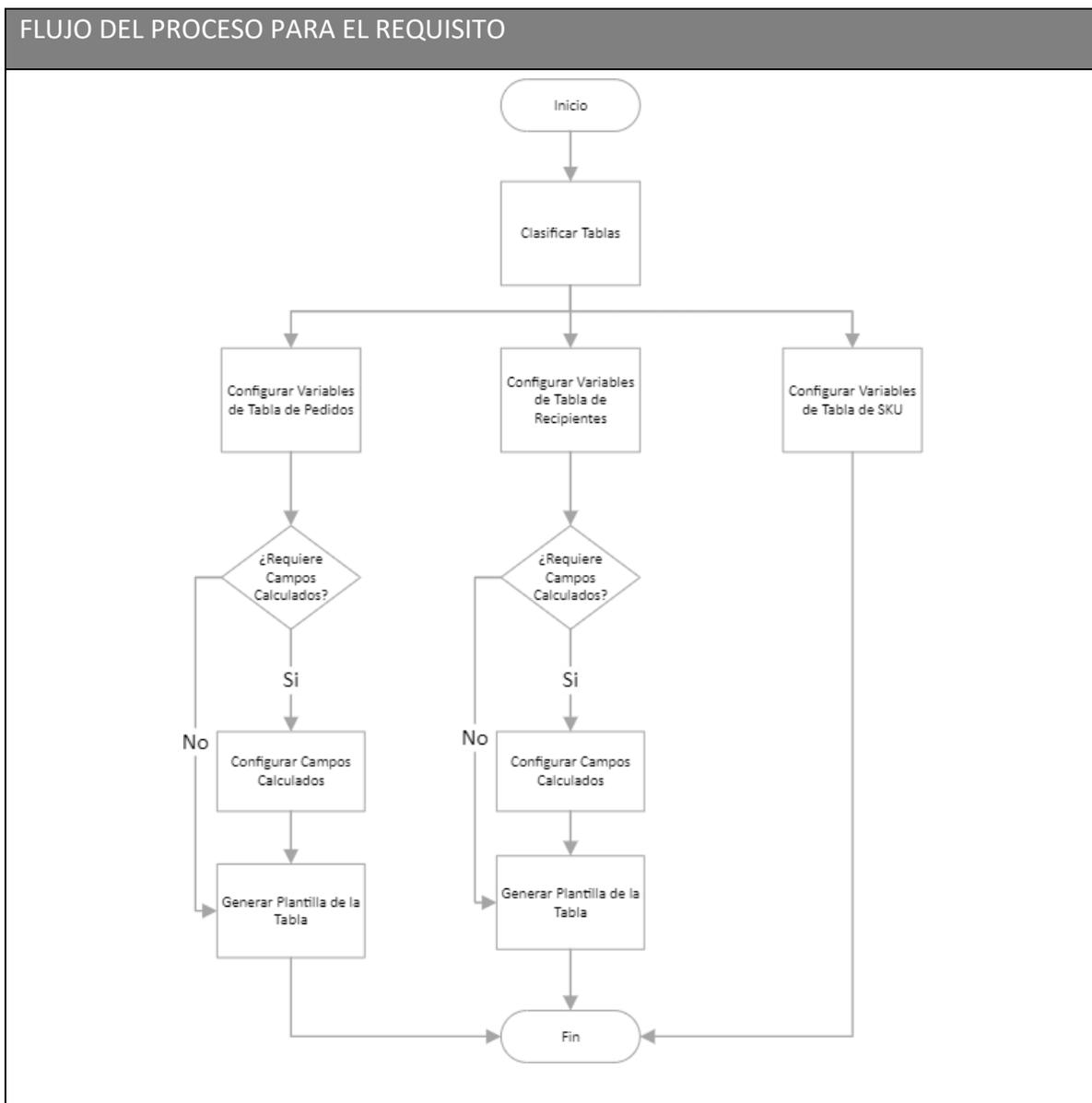
Para el proyecto se encontraron cuatro requisitos con sus respectivos niveles de prioridad (para ver formato completo de lista de requisitos priorizada ver anexo de listas). Ya especificando en cada requisito, se parte de un flujo de proceso y la especificación de historias de usuario que, así como los requisitos para el proyecto, en estos se especifica elementos o subprocesos desde la visión de las necesidades del usuario para el cumplimiento del requisito, y esto se hace con el uso de criterios de aceptación que verifican si las historias efectivamente cumplen el requisito.

4.1.1 Requisito 1: tablas parametrizadas de entrada

Empezando con el primer requisito, en donde, se definen las tablas que van a cargarse como entrada, así como, las variables u otras entradas que contendrán estas, incluyendo la parametrización y cálculo de los campos personalizados.

Figura 9

Flujo de proceso para del primer requisito



Nota. Proceso de clasificación de las tablas de entrada

En el flujo se detalla cómo se clasifican las tablas de entrada, además de, la clasificación de las variables dentro de las tablas y, por último, se evidencia el proceso para los campos calculados.

Ya estableciendo las historias de usuario del requisito encontramos a cada una de las tablas de entrada como una historia de usuario por lo que los criterios de aceptación de estos son los datos necesarios para comenzar el proceso de la herramienta. Para ver el formato completo de especificación del primer requisito con todos los criterios de aceptación ir al anexo de especificaciones.

Figura 10

Historias de usuario del primer requisito

3. HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM	HISTORIA DE USUARIO	Tipo de Actividad
HU 1	Tabla de Pedidos	Funcional
HU 2	Tabla de SKU	Funcional
HU 3	Tabla de Recipientes	Funcional

Nota. Visualización de las historias de usuario junto a su tipo de actividad

Al observar la lista de los criterios de aceptación de las historias de usuario, se puede apreciar, que estos se conforman por las variables y los campos calculados necesarios para lastablas de entrada, definiendo el tipo de variable o el cálculo de cada entrada. Estos elementos se pueden evidenciar en las siguientes tablas.

Figura 11

Elementos de tabla de entrada de pedidos

Elemento de la tabla	Tipo/Formato
ID Pedido	Numérico
Departamento de origen	Texto
Ciudad de origen	Texto

Dirección de origen	Alfanumérico
Departamento de destino	Texto
Ciudad de destino	Texto
Dirección de destino	Alfanumérico
Fecha pedida	Fecha
ID Producto	Numérico
Cantidad de productos	Numérico
Duración de pedido	Campo calculado

Nota. Resumen de elementos que pertenecen a la tabla de pedidos sacados de los criterios de aceptación.

Figura 12

Elementos de tabla de entrada de SKY

Elementos de tabla	Tipo/Formato
ID Producto	Numérico
Nombre de producto	Texto
Largo del producto	Numérico
Ancho del producto	Numérico
Alto del producto	Numérico
Volumen del producto	Numérico

Nota. Resumen de elementos que pertenecen a la tabla de SKU sacados de los criterios de aceptación

Figura 13

Elementos de tabla de entrada de recipientes

Elemento de tabla	Tipo/Formato
ID Recipiente	Numérico
Nombre de recipiente	Alfanumérico
Largo del recipiente	Numérico
Ancho del recipiente	Numérico
Alto del recipiente	Numérico
Duración de la conservación de temperatura	Numérico
Tipo de adquisición	Lista [Alquiler, Compra única]
Costo unitario	Moneda [USD]
Volumen del recipiente	Campo calculado

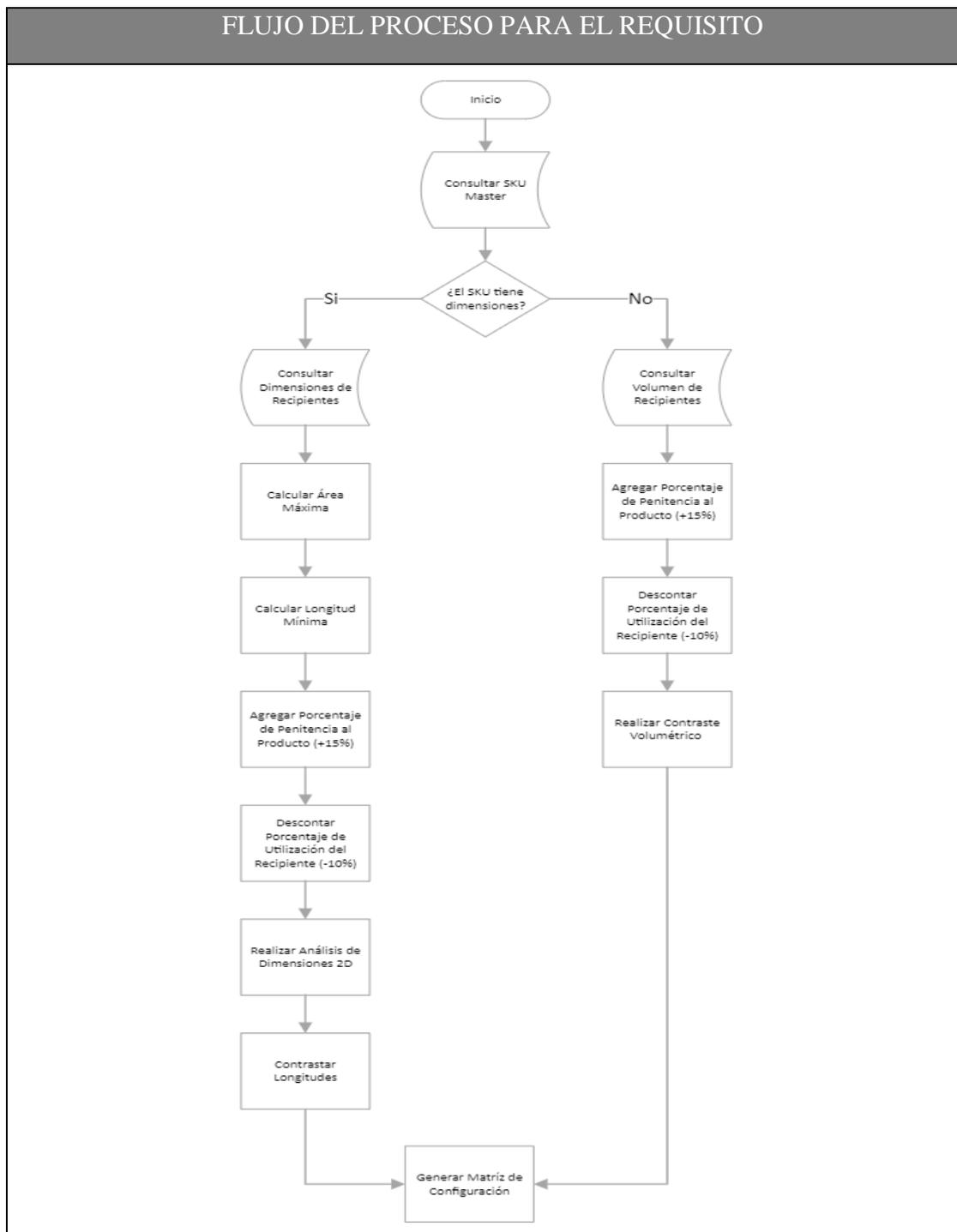
Nota. Resumen de elementos que pertenecen a la tabla de recipientes sacados de los criterios de aceptación

4.1.2 Requisito 2: módulo de configuración

Continuando con el segundo requisito, en el que, se prepara un módulo que permita configurar por área o por volumen los productos en los recipientes, se realiza una matriz de producto por recipiente, considerando los porcentajes de utilización del recipiente y penitencia entre productos.

Figura 14

Flujo del proceso para el segundo requisito



Nota. Flujo del proceso de configuración de carga

El flujo expone las dos posibles formas de configuración, ya sea, por área o por volumen, el cual, se selecciona dependiendo de los datos de entrada, más específicamente las dimensiones del producto. Identificando otras diferencias entre las configuraciones, se logra percibir que en la configuración por área existe mayor rigurosidad a la hora de contrastar el espacio disponible del recipiente contra el espacio que ocupa el producto. En general, para los dos casos se calcula la cantidad de un producto que se puede contener en cada recipiente.

Figura 15

Historias de usuario del segundo requisito

HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM	HISTORIA DE USUARIO	Tipo de Actividad
HU 1	Submódulo de Configuración por Área	Funcional
HU 2	Submódulo de Configuración por Volumen	Funcional

Nota. Visualización de las historias de usuario junto a su tipo de actividad

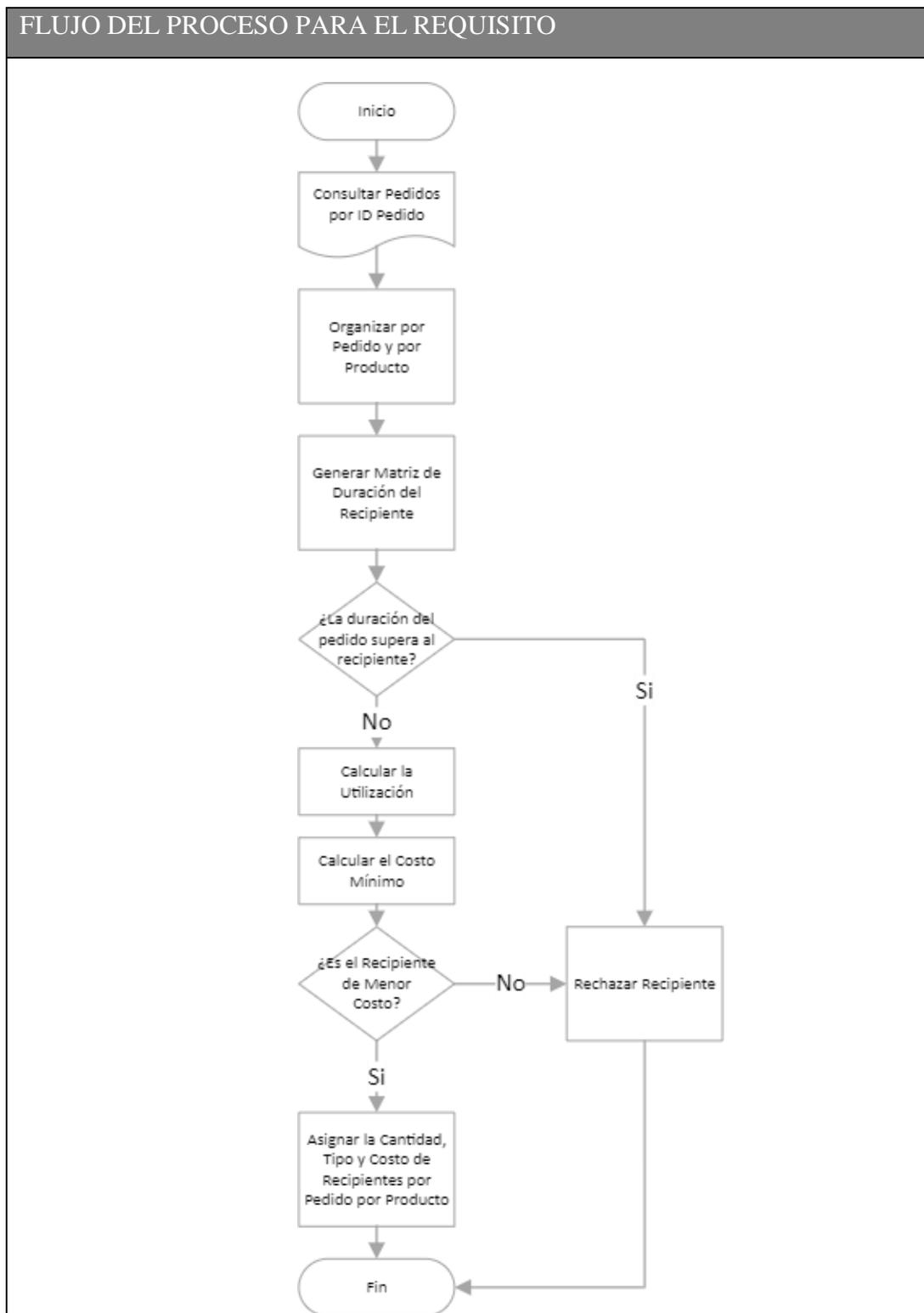
En las historias de usuario se reflejan los submódulos de configuración por área y por volumen, haciendo que sus criterios de aceptación sean la validación de cada paso visto en el flujo del requisito, ya sea, toma de datos, funciones, condiciones o cálculos, Los criterios de aceptación se pueden ver en el formato de especificación de requisito del anexo de especificaciones.

4.1.3 Requisito 3: módulo de asignación

El tercer requisito, consiste en construir el módulo que agrupe los datos por pedido y por producto, adicionando el descarte por duración, la utilización y la minimización de costos, que permita definir la cantidad de recipientes requeridos para cumplir con dicho pedido.

Figura 16

Flujo del proceso para el tercer requisito



Nota. Diagrama de flujo del proceso de asignación de carga

Este es un proceso clave para el funcionamiento de la herramienta, ya que, en este se van a determinar los recipientes que se tendrán en cuenta en la asignación del pedido por producto, dando inicio con la organización de los pedidos, pasando por un filtro de duración, en donde se verifica el tiempo de conservación de temperatura del recipiente contrastado con la duración del pedido, para después calcular la utilización y costo, finalizando con la asignación del recipiente con el costo mínimo.

Figura 17

Historias de usuario del tercer requisito

HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM	HISTORIA DE USUARIO	Tipo de Actividad
HU 1	Ordenamiento de Pedidos	Funcional
HU 2	Matriz de Duración	Funcional
HU 3	Matriz de Utilización	Funcional
HU 4	Matriz de Costo	Funcional
HU 5	Asignación de Recipiente	Funcional

Nota. Visualización de las historias de usuario junto a su tipo de actividad

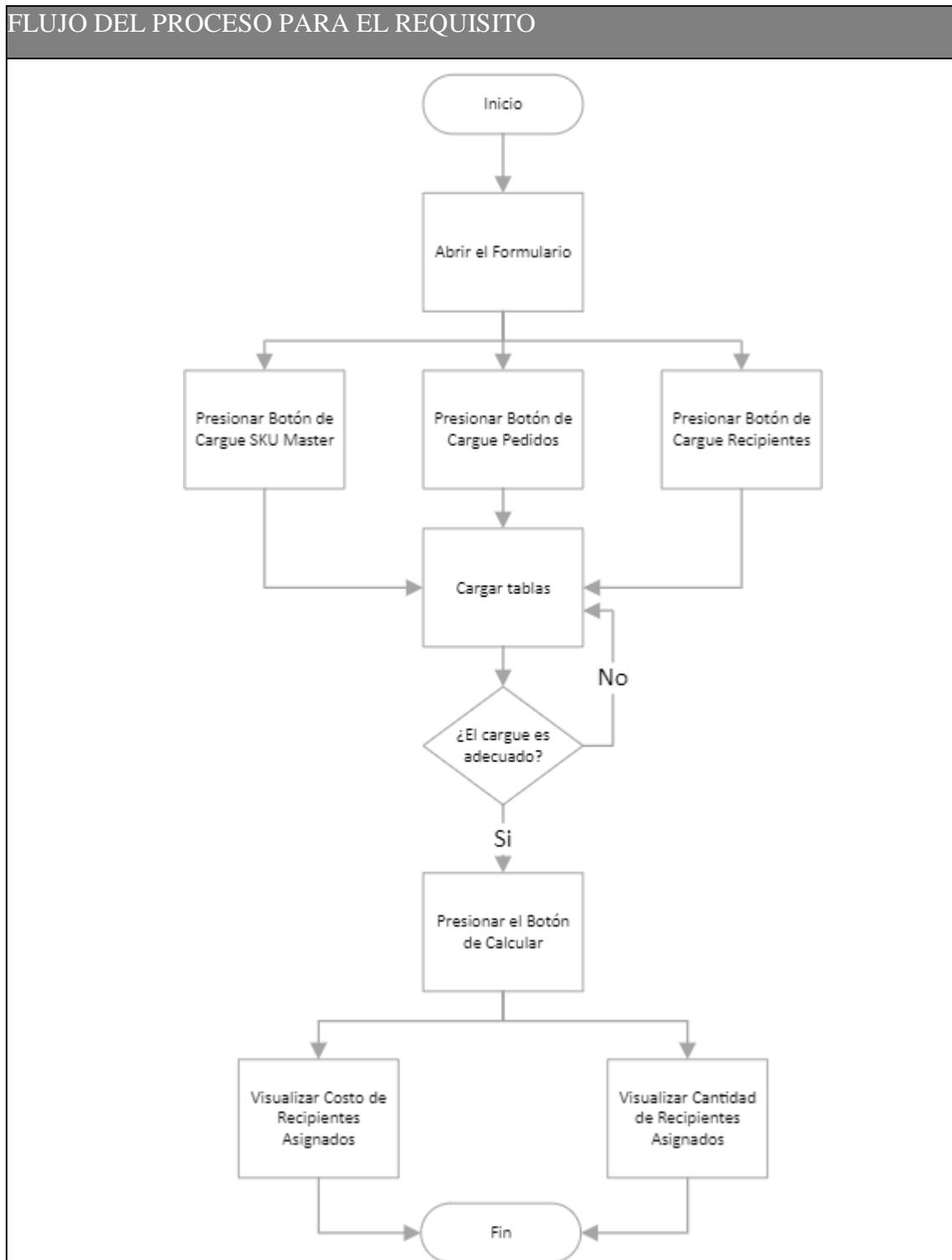
En este caso, en las historias de usuario se ven las tareas o fundamentos para los procesos del requisito. Haciendo énfasis, los criterios de aceptación de cada historia de usuario corroboran la información, además, puntualizan los datos y los cálculos para las matrices y la asignación del recipiente teniendo en cuenta los resultados obtenidos. Para ver el formato de especificación de requisito del tercer requisito ver el anexo de especificaciones.

4.1.4 Requisito 4: Front

Terminación con el último requisito, se busca, diseñar el Front donde el usuario pueda cargar las tablas de parametrización, realizar los cálculos y ver la cotización resultante de la herramienta de forma sencilla e intuitiva.

Figura 18

Flujo del proceso para el cuarto requisito



Nota. Diagrama de flujo del proceso para el Front del usuario

En este requisito se plantea el flujo del proceso para el usuario que indica la funcionalidad que ha de tener la herramienta de cara a la vista de usuario. Como se refleja en el proceso, en este se asocian los resultados de los requisitos anteriores, desde las tablas de parametrización, los procesos de configuración y asignación, con la finalidad de que el usuario pueda visualizar la cotización.

Figura 19

Historias de usuario del cuarto requisito

HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM	HISTORIA DE USUARIO	Tipo de Actividad
HU 1	Cotización	Funcional
HU 2	Precisión del cálculo	Funcional

Nota. Visualización de las historias de usuario junto a su tipo de actividad

Al analizar los criterios de aceptación para las historias de usuario identificadas, se refleja que estos están relacionados a los resultados y la información que el usuario precisa al hacer uso de la herramienta. En el anexo de especificaciones se encuentra el formato de especificación de requisito para el cuarto requisito. A diferencia de los otros requisitos, este también requiere del diseño de la interfaz de usuario junto a la descripción de los elementos y funciones de esta.

Figura 20

Vista de la interfaz de usuario

VISTA



Formulario de Cotización de Carga

Fecha	
Cliente	

[Calcular] [Reiniciar] [Guardar como PDF]

[Cargar SKU Master]

Descripción de la tabla

Descripción de Variables, su tipo y su obligatoriedad

[Cargar Recipientes]

Descripción de la tabla

Descripción de Variables, su tipo y su obligatoriedad

[Cargar Pedido]

Descripción de la tabla

Descripción de Variables, su tipo y su obligatoriedad

Asegurese de la validez de los datos ingresados en la tablas, si no tiene todos los datos completos, el algoritmo perderá precisión.

Asignación en Cantidad

Asignación en Costo

Cotización

__USD

Precisión del cálculo

__%

Nota. Propuesta de interfaz para la vista de usuario

4.2 Arquitectura de la herramienta

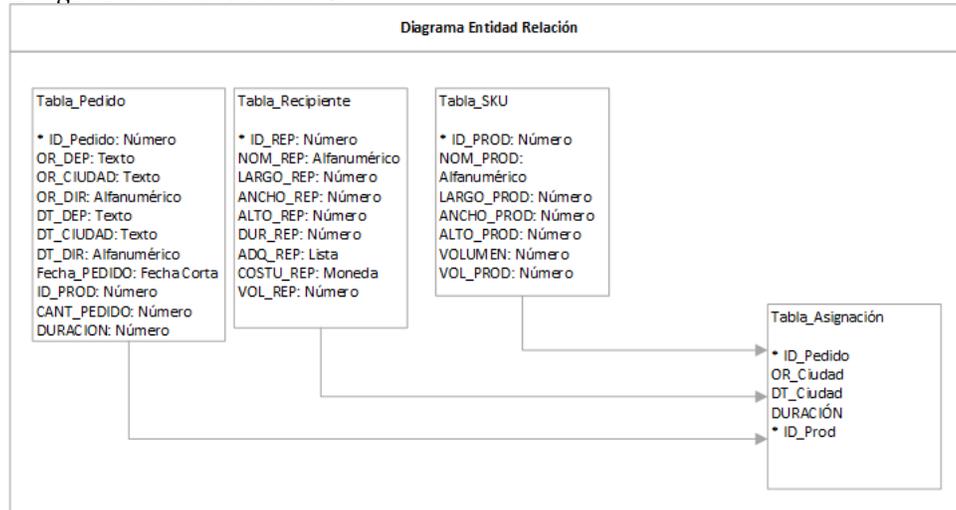
Con los requisitos como insumo, es posible elaborar la arquitectura de la herramienta, lo que permite estructurar el modelo de forma lógica y planear su desarrollo, teniendo en cuenta la vista de sistema, la estructura de la vista de usuario y el modelo de entidad relación que sustenta la conexión entre los atributos y las llaves que conectan las consultas.

4.2.1 Diagrama entidad relación

Considerando a las tablas de entrada y la asignación como entidades, es necesario el modelo entidad relación para detallar cada entidad, así como, las relaciones entre sí, con el fin de identificar los criterios relevantes a la hora de calcular resultados para la cotización

Figura 21

Diagrama entidad relación



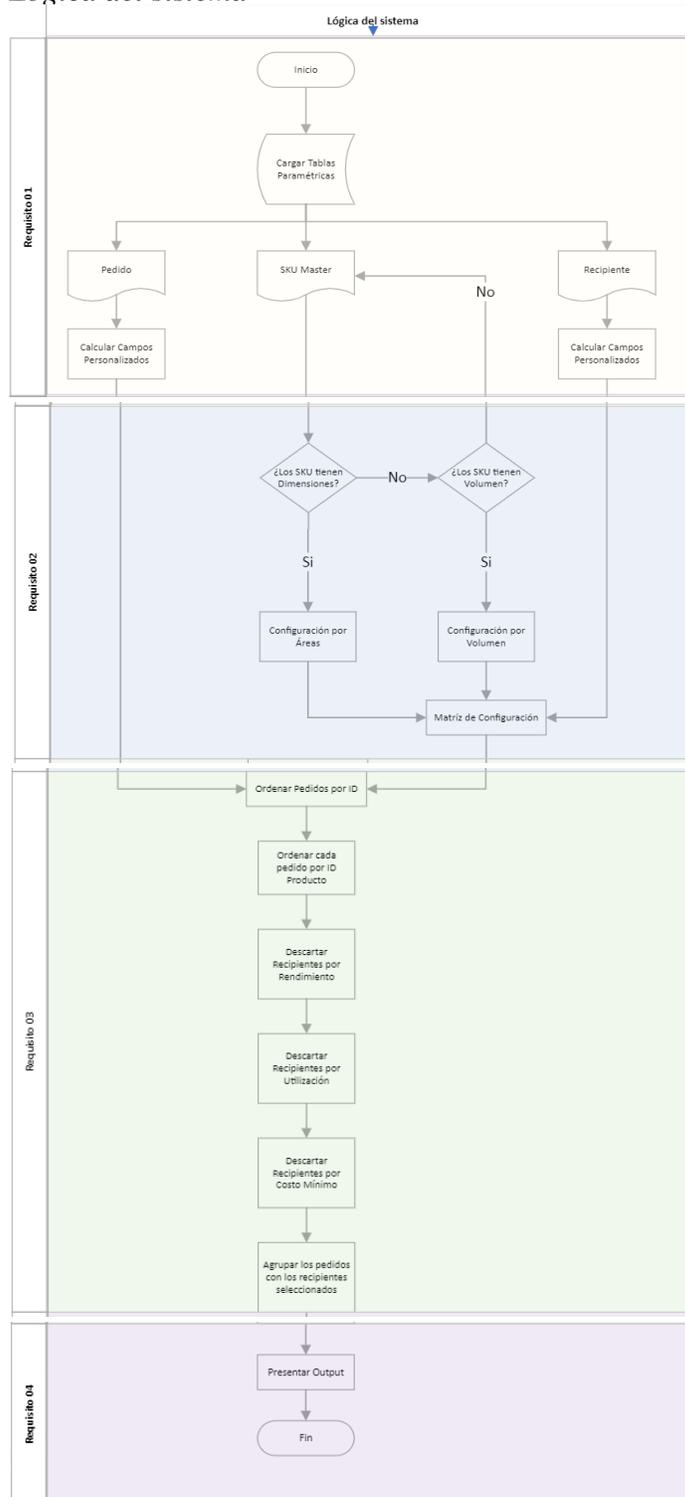
Nota. Modelo entidad relación

4.2.2 Estructura lógica del sistema

Teniendo en cuenta que este es uno de los elementos más importantes de la arquitectura, ya que, en este se evidencia el paso a paso del funcionamiento de esta. La lógica del sistema se basa de los requisitos, para construir un flujo de proceso de alto nivel, que muestra el funcionamiento de la herramienta en su totalidad, identificando los procesos importantes y adicionalmente, el requisito al que corresponde cada proceso.

Figura 22

Lógica del sistema



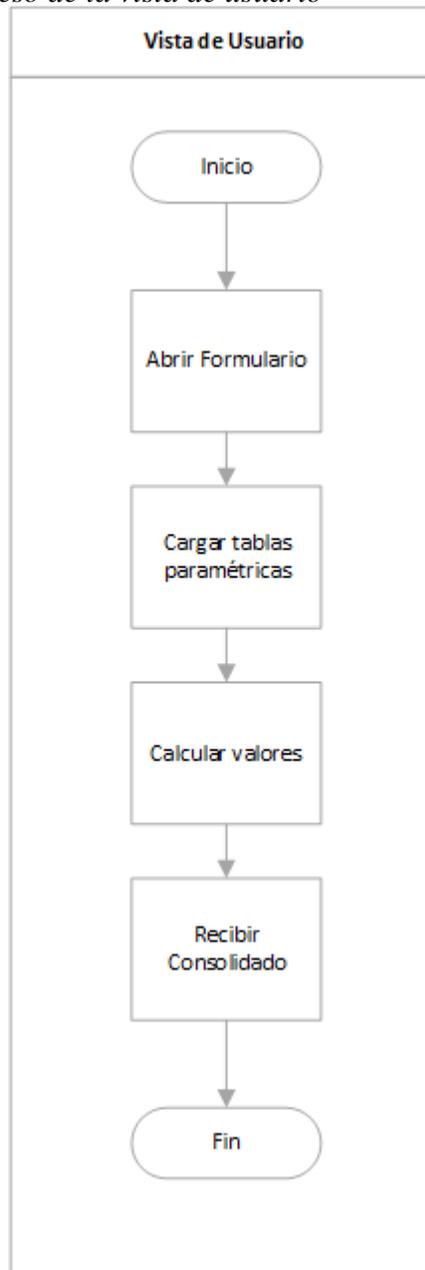
Nota. Diagrama de flujo del proceso de la estructura de la lógica del sistema.

4.2.3 Estructura de vista de usuario

Al igual que en la lógica del sistema, la vista del usuario parte de los requisitos, para su construcción, estableciendo la experiencia que el usuario va a tener a la hora de hacer uso de la herramienta, esto para, definir los procesos que serán transparentes para el usuario.

Figura 23

Proceso de la vista de usuario



Nota. Estructura del proceso para la vista de usuario

4.3 Construcción de la herramienta

Para la construcción de la herramienta en Microsoft Excel, se parte de los requisitos, que son sus elementos o procesos y la arquitectura, que determina el proceso de funcionamiento general de la herramienta. La composición de la herramienta está dividida en:

4.3.1 Hojas de entrada (pedidos, recipientes, SKU)

Teniendo en cuenta la información del primer requisito, se realizan las tres tablas que contendrán la información que el usuario suministre. Es en este elemento donde se inicia la operación de la herramienta. Algunas de las tablas poseen campos calculados, que dan datos necesarios para la cotización.

Figura 24

Hoja de pedidos

ID_Pedido	OR_DEP	OR_CIUADAD	OR_DIR	DT_DEP	DT_CIUADAD	DT_DIR	Fecha_PEDIDO	ID_PROD	CANT_PEDIDO	DURACION
1	Cundinamarca	Bogota	Calle 10	Bolivar	Cartagena	Calle 02	02/02/2022	1	130	22
2	Cundinamarca	Bogota	Calle 05	Meta	Villavicencio	Calle 01	05/10/2022	1	100	2
2	Cundinamarca	Bogota	Calle 05	Meta	Villavicencio	Calle 01	05/10/2022	2	10	2
2	Cundinamarca	Bogota	Calle 05	Meta	Villavicencio	Calle 01	05/10/2022	3	150	2
2	Cundinamarca	Bogota	Calle 05	Meta	Villavicencio	Calle 01	05/10/2022	4	5000	2
3	Nariño	Pasto	Calle 01	Bolivar	Cartagena	Calle 01	06/10/2022	1	150	26

[Volver al Menú](#)
[Principal](#)

Nota. Captura de tabla de entrada de información de pedidos en la herramienta

En esta tabla es necesario el campo calculado de duración, que como su nombre indicamuestra la duración del pedido en horas. Para este campo se tienen en cuenta las principales rutas terrestres de Colombia identificadas en una tabla de duración de viaje presente en una hoja de soporte, relacionados a los campos de ciudad de origen y destino. Para el resto de las celdas el usuario llena los campos con la información que se solicite.

Figura 25

Hoja de recipientes

ID_RECIP	NOM_RECIP	LARGO_RECIP	ANCHO_RECIP	ALTO_RECIP	DUR_RECIP	ADQ_RECIP	COSTU_RECIP	VOL_RECIP
1	Caja 1	0,200	0,200	0,200	10	Compra única	0,8	0,008
2	Caja 2	0,288	0,288	0,288	10	Compra única	0,5	0,024
3	Caja 3	0,363	0,363	0,363	10	Compra única	0,1	0,048
4	Caja 4	0,247	0,247	0,247	10	Compra única	0,5	0,015
5	Caja 5	0,292	0,292	0,292	15	Compra única	0,6	0,025
6	Caja 6	0,363	0,363	0,363	15	Compra única	0,4	0,048
7	Caja 7	0,271	0,271	0,271	15	Alquiler	12	0,02
8	Caja 8	0,363	0,363	0,363	20	Alquiler	15	0,048
9	Caja 9	0,391	0,391	0,391	30	Alquiler	19	0,06
10	Caja 10	0,250	0,200	0,480	60	Alquiler	20	0,024

[Volver al Menú Principal](#)

Nota. Captura de tabla de entrada de información de recipientes en la herramienta

Los datos para la mayoría de los campos son suministrados por el usuario a excepción de la celda de volumen del recipiente, que es campo calculado con la multiplicación de sus dimensiones (LARGO_RECIP, ANCHO_RECIP, ALTO_RECIP).

Figura 26

Hoja de SKU Master

ID_PROD	NOM_PROD	LARGO_PROD	ANCHO_PROD	ALTO_PROD	VOLUMEN
1	Med 1	0,01000	0,05000	0,06000	0,00003
2	Med 2	0,03000	0,04000	0,05000	0,00006
3	Med 4	0,02000	0,04000	0,05000	0,00004
4	Med 5	0,02000	0,05000	0,02000	0,00002

[Volver al Menú Principal](#)

Nota. Captura de tabla de entrada de información de productos en la herramienta

A diferencia de las otras dos tablas en esta no hay algún campo calculado, por lo que todos los datos son proporcionados por el usuario. En esta tabla los datos de las dimensiones pueden ser omitidos por el usuario, si este no llega a tener idea de ellos. En todas las hojas de entrada, cada campo de cada tabla posee un formato, el cual el usuario va a tener que seguir para poder continuar con el cálculo de la cotización.

4.3.2 Hojas de configuración (área, volumen)

Siguiendo el orden lógico, se realizan las matrices de configuración que comparan el espacio utilizable del recipiente y el espacio que ocupa el producto. Para este proceso se modelan dos métodos de configuración, por área y por volumen, el cual se escogerá dependiendo si se poseen

las dimensiones del producto.

Figura 27

Hoja de configuración por volumen
Matriz de Configuración

Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	209	627	1253	392	653	1253	522	1253	1566	627
2	105	314	627	196	327	627	261	627	783	314
3	157	470	940	294	490	940	392	940	1174	470
4	314	940	1879	587	979	1879	783	1879	2348	940

Nota. Captura de matriz de configuración por volumen

A diferencia de las tablas de entrada, el usuario no tiene acceso a ella, ya que, en la matriz todas sus celdas son calculadas y la modificación de alguna de ellas, podría afectar el funcionamiento de la herramienta. Para la matriz se tiene en cuenta el tipo de recipiente (Celdas en horizontal) y el tipo de producto (Celdas verticales), buscando con su código numérico los volúmenes, para calcular la cantidad de un producto que puede ocupar cada recipiente. Para el cálculo se tienen en cuenta porcentajes de penitencia entre productos (+0,15) y de utilización de recipiente (-0,1).

$$\frac{V_{recipiente} \cdot 0,9}{V_{producto} \cdot 1,15}$$

En el caso de la configuración por área hay más pasos y se posee un nivel más alto de rigurosidad. Primero se buscan las dimensiones de los productos y recipientes (Largo, Ancho,Alto) haciendo uso del código numérico de cada uno, con el fin de identificar el área base y la altura que se utilizara. Para el área base se utilizará el área más grande y para la altura se va a tomar la menor dimensión.

Figura 28

Tabla dimensiones y áreas de producto

Productos									
ID_PROD	LARGO_PROD	ANCHO_PROD	ALTO_PROD	A1	A2	A3	ABASE	Altura	
1	0,01	0,05	0,06	0,00050	0,00060	0,00300	0,00300	0,01	
2	0,03	0,04	0,05	0,00120	0,00150	0,00200	0,00200	0,03	
3	0,02	0,04	0,05	0,00080	0,00100	0,00200	0,00200	0,02	
4	0,02	0,05	0,02	0,00100	0,00040	0,00100	0,00100	0,02	

Nota. Captura de tabla de dimensiones y áreas de producto en hoja de configuración por área

Figura 29

Tabla dimensiones y áreas de recipiente

ID_REP	LARGO_REP	ANCHO_REP	ALTO_REP	A1	A2	A3	ABASE	Altura
1	0,2000	0,2000	0,2000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,2000
2	0,2884	0,2884	0,2884	0,0832	0,0832	0,0832	0,0832	0,2884
3	0,3634	0,3634	0,3634	0,1321	0,1321	0,1321	0,1321	0,3634
4	0,2466	0,2466	0,2466	0,0608	0,0608	0,0608	0,0608	0,2466
5	0,2924	0,2924	0,2924	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	0,2924
6	0,3634	0,3634	0,3634	0,1321	0,1321	0,1321	0,1321	0,3634
7	0,2714	0,2714	0,2714	0,0737	0,0737	0,0737	0,0737	0,2714
8	0,3634	0,3634	0,3634	0,1321	0,1321	0,1321	0,1321	0,3634
9	0,3915	0,3915	0,3915	0,1533	0,1533	0,1533	0,1533	0,3915
10	0,2500	0,2000	0,4800	0,0500	0,1200	0,0960	0,1200	0,2000

Nota. Captura de tabla de dimensiones y áreas de recipiente en hoja de configuración por área

De estas tablas es posible obtener la matriz de configuración por área, siguiendo un cálculo similar al de la matriz de configuración por volumen. Primero se buscan los datos de las áreas base de producto y recipiente y se realiza el análisis 2D, donde, se determina la cantidad de productos que ocupa la base del recipiente, para luego multiplicarlo por el un análisis del alto y encontrar la cantidad total de productos que el recipiente puede contener.

Figura 30

Hoja de configuración por área

Matriz de Configuración

Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	172	497	995	309	526	995	425	995	1226	501
2	83	248	493	154	259	493	205	493	613	245
3	125	372	739	232	389	739	308	739	919	368
4	250	745	1479	463	767	1479	616	1479	1838	736

Nota. Captura de matriz de configuración por área

Al igual que en el en la configuración por volumen se tienen en cuenta porcentajes de penitencia entre productos (+0,15) y de utilización de recipiente (-0,1). Se tiene en cuenta queh hace referencia a la altura y A al área.

$$\frac{Abaserecipiente \cdot 0,9}{Abaseproducto \cdot 1,15} \cdot \frac{hrecipiente \cdot 0,9}{hproducto \cdot 1,15}$$

4.3.3 Hoja de asignación

Tomando en cuenta el tercer requisito y la lógica del sistema, se evidencia que este es uno de los procesos más extensos. Para la asignación se encuentran tres factores claves, siendo, la duración, la utilización y el costo, como filtros para un proceso eficiente. Para comenzar el proceso se traen datos de pedidos, ya que, la asignación se hace con respecto al pedido.

Figura 31

Hoja de asignación

ID_Pedido	OR_CIUADAD	DT_CIUADAD	DURACIO	ID_PROD	Suma de CANT_PEDIDO
1	Bogota	Cartagena	22	1	130
2	Bogota	Villavicencio	2	1	100
2	Bogota	Villavicencio	2	2	10
2	Bogota	Villavicencio	2	3	150
2	Bogota	Villavicencio	2	4	5000
3	Pasto	Cartagena	26	1	150

Nota. Captura de tabla de asignación

A pesar de que la hoja de asignación también está oculta para el usuario, aparte de dividir por pedido, se separa por producto, así a la hora de realizar los filtros, se logra recolectar la información de manera más intuitiva. Después de consultar los datos necesarios del pedido, se pasa por el primer filtro, el de duración el cual compara la duración del viaje con el tiempo máximo que los recipientes pueden mantener los productos refrigerados. De este subproceso se descartan los recipientes que no puedan cumplir con el tiempo necesario para el pedido.

Figura 32

Matriz de duración (Hoja de asignación)

ID_Pedido	Duración										
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5	Caja 6	Caja 7	Caja 8	Caja 9	Caja 10	
1	1									1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3										1	1

Nota. Captura del modelo de descarte por duración de pedido, matriz de duración

Seguido del subproceso de descarte por duración, se calcula, la utilización que tiene cada recipiente según el pedido. Se puede obtener la utilización que cada recipiente tendrá dependiendo los datos de la configuración, ya sea, la de área o volumen y la cantidad de producto del pedido a distribuir

Figura 33

Matriz de utilización (hoja de asignación)

		Asignación por Utilización									
		Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5	Caja 6	Caja 7	Caja 8	Caja 9	Caja 10
ID_Pedido		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										11%	26%
2		58%	20%	10%	32%	19%	10%	24%	10%	8%	20%
2		12%	4%	2%	6%	4%	2%	5%	2%	2%	4%
2		120%	40%	20%	65%	39%	20%	49%	20%	16%	41%
2		1997%	671%	338%	1079%	652%	338%	812%	338%	272%	680%
3										12%	30%

Nota. Captura de tabla de cálculos de utilización de recipientes de pedido por producto

Ya con la utilización es posible calcular el costo de cada recipiente, ya que, con la utilización se identifican la cantidad de cada recipiente para cada pedido. Multiplicando esta cantidad por el costo unitario de cada recipiente tomado de la hoja de entrada de recipientes, se obtiene el costo total de cada recipiente para el pedido.

Figura 34

Matriz de costos (hoja de asignación)

		COSTO									
		Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5	Caja 6	Caja 7	Caja 8	Caja 9	Caja 10
ID_Pedido		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										\$ 19,00	\$ 20,00
2		\$ 0,80	\$ 0,50	\$ 0,10	\$ 0,50	\$ 0,60	\$ 0,40	\$ 12,00	\$ 15,00	\$ 19,00	\$ 20,00
2		\$ 0,80	\$ 0,50	\$ 0,10	\$ 0,50	\$ 0,60	\$ 0,40	\$ 12,00	\$ 15,00	\$ 19,00	\$ 20,00
2		\$ 1,60	\$ 0,50	\$ 0,10	\$ 0,50	\$ 0,60	\$ 0,40	\$ 12,00	\$ 15,00	\$ 19,00	\$ 20,00
2		\$ 16,00	\$ 3,50	\$ 0,40	\$ 5,50	\$ 4,20	\$ 1,60	\$ 108,00	\$ 60,00	\$ 57,00	\$ 140,00
3										\$ 19,00	\$ 20,00

Nota. Captura de tabla de cálculo de costos de recipientes de pedido por producto.

Ya descartados los recipientes que no satisfacen la duración del viaje e identificados los posibles costos junto a su utilización (cantidad), se realiza la asignación, donde se toma el recipiente con el costo mínimo y se reúne junto a los datos recolectados de la hoja de entrada de pedidos, para luego ser presentados al usuario.

Figura 35

Hoja de asignación

						Costo Mínimo				
ID_Pedido	OR_CIUADAD	DT_CIUADAD	DURACIO	ID_PROD	Suma de CANT_PEDIDO	Tipo de Caja	NOM_REP	Cantidad	Costo_Min	Modalidad
1	Bogota	Cartagena	22	1	130	9 Caja 9		1	\$ 19,00	Alquiler
2	Bogota	Villavicencio	2	1	100	3 Caja 3		1	\$ 0,10	Compra única
2	Bogota	Villavicencio	2	2	10	3 Caja 3		1	\$ 0,10	Compra única
2	Bogota	Villavicencio	2	3	150	3 Caja 3		1	\$ 0,10	Compra única
2	Bogota	Villavicencio	2	4	5000	3 Caja 3		4	\$ 0,40	Compra única
3	Pasto	Cartagena	26	1	150	9 Caja 9		1	\$ 19,00	Alquiler

Nota. Captura de tabla asignación de recipientes

4.3.4 Hoja de menú principal (Front)

Este componente de la herramienta es exclusivamente para que el usuario pueda interactuar con la misma y realizar su cotización. Esta hoja es la interfaz a la que el usuario va a tener acceso, desde esta interfaz llamada menú principal podrá acceder a las hojas de entrada, en donde, el usuario cargará sus datos para el inicio de su cotización.

Figura 36

Hoja menú principal

Formulario de Cotización de Carga

Fecha	
Cliente	

Inicialmente, cargue las tablas correspondientes, con los campos que se solicitan para calcular el modelo. Los campos en azul, son botones.

<u>Cargar SKU Master</u>	La Tabla SKU Master tiene como objetivo consolidar la información de los productos y debe contener los siguientes campos: ID_PROD: Es el ID del producto, es ideal que sea en formato numérico NOM_PROD: Es el Nombre del producto en formato alfanumérico. LARGO_PROD: Campo ideal, pero no obligatorio de longitud del Producto. ANCHO_PROD: Campo ideal, pero no obligatorio de longitud del Producto. ALTO_PROD: Campo ideal, pero no obligatorio de longitud del Producto. VOL_PROD: Es obligatorio, puede calcularse con las 3 dimensiones.
<u>Cargar Recipientes</u>	La Tabla de Recipientes tiene como objetivo consolidar la información de los recipientes y debe contener los siguientes campos: ID_REC: Es el ID del recipientes, debe ser numérica NOM_REC: Es el Nombre del Recipiente en formato alfanumérico. LARGO_REC: Longitud numérica. ANCHO_PROD: Longitud numérica. ALTO_PROD: Longitud numérica. VOL_PROD: Es obligatorio, puede calcularse con las 3 dimensiones. DUR_REC: Tiempo que mantiene refrigerado el recipiente (Horas) ADO_REC: Tipo de Adquisición del Recipiente. COSTU_REC: Costo Unitario del Recipiente.
<u>Cargar Pedido</u>	La Tabla Pedido tiene como objetivo consolidar la información del pedido y debe contener los siguientes campos: ID_Pedido: Es el ID del pedido, es ideal que sea en formato numérico OR_DEP: Departamento de Origen tipo texto sin tildes. OR_CIUADAD: Ciudad de Origen tipo texto sin tildes. OR_DIR: Dirección de Origen DT_DEP: Departamento de Destino Tipo Texto sin tildes DT_CIUADAD: Ciudad de Destino Tipo Texto sin tildes DT_DIR: Dirección de Destino. Fecha_PEDIDO: Fecha Corta del Pedido. ID_PROD: ID de los Productos relacionados que van por cada pedido CANT_PEDIDO: Cantidad de pedido en formato numérico DURACION: Duración del pedido en Horas

Asegúrese de preparar adecuadamente los registros que se carguen en cada tabla, si no se encuentran todos los datos, el modelo perderá precisión o no funcionará.
 Modalidad de Alquiler: Se realiza un pago mensual y se puede reutilizar las veces que se requiera.
 Modalidad de Compra Única: Se realiza un pago único y en su mayoría es desechable.

Concepto	Cantidad	Costo	Unidades Asignadas
Recipientes de Alquiler	-	-	-
Recipientes de Compra Única	-	-	-
Total	-	-	-

Cotización del Modelo	\$ -
Precisión del Cálculo	0%
Cantidad de Recipientes	-

Calcular Modelo

Reiniciar Modelo

[Ver Detalle](#)

Nota. Captura del formulario de cotización

Ya con los datos dentro de la herramienta, el usuario podrá hacer uso del botón de “calcular modelo”, para encontrar la cotización general de los pedidos junto a la cantidad de recipientes de compra única y alquiler y la precisión del cálculo. En caso de desear ver la información más

detallada se puede utilizar el botón de “ver detalles”, lo que dirigirá al usuario a la hoja de resumen. Cuando se desee finalizar la operación, el usuario podrá reiniciar la herramienta.

4.3.5 Hoja de resumen

Esta es una hoja de gran importancia para el usuario, puesto que, contendrá la información relevante a la asignación y costo de recipientes para cada pedido. A diferencia de la hoja del formulario, esta hoja denota la información de cada pedido individualmente, lo que permite trazabilidad y a su vez no se encuentra bloqueada, con la finalidad de que el usuario pueda realizar cálculos y graficas propias. Para ver la herramienta en completo ver el anexo 6

Figura 37

Hoja resumen

Fecha	Número de Pedido	Modalidad	Cantidad de Pedido	Cantidad de Recipientes	Cotización del Pedido
01/01/2022	100007	Compra única	824	1 \$	96
16/01/2022	100008	Compra única	224	1 \$	24
31/01/2022	100009	Compra única	261	1 \$	24
15/02/2022	100010	Compra única	888	1 \$	60
02/03/2022	100011	Compra única	146	1 \$	10
05/03/2022	100012	Alquiler	567	1 \$	78

Nota. Captura de tabla de detalles de asignación de pedido

4.3.6 Hoja de soporte

Estas hojas no están ancladas a ningún proceso como tal, pero son necesarias para el funcionamiento de la herramienta, la primera de ellas es para determinar la duración del pedido, compilando las principales ciudades de Colombia, las distancias entre ellas y el tiempo que toma la ruta. La segunda hoja de soporte es la de desviación que determina en cuanto varía las configuraciones por área y volumen de cada recipiente.

4.4 Caso de uso

Con el fin de presentar la versatilidad de la herramienta, se expone el siguiente caso de uso:

La empresa KGS SAS requiere realizar una serie de envíos a sus centros de distribución ubicados en las principales ciudades de Colombia, para ello, define el Operador Logístico para gestionar el transporte de su carga, de acuerdo con los ANS establecidos, que exigen que la carga llegue en perfecto estado y a tiempo.

Para cumplir con los ANS de tiempo, su equipo de ruteo se encarga de la planeación de la ruta, y su equipo de almacenamiento, se encarga del aseguramiento de la calidad de la carga, por medio de un embalaje que sea estratégico para la naturaleza del pedido y que cumpla con los estándares técnicos y económicos de la organización.

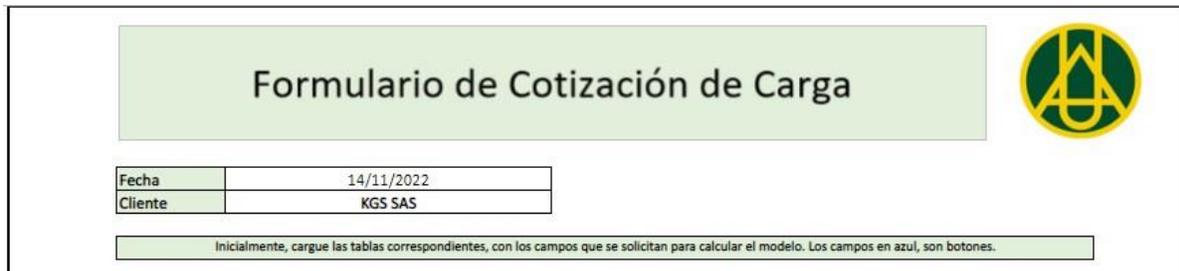
El equipo de ruteo se encarga de definir los orígenes, destinos y fechas de entrega del producto, luego, lo envía a almacenamiento, para lo cual se requiere definir el embalaje que se prevé utilizar, de acuerdo con la naturaleza de cada producto en contraste con los recipientes disponibles para su asignación. El equipo hace uso de una herramienta de comparación de embalaje por utilización y costo.

4.4.1 Apertura del formulario de cotización de carga

Al abrir el formulario utilizando el enlace que sea asignado, el usuario puede definir la fecha y el nombre del cliente, solo están disponibles para editar, aquellos campos donde el usuario deba interactuar.

Figura 38

Formulario cotización de carga



Fecha	14/11/2022
Cliente	KGS SAS

Inicialmente, cargue las tablas correspondientes, con los campos que se solicitan para calcular el modelo. Los campos en azul, son botones.

Nota. Formulario de cotización hoja de menú principal

4.4.2 Preparación y carga de las tablas que solicita el modelo

El usuario debe leer instrucciones para el uso adecuado de la herramienta, hay atributos obligatorios y opcionales.

Tabla 1

Base de datos producto

ID_PROD	NOM_PROD	LARGO_PROD	ANCHO_PROD	ALTO_PROD	VOLUMEN
1	Vacuna 1	0,09000	0,03000	0,03000	0,000081
2	Vacuna 2	0,1000	0,05000	0,03000	0,00015
3	Vacuna 3	0,1400	0,04000	0,07000	0,000392
4	Vacuna 4	0,10000	0,10000	0,04000	0,0004
5	Vacuna 5	0,12000	0,09000	0,10000	0,00108
6	Vacuna 6	0,09000	0,08000	0,08000	0,000576
7	Vacuna 7	0,14000	0,09000	0,09000	0,001134
8	Vacuna 8	0,14000	0,10000	0,06000	0,00084
9	Vacuna 9	0,11000	0,10000	0,06000	0,00066
10	Vacuna 10	0,10000	0,08000	0,06000	0,00048
11	Vacuna 11	0,14000	0,10000	0,08000	0,00112
12	Vacuna 12	0,11000	0,05000	0,05000	0,000275
13	Vacuna 13	0,12000	0,06000	0,09000	0,000648
14	Vacuna 14	0,14000	0,08000	0,07000	0,000784
15	Vacuna 15	0,12000	0,03000	0,10000	0,00036
16	Vacuna 16	0,10000	0,09000	0,06000	0,00054
17	Vacuna 17	0,09000	0,06000	0,05000	0,00027
18	Vacuna 18	0,13000	0,10000	0,07000	0,00091
19	Vacuna 19	0,14000	0,07000	0,04000	0,000392
20	Vacuna 20	0,13000	0,03000	0,10000	0,00039

Nota. Base de datos de productos para desarrollo de caso de uso

Tabla 2

Base de datos recipientes

ID_REP	NOM_REP	LARGO_REP	ANCHO_REP	ALTO_REP	DUR_REP	ADQ_REP	COSTO_REP
1	CIPU 15P	0,39	0,295	0,37	120	Compra única	10
2	CIPU 96P	0,701	0,505	0,5	120	Compra única	30
3	CIPU 29N	0,51	0,435	0,41	120	Compra única	13
4	CIPU 40N	0,51	0,495	0,44	120	Compra única	17
5	KIT GREENIN 18	0,378	0,288	0,365	48	Compra única	10

6	KIT GREENIN 53	0,472	0,378	0,515	48	Compra única	12
7	DSX 40	0,355	0,355	0,355	96	Alquiler	45
8	DSX 21	0,355	0,255	0,25	96	Alquiler	32
9	CT 246N	0,82	0,68	0,8	48	Alquiler	66
10	CT 360N	1,14	0,68	0,8	48	Alquiler	78

Nota. Base de datos de recipientes de caso de uso

Junto a la base de datos de productos y recipientes se tienen 53 pedidos en total, incluyendo pedidos de un producto y multiproducto y se requiere saber el embalaje más adecuado para cada pedido. En la herramienta se cargan las tablas de producto y recipientes, junto a la información necesaria de cada pedido, siguiendo las especificaciones que el formulario especifica. Para ver las bases de datos diligenciadas en la herramienta ver el anexo de la herramienta.

4.4.3 Cálculo de la cotización a usando la herramienta

Ya con los datos dentro de la herramienta, está calcula la cotización y muestra los resultados generales en el formulario y los detalles de cada pedido en la hoja de resumen.

Figura 39

Resultados de cotización

Concepto	Cantidad	Costo	Unidades Asignadas
Recipientes de Alquiler	4	\$ 390	2.736
Recipientes de Compa Única	95	\$ 6.408	49.873
Total	99	\$ 6.798	52.609

Cotización del Modelo	\$ 6.798
Precisión del Cálculo	90%
Cantidad de Recipientes	99

Calcular Modelo

Reiniciar Modelo

[Ver Detalle](#)

Nota. Datos generales de cotización caso de uso

4.4.4 Revisión de resultados y decisión

De la información suministrada de la herramienta se evidencia que el operario, tuvoun mayor detalle de las posibilidades e iteraciones de alternativas de embalaje, donde las pudo contratar en

conformidad con su costo, utilización y rendimiento, concluyendo en un proceso que le permite analizar una mayor cantidad de combinaciones y variables con una precisión del modelo de 75%, disminuyendo los reprocesos en el embalaje y la toma de decisión del recipiente adecuado para su pedido, así como, contemplar la posibilidad de reutilizar por medio de alquiler, 4 contenedores para futuros pedidos.

Se realizó el análisis de 53 pedidos dirigidos a diversas partes de Colombia, donde la herramienta presenta un tiempo de procesamiento promedio de 1 minuto por cada 130 registros. El tiempo de preparación de los documentos, incluyendo depuración y ajuste a la plantilla, se estima, dependiendo del proceso y orden de la operación logística, entre 5 y 30 minutos.

Además, entrando a la hoja de resumen se detalla cada pedido, en donde se identifica la modalidad de adquisición del producto, el costo y cantidad de recipientes y productos por cada pedido, asimismo, la hoja no presenta ningún bloqueo, lo que permite extraer más información de la asignación y las bases de datos, lo que hace que se puedan identificar los recipientes asignados a cada pedido. Para ver los resultados de la herramienta del caso de uso ver el anexo de link de la herramienta.

5. CONCLUSIONES

Con el fin de facilitar el proceso de asignación y ofrecer al usuario la cotización con el costo mínimo que se ajuste a su operación y aproveche el espacio disponible al máximo, la presente propuesta técnica define el ajuste de acuerdo con la naturaleza del pedido, por medio de un proceso de descarte de las variables decisivas de conservación Cold Chain, duración, utilización y costo, en diferentes recipientes.

La herramienta le presenta distintas alternativas al usuario, entre ellas, definir si los recipientes que se asignen se pueden reutilizar, con ello, de acuerdo con los recipientes cargados, y proporcional a las alternativas de un solo uso, se aumenta la cantidad de recipientes reutilizables, entre un 20% y 40%, incentivando la rotación y dando una alternativa sostenible para la logística de Cold Chain.

De acuerdo con la problemática, se estima que el proceso de planeación de estrategias de conservación de carga toma en promedio 3 horas para casos específicos, en donde la definición se hace a juicio de experto, lo cual puede descartar alternativas no exploradas, por ello, la herramienta permite cargar, combinar y cotizar hasta 10 recipientes diferentes y disminuir el tiempo de planeación en un 83%.

La lógica propuesta funciona bajo una precisión base de 60%, a medida que se carguen datos de mayor calidad en la tabla de SKU, la precisión puede subir hasta 90%, se debe considerar que el proceso manual de configuración de productos en recipientes puede tomar hasta 2 semanas, dependiendo de la cantidad de SKU y recipientes que se pretendan analizar.

La información recolectada en cada corrida del modelo permite obtener trazabilidad en la dimensión de la operación, debido a que es posible medir la cantidad de recipientes que se requieren y asignan para cada pedido, por ello, es relevante mantener un constante análisis de los datos calculados por la herramienta.

La herramienta es versátil y puede ser utilizada varias veces para ver la iteración que mejor convenga, de acuerdo con las pruebas de rendimiento realizadas, en promedio, se estima que su capacidad de procesamiento es de 5.000 registros por minuto, pasar del millón de registros puede significar un cierre en la plataforma, debido al sistema que soporta el desarrollo es MS Excel.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Vasquez Velasquez, J. Gomez Portilla, Kl & Rodríguez Acosta, S. “*Regulación en el mercado farmacéutico colombiano*”, *Revista de Ciencias Sociales*, 2010, vol.16, pp.197- 209, Jun 2010, Disponible: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182010000200002&lng=es&nrm=iso [Acceso: 11 de mayo 2022].
- [2] Vértiz-Combe, Ú. “*La cadena de frío en la industria farmacéutica: Del fabricante al paciente*”, *Ingeniería Industrial* Vol. 29, pp. 11-34, 2011 [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/327097886> [Acceso: 9 de mayo 2022].
- [3] Puerta López, D & Patinoarias, C. *Riesgos en el transporte de productos de la cadena de frío en Antioquia*, Tecnológico de Antioquia, 2017 [Acceso: 31 de mayo 2022].
- [4] Calero Tascón, L “*Impactos del sector de la logística colombiana en el medio ambiente*”, Universidad Piloto, URL: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002260.pdf> [Acceso: 18 de mayo 2022].
- [5] United nations climate change “*El cambio a una economía circular es esencial para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París*” 15, Abril, 2021 [En línea] Disponible:<https://unfccc.int/es/news/el-cambio-a-una-economia-circular-es-esencial-para-alcanzar-los-objetivos-del-acuerdo-de-paris#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20implica%20evitar,los%20material%20y%20productos%20existentes.> [Acceso: 18 de mayo 2022].
- [6] Karliner, J. Slotterback, S. “*huella climática del sector de la salud*”, Salud sin daño, ARUP. Septiembre 2019 [En línea] Disponible: https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/5953/1%29%20Huella%20clim%C3%A1tica%20del%20sector%20salud%20-%20Reporte%20en%20espa%C3%B1ol_0.pdf [Acceso: 20 de noviembre 2022].
- [7] Belkhir, L. Elmeligi, A. “*Carbon footprint of the global pharmaceutical industry and relative impact of its major players*”, *Journal of Cleaner Production*, Vol214, Pages 185- 194, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.204>. [Acceso: 19 de noviembre 2022].
- [8] Ocampo Vélez, P. C. & Rodríguez, L. “*Estrategias de mejoramiento en la logística de cadena de frío para productos farmacéuticos*”, *Contexto*, Vol.5, Pp.105-114. DOI: <https://doi.org/10.18634/ctxj.5v.0i.654> [Acceso: 4 de junio 2022].

- [9] Marco Rodriguez, J. “*Calificación de la cadena de frío durante el proceso de embalaje, distribución y transporte de una distribuidora farmacéutica, 2017*”, Universidad Nacional de Trujillo, 2019. URL [En línea] Disponible: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13032> [Acceso: 4 de junio 2022].
- [10] Brison, M. LeTallec, Y. “*Transforming cold chain performance and management in lower-income countries*”, *Vaccine*, Vol. 35, Pages 2107-2109, 2017 DOI: [En línea] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.11.067> [Acceso: 5 de junio 2022].
- [11] Ministerio de transporte. Decreto 482, Bogotá, DC., Colombia. República de Colombia, 2020.
- [12] Ministerio de transporte. Decreto 1609. Bogotá, DC., Colombia. República de Colombia, 2012.
- [13] Ministerio de salud y protección social. Resolución número 003690. Bogotá, DC., Colombia. República de Colombia, 2016.
- [14] El instituto de vigilancia y control de alimentos, ART. 245. LEY 100, Bogotá DC., Colombia, República de Colombia, 1993
- [15] Norma técnica NTC colombiana 4435 *transporte de mercancías. Hojas de seguridad para materiales. Preparación*, [En línea] Disponible <https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC4435.pdf>
- [16] International Organization for Standardization (ISO) 14040:2006 “*Gestión Ambiental — Análisis Del Ciclo De Vida*”
- [17] TAIT, KEITH. *Industria farmacéutica*. En: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Vol. 79, 2012; Pág. 2
- [18] Centro de Estudios en Logística Coppead. *El papel del transporte*. Bogotá, Colombia. UMNG, 2000
- [19] Food And Drugs Administration. *Draft to guidance for industry, stability testing of drug substances and drug products*. Nueva York: FDA Rockville, MD, 1998
- [20] Castaño Alvares, G. & Cadavid Pantoja, J. J. “*Propuesta de mejoramiento para la Gestión de la Cadena de Frío de Medicamentos en la Empresa Eve Distribuciones S.A.S.*”, Universidad católica, 2014. [En línea] URL: <http://hdl.handle.net/10785/2049>
- [21] Neira Quesada, E. Vera La Rotta, X. “*Organización de tecnologías y procesos de*

- calidad en la cadena de frío en Colombia*”, Universidad ECCI, 2018. [En línea] URL: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1349>
- [22] Granillo Macías, R. González Hernández, I. Santana-Robles, F, “*Operador logístico*”, Ingenio Y Conciencia Boletín Científico De La Escuela Superior Ciudad Sahagún, Vol. 11, Pp. 44-48, 2019. DOI [En línea] Disponible: <https://doi.org/10.29057/ess.v6i11.3740>
- [23] González Bravo, D. “*La responsabilidad civil del operador logístico en Colombia*”. Uniandes. 2018 [En línea] Disponible: <http://hdl.handle.net/1992/34822>
- [24] Qi Lin, Quijongo Zhao, Benjamin Lev, “*Cold chain transportation decision in the vaccine supply chain*”, European Journal of Operational Research, Vol. 283, Pp. 182-195, 2020. DOI [En línea] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.005>
- [25] Oficina de Tecnologías y sistemas de Información, Grupo de Gestión de Sistemas de Información, 2020, *guía para la elaboración y presentación de historias de usuario*, Departamento Nacional de Planeación [En línea] Disponible: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDTI/Oficina%20Informatica/Sistemas%20de%20informaci%C3%B3n/Gu%C3%ADas%20Formatos%20Plantillas/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Elaboraci%C3%B3n%20y%20Presentaci%C3%B3n%20de%20Historias%20de%20Uuario.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDTI/Oficina%20Informatica/Sistemas%20de%20informaci%C3%B3n/Gu%C3%ADas%20Formatos%20Plantillas/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Elaboraci%C3%B3n%20y%20Presentaci%C3%B3n%20de%20Historias%20de%20Usuario.pdf) [Acceso: 15 de noviembre 2022].

ANEXOS

ANEXO 1

LISTAS

	TRABAJO DE GRADO	Código: LRP
	LISTA DE REQUISITOS PRIORIZADA	

FECHA:	24/10/2022
ENTIDAD:	Fundación Universidad de América
RESPONSABLE:	Juan Sebastian Erazo Daniel Esteban Victoria
NOMBRE DEL PROYECTO:	Trabajo de Grado: PROPUESTA TÉCNICA DE UNA HERRAMIENTA DE COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EMBALAJE POR OCUPACIÓN Y COSTO PARA EL SECTOR FARMACÉUTICO EN COLOMBIA

LISTA DE REQUISITOS PRIORIZADA			
ID	PRIORIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
REQ 1	Alta	Tablas parametrizadas de entrada	Realizar la categorización de las tablas de entrada, en conjunto con las variables
REQ 2	Media Alta	Módulo de Configuración	Generar el proceso de configuración por ocupación de contenedores
REQ 3	Media Alta	Módulo de Asignación	Generar el proceso de asignación de acuerdo con los parámetros
REQ 4	Media	Front	Realizar el Front para conectar los servicios.

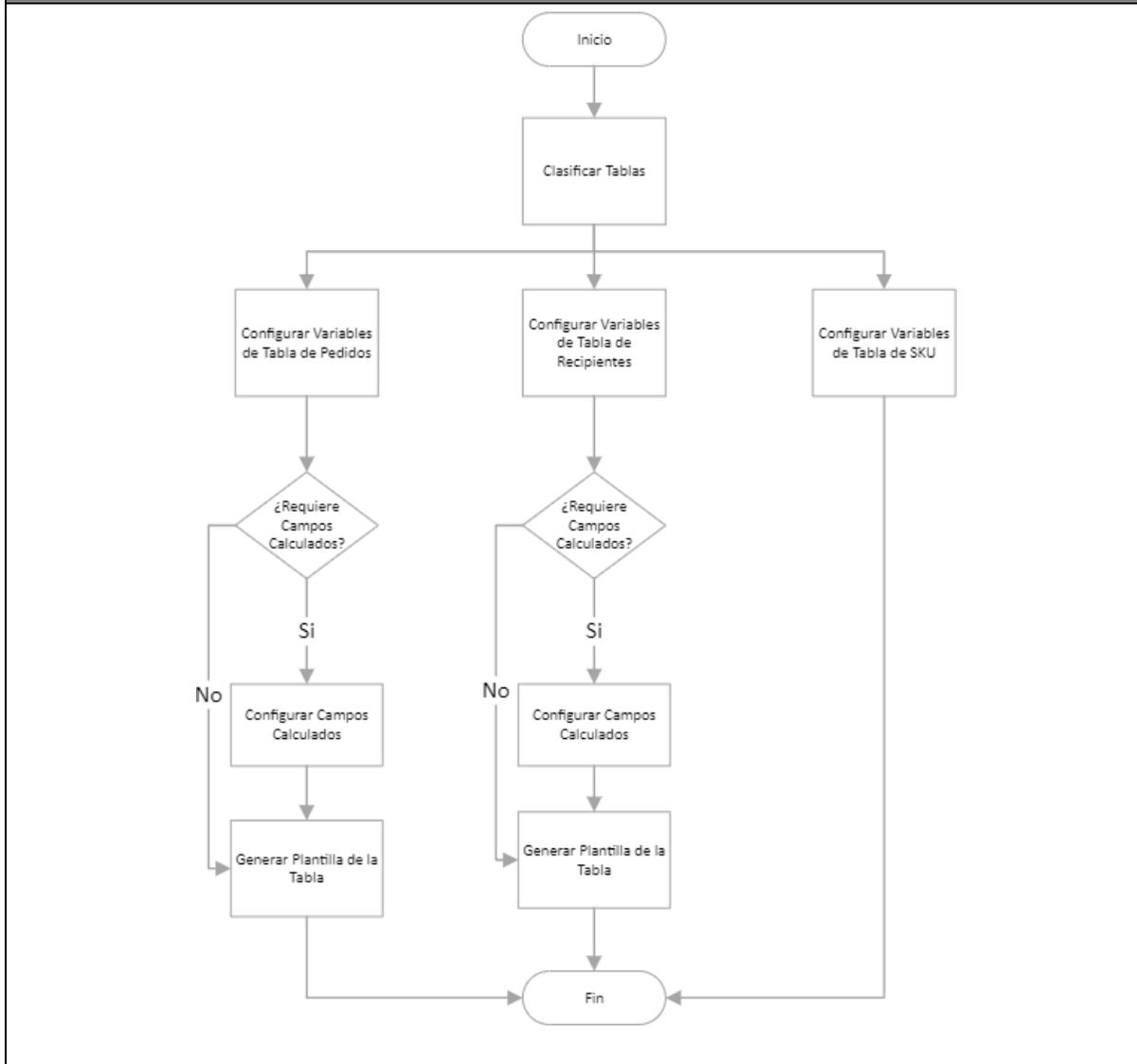
ANEXO 2
ESPECIFICACIONES

	TRABAJO DE GRADO	Código: ER-1
	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	

FECHA:	24/10/2022
NOMBRE DEL PROYECTO:	Herramienta de Consolidación
ID DEL REQUISITO:	REQ 01
NOMBRE DEL REQUISITO:	Tablas parametrizadas de entrada

1. DESCRIPCIÓN DEL REQUISITO
Definir las tablas que van a cargarse como entrada, incluyendo la parametrización y cálculo de los campos personalizados.

2. FLUJO DEL PROCESO PARA EL REQUISITO



3. HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO

ITEM [#]	HISTORIA DE USUARIO [Breve descripción de la actividad]	Tipo de Actividad [Funcional, No Funcional, Interfaz o Conexión]
HU 1	Tabla de Pedidos	Funcional
HU 2	Tabla de SKU	Funcional

HU 3	Tabla de Recipientes	Funcional
-------------	----------------------	------------------

4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR HISTORIA DE USUARIO		
ID HU	ID CA	Descripción del criterio de aceptación
HU 1	CA 1	ID_PEDIDO: NUMÉRICO
HU 1	CA 2	OR_DEP: TEXTO
HU 1	CA 3	OR_CIUADAD: TEXTO
HU 1	CA 4	OR_DIR: ALFANUMÉRICO
HU 1	CA 5	DT_DEP: TEXTO
HU 1	CA 6	DT_CIUADAD: TEXTO
HU 1	CA 7	DT_DIR: ALFANUMÉRICO
HU 1	CA 8	FECHA_PEDIDO: FECHA
HU 1	CA 9	ID_PROD: NUMÉRICO
HU 1	CA 10	CANT_PEDIDO: NUMÉRICO
HU 1	CA 11	CAMPO CALCULADO: DURACION [NÚMERO] CÁLCULO: DEFINIR LA DURACIÓN DEL VIAJE DE ACUERDO CON LA RUTA DEL PEDIDO (PRINCIPALES RUTAS DE COLOMBIA)
HU 2	CA 1	ID_PROD: NUMÉRICO
HU 2	CA 2	NOM_PROD: ALFANUMÉRICO
HU 2	CA 3	LARGO_PROD: NUMÉRICO
HU 2	CA 4	ANCHO_PROD: NUMÉRICO
HU 2	CA 5	ALTO_PROD: NUMÉRICO
HU 2	CA 6	VOLUMEN_PROD: NUMÉRICO
HU 3	CA 1	ID_REP: NUMÉRICO
HU 3	CA 2	NOM_REP: ALFANUMÉRICO

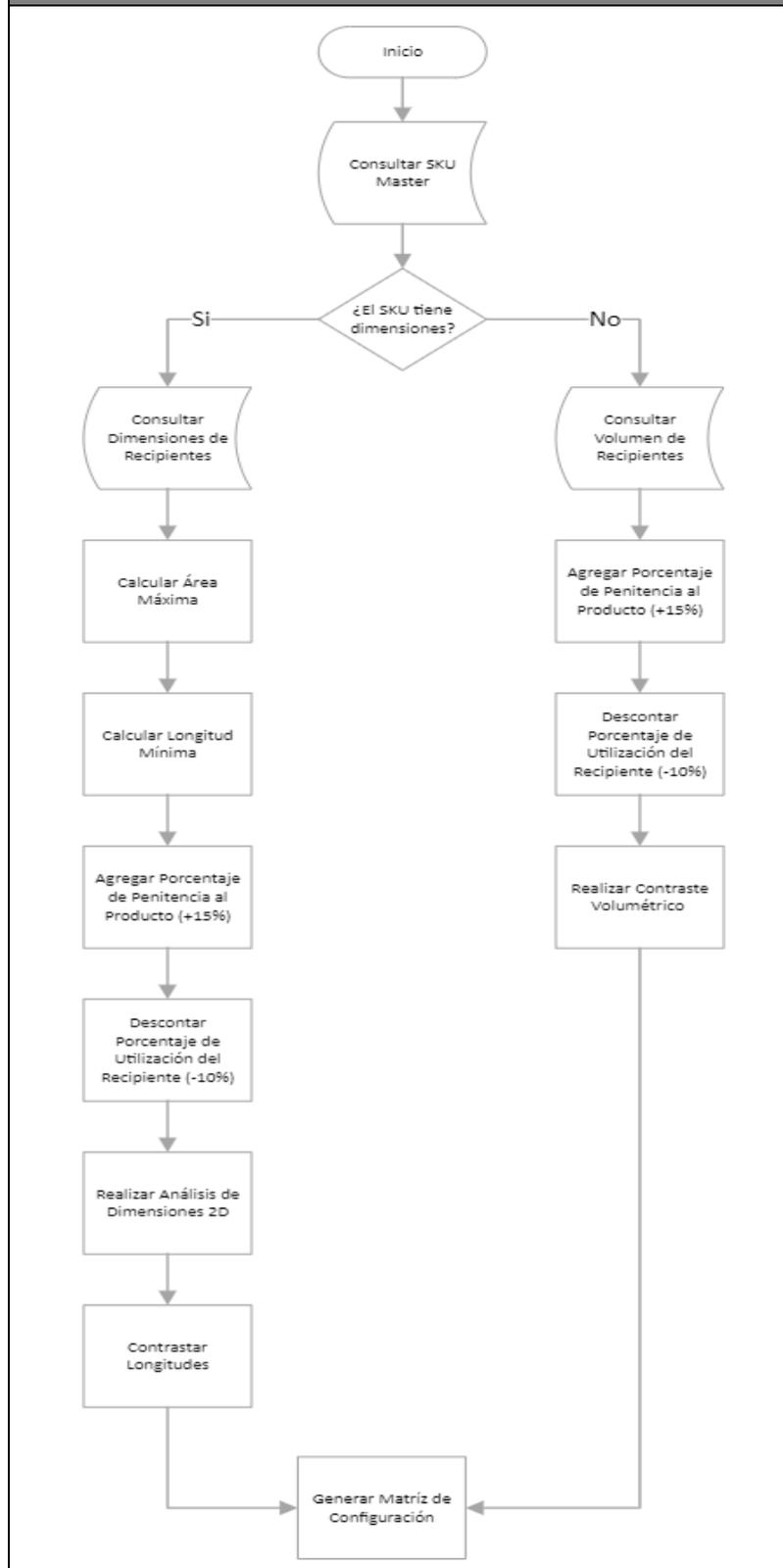
HU 3	CA 3	LARGO_REP: NUMÉRICO
HU 3	CA 4	ANCHO_REP: NUMÉRICO
HU 3	CA 5	ALTO_REP: NUMÉRICO
HU 3	CA 6	DUR_REP: NUMÉRICO
HU 3	CA 7	ADQ_REP: LISTA [“Compra única”, “Alquiler”]
HU 3	CA 8	COSTU_REP: MONEDA [USD]
HU 3	CA 9	CAMPO CALCULADO: VOL_REP [NÚMERO] CÁLCULO: LARGO_REP*ANCHO_REP*ALTO_REP

	TRABAJO DE GRADO	Código: ER-2
	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	

FECHA:	02/11/2022
NOMBRE DEL PROYECTO:	Herramienta de Consolidación
ID DEL REQUISITO:	REQ 02
NOMBRE DEL REQUISITO:	Módulo de Configuración

1. DESCRIPCIÓN DEL REQUISITO
Diseñar un módulo que permita configurar por área o por volumen, donde, se realice una matriz por producto por recipiente, considerando los porcentajes de utilización y penitencia entre productos.

2. FLUJO DEL PROCESO PARA EL REQUISITO



3. HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM [#]	HISTORIA DE USUARIO [Breve descripción de la actividad]	Tipo de Actividad [Funcional, No Funcional, Interfaz o Conexión]
HU 1	Submódulo de Configuración por Área	Funcional
HU 2	Submódulo de Configuración por Volumen	Funcional

4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR HISTORIA DE USUARIO		
ID HU	ID CA	Descripción del Criterio de Aceptación
HU 1	CA 1	Consulta SKU Master
HU 1	CA 2	Consulta Recipientes
HU 1	CA 3	<p>Área de Base del producto</p> <p>Campos Personalizados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Largo*Ancho 2. Alto*Ancho 3. Largo*Alto 4. Max(Largo*Ancho; Alto*Ancho; Largo*Alto)
HU 1	CA 4	<p>Longitud del producto</p> <p>Campos Personalizados</p> <p>Min(Largo;Alto;Ancho)</p>
HU 1	CA 5	<p>Penalización del producto</p> <p>Campos Personalizados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Área Base del Producto*1,15 2. Longitud del Producto*1,15

HU 1	CA 6	<p>Área de Base del recipiente</p> <p>Campos Personalizados</p> <p>5. Largo*Ancho</p> <p>6. Alto*Ancho</p> <p>7. Largo*Alto</p> <p>8. Max(Largo*Ancho; Alto*Ancho; Largo*Alto)</p>
HU 1	CA 7	<p>Longitud del recipiente</p> <p>Campos Personalizados</p> <p>Min(Largo;Alto;Ancho)</p>
HU 1	CA 8	<p>Utilización del Recipiente</p> <p>Campos Personalizados</p> <p>1. Área Base del Recipiente *0,9</p> <p>2. Longitud del Recipiente*0,9</p>
HU 1	CA 9	<p>Análisis 2D</p> <p>(Área Base del Recipiente*0,9/Área Base del Producto*1,15)</p>
HU 1	CA 10	<p>Análisis Longitudinal</p> <p>(Longitud del Recipiente*0,9/Longitud del Producto*1,15)</p>
HU 1	CA 11	<p>Conteo</p> <p>Redondear hacia arriba sin decimales</p> <p>Análisis 2D*Análisis Longitudinal</p>
HU 1	CA 12	Errores en cero
HU 2	CA 1	Consulta SKU Master
HU 2	CA 2	Consulta Recipientes
HU 2	CA 3	<p>Volumen del Producto Penalizado</p> <p>Volumen*1,15</p>
HU 2	CA 4	<p>Utilización del Volumen del Recipiente</p> <p>Volumen*0,9</p>
HU 2	CA 5	<p>Conteo</p> <p>Redondear hacia arriba sin decimales</p> <p>Utilización del Volumen del Recipiente/ Volumen del Producto Penalizado</p>
HU 2	CA 6	Errores en cero

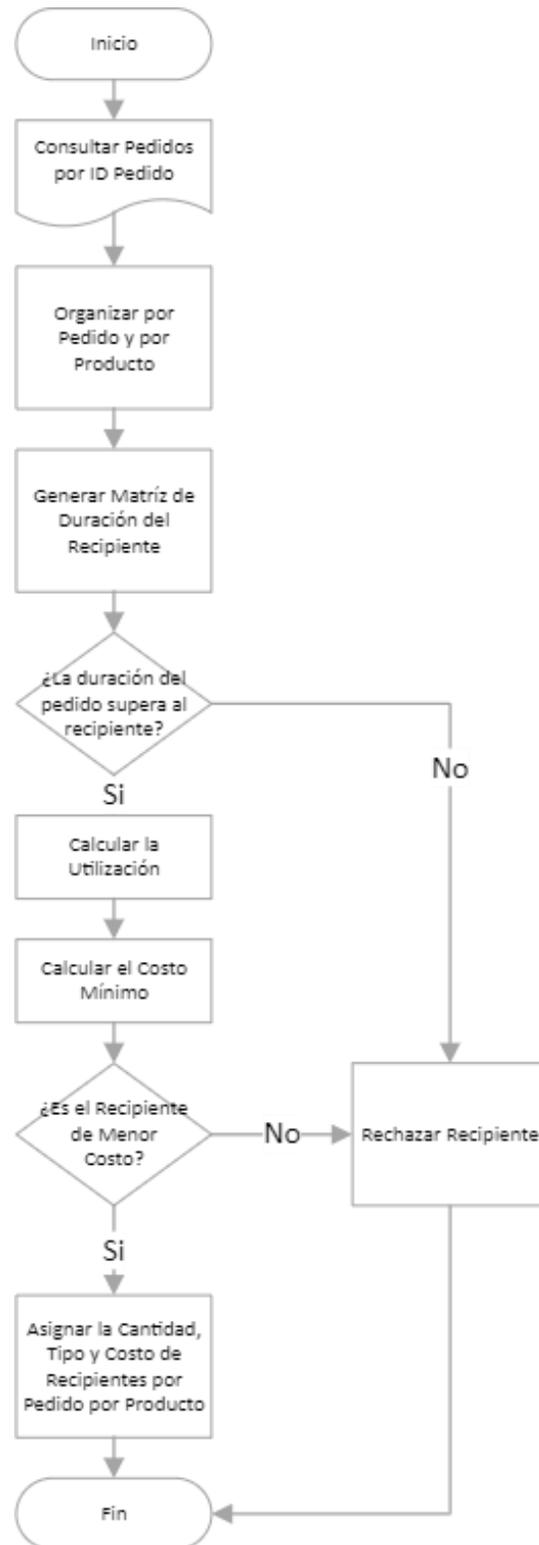
5. DEPENDENCIAS EXTERNAS				
ID HU	API	Entidad [Nombre]	Razón de Consulta [Explicación]	Ítem de Consulta [Ítem consultado en el flujo]
HU 01	Hoja “SKU Master”	Tabla SKU Master	Consultar valores de dimensión	Largo, Alto, Ancho
HU 01	Hoja “Recipientes”	Tabla Recipientes	Consultar valores de dimensión	Largo, Alto, Ancho
HU 02	Hoja “SKU Master”	Tabla SKU Master	Consultar valores de volumen	Volumen
HU 02	Hoja “Recipientes”	Tabla Recipientes	Consultar valores de volumen	Volumen

	TRABAJO DE GRADO	Código: ER-3
	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	

FECHA:	02/11/2022
NOMBRE DEL PROYECTO:	Herramienta de Consolidación
ID DEL REQUISITO:	REQ 03
NOMBRE DEL REQUISITO:	Módulo de Asignación

1. DESCRIPCIÓN DEL REQUISITO
<p>Construir el Módulo que agrupe por pedido y por producto, descarte por duración, utilización y costos, y que permita definir la cantidad de recipientes requeridos para cumplir con dicho pedido.</p>

2. FLUJO DEL PROCESO PARA EL REQUISITO



3. HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO

ITEM [#]	HISTORIA DE USUARIO [Breve descripción de la actividad]	Tipo de Actividad [Funcional, No Funcional, Interfaz o Conexión]
HU 1	Ordenamiento de Pedidos	Funcional
HU 2	Matriz de Duración	Funcional
HU 3	Matriz de Utilización	Funcional
HU 4	Matriz de Costo	Funcional
HU 5	Asignación de Recipiente	Funcional

4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR HISTORIA DE USUARIO		
ID HU	ID CA	Descripción del Criterio de Aceptación
HU 1	CA 1	Consulta a Tabla de Pedidos ID_Pedido
HU 1	CA 2	Consulta a Tabla de Pedidos OR_CIUDAD
HU 1	CA 3	Consulta a Tabla de Pedidos DT_CIUDAD
HU 1	CA 4	Consulta a Tabla de Pedidos DURACION
HU 1	CA 5	Consulta a Tabla de Pedidos ID_PROD
HU 1	CA 6	Consulta a Tabla de Pedidos Suma de CANT_PEDIDO
HU 2	CA 1	Generar Matriz de Duración entre ID_Pedido y ID_REP
HU 2	CA 2	Consulta a Recipientes por ID_REP DUR_REP
HU 2	CA 3	Condicional Si DURACIÓN es mayor a DUR_REP entonces descartar el recipiente[0], si no, permitir el paso [1]
HU 3	CA 1	Consulta a Modulo de Configuración Configuración por Área
HU 3	CA 2	Consulta a Modulo de Configuración Configuración por Volumen
HU 3	CA 3	Generar Matriz de Utilización entre ID_Pedido y ID_REP
HU 3	CA 4	Condicional Si hay dimensiones en el SKU Master, utilizar el submódulo de Configuración por Área, si no, utilizar el submódulo de Configuración por Volumen
HU 3	CA 5	Operación de Utilización Cantidad/Configuración

HU 3	CA 6	Continuidad de la Restricción de Duración Operación de Utilización*0 0 Operación de Utilización*1
HU 4	CA 1	Generar Matriz de Costo entre ID_Pedido y ID_REP
HU 4	CA 2	Consulta a Recipientes Costo_REP
HU 4	CA 3	Cantidad de Contenedores Condicional Si la Utilización es 0, entonces, aplicar un valor muy alto, si no, Redondear hacia arriba sin decimales (Operación de Utilización*Costo_REP)
HU 5	CA 1	Definir el Tipo de Caja del Costo Mínimo del Recipiente asignado
HU 5	CA 2	Consultar la cantidad de Recipientes asignados en la Matriz de Utilización
HU 5	CA 3	Consultar el Costo Mínimo Definido en la Matriz de Costo

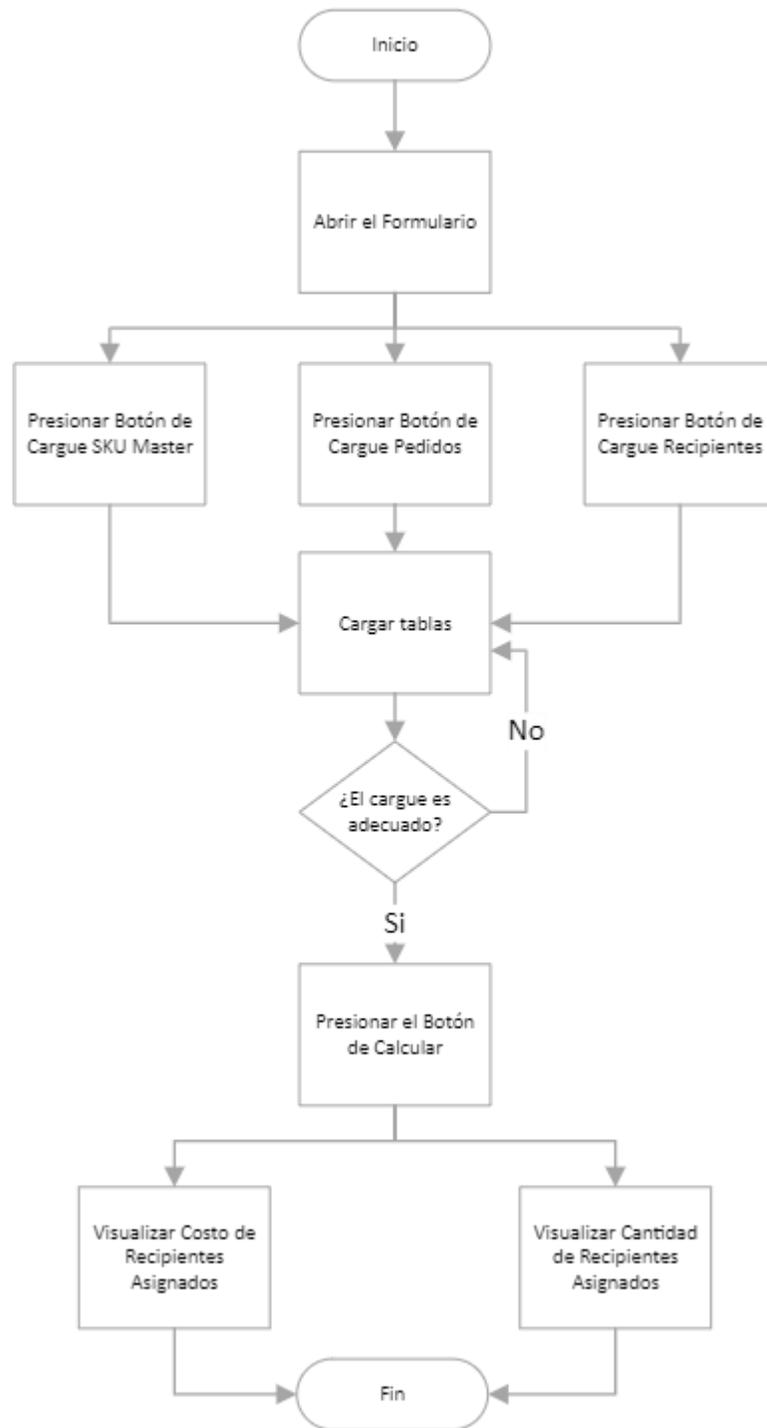
5. DEPENDENCIAS EXTERNAS				
ID HU	API	Entidad [Nombre]	Razón de Consulta [Explicación]	Ítem de Consulta [Ítem consultado en el flujo]
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Llave Primaria	ID_Pedido
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Atributo	OR_CIUADAD
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Atributo	DT_CIUADAD
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Atributo	DURACION
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Atributo	ID_PROD
HU 1	Hoja “Pedido”	Tabla de Pedido	Cálculo	Suma de CANT_PEDIDO
HU 2	Hoja “Recipientes”	Tabla de Recipientes	Atributo	DUR_REP
HU 3	Hoja “Configuración Área”	Tabla Matriz de Configuración Área	Cálculo	Configuración por Área
HU 3	Hoja “Configuración Volumen”	Tabla Matriz de Configuración Volumen	Cálculo	Configuración por Volumen
HU 4	Hoja “Recipientes”	Tabla de Recipientes	Atributo	Costo_REP

	TRABAJO DE GRADO	Código: ER-4
	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	

FECHA:	02/11/2022
NOMBRE DEL PROYECTO:	Herramienta de Consolidación
ID DEL REQUISITO:	REQ 04
NOMBRE DEL REQUISITO:	Front

1. DESCRIPCIÓN DEL REQUISITO
Diseñar el Front donde el usuario pueda cargar las tablas de parametrización, calcular y ver la cotización resultante de la herramienta.

2. FLUJO DEL PROCESO PARA EL REQUISITO



3. HISTORIAS DE USUARIO QUE CONFORMAN EL REQUISITO		
ITEM [#]	HISTORIA DE USUARIO [Breve descripción de la actividad]	Tipo de Actividad [Funcional, No Funcional, Interfaz o Conexión]
HU 1	Cotización	Funcional
HU 2	Precisión del cálculo	Funcional

4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN POR HISTORIA DE USUARIO		
ID HU	ID CA	Descripción del Criterio de Aceptación
HU 1	CA 1	Sumatoria de los costos asignados de acuerdo con el método de adquisición
HU 1	CA 2	Formato de Moneda
HU 2	CA 1	Media de Acierto de acuerdo con la configuración utilizada.
HU 2	CA 2	Formato de Porcentaje

3. INTERFAZ

ID DE LA INTERFAZ

INT 1

3.1 VISTA

3.2 DESCRIPCIÓN

CAMPO O PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	TIPO	VALIDACIONES	REGLAS DE NEGOCIO
Título	Título del Formulario	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Logo	Logo de la Universidad	Imagen	Bloqueada	Imagen
Fecha	Etiqueta de Fecha	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto

Campo de Fecha	Diligenciamiento de Fecha	Etiqueta	Desbloqueada	Fecha Corta
Cliente	Etiqueta de Cliente	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Campo de Cliente	Diligenciamiento de Cliente	Cuadro de Texto	Desbloqueada	Alfanumérico
Carga SKU Master	Cargar Tabla	Botón	Vinculado	Hoja “SKU Master”
Carga Pedido	Cargar Tabla	Botón	Vinculado	Hoja “Pedido”
Carga Recipientes	Cargar Tabla	Botón	Vinculado	Hoja “Recipientes”
Descripción SKU Master	Descripción de la tabla y variables	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Descripción Pedido	Descripción de la tabla y variables	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Descripción Recipientes	Descripción de la tabla y variables	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Validez de los datos	Validez de los datos cargados	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Calcular	Iniciar Modelo	Botón	Vinculado	Macro: “Actualizar Datos”
Tabla de Cantidad	Tabla de Cantidad Resultante	Tabla dinámica	Dinámica y bloqueada	Tabulada sin subtotales
Tabla de Costo	Tabla de Costo Resultante	Tabla dinámica	Dinámica y bloqueada	Tabulada sin subtotales
Cotización	Etiqueta de Cotización	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Campo de Cotización	Campo resultante de Cotización	Cuadro de Texto	Bloqueada	Moneda Calculado [USD]
Precisión	Etiqueta de Precisión	Cuadro de Texto	Bloqueada	Texto
Campo de Precisión	Campo resultante de la Precisión del cálculo	Cuadro de Texto	Bloqueada	Porcentaje Calculado [%]

ANEXO 3

LINK DE HERRAMIENTA

Enlace del caso de uso en la herramienta: [KGS-Caso de Uso Asignación-14nov22.xlsx](#)

ANEXO 4

RECOMENDACIONES

Si el recipiente que se asigna es de alquiler o de un solo uso, se hace relevante simular la rotación en los diferentes destinos de esos recipientes, y así mismo, la generación de estrategias para la conservación de las condiciones ideales del recipiente en el destino que le corresponde como lo son su temperatura, su integridad y el manejo adecuado de los insumos internos (geles, pilas, placas), al igual que mantener el control del inventario actual y pronosticado de estos.

Realizar un trabajo a profundidad del control y definición de insumos que corresponden al recipiente, debido a que cada uno es variable conforme a la marca y material, así como la definición de lotes, pallets, muelles y demás información que la herramienta no provea en su versión inicial.

Realizar una matriz de casos de uso que detecte los posibles fallos que pueda presentar la herramienta, en la vista de usuario, vista lógica o conformación de la estructura de datos, la cual sea probada, corregida y actualizada por quien tenga propiedad del código, con la finalidad de mejorar la experiencia del usuario y en tal caso, optimizar el rendimiento del modelo.

Hacer una revisión de la herramienta en MS Excel, y a partir de los requerimientos levantados, la vista de las ventanas, conexiones y mockups, generar una arquitectura en una plataforma web que soporte las funciones y optimice las consultas realizadas, a través de Machine Learning, AI o RPA, con la finalidad de generar una herramienta más potente en capacidad y rendimiento para varios usuarios, incluyendo un módulo de análisis de datos que permita el procesamiento de una gran cantidad de información y alimente las tecnologías de predicción del comportamiento de la demanda.