

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN PARA LOS CENTROS
DE DISTRIBUCIÓN (CEDIs) DE LA EMPRESA COMERTEX S.A. A PARTIR
DE UN MODELO MATEMÁTICO**

**EDNA JULIANA NIÑO VARGAS
JOHANNA CAROLINA PELÁEZ DÍAZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2012

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN PARA LOS CENTROS
DE DISTRIBUCIÓN (CEDIs) DE LA EMPRESA COMERTEX S.A. A PARTIR
DE UN MODELO MATEMÁTICO**

**EDNA JULIANA NIÑO VARGAS
JOHANNA CAROLINA PELÁEZ DÍAZ**

**Proyecto presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERA INDUSTRIAL**

**Director:
NÉSTOR RAÚL ORTIZ PIMIENTO
Ingeniero Industrial y Msc. en Ingeniería de Sistemas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial al señor Rogelio Botero Machado por su apoyo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

A los profesores Néstor Raúl Ortiz y Javier Arias por brindarnos su acompañamiento, orientación, y por su dedicación y amabilidad que los caracteriza.

A Margarita Quiroga y Julian Cadena por su paciencia y tiempo, y en general a toda la familia Comertex S.A.

DEDICATORIA

*A mis padres por ser el motor de mi vida y la razón de mi existir,
a mis hermanos por su compañía y apoyo incondicional,
a todos aquellos que hacen parte de este logro, especialmente a mi
compañera de proyecto de grado por ser mi amiga a lo largo de todo
este proceso de crecimiento profesional,
y por supuesto a Dios por ser mi guía y mi fortaleza.*

Juliana Niño Vargas

*A Dios, a mi mamá y a todas las personas que indirectamente me
ayudaron en este proceso. Gracias.*

Carolina Peláez Díaz

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN _____	26
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA _____	28
1.1. RESEÑA HISTÓRICA _____	28
1.2. OBJETO SOCIAL _____	28
1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA _____	29
1.4. TAMAÑO DE LA EMPRESA _____	29
1.4.1 Estructura organizacional _____	29
1.4.2 Infraestructura _____	29
1.5. SEGMENTACIÓN DE CLIENTES _____	29
1.5.1 Materias Primas _____	30
1.5.2 Producto Terminado _____	31
1.6. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS _____	32
1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN _____	33
1.7.1 Transporte para el aprovisionamiento de mercancía por importaciones _____	33
1.7.2 Transporte de pedidos nacionales _____	34
1.8. PROCESOS ORGANIZACIONALES _____	35
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO _____	36
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	36
2.2. OBJETIVOS _____	37
2.2.1 Objetivo general _____	37
2.2.2 Objetivos específicos _____	37
2.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA _____	37
2.4. ALCANCE DEL PROYECTO _____	38
2.5. IMPACTO _____	39
3. MARCO TEÓRICO _____	40

3.1	RED DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA	40
3.1.1	Diseño de la configuración de la red de distribución logística	40
3.2	EL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN	41
3.2.1	Herramientas para el modelado	42
3.2.1.1	Localización y programación lineal entera	44
3.2.2	Factores Ponderados	46
3.3	PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA	46
3.3.1	Programación lineal con variables binarias	47
4.	DISEÑO DEL MODELO	49
4.1	FORMULACIÓN MATEMÁTICA PROPUESTA	51
4.1.1	Supuestos	51
4.1.2	Condiciones de la empresa	52
4.1.3	Datos de entrada	52
4.1.4	Datos complementarios	54
4.1.5	Objetivo del modelo	54
4.1.6	Restricciones del modelo	54
4.1.7	Notación	55
4.1.7.1	Índices	55
4.1.7.2	Datos de entrada	56
4.1.7.3	Variables de decisión	56
4.1.8	Formulación matemática	56
4.2	DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN COMO UN MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA BINARIA	57
4.2.1	Conjuntos	57
4.2.2	Datos	58
4.2.2.1	Escalares	58
4.2.2.2	Tablas	59
4.2.3	Variables	60
4.2.3.1	Variable que define la Función Objetivo	60
4.2.3.2	Variables binarias	61
4.2.4	Ecuaciones	61
4.2.5	Declaración del modelo y de la solución del mismo	62
5.	REDUCCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	63

5.1	CLIENTES COMERTEX S.A.	63
5.2	MUNICIPIOS CANDIDATOS A CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	65
5.3	PROVEEDORES COMERTEX S.A.	71
5.4	PRODUCTOS	73
5.5	DEMANDA	77
5.6	COSTOS VARIABLES	79
5.6.1	Costos de transporte	79
5.6.2	Costos de operación	85
5.7	COSTOS FIJOS	87
5.7.1	Costos de instalación	87
5.7.2	Costos por servicios públicos	88
5.7.3	Costos tributarios	90
5.7.4	Costo de mano de obra	91
5.8	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA DEMANDA	93
6.	DESARROLLO DEL MODELO EN GAMS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	95
6.1	Situación actual	96
6.2	Escenarios propuestos	100
6.2.1	Variación puerto de entrada	101
6.2.2.1	Incremento demanda por línea	102
6.2.2.2	Disminución demanda por líneas	104
6.2.3	Variación del Impuesto de Industria y Comercio proyectado a 10 años bajo exenciones tributarias	106
7.	PROMESA DE SERVICIO	108
7.1	RESULTADOS ENCUESTA DE SATISFACCIÓN	109
7.2	TIEMPOS DE RESPUESTA COMERTEX S.A.	111
8.	PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN PARA COMERTEX S.A.	113
8.1	PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN SIN EXENCIONES TRIBUTARIAS	114

8.1.1. Materia Prima _____	114
8.1.2. Producto Terminado _____	116
8.2. PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN CON EXENCIONES TRIBUTARIAS ____	118
8.2.1 Materia Prima _____	118
8.2.1 Producto Terminado _____	119
CONCLUSIONES _____	122
RECOMENDACIONES _____	125
BIBLIOGRAFÍA _____	127
ANEXOS _____	131

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Centros de distribución actuales.....	29
Tabla 2. Segmentos de Clientes	30
Tabla 3. Ejemplo Paso 1.....	65
Tabla 4. Ejemplo Paso 2.....	65
Tabla 5. Municipios utilizados en la metodología Ponderación Por Factores.....	67
Tabla 6. Clústers Proveedores Internacionales	73
Tabla 7. Referencias Pareto del 90%.....	76
Tabla 8. Ejemplo cálculo de total metros	83
Tabla 9. Ejemplo cálculo kilogramos por contenedor	84
Tabla 10. Costo de transportar un contenedor origen-destino	85
Tabla 11. Capacidades centros de distribución	89
Tabla 12. Consumos mensuales acueducto y energía.....	90
Tabla 13. Municipios menores costos fijos	92
Tabla 14. Municipios ubicación óptima puerto Cartagena	100
Tabla 15. Municipios ubicación óptima puerto Buenaventura	102
Tabla 16. Incremento demanda en líneas	103
Tabla 17. Municipios ubicación óptima incremento demanda por líneas	104
Tabla 18. Disminución demanda en líneas.....	104
Tabla 19. Municipios ubicación óptima disminución en la demanda por líneas	105
Tabla 20. Municipios ubicación óptima proyectado a 10 años.....	107
Tabla 21. Clientes encuestados por segmento.....	109
Tabla 22. Nivel de cumplimiento	112
Tabla 23. Menores costos totales MP puerto Cartagena	114
Tabla 24. Municipios que no demandan materias primas.....	116
Tabla 25. Menores costos totales PT puerto Buenaventura.....	117
Tabla 26. Menores costos totales materia prima.....	118
Tabla 27. Menores costos totales producto terminado.....	120
Tabla 28. Municipios clientes Comertex S.A.....	141
Tabla 29. Tipo de cliente por municipio.....	146
Tabla 30. Clústers de clientes	151
Tabla 31. Filtro 1 Ponderación de factores.....	156
Tabla 32. Filtro 2 Ponderación de factores.....	160
Tabla 33. Niveles factores de ponderación	161
Tabla 34. Asignación de porcentajes y puntos para cada factor	162
Tabla 35. Proveedores nacionales.....	163
Tabla 36. Proveedores Internacionales.....	164
Tabla 37. Tarifa promedio de servicios públicos	165
Tabla 38. Impuesto de Industria y Comercio.....	166

Tabla 39. Mano de obra fija necesaria 168
Tabla 40. Resumen de la comparación..... 182
Tabla 41. Estrategias 183
Tabla 42. Tiempos de respuesta actuales e ideales..... 184

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Red de Distribución	50
Figura 2. Declaración y asignación de conjuntos en GAMS	58
Figura 3. Declaración y asignación de datos escalares en GAMS	59
Figura 4. Declaración y asignación de la tabla de demanda en GAMS	59
Figura 5. Declaración y asignación de la tabla de costos de transporte en GAMS.....	60
Figura 6. Declaración y asignación de variable que define la F.O. en GAMS.....	60
Figura 7. Declaración y asignación de variables binarias en GAMS	61
Figura 8. Declaración y asignación de ecuaciones en GAMS	61
Figura 9. Declaración del modelo y solución en GAMS.....	62
Figura 10. Costos totales por municipio materias primas	99
Figura 11. Comparación costos municipios candidatos PT.....	100
Figura 12. Estructura general Comertex S.A.	131
Figura 13. Estructura Gerencia General Comertex S.A.....	132
Figura 14. Estructura Gerencia Comercial MP Comertex S.A.....	133
Figura 15. Estructura Gerencia Comercial PT.....	135
Figura 16. Estructura Gerencia de Desarrollo Comertex S.A.	136
Figura 17. Estructura Gerencia Financiera Comertex S.A.	137
Figura 18. Estructura Gerencia de Compras Comertex S.A.	138
Figura 19. Estructura Gerencia Logística S.A.	139
Figura 20. Mapa de procesos organizacionales Comertex S.A.....	140
Figura 21. Solve Summary GAMS.....	169
Figura 22. Resultados GAMS.....	170
Figura 23. Comparación costos MP	171
Figura 24. Comparación costos PT	172
Figura 25. Satisfacción UEN	181
Figura 26. Importancia UEN	181
Figura 27. Tiempo de respuesta actual MMP (Días).....	185
Figura 28. Tiempo de respuesta ideal MMP (Días)	185
Figura 29. Tiempo de respuesta actual MinMP (Días).....	186
Figura 30. Tiempo de respuesta ideal MinMP (Días).....	186
Figura 31. Tiempo de respuesta actual Dotaciones (Días)	187
Figura 32. Tiempo de respuesta ideal Dotaciones (Días)	187
Figura 33. Tiempo de respuesta actual Femenino (Días).....	188
Figura 34. Tiempo de respuesta ideal Femenino (Días).....	188
Figura 35. Tiempo de respuesta actual Infantil (Días)	189
Figura 36. Tiempo de respuesta ideal Infantil (Días).....	189
Figura 37. Tiempo de respuesta actual Masculino (Días)	190
Figura 38. Tiempo de respuesta ideal Masculino (Días)	190

Figura 39. Tiempo de respuesta actual RD (Días)	191
Figura 40. Tiempo de respuesta ideal RD (Días).....	191
Figura 41. Tiempo de respuesta actual MPT (Días).....	192
Figura 42. Tiempo de respuesta ideal MPT (Días).....	192
Figura 43. Tiempo de respuesta actual GS (Días)	193
Figura 44. Tiempo de respuesta ideal GS (Días).....	193
Figura 45. Tiempo de respuesta actual CD (Días)	194
Figura 46. Tiempo de respuesta ideal CD (Días).....	194
Figura 47. Tiempo de respuesta actual Industrial (Días)	195
Figura 48. Tiempo de respuesta ideal Industrial (Días)	195
Figura 49. Tiempo de respuesta actual Publicidad (Días).....	196
Figura 50. Tiempo de respuesta ideal Publicidad (Días)	196
Figura 51. Tiempo de respuesta actual Quirúrgico (Días).....	197
Figura 52. Tiempo de respuesta actual Quirúrgico (Días).....	197
Figura 53. Comparación de atributos MMP	198
Figura 54. Comparación de atributos MinMP	198
Figura 55. Comparación de atributos Dotaciones.....	199
Figura 56. Comparación de atributos Femenino	199
Figura 57. Comparación de atributos Infantil	200
Figura 58. Comparación de atributos Masculino.....	200
Figura 59. Comparación de atributos Deportiva.....	201
Figura 60. Comparación de atributos MPT	201
Figura 61. Comparación de atributos GS	202
Figura 62. Comparación de atributos CD.....	202
Figura 63. Comparación de atributos Industrial.....	203
Figura 64. Comparación de atributos Publicidad	203
Figura 65. Comparación de atributos Quirúrgico	204

LISTA DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Estructura organizacional Comertex S.A.	130
Anexo 2. Procesos organizacionales Comertex S.A.	138
Anexo 3. Municipios clientes Comertex S.A.	139
Anexo 4. Tipo de cliente por municipio	144
Anexo 5. Segmentos de clientes por municipio (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 6. Tablas de tarifas corporativas de la transportadora (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 7. Clústers de clientes	149
Anexo 8. Filtro 1 Número de clientes vs PYG clientes VIP	154
Anexo 9. Filtro 2 Municipios que no generan el 80% de la utilidad operativa de la empresa	158
Anexo 10. Niveles factores de ponderación	159
Anexo 11. Información ponderación por factores (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 12. Asignación de porcentajes y puntos para cada factor	160
Anexo 13. Resultados ponderación por factores (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 14. Proveedores Nacionales	161
Anexo 15. Proveedores Internacionales	162
Anexo 16. Grupos de productos y peso por línea (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 17. Ventas en kilogramos por línea (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 18. Ventas por línea (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 19. Productos con proveedor internacional (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 20. Costos de transporte primario por grupo de referencias (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 21. Costos de transporte secundarios (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 22. Costos de operación (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 23. Matriz de costo total (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 24. Valor metro cuadrado comercial promedio (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 25. Tarifa promedio de servicios públicos	163
Anexo 26. Total mensual y anual costo de instalación y servicio públicos (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 27. Impuesto de Industria y Comercio	164
Anexo 28. Exenciones Impuesto de Industria y Comercio (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 29. Mano de obra fija necesaria	166
Anexo 30. Total costos fijos (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 31. Área ocupada por la demanda (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 32. SolveSummary GAMS	167
Anexo 33. Resultados GAMS	168
Anexo 34. Resultados Materia Prima costo variable (Ver carpeta de anexos)	

Anexo 35. Resultados Producto Terminado costo variable (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 36. Costos totales situación actual (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 37. Comparación costos por combinación de municipios candidatos MP	169
.....	
Anexo 38. Comparación costos por combinación de municipios candidatos PT	170
.....	
Anexo 39. Resultados Materia Prima puerto Buenaventura (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 40. Resultados Producto Terminado puerto Buenaventura (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 41. Resultados obtenidos puerto Buenaventura (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 42. Resultados obtenidos aumento demanda por líneas (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 43. Resultados obtenidos disminución demanda por líneas (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 44. Resultados municipios proyectado a 10 años (Ver carpeta de anexos)	
Anexo 45. Cuestionario satisfacción clientes Comertex S.A.	171
Anexo 46. Satisfacción e importancia UEN	179
Anexo 47. Resumen de la comparación	180
Anexo 48. Estrategias	181
Anexo 49. Tiempos de respuesta actuales e ideales	182
Anexo 50. Resultados encuesta por segmento	183

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
1	Realizar la recolección y depuración de los datos necesarios para definir la situación actual de la red de distribución de Comertex S.A.	Capítulo 5. Reducción y delimitación del problema.
2	Plantear el modelo matemático que permita determinar la posible localización de los centros de distribución(CEDIs).	Capítulo 4. Diseño del modelo.
3	Determinar los grupos de productos que almacenarán los centros de distribuciónobtenidos en la solución del modelo matemático.	Capítulo 8. Propuesta de localización de los centros de distribución para Comertex S.A.
4	Establecer las zonas geográficas que atenderá cada uno de los centros de distribuciónde la empresa.	Capítulo 8. Propuesta de localización de los centros de distribución para Comertex S.A.
5	Evaluar posibles propuestas de localización a través de un análisis de escenarios del modelo matemático, para elegir la mejor opción en términos de la relación costo-beneficio.	Capítulo 6. Desarrollo del modelo en GAMS y análisis de resultados.

GLOSARIO

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN: depósito, almacén o bodega ubicada en un punto estratégico logísticamente, que abastece otros almacenes o despacha directamente al consumidor o usuario del bien o servicio.

CLÚSTER: grupos de categorías en específico que se reúnen de acuerdo a características comunes y diferenciadoras.

CONTENEDORES: recipiente de carga para los diferentes tipos de transporte, aéreo, marítimo, fluvial y terrestre.

COSTOS LOGÍSTICOS: agrupan todos los costos relacionados a las funciones de la empresa, que gestionan y controlan los diferentes flujos de materiales, información, capital humano, maquinaria etc.

COSTOS POR ACTIVIDAD: sistema en el que se calculan los costos inherentes a aquellas actividades dentro de un proceso en específico que generan valor y contribuyen con el bien o servicio final.

DEMANDA: cantidad de bienes o servicios que pueden ser adquiridos en el mercado por un consumidor o usuario.

DESPACHOS: consiste en atender los requerimientos del usuario, encargándose de la distribución o entrega de la mercancía solicitada.

EPSL: Empresa Prestadora de Servicios Logísticos, es aquella que presta alguno de los servicios especializados de la logística como: almacenamiento, gestión de inventarios, transporte y distribución física entre otras.

ERP: sistema de información gerencial que integra y maneja muchos de los procesos que son importantes para la producción de bienes o servicios.

ESCENARIOS: variedad de contextos en las que algo puede ser presentado.

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS: estado financiero que muestra en forma detallada para un período la manera como se obtuvieron los resultados del ejercicio.

FACTORES CUALITATIVOS: factores que guardan relación con la cualidad o calidad de algo.

FACTORES CUANTITATIVOS: factores que guardan relación con lo que se pueda medir o expresar numéricamente.

FLETES: precio que se paga por el alquiler de un medio de transporte o por la carga que ha de transportar.

FUNCIÓN OBJETIVO: función lineal que busca ser optimizada (minimizar o maximizar) de acuerdo al problema que se plantee.

GUÍA DE DESPACHOS: documento que acompaña la mercancía indicando su cantidad, descripción de artículos y su precio unitario. Importante para certificar la propiedad de los bienes.

ICA: Impuesto de Industria y Comercio pagado por todas las empresas comerciales, industriales o de servicios. Se aplica a los ingresos netos que tenga cada compañía y dependiendo del municipio donde se encuentra el valor es diferente.

LISTADOS DE ENTRADAS DE PRODUCTOS: listado de los productos que son enviados por parte de los proveedores, su principal uso es la comparación con la orden de compra.

LOGÍSTICA: todo movimiento de materiales, información, maquinaria a lo largo de la cadena de abastecimiento.

MODELO MATEMÁTICO: traducción de la realidad en términos matemáticos.

NIVEL DE SERVICIO: características definidas en escala sobre diferentes formas de brindar servicio al cliente.

PAQUETEO: forma de transporte a través de paquetes.

PRINCIPIO DE PARETO: regla del 80-20, en donde el 20% de cualquier cosa generará el 80% de los efectos.

PROGRAMACIÓN LINEAL: es un procedimiento mediante el cual se le da solución a un problema mediante ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo.

PROVEEDORES ACTIVOS: son aquellos que aparecen registrados en el sistema de información como proveedores de la empresa.

RED DE DISTRIBUCIÓN: sistema de transferencia de productos mediante el cual se satisface a los clientes.

RESTRICCIONES: para programación lineal, representan condiciones que deben ser satisfechas.

SEGMENTOS DE CLIENTES: agrupación de clientes de acuerdo a sus actividades y los requerimientos especiales de compra y trato para estos.

SOLUCIÓN FACTIBLE: solución a un problema de programación lineal que representa una buena solución pero no necesariamente la óptima.

TIEMPO DE REPUESTA: lapso de tiempo que transcurre entre la petición del cliente por un bien o servicio hasta que lo recibe.

UEN: Unidad Estratégica de Negocio, compuesta por uno o más productos seleccionados y que frente a ellas existe un directivo que encamina el negocio a la estrategia de la empresa.

UTILIDAD OPERATIVA: es la utilidad obtenida de tomar los ingresos brutos y disminuirles los costos de ventas y los gastos de operación.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN PARA LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN (CEDIs) DE LA EMPRESA COMERTEX S.A. A PARTIR DE UN MODELO MATEMÁTICO.²

AUTORES: EDNA JULIANA NIÑO VARGAS
JOHANNA CAROLINA PELÁEZ DÍAZ¹

PALABRAS CLAVES: Centros de distribución, Localización, Red De Distribución.

DESCRIPCIÓN

El presente proyecto diseña un modelo matemático cuya finalidad es generar una propuesta de localización de los centros de distribución de Comertex S.A., a través de la creación de una herramienta fundamentada y soportada académicamente que permite determinar la solución óptima al problema de ubicación. Para un adecuado desarrollo del proyecto, se inició con el proceso de reducción de todos los datos que son los parámetros insumo para el modelo, lo cual se realizó con el fin de facilitar el manejo de la información y garantizar una representación muy cercana a la realidad de la compañía, además podrá evidenciar la definición y descripción de las restricciones y la función objetivo que caracterizan el modelo matemático. Una vez finalizada dicha recolección y depuración de datos, así como la formulación del modelo, se utilizó el software General Algebraic Modeling System (GAMS) para realizar todo el proceso de modelización brindando solución a los diferentes escenarios planteados de acuerdo al entorno en el que se desarrolla la empresa y las características que la definen.

Con el fin de generar la propuesta de localización de los centros de distribución, se realizó un análisis de los resultados obtenidos, comparando las cifras y los lugares arrojados en cada una de las corridas del modelo. Las corridas corresponden a diferentes escenarios que pueden llegar a presentarse según la operación de Comertex S.A.

¹Proyecto de grado.

²Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Director MSc. Néstor Raúl Ortiz Pimiento.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF LOCATION PROPOSAL'S FOR COMERTEX S.A. ENTERPRISEDISTRIBUTION CENTERS FROM A MATHEMATICAL MODEL.[‡]

AUTHORS: EDNA JULIANA NIÑO VARGAS
JOHANNA CAROLINA PELÁEZ DÍAZ[§]

KEY WORDS: Distribution Centers, Location, Distribution Network.

DESCRIPTION

The present project was made with the finality to design a mathematical model to generate a location proposal's for Comertex S.A. distribution centers, through the creation of an informed and supported academically tool that lets find the optimal solution to the problem of location. To obtain a proper development of this project, first at all you will find the parameters reduction process for all data that are inputs to the model, which was made in order to facilitate the information's handling and to ensure a very close representation to the company's reality, also you will see the definition and description of the restrictions, and the objective function that characterize the mathematical model. Once completed the mentioned compilation, depuration and model formulation, the software General Algebraic Modeling System (GAMS) was used to do the entire modeling process, to provide solutions to the different scenarios presented according to the environment in which the company develops and the characteristics that define it.

In order to generate the location proposal's distribution centers, an analysis was made based on the results, comparing data and places at each model's stage. This model stages are different scenarios that could happen according to the operation of Comertex S.A.

[‡]Work Degree.

[§]Faculty of Physico-Mechanical Engineering, School of Industrial and Business Studies, Director.Msc.NéstorRaúl Ortiz Pimiento.

INTRODUCCIÓN

La óptima ubicación de los centros de distribución de una empresa, garantiza que ésta se localice en un lugar adecuado para atender la demanda de sus clientes y abastecerse por medio de proveedores, teniendo en cuenta costos de transporte, volúmenes de producto, capacidad de almacenamiento, tiempos de respuesta, entre otros.

Por ésta razón Comertex S.A. contempla la necesidad de analizar la localización actual de sus CEDIs¹ desde un punto de vista más profundo y detallado, de tal manera que se pueda obtener información real y oportuna que permita tomar decisiones estratégicas en beneficio de la empresa.

Con el presente proyecto se busca determinar la localización óptima de los centros de distribución (CEDIs) de la compañía, partiendo de la recolección de la información de la red de distribución actual, para posteriormente realizar el diseño de un modelo matemático e interpretarlo, con el fin de dar paso a una propuesta de ubicación, que contemple los diferentes aspectos inherentes a ésta. Así, en el primer capítulo podrá encontrar la descripción de la empresa y sus generalidades, después se presentan los aspectos principales del proyecto tales como el problema a solucionar, el alcance, la justificación del problema, los objetivos que se planean cumplir con el desarrollo de la propuesta, entre otros.

En el tercer capítulo, se discute el marco teórico necesario para la comprensión del modelo matemático, así como las herramientas que se conocen en la literatura para solucionarlo y la manera como ésta plantea el problema de localización.

¹ Centro de Distribución. Aquella instalación en la cual se almacenan productos y despachan pedidos para su distribución a clientes y/o consumidores.

A continuación se da a conocer el diseño del modelo y su formulación matemática en el software utilizado (GAMS), identificando plenamente cada uno de sus componentes y datos de entrada, así como la notación utilizada para los mismos. Para continuar, se explica la manera como se realizó la reducción y delimitación del problema de Comertex S.A. con el fin de garantizar una formulación de fácil manejo cuya solución sea lo suficientemente práctica hablando en términos del tiempo de ejecución del programa.

Una vez conocido y planteado el modelo, en el capítulo 6, se realiza el desarrollo y solución del mismo en GAMS, así como un análisis de resultados preliminar a la generación de la propuesta de localización que incluye la evaluación de posibles escenarios en los cuales se modifica alguno de los factores determinantes.

En los siguientes capítulos del documento se realiza un análisis del tiempo de respuesta que la empresa proporciona a los clientes así como el esperado por ellos, también se genera la propuesta final para la localización de los centros de distribución de Comertex S.A. en base a los resultados previamente obtenidos y examinados, y finalmente encontrará las conclusiones y las recomendaciones realizadas a la empresa.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1. RESEÑA HISTÓRICA

El 7 de noviembre de 1.974 fue fundada en la ciudad de Bucaramanga Comertex S.A., el surgimiento de esta empresa se vio motivado por la necesidad que percibieron sus creadores de fortalecer uno de los sectores más ricos de la economía del país, la distribución de productos textiles, visualizando en Santander una de las mejores plazas para aprovechar dicha oportunidad.

Comertex es una empresa consolidada como un grupo de empresas familiares que se fusionaron hacia el año 2004, en las ciudades de Bogotá, Cali y Pereira. En la actualidad cuenta con una moderna infraestructura ubicada en la zona industrial de Girón en la Carrera 17 Autopista Palenque – Chimitá N° 60– 170 en la que funcionan sus líneas comerciales, departamento administrativo y su centro de distribución logístico. En esta sede los productos de las líneas son almacenados en una bodega amplia con las características logísticas necesarias, con el fin de brindar a los clientes mayor confiabilidad y un manejo seguro de los productos. Además posee en los principales puntos comerciales de la ciudad de Bucaramanga almacenes donde funcionan sus siete líneas, logrando así satisfacer la gran demanda generada en el sector.

1.2 OBJETO SOCIAL

Comertex S.A. cuenta con siete líneas de productos con el objeto social de adquirir, exportar, importar, transformar, distribuir y vender toda clase de insumos y productos textiles, con el principal objetivo de atender a trece segmentos del mercado. La Unidad Estratégica de Negocio (UEN) materias primas está compuesta por la línea plano, línea punto, línea no tejidos y la UEN producto terminado por calzado, hogar y vestuario.

1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA

La actividad económica de Comertex S.A. figura como: comercio al por mayor de productos textiles y productos confeccionados para uso doméstico.

1.4 TAMAÑO DE LA EMPRESA

1.4.1 Estructura organizacional

Existen 250 personas vinculadas directamente a Comertex S.A. a nivel nacional repartidas en 7 gerencias como se puede observar en el Anexo 1. Estructura organizacional Comertex S.A.

1.4.2 Infraestructura

Comertex S.A. cuenta con una infraestructura repartida entre las diferentes sedes de la siguiente manera:

Tabla 1. Centros de distribución actuales

CEDI	SEDE	BODEGA (m ³)
CENTRO	BOGOTÁ	2513
ORIENTE	GIRÓN	8991
OCCIDENTE	PEREIRA	1440

Fuente: Comertex S.A

1.5 SEGMENTACIÓN DE CLIENTES

Comertex S.A. tiene segmentados sus clientes de acuerdo al tipo de producto que compran, materias primas o producto terminado (Ver Tabla 2. Segmentos de clientes); a continuación se procede a describir cada uno de ellos:

Tabla 2. Segmentos de Clientes

MATERIA PRIMA	PRODUCTO TERMINADO
Confección Dotación	Mayoristas PT
Mayoristas MP	
Minoristas MP	Minoristas PT
Confección Quirúrgico	
Publicidad	
Industrial	Grandes superficies
Otros (Femenino, Masculino, Infantil y Ropa deportiva)	

Fuente: Comertex S.A.

1.5.1 Materias Primas

- Comercio minorista: son establecimientos comerciales pequeños, especializados en pocos productos donde sus clientes pueden adquirir productos de materias primas al detal, de manera que se atiendan necesidades particulares. Principales características: clientes de bajo volumen en pedidos, orientados a productos de línea, con gran exigencia en tiempos de entrega, orientados a buscar descuentos.
- Comercio mayorista: pertenecen a este segmento los clientes que ejercen las actividades de venta, representación y promoción de los productos de materias primas para ser revendidos. Distribuyen y venden principalmente al por mayor y en ocasiones al detal. Estos clientes pueden tener sus propios puntos de venta. Principales características: poco o nada fieles, interés en productos de línea, alto volumen en pedidos y presentan especial atención a la disponibilidad, la exclusividad en diseños, la atención personalizada, precio y plazos de pago.
- Confecciones: clientes dedicados a la elaboración de prendas de vestir y se encuentra dividido en: confección dotaciones, confección infantil, confección femenina, confección masculina, confección quirúrgica y confección ropa deportiva. Principales características: son especializados, favorecen la atención personalizada con buen nivel de

asesoría técnica, privilegian el diseño, y son exigentes en cuanto a la programación y entrega del producto.

- Industrial: compañías cuya actividad primordial es la producción de bienes mediante la transformación de la materia o extracción de las mismas. Comparte las mismas características del segmento de confección.
- Publicidad: clientes dedicados principalmente a la comercialización de productos terminados y/o materias primas para fines publicitarios, prestan este servicio a compañías interesadas en diseños de productos personalizados que exhiban sus logos o marcas. Principales características: realiza pedidos de bajo volumen, favorece la atención personalizada, la disponibilidad de productos con buen precio y el cumplimiento en fechas de entrega.

1.5.2 Producto Terminado

- Grandes superficies: son tiendas únicas de gran tamaño, ubicadas en las principales ciudades del territorio nacional, dentro de las cuales están hipermercados, almacenes de cadena, supermercados, almacenes por departamentos. Principales características: presenta una logística especial (etiquetado, reempaque, despachos a varios puntos de envío) y demanda de publicidad (impulso, mercaderistas, góndolas).
- Mayoristas: son clientes que compran para distribuir e invierten en la comercialización de los productos terminados; estos son: catálogo de venta directa, institucional, promocional y licitaciones. Principales características: requiere y maneja su propia logística básica con valor agregado escaso o nulo, para llegar al cliente final.

- Comercio al detal: son el segmento que finaliza la cadena de distribución de los productos terminados, venden directamente al cliente final y su sistema de venta es al detal. Principales características: demandan alta rentabilidad porque sus despachos son pequeños y deben cubrir los costos logísticos de operación, además su operación logística presenta un nivel alto de complejidad.

1.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS

La compañía divide sus productos en 7 líneas que se describen a continuación:

- Línea tejido de punto: la línea cuenta con variedades de telas como deportivos, desagujados, doble punto, estampados, lycras, perchados, piqué, preteñidos, punto sencillo, rib y camisetas.
- Línea tejido plano: en esta línea se encuentran diferentes tipos de tela para la confección de prendas de vestir, tanto casuales como deportivas; de igual manera ofrece telas para lencería, ropa de trabajo e industrial.
- Línea no tejidos: ofrece productos para diferentes sectores de la industria como son acolchadores, colchoneros, bondeadores, confección, calzado y marroquinería, filtración (telas no tejidas), impermeabilización, agrícola, publicidad y empaque, higiénico y quirúrgico.
- Línea vestuario: camisetas, pantalones, vestidos, camisas, pantalonetas, entre otros, hacen parte de esta línea.
- Línea hogar: los productos que se manejan son toallas y sus subgéneros; sobrecamas, ropa de hogar y productos importados.

- Línea calzado: los productos se clasifican en cinco grandes grupos: doméstico, agropecuario, industrial, colegial y moda.

1.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN²

Comertex S.A. requiere que este proceso se administre cuidadosamente debido a que es un eslabón fundamental en su cadena de suministro en donde un manejo eficiente de éste se traduce en valor agregado.

El despacho de mercancías en Comertex S.A. se realiza bajo dos modalidades:

- Desde los centros de distribución con el fin de tener cobertura nacional y abastecer los clientes que están ubicados en todo el país de tal forma que se pueda ofrecer un buen nivel de servicio y procurando llevar al mínimo los costos de transporte.
- Despachos directos desde el domicilio del proveedor hasta donde el cliente lo solicita los cuales se realizan cuando no hay existencias de inventario en los CEDIs. Si el proveedor tiene mercancía se genera la orden de compra y se solicita que la haga llegar al domicilio del comprador. Vale la pena aclarar que estos despachos solo aplican para proveedores nacionales y que el costo de los productos no tiene ningún recargo por este servicio.

1.7.1 Transporte para el aprovisionamiento de mercancía por importaciones

La mercancía negociada con proveedores internacionales requiere la coordinación de varias operaciones con el fin de trasladar los productos desde

² SISSA GÓMEZ Claudia Johana, CADENA HERNÁNDEZ Julián Andrés. Mejoramiento del Sistema Logístico para aumento del nivel de servicio de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. 2010. 234p.

el domicilio de los proveedores hasta los centros de distribución de Comertex S.A. Los productos que se movilizan bajo esta modalidad requieren el uso de transporte marítimo y terrestre. La mercancía que demanda el uso de naves involucra varios actores entre los cuales se encuentra: el agente de carga, la naviera, la Sociedad de Intermediación Aduanera (SIA) y una transportadora nacional ya que la movilización de contenedores se encuentra tercerizada.

Una vez el área de Comercio Exterior de Comertex S.A. recibe el aviso del proveedor sobre la disponibilidad de la mercancía, la empresa establece contacto con el agente de carga para que gestione la recogida de la mercancía. Éste se encarga de contratar la naviera que transportará los productos, de gestionar la carga de la mercancía en el país de origen, el descargue del contenedor en los puertos nacionales y el almacenamiento del contenedor en el depósito del puerto.

Cuando la mercancía se encuentra en el puerto, se procede a la nacionalización de la misma la cual es gestionada con la DIAN por la Sociedad de Intermediación Aduanera (SIA) contratada por la empresa. La SIA que representa a Comertex S.A. en el puerto, realiza el reconocimiento de la mercancía en el depósito y carga la declaración de importación en la base MUISCA de la DIAN.

Una vez nacionalizada la mercancía la SIA recibe la carta de instrucciones de Comertex S.A. que autoriza a la transportadora que llevará la carga desde el puerto hasta el centro de distribución. El proceso termina con la llegada del vehículo al CEDI de Comertex S.A.

1.7.2 Transporte de pedidos nacionales

Los pedidos nacionales son aquellos que deben atenderse en ciudades distintas a las del centro de distribución. El paqueteo nacional moviliza mercancías solo por medio terrestre tercerizado, y a través de la transportadora

se tiene una alianza estratégica con esta empresa que permite descuentos especiales. La EPSL³ recibe la mercancía en el centro de distribución y los entrega en el domicilio del cliente.

1.8 PROCESOS ORGANIZACIONALES

Comertex S.A. ha desarrollado un mapa de procesos de la organización (Ver Anexo 2. Procesos organizacionales Comertex S.A.), en el cual se distinguen tres tipos de procesos:

- Procesos estratégicos: aquellos que definen el direccionamiento de la organización.
- Procesos misionales: son los que generan el valor de la compañía y definen el portafolio de servicios ofrecidos por la empresa.
- Procesos de apoyo: son aquellos que soportan la ejecución de las cadenas de valor y/o portafolios de los productos ofrecidos.

³ Empresa Prestadora de Servicios Logísticos.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la evolución de la compañía a lo largo de la historia, se observa que ésta ha venido operando en diferentes lugares del país, éstos últimos determinados a partir de características del entorno, intuición de los directivos y ausencia de estudios que los justifiquen y que guíen la ubicación actual de los centros de distribución en el territorio nacional.

Comertex S.A. ha sido una empresa que ha ubicado sus bodegas y almacenes de forma empírica, conduciendo a cierres de centros de distribución y de almacenes bajo el criterio de las directivas; lo anterior, ha generado que las bodegas actuales de la empresa manejen productos de algunas o todas las líneas, haciendo que el cliente no cuente con un punto fijo desde el cual le sean despachados los productos. Por ello, en acuerdo con la planeación estratégica y en base a lo encontrado en el proyecto de grado titulado “Mejoramiento de los procesos logísticos de Comertex S.A.”⁴ se considera importante a partir de la información actual de la empresa y la elaboración de un modelo matemático, hallar la solución óptima para los lugares en los cuales deberían estar situados los centros de distribución, teniendo en cuenta factores propios y externos de la empresa, que garanticen beneficios para la organización.

El modelo matemático como una representación cercana de la realidad, servirá para integrar características propias de la empresa, de manera que se cubran todos los aspectos concernientes a la configuración de la red de distribución.

⁴GÓMEZ Margarita, PINZÓN Carolina, RUÍZ Dayana, SAAIBI Silvia. Mejoramiento de los procesos logísticos de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2011. 120p.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo general

Diseñar un modelo matemático basado en Programación Lineal Entera Binaria, que permita obtener la mejor solución entera posible al problema de localización de los centros de distribución de la empresa Comertex S.A.

2.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la recolección y depuración de los datos necesarios para definir la situación actual de la red de distribución de Comertex S.A.
- Plantear el modelo matemático que permita determinar la posible localización de los centros de distribución (CEDIs) de la empresa.
- Determinar los grupos de productos que almacenarán los centros de distribución obtenidos en la solución del modelo matemático.
- Establecer las zonas geográficas que atenderá cada uno de los centros de distribución de la empresa.
- Evaluar posibles propuestas de localización a través de un análisis de escenarios del modelo matemático, para elegir la mejor opción en términos de la relación costo-beneficio.

2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La realización de este proyecto obedece a la necesidad que ha visto la empresa de localizar sus operaciones en lugares estratégicos, identificados a partir de la evaluación de aspectos fundamentales como la ubicación de sus clientes y proveedores, los costos de transporte asociados y los volúmenes de

ventas de sus productos, para determinar oportunidades de mejora en términos del cubrimiento del mercado, servicio al cliente, control y organización sobre sus operaciones, así como especialización de sus centros de distribución, las cuales se reflejan de una u otra manera en la política de servicio ofrecida por Comertex S.A. y que se constituyen en una fortaleza para la misma frente a la competencia del mercado.

Con el desarrollo del presente proyecto, según los resultados que se esperan obtener, se beneficiarían principalmente las dos partes implicadas, es decir, toda la empresa y en especial el área administrativa de la misma, ya que contarán con un estudio realizado como soporte para la toma de decisiones estratégicas de la compañía para posteriormente definir la localización de sus centros de distribución; así mismo, la Universidad obtiene un insumo para la continuación del desarrollo del proyecto macro con COLCIENCIAS y la generación de otros que complementen este estudio.

2.4 ALCANCE DEL PROYECTO

La realización de este proyecto abarca la generación de una propuesta de localización de los centros de distribución de Comertex S.A. la cual se llevará a cabo a través de una recolección de información preliminar de la forma como se encuentra actualmente la empresa, un análisis de la misma a través de la depuración y organización de los datos con la finalidad de simplificarlos y adecuarlos a la manera como éstos se requieren para la formulación del modelo mediante Programación Lineal Entera Binaria, estableciendo los parámetros o datos de entrada y las restricciones que afectan la red de distribución para finalmente dar solución a través del lenguaje de modelado GAMS.

Para determinar la solución óptima, se realizará un análisis adicional a la información arrojada por el modelo matemático que tenga en cuenta otros

factores cualitativos y/o cuantitativos que no hayan sido incorporados al modelo matemático propuesto, mediante la variación de alguno de los parámetros de entrada, de tal manera que se elige aquella solución que en términos de costos sea la más adecuada.

Una vez obtenida dicha solución, se podrán identificar los grupos de productos que almacenará cada centro de distribución y por consiguiente sus proveedores, los segmentos de clientes que serán atendidos por cada uno de éstos, así como un estimado de la capacidad de los mismos.

2.5 IMPACTO

El impacto del presente proyecto a nivel macro se verá reflejado en dos principales partes: en Comertex S.A. como la entidad líder y promotora de la iniciativa sobre la cual se desarrollarán y realizarán los análisis respectivos para la futura implementación de los resultados del presente proyecto, al mismo tiempo, en la Universidad Industrial de Santander como ente generador de conocimiento a través de la formación y promoción de la investigación.

A nivel un poco más específico, para las diferentes áreas de la empresa involucradas, existe también una implicación, en la medida en que para la Gerencia General se traduce en la optimización de la relación costo – beneficio generada a partir de los procedimientos de la empresa, para la Gerencia Logística implica el mejoramiento de los procesos involucrados en la red de distribución así como la disminución de los costos logísticos, para la Gerencia Comercial representa una mejora en las políticas de servicio al cliente y para los clientes permite disminuir los tiempos de respuesta en la entrega de los pedidos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 RED DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA

Las redes de distribución de mercancía surgen de la necesidad de conectar y transportar los bienes desde su punto de producción o comercialización (empresa), con las personas o entidades que lo requieran (clientes); durante este proceso los bienes pueden ser transportados de diferentes maneras (vía aérea, marítima, férrea, terrestre, fluvial) y realizar escalas en bodegas o en nodos donde el tipo de transporte cambie hasta llegar a su destino final.

Un buen diseño de la red tiene en cuenta factores internos y externos a la organización, entre ellos se encuentran la ubicación de los clientes y proveedores, al igual que los costos de transporte, instalación, operación, impuestos, entre otros, que son inherentes al lugar en el que la organización desea ubicar sus centros de distribución o bodegas.

3.1.1 Diseño de la configuración de la red de distribución logística

El diseño de la configuración de la red logística involucra la definición de la función, capacidad y localización de cada uno de los centros de distribución en funcionamiento. Dentro de este proceso es necesario considerar la estrategia corporativa, la misión y visión de la compañía, los objetivos logísticos, así como las metas en el nivel de servicio al consumidor.

El diseño de la red constituye un aspecto estratégico delicado, por el alto monto de inversión involucrado, por su impacto en el nivel competitivo de la empresa a largo plazo, y por el gran nivel de incertidumbre que acompaña su análisis.

La logística ha sido llamada la información codificada en forma ordenada en el espacio y en el tiempo, de productos y personas que mantienen una conexión

entre sí.⁵ Esas conexiones son enlaces y líneas de comunicación que permiten la transferencia de señales; las redes son los sistemas de transferencia de información, lo que incluye cualquier transporte de bienes, servicios y personas. Logística es la estructura de esas redes, su forma, así todo producto o servicio es distribuido y accede al usuario, a través de una red logística.

De acuerdo a lo anterior si se considera que todo producto o servicio es información en forma de conocimiento, tecnología o de logística, cualquier red de distribución de productos y servicios es una red de información.

Varias técnicas se han desarrollado para ayudar en la tarea de diseñar la configuración de la red, en general, todas requieren de la construcción de un modelo que la represente y cuyo objetivo principal es el de minimizar el costo total de la red. Sin embargo, es importante considerar el factor tiempo y el nivel de servicio al consumidor como criterios alternos. Las herramientas existentes pueden ser:⁶

- Análisis Operativo/Financiero de Opciones.
- Optimización y Heurísticas.
- DSS (Sistemas de Soporte en Decisiones).

3.2 EL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN

Los problemas de localización han sido a lo largo de la historia tema de constante investigación y de propuesta de soluciones eficientes por parte de todas las personas que quieren encontrar los lugares óptimos para ubicar sus instalaciones.

⁵ ESTRADA, María. Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería. Madrid: Cosmo, 2007. p. 170.

⁶ MARTÍNEZ, Luis. Redes de distribución logística. Disponible en: italogistica.blogspot.es/img/UNIDAD6.doc. (Citado el 14 de Noviembre de 2011).

Un modelo de localización tiene una serie de características básicas: los clientes, las instalaciones, los espacios a ser utilizados, los parámetros que medirán los costos y tiempos gastados con las nuevas ubicaciones, haciendo énfasis en medir para controlar y de esa manera mejorar con el tiempo.

Con la solución a un problema de localización se busca dar respuestas a preguntas cruciales como las siguientes:

- ¿Cuántas instalaciones se deben localizar/utilizar?
- ¿Dónde deben ser ubicadas?
- ¿Qué tamaño deben tener?
- ¿Cuáles clientes debe atender cada instalación para minimizar los costos o tiempos totales?

3.2.1 Herramientas para el modelado

Desde el punto de vista del modelado del problema de localización, hay varias herramientas (no excluyentes) que hacen parte de la Investigación Operativa: el análisis multicriterio, la programación lineal entera, técnicas heurísticas y metaheurísticas, técnicas de simulación, entre otras.

Tratar numéricamente un problema de localización dependerá fundamentalmente de cuántas variables se tengan; en el caso en el que se tenga un conjunto pequeño de posibles ubicaciones seguramente la mejor herramienta de solución será la inspección de todas las posibles soluciones. Para el caso del análisis multicriterio se utiliza el método de Promethée, así como lo utilizó Romero y Rehman (1989), el AHP donde algunos estudios son los de Harker (1987), Ávila Mogollón (1996), Moreno Jiménez (2003) o las metodologías de Punto Ideal evidenciadas en el estudio de Barredo (1996) para darle solución a los problemas de localización.

Cuando el número de soluciones posibles se hace grande, la numeración total de las mismas se convierte en una limitante y se hace necesario recurrir a algoritmos numéricos que resuelvan el problema. Por esta razón, los problemas de localización continua suelen ser más sencillos que los de ubicación discreta, para estos últimos se hace útil el uso de softwares apropiados que ayuden en problemas como encontrar el punto de una región a máxima distancia del más próximo de un conjunto de clientes, construyendo eficientemente el diagrama de Voronoi⁷ del grupo de clientes; encontrar el punto de una región que maximiza el número de usuarios a una distancia que no exceda un umbral dado, construyendo un arreglo de discos en el plano, o construyendo mediatrices y evaluando vértices de un cierto diagrama de Voronoi, e.g. Plastria y Carrizosa (2004).

El AMPL⁸ o cualquier otro lenguaje de modelado algebraico puede ser el puente para encontrar la solución óptima de ciertos problemas de localización. Es de fácil deducción saber que si se añaden restricciones, variables o se aumenta el número de posibilidades, el tiempo que tarde el software en solucionarlo irá en aumento [Nemhauser y Wolsey (1988)]. Además, es comúnmente aceptado que el tiempo de ejecución de los algoritmos no debe ser el principal aspecto a considerar en la resolución de un problema de localización: las decisiones estratégicas que se toman son a un muy largo horizonte de planificación, por lo que obtener del software la solución de modo casi instantáneo no parece ser la gran prioridad.

Es importante aceptar el riesgo de que la solución propuesta por un software especializado no sea la óptima, para ello se puede plantear una solución heurística a la solución exacta de la que se ha venido hablando; por ejemplo, se busca tener X ubicaciones para las plantas de una empresa en todo el

⁷ Figura geométrica que muestra información acerca de la proximidad que existe entre un conjunto de puntos u objetos.

⁸ A Mathematical Programming Language. Lenguaje de modelado algebraico utilizado para describir y solucionar problemas de alta complejidad.

plano, minimizando la suma de los costos de transporte entre los clientes y la planta más cercana; fijada la asignación se plantea el problema de ubicar el número de plantas dado. Si el costo se supone proporcional al cuadrado de la distancia, entonces cada planta debe localizarse en el centro de gravedad de los clientes asignados; si el costo se supone proporcional a la distancia, entonces las nuevas ubicaciones de cada planta se obtiene resolviendo el problema de Fermat – Weber, para el que existen algoritmos numéricos muy sencillos y rápidos como los descritos en Drezner – Hamacher (2002).⁹

En la última década se ha popularizado en este campo el uso de metaheurísticas, es decir, de procedimientos heurísticos generales (por contraposición a los procedimientos ad hoc, como el anterior). Muchas son las metaheurísticas propuestas para problemas de localización; la mayoría tienen nombres muy sugerentes, como Redes de Neuronas Artificiales, Algoritmos Genéticos, Colonias de Hormigas, Sistemas de Abejas, la Búsqueda Tabú, Recocido Simulado, entre otros.

Tan eficaces como las anteriores y tan fáciles de programar, son el VNS, e.g. Hansen-Mladenovic (2001), o el GRASP, Feo-Resende (1995).

3.2.1.1 Localización y programación lineal entera

La versatilidad de la programación en números enteros para abordar problemas de localización es bien conocida. Así, al disponer de un conjunto f de posibles ubicaciones para una instalación, y un conjunto j de clientes, se define que:

- Para cada posible ubicación f de la planta, la variable $x(f)$ toma el valor de 1 si efectivamente se abre un servicio en f , y 0 en caso contrario.

⁹ CARRIZOSA, Emilio. Algunas aportaciones de la investigación operativa a los problemas de localización. En: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. Nº 5, p. 278-282.

- Para cada usuario j y cada posible ubicación f de la planta, la variable $y(j, f)$ vale 1 si la planta en f da servicio al usuario j , y 0 en caso contrario.

Con las anteriores variables es fácil escribir a través de restricciones lineales muchas condiciones lógicas. Por ejemplo, imponer que se abren a lo sumo k instalaciones es equivalente a imponer que la suma de las variables $x(f)$ no supere k ; el decir que un usuario j no puede ser servido por una planta en f , salvo que ésta esté abierta, se reformula a través de la restricción lineal $y(j,f) - x(f) \leq 0$; decir que el número total de usuarios asignados a f no supere una capacidad $K(f)$ establecida, se puede escribir como $y(1,f)+y(2,f)+\dots \leq K(f)$. Imponer condiciones de exclusión es igualmente posible: decir, por ejemplo, que las plantas f_1 y f_2 no pueden estar simultáneamente abiertas, se escribe a través de la restricción lineal $x(f_1) + x(f_2) \leq 1$.¹⁰

Debido a la gran cantidad de factores involucrados en el análisis y selección de la localización, y añadiendo la posibilidad de plantear un gran número de posibles ubicaciones, conlleva a considerar la utilización de más de un método para decidir el lugar idóneo de una instalación.

Se denomina macroanálisis a la evaluación de las opciones a nivel de región, subregión y de comunidad, mientras que el microanálisis se refiere a la evaluación de lugares específicos de la región/subregión/comunidad macro seleccionada.

A continuación se detalla una de las técnicas más utilizadas y que será insumo durante el desarrollo del proyecto para la obtención de la ubicación de los centros de distribución de la empresa.

¹⁰ *Ibíd.*, p. 270.277.

3.2.2 Factores Ponderados

Ponderar los factores es una manera de asignar valores cuantitativos a todos los factores relacionados con cada alternativa de decisión y de derivar una calificación compuesta que puede ser usada con fines de comparación. Lo anterior lleva a la persona que está tomando la decisión, a incluir sus propias preferencias al elegir la ubicación, conjugando de esta manera factores cuantitativos y cualitativos.¹¹

La metodología de aplicación se puede estructurar en los siguientes pasos:

- a) Identificar los factores relevantes para la decisión, estos dependen inclusive del mismo objeto social de la empresa y de lo que las partes interesadas consideren pertinente.
- b) Asignar una ponderación a cada factor, que debe salir como consenso entre los directamente implicados en el proceso de identificación de los mismos, para indicar su importancia relativa frente a los demás.
- c) Asignar una escala común a cada factor, determinando tantos niveles como sea necesario para evaluar los diferentes lugares posibles.
- d) Calificar cada lugar potencial de acuerdo a la escala diseñada, y multiplicar las calificaciones por las ponderaciones.
- e) Sumar los puntos de cada ubicación, y escoger la opción con mayor puntaje como el lugar de localización.

3.3 PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA

Muchos de los problemas a los que el ser humano se ve enfrentado a diario, en especial en sus entornos laborales donde la optimización, bien sea del uso de los recursos, de la rentabilidad o de los costos de la organización, se convierte en una tarea constante, tienen solución a través de distintas metodologías dentro de las cuales se encuentra la Programación Lineal.

¹¹Ibíd., p. 285.

Un problema en Programación Lineal se expresa mediante un conjunto de relaciones matemáticas al que se conoce como “modelo”, y se caracteriza por contar con un entorno en el cual se requiere gestionar una determinada cantidad de recursos con la finalidad de llegar a realizar una actividad específica. Su solución se lleva a cabo, a través de un proceso denominado optimización, el cual consiste en la generación de posibles respuestas al modelo y su posterior discriminación mediante un criterio, con el fin de hallar la mejor. Dicho problema está formado por tres componentes principales:¹²

- Conjunto de variables requeridas para la actividad que se desarrolla en el sistema que se quiere optimizar.
- Conjunto de restricciones que expresan la relación entre el consumo de los recursos y las limitaciones de los mismos, así como toda clase de características que hay que imponer en el problema y que están asociadas a la actividad que se realiza en el sistema.
- Función objetivo que se desea optimizar.

Si todas las variables de decisión deben ser enteras, se tiene un problema de programación lineal entera. Si sólo algunas variables de decisión deben ser enteras, pudiendo ser reales las demás, se trata de un problema de programación lineal mixta. En algunos casos, todas o algunas de las variables enteras sólo pueden tomar los valores de 0 o 1, a éstas variables se les llama variables binarias.

3.3.1 Programación lineal con variables binarias

El uso de variables binarias permite introducir planteamientos cruciales en programación entera y permite representar un gran número de situaciones. Los casos principales se presentan a continuación:

¹² HINCAPIÉ, Carlos. Sistemas de producción integrados; Capítulo 1: Introducción a la programación lineal. [Diapositivas]. España. Universidad de Sevilla, 2010.

- Alternativas mutuamente excluyentes: muchos grupos de decisiones pueden ser del tipo sí o no y además requerir que sólo una de las decisiones del grupo pueda ser sí. En este caso las alternativas son mutuamente excluyentes y cada grupo requiere una restricción que obligue a la suma de las variables binarias a ser igual a 1 (si exactamente una decisión debe ser sí) o menor igual a 1 (si como máximo una decisión de ese grupo puede ser sí).¹³
- Decisiones contingentes: una situación contingente ocurre cuando una acción que sigue a otra se vuelve irrelevante y en ocasiones imposible dependiendo de la acción inicial, lo que implica que la decisión contingente depende de decisiones previas.
- Restricciones de una u otra: se puede considerar el caso en el que se debe elegir entre dos restricciones, de manera que sólo una de las dos se tenga que cumplir.

¹³ CARRIZOSA. Op. cit., p. 289.

4. DISEÑO DEL MODELO

El problema de la localización de los centros de distribución aparece como una necesidad para las personas encargadas de la planeación estratégica de Comertex S.A. de conocer con certeza y bajo soportes y fundamentos válidos, la cantidad y el lugar en el cuál deben estar situadas los CEDIs según la operación y la ubicación de los clientes y proveedores de la empresa, con la finalidad de minimizar los costos y/o maximizar la utilidad.

En el presente capítulo se presenta la formulación matemática utilizada para dar solución al problema de ubicación de los centros de distribución de Comertex S.A. empleando para ello un modelo basado en programación lineal entera binaria, el cual se ha programado en el lenguaje de modelado GAMS. Este problema es conocido en la literatura como el problema de localización discreta multiproducto.

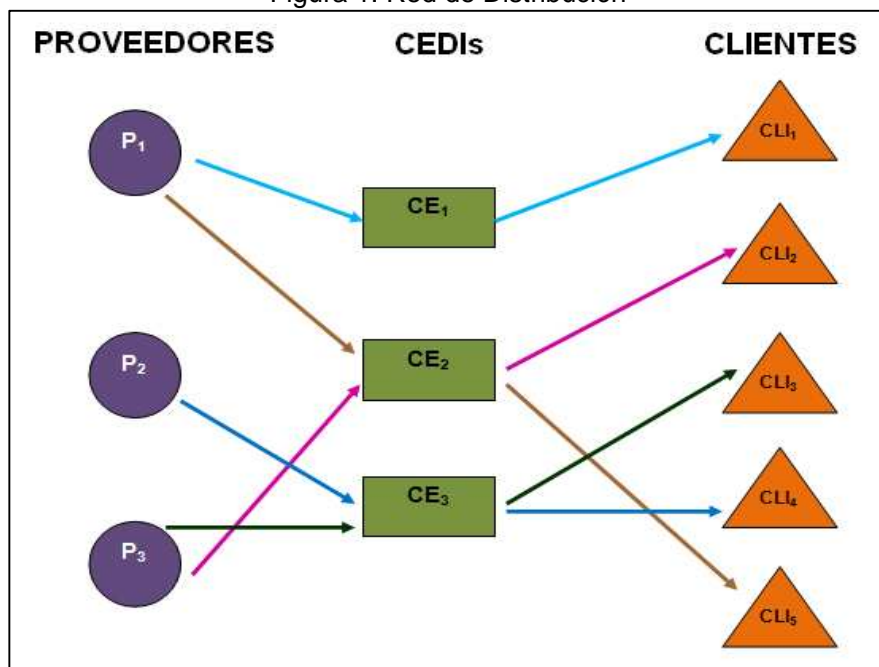
En términos generales, dicho problema permite realizar el análisis de los distintos factores que se ven involucrados en la definición de la Red de distribución, como lo es el conjunto de clientes distribuidos a lo largo de un área geográfica determinada, quienes generan una demanda de productos que finalmente debe ser atendida desde uno o varios centros de distribución. La idea es determinar el número de instalaciones a ubicar y el lugar para hacerlo dentro de un territorio geográfico definido, teniendo en cuenta los requerimientos de los clientes, su ubicación y la de sus proveedores.

Dependiendo del alcance y tamaño de la empresa, así como de su operación, se pueden establecer tres niveles de localización, de tal manera que se habla de superlocalización, macrolocalización o microlocalización. La primera, obedece al caso en que la decisión de ubicar los CEDIs corresponda a seleccionar un país a nivel mundial cuyas características son acordes a los patrones que definen la elección final; por otra parte, la macrolocalización se presenta cuando una empresa de carácter nacional evalúa las posibles regiones en las cuales podría establecer sus operaciones, dentro del mismo

país, y finalmente, se habla de microlocalización cuando el área cubierta por una empresa para llevar a cabo sus operaciones, corresponde a una región específica. Para el caso de Comertex S.A. se habla de macrolocalización, por lo cual se busca determinar dentro del territorio nacional, la(s) región(es) candidatas para la instalación de los CEDIs.

En términos generales se utilizó el modelo de localización, el cual contempla, bajo determinados supuestos y consideraciones generales, una función objetivo cuya finalidad es la minimización de los costos involucrados a lo largo de la Red de Distribución, así como las restricciones a las cuales ésta se encuentra sujeta, debido a las características específicas de las compañías.

Figura 1. Red de Distribución



Fuente. Autores del proyecto

Los datos que se incorporan al modelo se resumen en la Figura 1. Red de Distribución, los cuales corresponden al listado de proveedores, listado de productos que fluyen hacia los CEDIs y de éstos a los puntos de demanda o clientes. De la misma manera, cuando se habla de la definición de la red de

distribución, existen tres factores que son de vital importancia al hacer referencia a los costos que se deben incorporar y minimizar para determinar la ubicación óptima. Estos son: el costo de instalar un centro de distribución en un lugar determinado, el costo de operar dichos establecimientos y el costo de distribuir los productos hasta los clientes.

A continuación, se presenta tanto la formulación matemática del modelo, así como su respectiva programación en GAMS.

4.1 FORMULACIÓN MATEMÁTICA PROPUESTA

La formulación matemática presentada se encuentra basada en modelos de programación lineal entera binaria encontrados en la literatura, los cuales muestran de forma básica la manera como se formulan los problemas de localización para ejemplos de menor complejidad. A partir de dicha información, se diseñó el modelo matemático y se adaptó al funcionamiento y a los requerimientos de Comertex S.A., obteniendo de esta manera el prototipo que se formula a continuación el cual es un piloto debido a la situación que éste modela y dada su complejidad, se decidió recurrir a un solver para su solución.

4.1.1 Supuestos

- La demanda son las ventas correspondientes a un año, ésta es conocida y es totalmente satisfecha en el desarrollo del modelo.
- Cada uno de los productos tiene un único proveedor que los abastece.
- El costo de transporte primario de los productos cuyo proveedor es nacional ya se encuentra incluido en el precio del producto.
- En el largo plazo, la oferta de productos es igual a la demanda de los mismos, lo que significa que ésta es satisfecha.

- La tarifa del transporte varía conforme lo hace la distancia entre los dos puntos (origen y destino).

4.1.2 Condiciones de la empresa

- El problema se encuentra dividido de acuerdo a las unidades estratégicas de negocio UEN¹⁴: materia prima y producto terminado.
- La restricción del número de CEDIs a crear, varía entre 1 y 2 para cada uno de los cambios en las condiciones iniciales del problema que se realizaron al modelo y para cada Unidad Estratégica de Negocio, de acuerdo con la planeación y el direccionamiento de la empresa.
- El modelo dentro de su función objetivo sólo contempla los costos variables, para luego ser complementados con los costos de instalación, servicios públicos y tributarios¹⁵.
- Se asume como lugar de ubicación de los proveedores internacionales el puerto por el cual ingresa al territorio nacional dicha mercancía (Buenaventura, Cartagena, Ipiales).

4.1.3 Datos de entrada¹⁶

Los datos de entrada corresponden a aquella información necesaria para la elaboración del modelo sin la cual sería imposible determinar una solución al problema.

- Grupos de productos: conjunto de productos que representan las referencias que Comertex S.A. ofrece a sus clientes. Se considera que

¹⁴ Unidad Estratégica de Negocio compuesta por uno o más productos seleccionados, frente a las cuales existe un directivo que encamina el negocio a la estrategia de la empresa.

¹⁵ Los costos fijos del modelo, se analizarán para el escenario actual de la empresa, el cual se encuentra documentado en el Capítulo 6 del presente libro.

¹⁶ La reducción y obtención de los datos de entrada se presenta en el Capítulo 5 de este libro.

cualquier producto nuevo dentro de la compañía puede ser clasificado en alguno de los 120 grupos creados para la empresa.

- Clústers de clientes: reunión de clientes agrupados siguiendo características geográficas similares y de otra índole, con la posibilidad de que cualquier nuevo municipio o ciudad pueda ser fácilmente clasificado.
- Número de centros de distribución: las ciudades candidatas son el resultado de la aplicación de ponderación por factores y deseos de la gerencia; adicional a esto, la cantidad de CEDIs a crear puede variar de 1 hasta 7, sin embargo, los costos de instalación se incrementan considerablemente al aumentar el número de bodegas, razón por la cual se decidió, acorde a la planeación de la empresa, modificar este parámetro entre 1 y 2 únicamente.
- Demanda: valores reales por conjunto de productos que equivalen a las ventas del año más reciente de operación una vez iniciado el proyecto en la compañía.
- Costos de transporte: valores reales obtenidos de acuerdo a la negociación comercial realizada entre Comertex S.A. y la empresa de transporte. Estos corresponden al costo de enviar un kilogramo de producto desde cada uno de los CEDIs candidatos hasta cada clúster cliente. Además, esta matriz contiene a su vez los costos de operación que involucran las actividades logísticas de los centros de distribución y los costos de transporte primario o costos de abastecimiento¹⁷.

¹⁷ El detalle de todos estos costos se encuentra en el capítulo 5, junto con la descripción y el proceso a través del cual se obtuvo esta información.

4.1.4 Datos complementarios

- Costos de instalación: contiene dos componentes, el costo comercial de arrendar bodegas y el costo de los servicios públicos para cada una de las ciudades candidatas a ser CEDIs de la empresa. Este costo de instalación se calculó para un periodo correspondiente a un año de operación.
- Impuesto de Industria y Comercio: valor que se obtiene de calcular el respectivo ICA¹⁸ para cada uno de los escenarios analizados, aplicando la tarifa establecida en cada municipio al valor base que otorga la empresa, e inclusive considerando las posibles exenciones según los estatutos tributarios de cada municipio.

4.1.5 Objetivo del modelo

El objetivo del modelo matemático es la minimización de los costos de transporte y operación para los productos, con el fin de satisfacer la demanda anual, teniendo en cuenta también los costos de instalación, mano de obra y los costos tributarios. Todo con la finalidad de obtener la localización óptima para los centros de distribución de Comertex S.A., así como los productos que se almacenarán en cada uno de ellos y los segmentos de clientes que serán atendidos desde los mismos.

4.1.6 Restricciones del modelo

Las restricciones del diseño establecidas en la formulación del modelo matemático son las siguientes:

- Única ruta ijk : garantiza la existencia de una única ruta para cada relación entre el producto, el CEDI desde el cual es despachado y el cliente que lo demanda. Así mismo, dado que en Comertex S.A. existe

¹⁸ Impuesto de Industria y Comercio: gravamen generado por toda actividad industrial, comercial o de servicios que se realice al interior de un municipio.

sólo un proveedor para cada producto, se asegura también esta condición.

- Relación cliente – CEDI: establece que cada uno de los clientes tendrá un único centro de distribución que atienda sus pedidos.
- Número de CEDIs a crear: limita el número de centros de distribución a crear de acuerdo a los deseos de la empresa.
- Productos enviados desde los CEDIs abiertos: garantiza que los productos sean despachados únicamente desde los centros de distribución que se abran de acuerdo al proceso de optimización.

4.1.7 Notación

En esta sección se presentan los índices, los datos de entrada y las variables de decisión utilizadas en el modelo.

4.1.7.1 Índices

i : Índice para identificar los grupos de productos, éste varía para materia prima (MP) y producto terminado (PT) independientemente.

$(i_{MP} = 1, 2, \dots, 97)$

$(i_{PT} = 98, 99, \dots, 120)$

j : Índice para denominar a los clústers de clientes, éstos sin importar si son de MP o de PT (**$j = 1, 2, \dots, 46$**).

k : Índice para identificar cada una de las ciudades candidatas a ser centros de distribución de la empresa (**$k = 1, 2, \dots, 7$**).

4.1.7.2 Datos de entrada

D_{ij} : Demanda en kilogramos para el producto i en cada clúster de cliente j .

C_{ijk} : Costo de transporte primario, secundario y de operación por kilogramo de producto i , enviado al clúster cliente j desde el centro de distribución k a ser abierto.

N : Número máximo de Centros de Distribución a abrir.

4.1.7.3 Variables de decisión

X_{ijk} : 1 si el producto i que demanda el clúster cliente j se despacha desde el CEDI k ; 0 lo contrario.

Y_k : 1 si se abre el CEDI k ; 0 lo contrario.

4.1.8 Formulación matemática

En este numeral se presenta la formulación matemática general para el diseño del modelo de localización.

Dado que el problema de localización se modeló para cada Unidad Estratégica de Negocio (UEN) de Comertex S.A. se muestra a continuación la función objetivo para cada caso.

Minimizar:

- Para materia prima

$$COSTO = \left(\sum_{i=1}^{97} \sum_{j=1}^{46} (D_{ij} * \sum_{k=1}^7 C_{ijk} * X_{ijk}) \right) \quad (1)$$

- Para producto terminado

$$COSTO = \left(\sum_{i=98}^{120} \sum_{j=1}^{46} (D_{ij} * \sum_{k=1}^7 C_{ijk} * X_{ijk}) \right) \quad (2)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^7 X_{ijk} = 1 \quad \forall i \text{ y } \forall j \quad (3)$$

$$X_{ii, j, k} = X_{ii-1, j, k} \quad \forall \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^7 Y_k = N \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{46} \sum_{i=1}^{97} X_{ijk} \leq M * Y_k \quad \forall k \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{46} \sum_{i=98}^{120} X_{ijk} \leq M * Y_k \quad \forall k$$

$$X_{ijk} \in [0,1] \quad \text{Binaria} \quad \forall i, \forall j \text{ y } \forall k \quad (7)$$

$$Y_k \in [0,1] \quad \text{Binaria} \quad \forall k \quad (8)$$

4.2 DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN COMO UN MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA BINARIA

La formulación matemática anteriormente descrita debe acogerse a la estructura básica de modelado de la herramienta de modelización algebraica GAMS/CPLEX, esta consta de 5 elementos: conjuntos, datos, variables, ecuaciones y las declaraciones del modelo y de la solución del mismo.

4.2.1 Conjuntos

Corresponde a los subíndices utilizados a lo largo del modelo.

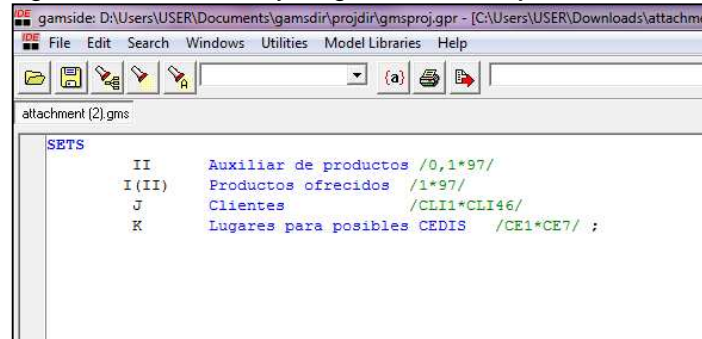
i (ii) : Índice para identificar los grupos de productos.

i : Auxiliar de productos ofrecidos.

j : Índice para denominar a los clústers de clientes.

k : Lugares posibles para ser CEDIs.

Figura 2. Declaración y asignación de conjuntos en GAMS



```
attachment (2).gms
SETS
  II      Auxiliar de productos /0,1*97/
  I (II)  Productos ofrecidos  /1*97/
  J       Clientes             /CLI1*CLI46/
  K       Lugares para posibles CEDIS /CE1*CE7/ ;
```

Fuente: Autores del proyecto

4.2.2 Datos

Los datos de entrada de acuerdo con la estructura básica de modelado en GAMS, se divide en tres tipos: escalares, parámetros y tablas.

4.2.2.1 Escalares

Son datos cuyo valor es de tipo escalar y se presentan a continuación:

N: Número de CEDIs a crear.

M: Constante para crear un valor grande.

El número de CEDIs a crear como se dijo anteriormente varía de 1 a 2 de acuerdo a especificaciones de la empresa y la constante “M” cuyo valor aproximado surge de efectuar el producto entre el número de productos, grupos de clientes y número de ubicaciones posibles de los centros de distribución.

Figura 3. Declaración y asignación de datos escalares en GAMS



Fuente: Autores del proyecto

4.2.2.2 Tablas

Los datos tipo tablas son aquellos que más se asemejan a las matrices en Excel, los usados en el modelo se describen a continuación:

D_{ij} : Cantidad demandada del producto i por el cliente j .

C_{ijk} : Costo de enviar una unidad del producto i , demandado por el cliente j desde el CEDI k .

Figura 4. Declaración y asignación de la tabla de demanda en GAMS

The screenshot shows the GAMS IDE interface with a table declaration. The table is named 'D(I,J)' and is titled 'Cantidad demandada del producto I por el cliente J'. The table has 20 rows and 6 columns, representing products 1-20 and clients CLI1-CLI6.

TABLE	Cantidad demandada del producto I por el cliente J					
D(I,J)	CLI1	CLI2	CLI3	CLI4	CLI5	CLI6
1	137.99892	780.44867				229.35666
2	96.92599	554.89506				378.68032
3	1841.93500	2137.90000				4825.11500
4		1394.46179				618.64167
5		139.27811				15.84377
6	91.51935	7540.34798		354.72613		527.29130
7						673.15613
8	126.84114	154.69879				1041.19740
9	285.71122	9459.98046		370.43202	36.40023	1899.50330
10	116.65000	718.30000				15.91000
11		102.55477				130.25743
12	99.18874	177.46238				771.91905
13						
14	59.92027	3789.70564		121.10928		4073.24765
15	0.42700	101.10015				799.52814
16	11.17847	27.37604		4.77488		38.93570
17	199.32062	718.73550		14.02843	8.99258	223.28586
18	1470.45122	789.37825	116.51591			267.25307
19	1522.84671	1.82887				462.82144
20	52.40402	21.05887				11.16104

Fuente: Autores del proyecto

Figura 5. Declaración y asignación de la tabla de costos de transporte en GAMS

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7
1.CLI1	218	226	218	234	347	136	199
1.CLI2	136	312	218	324	358	221	324
1.CLI3	358	567	546	589	589	510	589
1.CLI4	157	346	313	358	392	221	334
1.CLI5	510	218	334	392	454	707	392
1.CLI6	428	234	358	242	454	250	136
1.CLI7	555	312	468	468	546	468	392
1.CLI8	546	378	468	199	510	392	347
1.CLI9	555	451	555	555	555	555	555
1.CLI10	250	583	440	605	546	555	605
1.CLI11	510	451	294	605	392	468	605
1.CLI12	294	491	555	510	605	313	510
1.CLI13	347	137	199	234	294	234	199
1.CLI14	454	153	324	324	392	324	324
1.CLI15	358	583	555	605	589	589	605
1.CLI16	546	234	445	440	510	445	369
1.CLI17	589	491	546	510	555	510	510
1.CLI18	607	534	589	555	605	555	555
1.CLI19	136	451	347	468	454	324	468
1.CLI20	546	220	377	428	468	428	428

Fuente: Autores del proyecto

4.2.3 Variables

En el desarrollo de la formulación matemática descrita se utilizó un solo tipo de variables de decisión: variables binarias, y se definió por aparte la variable que define la función objetivo.

4.2.3.1 Variable que define la Función Objetivo

Es la variable que define la función objetivo, que en este caso corresponde a CT (Costo Total). La única variable definida en este entorno es:

CT: Costo total a minimizar en la función objetivo del problema de localización.

Figura 6. Declaración y asignación de variable que define la F.O. en GAMS

```
VARIABLE
    CT COSTO A MINIMIZAR ;
```

Fuente: Autores del proyecto

4.2.3.2 Variables binarias

Las variables binarias, ampliamente utilizadas en problemas de optimización, son aquellas que sólo pueden tomar valores discretos de 0 o 1. Las que aparecen en este libro son las siguientes:

$X_{ii,j,k}$: 1 si el producto i que demanda el cliente j es despachado desde el CEDI k ; 0, de lo contrario.

$Y_k = 1$ si se arrienda el CEDI k ; 0, de lo contrario.

Figura 7. Declaración y asignación de variables binarias en GAMS

```

BINARY VARIABLES
X (II,J,K)      1 Si el producto I que demanda el cliente J se envia desde el CEDI K
Y (K)           1 Si se arrienda el CEDI K ;
    
```

Fuente: Autores del proyecto

4.2.4 Ecuaciones

En GAMS las ecuaciones son relaciones algebraicas simbólicas utilizadas para generar tanto las restricciones como la función objetivo de cualquier problema. Sin embargo, al igual que las variables, las ecuaciones deben ser declaradas antes de ser usadas.

Figura 8. Declaración y asignación de ecuaciones en GAMS

```

EQUATIONS
Z          FUNCION DE COSTO A MINIMIZAR
R1 (I,J)   RESTRICCION QUE INDICA QUE EXISTE SOLO UNA RUTA PROVEEDOR-CEDI PARA CADA PRODUCTO I DIRIGIDO A CADA CLIENTE J
R2 (II,J,K) RESTRICCION QUE INDICA QUE CADA CLIENTE TENDRA SOLO UN CEDI DISTRIBUIDOR DE TODOS SUS PRODUCTOS I
R3         RESTRICCION QUE LIMITA LA CANTIDAD DE CEDIS A ABRIR DE ACUERDO A LA POLITICA DE LA EMPRESA
R4 (K)     RESTRICCION QUE ASEGURA EL ENVIO DE PRODUCTOS SOLAMENTE DE LOS CEDIS ABIERTOS (SELECCIONADOS) ;

Z..        CT =e= SUM ((I,J), D (I,J)*(SUM (K, C (I,J,K)*X (I,J,K))));

R1 (I,J).. SUM (K, X (I,J,K)) =e= 1;
R2 (II-1,J,K).. X (II,J,K) =e= X (II-1,J,K);
R3..       SUM (K, Y (K)) =1= N;
R4 (K)..   SUM ((I,J), X (I,J,K))=1= M*Y (K);
    
```

Fuente: Autores del proyecto

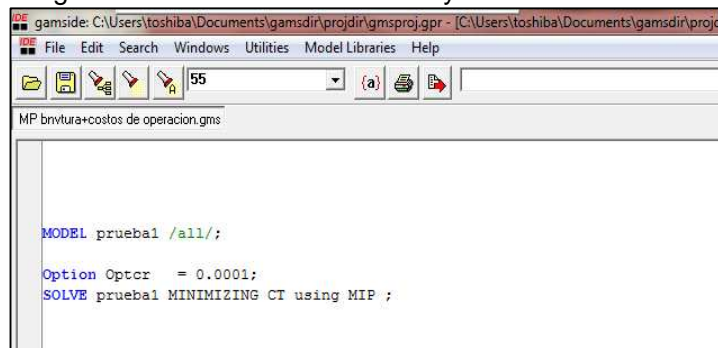
4.2.5 Declaración del modelo y de la solución del mismo

Se hizo necesario definir la siguiente opción para el modelo:

- Optcr: Ajusta la tolerancia o distancia al óptimo del problema de la solución entera proporcionada. Su valor por defecto es 0.1. Para efectos del proyecto, dicho valor se tomó como 0,0001 con la finalidad de que el modelo arroje una solución que se encuentre dentro del 0,01% de los valores cercanos a la solución óptima, garantizando de esta manera una mayor probabilidad de hallar el punto óptimo.

Adicionalmente, para garantizar la solución del modelo en GAMS, se debe dar el nombre al mismo a través del comando MODEL y a continuación se introduce la manera como se llamará el algoritmo; así mismo se utiliza SOLVE para decir al software si la función objetivo será minimizar o maximizar y el método por el cual debe dar solución al problema. Tal y como se puede observar en la Figura 9. Declaración del modelo y solución en GAMS se introdujo el comando “MINIMIZING CT using MIP”, que traduce la minimización de la función objetivo llamada previamente como CT utilizando Programación Entera Mixta.

Figura 9. Declaración del modelo y solución en GAMS



```
MP bnvltura+costos de operacion.gms

MODEL prueba1 /all/;

Option Optcr = 0.0001;
SOLVE prueba1 MINIMIZING CT using MIP ;
```

Fuente: Autores del proyecto

5. REDUCCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

5.1 CLIENTES COMERTEX S.A.

Es importante ubicar dentro de las diferentes regiones del país los clientes de Comertex S.A., de tal forma que en conjunto con la ubicación de los proveedores, se logre identificar aquellas zonas en donde es más factible localizar los centros de distribución (CEDIs) de la misma.

Para la realización de la presente lista se utilizó información almacenada en el ERP de la empresa, así como del Área Comercial; se tomó como base los datos arrojados por la plantilla 42¹⁹ correspondiente a todo el año 2010 y lo corrido del 2011 hasta el mes de Agosto. La depuración de los datos consistió en generar un listado de los clientes con los respectivos municipios en los que se encuentra presente, de manera que el nombre de algún cliente en específico puede aparecer en varias ocasiones a lo largo de la lista, en diferentes ubicaciones y no más de una vez en un mismo lugar.

Los resultados encontrados muestran que la empresa posee un mercado localizado mayoritariamente en las regiones Andina, Caribe, Pacífico; y en menor proporción en la región Amazónica y Orinoquía, para una totalidad de 167 municipios clientes (Ver Anexo 3. Municipios Clientes Comertex S.A.).

Para mayor comprensión acerca del tipo de cliente que se atiende en cada uno de los municipios, se separaron éstos, de acuerdo a las unidades estratégicas de negocio que manejan: Materia Prima y Producto Terminado, con la finalidad de conocer las regiones geográficas en donde hay más concentración de algún tipo de cliente en específico, de acuerdo a esta clasificación se llegó a la conclusión de que en Bogotá, Bucaramanga, Cúcuta, Dosquebradas, Floridablanca, Medellín y Pereira es donde se encuentra concentrado el mayor

¹⁹ La Plantilla 42 registra la información detallada acerca de la relación entre las facturas y los pedidos, tal como su fecha de solicitud, cliente, valor, segmento del cliente, fecha de facturación, entre otras.

número de clientes de la empresa (Ver Anexo 4. Tipo de cliente por municipio). Adicional a esto, se consideró necesario conocer el segmento de cliente que maneja cada municipio, de manera que para cada uno de ellos, se señaló, de acuerdo a lo encontrado en la Plantilla 42, los segmentos que atendía. (Ver Anexo 5. Segmentos de clientes por municipio)

Con el objetivo de facilitar el manejo de las variables en el modelo, se consideró importante agrupar los municipios de acuerdo a los costos de transporte en los que se incurría; para esta operación se utilizó la tabla de tarifas corporativas 2011 de la empresa transportadora (Ver Anexo 6. Tablas de tarifas corporativas de la transportadora), primero se tomó como base los municipios ubicados en un mismo departamento y se compararon los costos de transporte desde los 13 diferentes orígenes (Barranquilla-Santa Marta, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Ibagué, Manizales, Medellín, Montería-Sincelejo, Pasto, Pereira y Valledupar) presentados por dicha empresa. A manera de ilustrar el procedimiento utilizado para la conformación de los grupos se tomó como ejemplo los municipios con presencia de clientes en el departamento de Boyacá y los costos de transporte desde algunos de los orígenes (Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Medellín y Pereira respectivamente), como se puede observar en la Tabla 3. Ejemplo Paso 1, no todos los municipios de Boyacá se pueden reunir en un mismo grupo y por lo tanto requieren ser separados. Luego, con la finalidad de continuar el proceso se compararon municipios entre diferentes departamentos que mostraban un mismo comportamiento en cuanto a costos de transporte, de acuerdo con el segundo paso, se asocian a un mismo grupo de municipios sin importar el departamento, como es el caso de ejemplo en el que gran parte de municipios de Boyacá son asociados con Fusagasugá en el departamento de Cundinamarca. (Ver Tabla 4. Ejemplo Paso 2).

Los 46 conglomerados finales de municipios clientes serán referidos durante el desarrollo del proyecto como clústers²⁰ de clientes y se encuentran definidos claramente en el Anexo 7. Clústers de clientes.

Tabla 3. Ejemplo Paso 1

DPTO.	MUNICIPIO	Clúster Clientes	COSTO DE TRANSPORTE (\$/kg)						
			B/quilla	B/tá	B/ga	Cli	Cta	Mllín	Per
Boyacá	Duitama	E	928	358	575	691	816	691	691
	Paipa	E	928	358	575	691	816	691	691
	Tunja	E	928	358	575	691	816	691	691
	Sogamoso	E	928	358	575	691	816	691	691
	Chiquinquirá	E	928	358	575	691	816	691	691
	Puerto Boyacá	AI	1086	624	928	928	1017	928	763

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 4. Ejemplo Paso 2

DPTO	MUNICIPIO	Clúster Clientes	COSTO DE TRANSPORTE (\$/kg)						
			B/quilla	B/tá	B/ga	Cli	Cta	Mllín	Per
Boyacá	Duitama	E	928	358	575	691	816	691	691
	Paipa	E	928	358	575	691	816	691	691
	Tunja	E	928	358	575	691	816	691	691
	Sogamoso	E	928	358	575	691	816	691	691
	Chiquinquirá	E	928	358	575	691	816	691	691
	Puerto Boyacá	AI	1086	624	928	928	1017	928	763
Cundinamarca	Fusagasugá	E	928	358	575	691	816	691	691

Fuente: Autores del proyecto

5.2 MUNICIPIOS CANDIDATOS A CENTROS DE DISTRIBUCIÓN

La gran finalidad del presente proyecto es encontrar la ubicación más factible para los centros de distribución (CEDIs) de Comertex S.A., como parte fundamental del modelo a desarrollar, es necesario acotar los posibles municipios en donde pueda localizarse dichos CEDIs, de acuerdo a lo anterior,

²⁰ Conglomerado, conjunto, agrupación de un objeto o cosas en específico que tienen características similares.

se tomó como primera instancia los 167 municipios en donde se encuentran ubicados los clientes de la empresa debido a que se si localizan los CEDIs en alguno de esos municipios conlleva un ahorro en costos de transporte; éstos fueron sometidos a un primer filtro en donde se señalaban aquellos municipios en los que la presencia de clientes era igual o inferior a cinco para posteriormente comprobar su relevancia en el proceso, con el Estado de Pérdidas y Ganancias de los clientes VIP de Comertex S.A., de manera que los municipios que no pasaban este primer filtro eran sombreados y eliminados de la lista. (Ver Anexo 8. Filtro 1: Número de Clientes vs. PYG Clientes VIP).

Como segundo filtro, se decidió eliminar los municipios que no generaban el 80% de la utilidad operativa registrada al 31 de agosto de 2011; para la realización de este procedimiento, se utilizó el ERP de la empresa, en donde se consultó los aportes realizados por cada cliente hasta la fecha anteriormente nombrada, se procedió a agruparlos por municipio consiguiendo una utilidad total para cada uno de los 42 municipios restantes del primer filtro, por esta razón, se señalaron aquellos que no contribuían con el beneficio económico de la empresa. (Ver Anexo 9. Filtro 2: Municipios que no generan el 80% de la utilidad operativa de la empresa).

Después de realizada la anterior operación, se obtuvo una lista con un total de 24 municipios candidatos ubicados en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca (Ver Tabla 5. Municipios utilizados en la metodología Ponderación Por Factores); los cuáles serán sometidos al proceso de ponderación por factores, de manera que se evalúen en ellos aspectos importantes para la empresa.

Tabla 5. Municipios utilizados en la metodología Ponderación Por Factores

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Antioquia	Itagüí
	Medellín
Atlántico	Barranquilla
Caldas	Manizales
Cauca	Popayán
Cundinamarca	Bogotá
Magdalena	El Banco
	Santa Marta
Nariño	Pasto
Norte de Santander	Cúcuta
	Los Patios
	Ocaña
Quindío	Armenia
Risaralda	Dos Quebradas
	Pereira
	Santa Rosa de Cabal
Santander	Barrancabermeja
	Bucaramanga
	Floridablanca
	Piedecuesta
	San Juan de Girón
Tolima	Ibagué
Valle del Cauca	Cali

Fuente: Autores del proyecto

A continuación se describen los factores que fueron definidos atendiendo las diferentes necesidades de la empresa y que son relevantes a la hora de escoger los posibles lugares adecuados para los CEDIs de Comertex S.A.:

- Presencia del mercado: la presencia de clientes de la empresa en la misma zona geográfica del centro de distribución, afecta directamente los costos de transporte de forma positiva disminuyendo los valores de éste al no tener que recorrer grandes distancias hasta los destinos finales en donde se requiere la materia prima o el producto terminado.

Como forma de evaluación se utiliza una escala en porcentajes que muestra la cantidad de clientes del total existente en Comertex S.A., que están ubicados en ese mismo municipio; para este procedimiento se utilizó la base de datos de clientes generada en el presente capítulo.

- Presencia de fuentes abastecedoras: es importante que los proveedores dentro de lo posible se encuentren en la misma ciudad en donde se ubica el CEDI de la empresa, ya que en ocasiones Comertex S.A. corre con los gastos de transporte necesarios para que la mercancía llegue en el momento ideal para ser distribuida a sus clientes, razón por la cual afecta los costos asociados a dicha transacción.

La escala de valoración para este factor se encuentra en porcentaje, el cual está asociado a la proporción correspondiente del total de proveedores de la empresa residentes en dicho municipio hasta el momento del presente estudio, el anterior valor es calculado a partir de los datos generados de la base de proveedores que se presenta en el numeral 5.3 de este capítulo.

- Proximidad a terminales marítimos: Comertex S.A. dentro de sus fuentes de abastecimiento cuenta con proveedores tanto nacionales como internacionales, ocasionando éstos últimos, que una buena ubicación de los CEDIs de la empresa desencadene una reducción de costos de transporte significativa.

Como manera de evaluar dicha proximidad se consideró manejar una escala en días, los cuales representan el tiempo que se demora la mercancía en llegar desde el puerto de Buenaventura, Cartagena e Ipiales bajo condiciones normales, a los municipios considerados para la aplicación de la presente metodología. Dicho tiempo considera además los días que se demora la legalización de la entrada de la mercancía. La fuente de información para este factor son los tiempos de respuesta ofrecidos por la empresa transportadora Coordinadora, los cuáles pueden ser consultados desde la página web de la misma, teniendo en

cuenta siempre que se considera como origen el puerto marítimo y como destino los diferentes municipios que se pretenden evaluar.

- **Beneficios financieros:** hace referencia a las posibles reducciones en el pago de impuestos o cualquier otro tipo de beneficio financiero, que contribuya en el objetivo final de minimizar los costos asociados en la distribución del producto.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se utilizará una escala dicotómica en la que será decisiva la existencia o no de ellas en el municipio a ser considerado.

- **Accesibilidad vial:** teniendo en cuenta que lo que se busca es mejorar la red de distribución de la empresa, es necesario que el lugar donde posiblemente quede ubicado el CEDI cuente como mínimo con vías de acceso a los diferentes municipios donde se encuentra el mercado, al igual que a otros en el territorio nacional.

La forma de evaluar este factor, consiste en determinar las principales vías de acceso que tenga dicho municipio en condiciones ambientales normales de manera que facilite el transporte a todo el territorio nacional, la fuente de la información para cada municipio son los mapas viales respectivos que pueden ser consultados en la página web del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Un municipio altamente accesible es aquél que presenta gran variedad de carreteras nacionales pavimentadas y en concesión, uno medianamente accesible es aquél que presenta una sola carretera principal pavimentada y las restantes no, finalmente, un municipio bajamente accesible es el que presenta ninguna o pocas vías las cuáles no se encuentran pavimentadas.

- **Servicios públicos:** para el normal desarrollo de las organizaciones es necesario contar con los servicios públicos mínimos (agua, luz, gas, teléfono, internet) que contribuyan con las actividades principales de la

empresa. Debido a lo anterior, se hace necesario evaluar este factor mediante la presencia de los mismos en las posibles instalaciones de la bodega o en el espacio físico en general, además de la cobertura en todo el municipio; para esta investigación, se consultó la página web de las alcaldías de los respectivos municipios para indagar sobre la existencia y cubrimiento de ellos.

- Disponibilidad de espacio físico adecuado: aun cuando diferentes condiciones favorezcan a un municipio más que otro, es de vital importancia que exista el espacio físico necesario y adecuado para el normal desarrollo de las actividades de la empresa; por esta razón, mediante este factor se pretende evaluar la disponibilidad o no de bodegas industriales para arriendo.
- Ciudad capital: este factor pretende conceder un poco más de importancia a aquellas ciudades que son capitales de departamentos y por lo tanto reciben especial atención por parte de las transportadoras. La forma como se evaluará, será también una variable dicotómica, de manera que diferencie si es o no es ciudad capital.
- Costo de transporte: de acuerdo con la temática desarrollada en el presente trabajo, es de vital importancia que uno de los factores a analizar sean los costos asociados al transporte desde los CEDIs hacia los diferentes municipios clientes; por tal motivo se pretende evaluar este factor de acuerdo a las tarifas corporativas estipuladas por la empresa transportadora Coordinadora, en donde es clave la diferenciación que se hace entre aquellos municipios que se consideran puntos de origen los cuáles son las principales ciudades de Colombia, puntos normales de envío los cuáles se logran identificar al ser señalados con un punto azul en la parte izquierda del nombre en la lista, reexpediciones especiales que son aquellos municipios que se encuentran listados más no señalados, contrario al caso anterior, y por

último las reexpediciones que son aquellos municipios que no son nombrados en la lista de tarifas corporativas.

Para mayor visualización de los niveles asignados a cada uno de los factores descritos anteriormente (Ver Anexo 10. Niveles factores de ponderación). Como parte del desarrollo de la metodología se requiere información que sirva de soporte en los factores a calificar en cada uno de los municipios nombrados al inicio de este numeral, por esta razón se proporciona una tabla que contiene cada uno de estos aspectos. (Ver Anexo 11. Información ponderación por factores).

Después de realizado un consenso entre los gerentes de la compañía sobre el porcentaje de importancia de cada factor y de los puntos asignados a cada uno de sus niveles, se obtuvo una tabla que los resume y que puede apreciarse en el Anexo 12. Asignación de porcentajes y puntos para cada factor.

De acuerdo a la información obtenida para cada uno de los municipios se procedió a asignar los puntos correspondientes por cada nivel del factor y efectuar las respectivas operaciones obteniendo un total para cada uno de los municipios, de manera que se pudiera observar cuales ciudades eran las candidatas a ser centros de distribución de Comertex S.A. Conforme a lo anterior los municipios seleccionados son: Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Medellín y Pereira. Los resultados fueron revisados por la gerencia de la empresa y avalados por los mismos, el puntaje obtenido por los municipios en cada uno de los factores se encuentra en el Anexo 13. Resultados ponderación por factores.

5.3 PROVEEDORES COMERTECH S.A.

Continuando con el proceso de levantamiento de la información pertinente sobre la red de distribución de la empresa se hace necesario conocer cuáles

son los proveedores actuales, las líneas de producto que abastecen, así como su ubicación en el territorio nacional e internacional.

Durante el transcurso de la recopilación de los datos, se utilizaron diferentes fuentes de información provenientes del ERP de Comertex S.A., del área de compras, al igual que de las diferentes personas que tienen conocimiento en este aspecto.

Como primer parámetro se acordó basar la investigación en los datos más recientes para la depuración de los mismos, es decir, proveedores activos de la empresa de acuerdo a las órdenes de compra del año 2010 y las del primer semestre del 2011, se realizaron comparaciones entre las diferentes fuentes de manera que la información fuese verídica y utilizada de igual forma en toda la empresa, llegando a un acuerdo sobre los proveedores (activos), su nombre real, razón social y ubicación exacta.

Durante el proceso, se contó como primera instancia con una base de datos de los proveedores que hasta la fecha ha tenido la empresa, se investigó cuáles eran los proveedores actuales atendiendo a la política de que no se contaban aquellos a los que se les había realizado una compra puntual, al igual que los proveedores de productos que se encontraban aún en inventario pero que la empresa había decidido no volver a comprar, así como los que eran sustitutos a la hora de presentarse contratiempos con los principales abastecedores. Posteriormente se asignó nombres de los países, departamentos y municipios desde los cuáles los proveedores despachan las mercancías; cabe resaltar que en esta instancia se corroboraron los nombres y razones sociales de estos, con la finalidad de unificar y asignar apropiadamente a cada uno de los productos utilizados para el desarrollo del modelo, su respectivo proveedor.

Del anterior proceso se obtuvo un total de 32 proveedores, de los cuáles 13 son internacionales y 19 se encuentran en Colombia. Se presenta el Anexo 14. Proveedores Nacionales para facilitar la comprensión de la UEN, la(s) línea(s) que abastecen y la ubicación de éstos, al igual que el Anexo 15. Proveedores Internacionales.

Los proveedores nacionales se agrupan mediante los mismos clústers creados para los clientes, para los proveedores internacionales existe otra clasificación que depende únicamente del puerto de entrada de los productos (Ver Tabla 6. Clústers Proveedores Internacionales).

Tabla 6. Clústers Proveedores Internacionales

PUERTO	PAÍS
Buenaventura	Perú
Cartagena	Pakistán
	México
	Panamá
	China
	Hong Kong
Ipiales	Ecuador

Fuente: Autores del proyecto

5.4 PRODUCTOS

Otro aspecto importante dentro del proceso de búsqueda de información para la generación del modelo matemático y por consiguiente la propuesta de localización de los centros de distribución de la empresa, es la definición de los productos, su proceso de traslado desde los proveedores a los CEDIs y de allí hacia los clientes.

Para iniciar, se determinó la cantidad de referencias activas en Comertex S.A. a través de la información almacenada en el Sistema ERP de la empresa (SEVEN), y se encontró que para el mes de Agosto la empresa contaba con 17.099 referencias en estado activo, distribuidas en las 6 líneas descritas en el capítulo 1. Cabe resaltar que una referencia activa en SEVEN, es aquel producto que por una u otra razón ha tenido al menos un movimiento en el Sistema de Información en los 6 meses anteriores a la fecha en que se realiza la consulta.

Así, se empezó a trabajar sobre dicho reporte y se encontraron dos dificultades relevantes: la primera de ellas era que el número de referencias obtenido fue una cifra considerablemente grande que debía reducirse con el fin de garantizar que el software soportara la información y así facilitar su manejo, lo cual se lograría hallando la manera de agrupar los productos por características similares sin que la información se alejara de la realidad de la empresa; adicionalmente, fue evidente que de acuerdo al árbol de clasificación de los productos²¹ definido en la empresa, gran parte de las referencias presentaban problemas de clasificación que muy seguramente dificultarían el proceso de reducción del tamaño del problema, por lo cual ésta se catalogó como una segunda dificultad sobre la cual trabajar.

De esta manera, con la finalidad de dar solución a los inconvenientes, se decidió actuar sobre las dos situaciones; en pro de revisar la clasificación de los productos, se realizaron reuniones con personal de las áreas Comercial, Compras, Desarrollo de Productos, al igual que con Logística, en las cuales se trabajó la temática y se decidió revisar el árbol de clasificación de productos que regía a la fecha, llegando a la conclusión de mejorarlo y generar una nueva propuesta útil y funcional para la totalidad de las áreas de la organización. Fue así, como después de varias sesiones, se obtuvo como resultado una nueva manera de clasificar las referencias que otorga información relevante para la realización del análisis del comportamiento de los productos en el mercado, así como el establecimiento de tendencias futuras para los mismos según sus datos históricos.

Del mismo modo, para lograr reducir el número de referencias y/o productos con los cuales se trabajaría el modelo matemático, se llevó a cabo la metodología que se explica a continuación:

- a. Se tomó el reporte ya generado de las 17.099 referencias activas a Agosto de 2011, y como primer filtro se decidió eliminar aquellos

²¹ Es la estructura que define la manera como se deben clasificar cada uno de los productos y/o referencias, de acuerdo a sus atributos.

códigos que tenían asignada como línea a Comercio Exterior y Confección, ya que estos productos no se comercializan, por el contrario corresponden a muestras que en determinado momento fueron requeridas para realizar trámites comerciales. A continuación, se dividió la información resultante en las 6 líneas de productos según correspondía el caso, obteniendo de esta manera para materias Primas, 2.266 referencias en la línea de Tejido Plano, 1.813 en Tejido Punto, y 416 en No Tejidos, y para Producto Terminado 1.891 en Hogar, 1.658 en Vestuario y 8.524 en Calzado.

- b. El segundo filtro que se llevó a cabo fue, el hecho de tener en cuenta que dada la planeación estratégica de Comertex S.A. existen actualmente productos que se encuentran en proceso de liquidación de inventario y no se comprarían de nuevo, de los cuales se prescindió en el estudio y se eliminaron de la base de datos con la finalidad de evitar errores en el cálculo posterior de la capacidad de los centros de distribución. Para esto, se habló directamente con el Gerente de Compras y con las personas de la Gerencia Comercial responsables de cada línea de producto, a quienes se les consultó acerca de aquellas referencias a suprimir del estudio, debido a las razones expuestas anteriormente. Como resultado, se obtuvo un total de 9.929 productos por eliminar, correspondientes al 58,07% de la totalidad de los datos, quedando hasta el momento 6.639 códigos diferentes.
- c. Como tercer filtro se utilizó el principio de Pareto²², pero aplicado en un 90% al volumen de ventas en cantidades según la unidad de medida de los productos, dato que se obtuvo de SEVEN. Se tomó la base de datos de ventas del año 2010 y 2011 hasta el mes de Agosto, y para cada referencia se halló el monto correspondiente al total vendido

²²Conocido como la regla del 80-20, según la cual “el 80% de los problemas es generado por el 20% de las causas”, es decir que si se conoce ese 20% se solucionaría el 80% de los inconvenientes. Para este caso, hace referencia a que el 80% de las ventas se generan por el 20% de los productos de la empresa.

durante un año promediando mes a mes la información; posteriormente, se determinó cuáles eran las referencias que representaban el 90% de dicho monto en cada línea, obteniéndose de esta manera la información que se muestra en la Tabla 7. Referencias Pareto del 90%.

- d. Con el propósito de continuar con la simplificación de la información “input” para el modelo de localización de los CEDIs, se tuvo en cuenta el proveedor²³ y las unidades de empaque de transporte, de manera que se agruparan los productos que tuvieran un mismo proveedor y una misma unidad de empaque.

Tabla 7. Referencias Pareto del 90%

LÍNEA	NÚMERO DE REFERENCIAS PARETO
Tejido Punto	124
Tejido Plano	136
No tejidos	79
Hogar	74
Vestuario	104
Calzado	1419

Fuente: Autores del proyecto

Para el caso de productos importados se tuvo en cuenta que ingresarán al país por el mismo puerto, y su costo de transporte fuera similar gracias a las pocas diferencias en el peso unitario. Con el fin de obtener los datos, se trabajó en conjunto con el área de Logística y por medio de las listas de entradas²⁴ de productos almacenados en bodega,

²³ Los productos en Comertex S.A. tiene un único proveedor definido.

²⁴ Las listas de entrada de productos son los documentos expedidos por los proveedores en los cuales algunos consignan el número de metros despachados y su respectivo peso, así como el costo total de la compra.

se pudo obtener el peso de un metro de tela, de un par de zapatos y de una unidad de cada una de las referencias obtenidas. Cabe resaltar que hubo algunas referencias cuyos datos fue imposible adquirir por los documentos físicos, para lo cual se solicitó la colaboración en bodega de los auxiliares encargados de cada línea, tanto materias primas como producto terminado, para pesar aquellos productos de los cuales hubiese inventario en ese momento y los que no, obtener un estimado del peso gracias a la experiencia de los trabajadores e inclusive, se utilizó información que debido a la frecuencia de venta de algunas referencias ya se tenían datos promedio para los mismos y son utilizados diariamente en los despachos de la empresa.

Los datos obtenidos de la suma de los anteriores procesos dejan un resultado de 120 grupos de productos que se muestran en el Anexo 16. Grupos de productos y peso por línea.

5.5 DEMANDA

Para el cálculo de la demanda de Comertex S.A. se descargó de SEVEN un historial de ventas para esas referencias de todo el año 2010 y el 2011 hasta el mes de Agosto, para un total de 20 meses de historia de los productos, y se decidió que se trabajaría con dichas ventas, debido a que no existe en la empresa dato alguno respecto a la demanda pues no se hace seguimiento a los productos que los vendedores pueden dejar de vender por falta de existencias de los mismos. Para comenzar, se decidió realizar un análisis y selección de la información con el fin de que los datos de entrada para el modelo fuesen el resultado de dicho proceso, y brindaran un alto grado de confiabilidad al modelar la situación real de la compañía. Como primer filtro de selección de los datos de ventas ya obtenidos, se decidió realizar una búsqueda de aquellas bodegas de las cuales se despachan productos y que son verdaderamente funcionales para Comertex S.A. y eliminar la información

relacionada con aquellas que son creadas en el sistema por cuestiones tributarias, aspectos contables, traslados de mercancía para salas de exposiciones de ventas, muestras de productos y/o despachos realizados directamente a los clientes que no implican almacenamiento ni costo de transporte alguno ya que los proveedores garantizan a la empresa que independientemente del lugar al cual se deba transportar el producto, su costo será siempre el mismo al ponerlo en cualquier ciudad del territorio nacional. De este primer filtro se redujo en 10.460 registros del total almacenados en el Sistema de Información en la Plantilla 10²⁵, lo cual corresponde a un 2,28% de los 458.728 datos encontrados y se eliminó de esta manera, gran cantidad de información que no es útil para el modelo matemático y por el contrario, considerarla se convierte en un error.

Una vez fue reducida la cantidad de referencias a 120 grupos de productos, así como fueron eliminados los registros de ventas que no correspondían a datos útiles para el proyecto, como información importante de entrada para el modelo matemático, se tomaron las ventas resultantes después de los filtros de información (Ver Anexo 17. Ventas en kilogramos por línea), se clasificó por grupo de referencias y clúster de cliente de tal manera que se pudiese conocer la demanda mes a mes de cada producto en las respectivas agrupaciones de clientes ya definidas, y se realizó la conversión de dichas cantidades a kilogramos con la ayuda de los pesos previamente calculados para cada unidad comercial.

Sin embargo, dado que el traslado del calzado desde los CEDIs hasta cada destino se realiza por volumen y paquetero, es decir, el transporte terrestre de los paquetes (pequeñas cantidades) incluye la distribución y entrega de los mismos en el lugar de localización de cada cliente y se liquida según el volumen transportado, se incurre en un costo más elevado. Así, al liquidar el costo de dicha distribución según las dimensiones de la mercancía y no por

²⁵ Plantilla que almacena el detalle de las ventas facturadas y despachadas a los clientes. Muestra las cantidades vendidas de cada referencia, el cliente, valor de la factura, el proveedor, entre otras.

peso bruto, se incurre en un sobrecosto que debía solucionarse para efectos del desarrollo de este proyecto.

Por estas razones, junto con el Analista de Transporte de Comertex S.A. se decidió tomar un histórico de 271 despachos de un total de 1.210 unidades y calcular el porcentaje de variación del peso real de la mercancía sobre el liquidado por la transportadora y se encontró que el dato real se encuentra un 34% por debajo, es decir, los costos se elevan en el mismo porcentaje para estos productos. Para evitar esta diferencia en los datos, se incrementó la demanda de calzado en dicho porcentaje (34%), y así se obtuvo lo que se puede analizar en el Anexo 18. Ventas por línea. Las casillas que se encuentran en blanco equivalen a cero, es decir, no existe flujo de mercancía para la referencia con el clúster cliente relacionado.

5.6 COSTOS VARIABLES

5.6.1 Costos de transporte

En la definición de la ubicación de los centros de distribución y el desarrollo del modelo de localización, existe un factor que es considerado clave para determinar la solución. Dicho factor hace referencia al costo de transporte, entendido éste como aquel monto que la empresa debe asumir para lograr que el producto además de llegar al CEDI sea distribuido a todos sus clientes, y se garanticen entregas de los pedidos a quienes así lo solicitaron.

Se hace importante resaltar, que dicho costo se convierte en un criterio determinante en la toma de decisiones respecto al lugar específico en el cual se instalarán las bodegas de la empresa, ya que en la medida en que dicho valor se incremente significativamente al comparar una opción con respecto a otra se puede llegar a concluir que la más costosa no es la ubicación adecuada.

Así, en el caso concreto de Comertex S.A. se tienen dos tipos de costo de transporte denominados costo de transporte primario y costo de transporte

secundario; el primero consiste en la cantidad que se debe pagar a un tercero por traer el producto desde el proveedor hasta el centro de distribución, teniendo en cuenta que existen proveedores tanto nacionales como internacionales, y el segundo implica todas aquellas erogaciones de dinero causadas al transportar los pedidos desde los CEDIs de la compañía hasta el cliente que lo solicita.

Es importante destacar dos puntos que son:

- En el caso del transporte primario cuando se habla de un proveedor internacional, se trabajó tomando como lugar de ubicación del mismo, el puerto en el cual se reciben los contenedores de dicho proveedor debido a que la localización de las bodegas de la empresa debe generarse al interior del territorio nacional y no es correcto omitir el origen de la mercancía.
- Para el transporte secundario, los clientes a los cuales se les asignará el costo son aquellas agrupaciones o clúster definidas en el numeral 5.1, debido a que las tarifas se encuentran establecidas para traslados entre municipios y/o ciudades, y éstas no varían cuando se entra al detalle de diferenciar al interior del municipio o de la ciudad la ubicación exacta del cliente.

Bajo la premisa de la importancia que tiene el costo de transporte en el modelo de localización, se decidió realizar un análisis por separado para los dos tipos de traslado de producto que ocurren a lo largo de la Red de Distribución de una empresa. El primero de ellos hace referencia al dinero que la empresa debe cancelar por traer la mercancía a los centros de distribución desde el lugar en el que se encuentre ubicado el proveedor (nacional o internacional), el cual se conoce como costo de transporte primario.

En el caso específico de Comertex S.A. quien cuenta con proveedores nacionales e internacionales, y cuyas políticas de operación son completamente diferentes se optó por omitir del estudio el costo de transporte primario para todas las referencias cuyo origen es alguna de las ciudades

comprendidas dentro del territorio nacional a causa de que allí es el punto en el cual comienza su proceso de abastecimiento; el motivo de ésta decisión fue el conocer que todo producto con proveedor nacional tiene cargado el monto por transporte dentro del costo del producto y por consiguiente la empresa no lo ve directamente como un desembolso adicional y tampoco se registra como un incremento sobre el valor de la mercancía, a lo cual se suma la baja probabilidad que existe de separar dicha cantidad del precio original de los productos por negociaciones con los proveedores. De esta manera, en costos primarios se trabajó con un total de 1543 referencias de las líneas de Tejido Plano, No tejidos y Calzado, reunidas en 55 grupos de productos. (Ver Anexo 19. Productos con proveedor internacional).

Una vez aprobada ésta decisión por el Gerente de Logística de Comertex S.A., se inició un trabajo de indagación exhaustiva del proceso de importación de los productos el cual comprende todas las etapas necesarias desde el momento en que éste sale de la empresa del proveedor hasta cuando ingresa al país y llega al centro de distribución. En términos generales se encontró que la mercancía se traslada en contenedores cuyo tamaño (20', 20' HQ o 40' HQ) varía dependiendo del número de unidades compradas así como del tipo de producto que se quiera transportar, y que a lo largo de la operación requiere el pago de dos valores diferentes de flete: el primero de ellos se denomina "Flete por transporte marítimo", el cual se refiere al dinero que cuesta llevar un contenedor desde el puerto en el cual el proveedor ha colocado la mercancía hasta el puerto de destino en Colombia, y por otra parte, está el "Flete por transporte terrestre" que cubre desde el puerto al cual llega el contenedor hasta la ciudad en donde se ubica el CEDI.

Teniendo en cuenta las tres variables que se ven involucradas en el proceso de importación, (tamaño del contenedor, flete por transporte marítimo y flete por transporte terrestre), se optó por prescindir del flete por transporte marítimo debido a que éste es un valor muy inestable, que varía constantemente y cuya incidencia dentro de la ubicación de los centros de distribución es considerablemente baja. Ahora, respecto a las otras dos variables, y a partir de

la opinión del Analista de Transporte de la empresa así como del Área de Comercio Exterior, se unificó el tamaño del contenedor para efectos del desarrollo del proyecto como uno de 40' High Cube, ya que la mayoría de las importaciones se realizan a través de éste.

Finalmente, para calcular el costo de transporte primario, se llevaron a cabo tres procedimientos diferentes, dependiendo de la información disponible en cada uno de ellos por cada referencia, de esta manera:

- Se buscó información con el área de Comercio Exterior y a partir de los registros físicos y facturas de importación, se tomaron aquellos contenedores con un solo tipo de producto; a continuación, se registró el número de unidades (rollos de tela, pares de zapatos, bultos, etc) que se pueden llegar a transportar en un contenedor 40' HQ, teniendo en cuenta que para el caso de los rollos de tela, se consultó el número de metros que contiene cada rollo según la referencia específica, para así determinar el total de metros que se importan por contenedor tal y como lo muestra el ejemplo ilustrado en la Tabla 8. Ejemplo cálculo de total metros.

Una vez obtenidos dichos datos, se halló el número de kilogramos a los cuales eran equivalentes los metros de tela, con la ayuda de los datos elaborados previamente acerca del peso por metro de tela, por par de zapato o por unidad, y por consiguiente se obtuvo el número total de kilogramos por contenedor tal como lo muestra la Tabla 9. Ejemplo cálculo kilogramos por contenedor.

- En los casos en los cuales no fue posible conocer la información de importaciones a través de los documentos físicos de Comercio Exterior, para referencias de calzado, se consultó al área de Logística, las dimensiones y el número de pares de zapatos para las cajas en las cuales se importan este tipo de productos. Con esto, se conoció el número de pares de zapatos que se pueden transportar en un

contenedor 40' HQ, se corroboró el dato con Logística, y para terminar se realizó la respectiva conversión a kilogramos.

Tabla 8. Ejemplo cálculo de total metros

DESCRIPCIÓN	GRUPO	ORIGEN	UNIDAD/CONTENEDOR 40 HQ	METROS POR ROLLO	TOTAL METROS
REFERENCIA 199	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 200	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 201	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 202	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 203	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 204	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 205	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 206	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 207	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 208	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 209	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 210	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 211	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 212	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 213	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 214	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 215	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 216	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 217	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 218	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 219	42	CHINA	1400	110	154000
REFERENCIA 220	42	CHINA	1400	110	154000

Fuente: Autores del proyecto

- Los productos con los cuales no se logró llevar a cabo ninguno de los procedimientos descritos anteriormente, debido a la falta de información, se acudió a la experiencia de los operarios de la bodega encargados directamente del proceso de descarga de los contenedores, obteniendo de igual manera el número total de productos por contenedor. Para terminar, al igual que en los casos anteriores, se realizó la conversión de dichas cantidades a kilogramos.

Tabla 9. Ejemplo cálculo kilogramos por contenedor

DESCRIPCIÓN	GRUPO	ORIGEN	UNIDAD/CONTENEDOR 40 HQ	METROS POR ROLLO	TOTAL METROS	KG POR UNIDAD	TOTAL KG
REFERENCIA 199	42	CHINA	1400	110	154000	0.1589	24470.9921
REFERENCIA 200	42	CHINA	1400	110	154000	0.1591	24501.4000
REFERENCIA 201	42	CHINA	1400	110	154000	0.1592	24516.1867
REFERENCIA 202	42	CHINA	1400	110	154000	0.1599	24620.7361
REFERENCIA 203	42	CHINA	1400	110	154000	0.1602	24663.7982
REFERENCIA 204	42	CHINA	1400	110	154000	0.1606	24724.9268
REFERENCIA 205	42	CHINA	1400	110	154000	0.1609	24774.1375
REFERENCIA 206	42	CHINA	1400	110	154000	0.1609	24785.5837
REFERENCIA 207	42	CHINA	1400	110	154000	0.1610	24801.3608
REFERENCIA 208	42	CHINA	1400	110	154000	0.1611	24812.9724
REFERENCIA 209	42	CHINA	1400	110	154000	0.1613	24834.8424
REFERENCIA 210	42	CHINA	1400	110	154000	0.1613	24843.3482
REFERENCIA 211	42	CHINA	1400	110	154000	0.1613	24847.4742
REFERENCIA 212	42	CHINA	1400	110	154000	0.1614	24848.5593
REFERENCIA 213	42	CHINA	1400	110	154000	0.1614	24850.7000
REFERENCIA 214	42	CHINA	1400	110	154000	0.1614	24852.5354
REFERENCIA 215	42	CHINA	1400	110	154000	0.1616	24878.7000
REFERENCIA 216	42	CHINA	1400	110	154000	0.1616	24878.7000
REFERENCIA 217	42	CHINA	1400	110	154000	0.1616	24888.3682
REFERENCIA 218	42	CHINA	1400	110	154000	0.1618	24924.8535
REFERENCIA 219	42	CHINA	1400	110	154000	0.1621	24965.5718
REFERENCIA 220	42	CHINA	1400	110	154000	0.1640	25258.2415

Fuente. Autores del proyecto

Para finalizar el cálculo de los costos de transporte primario por grupo de producto, se tomó el costo de enviar un contenedor 40' HQ desde los diferentes puertos por donde se realiza el ingreso de la importación, hacia cada una de las 7 posibles ciudades en las cuales se podría llegar a ubicar el CEDI (Ver Tabla 10. Costo de transportar un contenedor origen-destino), y se dividió en el total de kilogramos que de cada referencia es posible introducir en el container. De esta manera, se obtuvo el costo de transporte primario por kilogramo transportado para sumar a la matriz de costos del modelo matemático. (Ver Anexo 20. Costos de transporte primario por grupo de referencias).

Tabla 10. Costo de transportar un contenedor origen-destino

ORIGEN DESTINO	PUERTO BUENAVENTURA	PUERTO CARTAGENA	PUERTO IPIALES
BARRANQUILLA	6000000	750000	6250000
BOGOTÁ	3675000	4750000	4380000
BUCARAMANGA	4500000	3675000	5370000
CALI	1100000	5500000	3080000
CÚCUTA	5600000	3300000	6100000
MEDELLÍN	2800000	3300000	4380000
PEREIRA	2500000	5000000	4100000

Fuente. Autores del proyecto

Para la asignación del costo secundario se utilizó la tabla de tarifas corporativas de la empresa transportadora, aplicando un descuento del 50%²⁶ a todos los orígenes exceptuando Bogotá la cual tiene un descuento del 52% sobre los valores registrados. Para una mejor visualización de los mismos dirigirse al Anexo 21. Costos de transporte secundario, en donde las columnas representan los municipios candidatos a ser centros de distribución y las filas la combinación de los grupos de productos con el total de clústers de clientes. Cabe aclarar que la matriz presentada en el anexo, se repite para cada una de las combinaciones de producto, cliente y CEDI.

5.6.2 Costos de operación

Se conoce comúnmente como costo de operación a aquella suma de dinero creada por la asignación de recursos para la operación y/o funcionamiento, en este caso, de los centros de distribución de Comertex S.A. los cuales fueron considerados dentro del modelo, debido a que la actividad de una bodega se ve afectada económicamente cuando se varía el sitio de ubicación de la misma, es decir el costo de operación se encuentra directamente relacionado con el lugar en el cual se ubiquen los CEDIs.

²⁶ Los descuentos son otorgados de acuerdo a la negociación entre la empresa Coordinadora y Comertex S.A.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se tomó la información de una matriz ya existente en la empresa en la cual se encuentra detallado el costo que es asignado a cada referencia por actividad logística que necesite cada una de éstas, desde el momento en que la mercancía ingresa al CEDI hasta cuando es preparada y despachada a los clientes. De esta manera, a continuación se enumeran las actividades que se tuvieron en cuenta para calcular el costo de operación de los productos:

- Diseño de la distribución de los CEDIs.
- Recepcionar la mercancía.
- Descargar la mercancía.
- Inspeccionar la mercancía que llega a la bodega detalladamente.
- Ingresar al Sistema de Información SEVEN la mercancía.
- Realizar la impresión de los tiquetes, pegarlos y aplicar la entrada de la mercancía al sistema.
- Almacenar la mercancía.
- Recepcionar los pedidos e imprimirlos.
- Asignar los pedidos a los operarios y alistarlos.
- Realizar el corte de tela (Aplica únicamente para las telas, es decir para las líneas de Plano, Punto y No tejidos).
- Realizar la factura.
- Generar la guía de despacho o la guía de la transportadora según corresponda.
- Coordinar el mantenimiento de la infraestructura.
- Realizar entrenamiento e inducción al cargo cuando se contrata nuevo personal para la bodega.
- Coordinar y ejecutar lo inventarios cíclicos de la mercancía.
- Administrar y controlar el personal del CEDI.

Al obtener la información para cada referencia, se calculó el costo de operación para cada referencia y posteriormente se promediaron los datos obtenidos; de esta forma se halló el costo para cada grupo de referencias y finalmente se

hizo uso del peso por unidad previamente calculado para convertir dicho costo por producto en un costo por kilogramo y sumar los datos a la matriz del costo de transporte. Los datos del costo de operación se muestran en el Anexo 22. Costos de operación y la matriz de costos total en el Anexo 23. Matriz de costos total la cual muestra el costo total de cada grupo de referencias para todas las posibles combinaciones de productos, clientes y centros de distribución.

5.7 COSTOS FIJOS

5.7.1 Costos de instalación

Continuando con la importancia que tienen los costos dentro del modelo de localización bajo el cual se diseña la propuesta de ubicación de los CEDIs de Comertex S.A. se incluye también como parte del costo final de la decisión, el costo en el cual incurre la empresa al colocar una bodega en operación en un lugar determinado, conocido como costo de instalación, sin tener presente el costo de mano de obra. Así, la importancia de considerar este tipo de costo radica en que el hecho de arrendar una edificación destinada al almacenamiento de los productos varía entre las diferentes ciudades del país, lo cual obedece a los diferentes costos de vida manejados en cada uno de éstos lugares.

De esta manera, teniendo en cuenta los municipios y/o ciudades candidatas para la ubicación de los centros de distribución²⁷ de la empresa definidos previamente en el numeral 5.2, al igual que las áreas metropolitanas de las mismas, se realizó una búsqueda del valor en arriendo del metro cuadrado comercial en cada una de ellos a través de cotizaciones solicitadas vía internet, datos bibliográficos de revistas, reuniones con personas que operan directamente en finca raíz, artículos relacionados con el tema así como consultas en la página web de inmobiliarias que trabajaran con bodegas de tipo

²⁷Las ciudades son Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Pereira, Medellín y Barranquilla.

industrial. Teniendo en cuenta los deseos de la gerencia, se limitaron las zonas de búsqueda a aquellas que la organización creía conveniente para la ubicación de sus CEDIS.

Para cada sector se tuvo en cuenta sólo los datos pesimistas del total encontrados, en pro de garantizar un margen de error al momento de la toma de decisiones y para la realización del presupuesto por parte de la empresa; el Anexo 24. Valor metro cuadrado comercial promedio, muestra el precio del metro cuadrado promedio de las ciudades que serán tomadas en cuenta para el desarrollo del modelo.

5.7.2 Costos por servicios públicos

Cualquier organización por grande o pequeña que sea, necesita de cierto número de servicios públicos que garantice su normal funcionamiento, para el caso de Comertex S.A. y las siete ciudades candidatas para ubicar en ellas los centros de distribución de la empresa, se consultó la tarifa promedio del servicio de energía, acueducto, telefonía e internet.

Los valores de los anteriores servicios se encuentran en el Anexo 25. Tarifa promedio de servicios públicos, los datos promedio asociados a energía y acueducto tienen como fuente el Sistema Único de Información de Servicios Públicos de la República de Colombia (Superintendencia de Servicios Públicos), los demás datos, que también son promedios, son el resultado de la búsqueda entre las diferentes empresas prestadoras de este servicio como UNE, Telmex, EPM, Telefónica entre otras, teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa en cuanto a comunicación (telefonía e internet), lo que se traduce en telefonía ilimitada local incluyendo las extensiones que comunican con los diferentes puntos nacionales donde se encuentren ubicados los almacenes propios o las franquicias, así como internet banda ancha empresarial de 4 Gigabytes (GB). Los datos presentados son producto de cotizaciones realizadas directamente con las empresas y consultas respectivas a través de las páginas web de las mismas.

De acuerdo a las tablas de costos presentadas anteriormente (costos de instalación y servicios públicos), se procedió a realizar una tabla resumen que muestre totalizado mensualmente y anualmente los costos asociados a tener una y dos²⁸ bodegas con las capacidades mostradas en la Tabla 11. Capacidades centros de distribución, estos valores de capacidad fueron obtenidos de acuerdo a reuniones realizadas con los Coordinadores de Logística teniendo en cuenta la experiencia de cada uno de ellos en la industria y el espacio ocupado por los productos en las bodegas actuales para las unidades estratégicas de negocio. Dado que se obtuvieron los datos para una única bodega por UEN, se acordó seguir el porcentaje que sugiere la literatura, el cual equivale a decir que un 70% de la capacidad de una bodega es almacenamiento y el 30% restante son los espacios ocupados por las demás áreas necesarias para el normal funcionamiento de un centro de distribución.²⁹ Los datos proporcionados tienen una pequeña holgura para tener en cuenta los cambios que puedan ocurrir en el entorno de la empresa. (Ver Anexo 26. Total mensual y anual costos de instalación y servicios públicos).

Tabla 11. Capacidades centros de distribución

Número de centros de distribución	CAPACIDAD m ²	
	Materia Prima	Producto Terminado
1	4000	2000
2	2830	1420

Fuente: Autores del proyecto.

Los valores expresados en el anexo se obtuvieron de la siguiente manera: los costos de instalación son el valor respectivo de la multiplicación de la capacidad en m² y el valor de éste en cada una de las ciudades, asumiendo siempre el menor costo por metro cuadrado encontrado en cada departamento; el costo total de acueducto y el de energía son el producto del valor unitario por

²⁸ El número máximo de Centros de distribución que debe ser introducido como restricción en el modelo, fue dado directamente por la Gerencia de Comertex S.A.

²⁹ Logística y Gestión en La Cadena de Suministros. Washington D.C., Estados Unidos. 2001. 189p. ISBN 9275323755.

el consumo promedio para cada una de las bodegas enunciadas en el párrafo anterior. Dicho consumo unitario se obtuvo partiendo del consumo de la bodega ubicada en Girón, la cual tiene un área de 6000 m², y se procedió a realizar aproximaciones para las capacidades a trabajar en el modelo; los resultados encontrados se expresan en la Tabla 12. Consumos mensuales acueducto y energía.

Tabla 12. Consumos mensuales acueducto y energía

Capacidad (m ²)	Consumo de acueducto (m ³ /mes)	Consumo de energía (KWh/mes)
6.000	1.312	27.072
4.000	875	18.048
2.830	619	12.769
2.000	437	9.024
1.420	311	6.407

Fuente: Autores del proyecto

5.7.3 Costos tributarios

Con la finalidad de dar una mejor propuesta de la ubicación de los centros de distribución de la empresa y de determinar la totalidad de los costos logísticos que afectan la localización de los centros de distribución, se realizó la consulta acerca de cuáles son los impuestos que varían en la empresa al producirse modificaciones en la ubicación de sus bodegas.

Como resultado de la consulta, se encontró que existen dos impuestos que se aplican de una manera diferente según la ciudad, conocidos como Impuesto de Industria y Comercio (ICA) e Impuesto Predial; de acuerdo a reuniones realizadas con los directivos de la organización, se llegó a la conclusión de que la empresa no está interesada en comprar las bodegas para sus futuros centros de distribución, sino en encontrar una que se asemeje a los requerimientos de infraestructura que necesita y arrendarla; con base a lo anterior, el único impuesto que afectará los costos será el primero de éstos y se

aplica al volumen de ventas anual de la compañía expresado en pesos, así, por ejemplo, para el CEDI ubicado en Bogotá, actualmente se cancela un monto correspondiente al 11,04% por cada 1.000 pesos vendidos; se hace importante resaltar, que la bodega ubicada en Girón cuenta con una exención de este impuesto hasta finalizar el año 2012.

Para la investigación se tuvieron en cuenta además de las siete ciudades candidatas, las áreas metropolitanas de los mismos, debido a que para efectos geográficos la ubicación es la misma y puede presentarse diferencias significativas en el Impuesto de Industria y Comercio de cada uno de ellos, que al ser combinados con el costo del metro cuadrado comercial en arriendo de los mismos, pueda establecer a nivel departamental una buena zona para la ubicación de los centros de distribución de Comertex S.A.

Basados en los datos ofrecidos por la Secretaría de Hacienda, la Alcaldía y el Concejo Municipal, de cada uno de los municipios consultados se pudieron obtener los valores respectivos del Impuesto de Industria y Comercio, estos porcentajes se pueden apreciar en el Anexo 27. Impuesto de industria y comercio.

Adicional a la investigación de las tarifas correspondientes al ICA de cada municipio se consultó las exenciones otorgadas en los diferentes acuerdos municipales para las ciudades candidatas a ser centros de distribución, así como para las áreas metropolitanas de las mismas, dichas exenciones proyectadas a 10 años se pueden consultar en el Anexo 28. Exenciones Impuesto de Industria y Comercio, los municipios sombreados son aquellos que presentan descuento para este impuesto.

5.7.4 Costo de mano de obra

Teniendo en cuenta que existen diversas actividades que se deben realizar al interior de los centros de distribución para garantizar su funcionamiento tales como: los procesos de facturación, generación de pedidos, coordinación y supervisión de la logística del CEDI entre otros, se consideró importante tener

en cuenta aquellos cargos que sin importar el número de pedidos o el tamaño de la bodega son fijos; para ello, se consultó el salario de los cargos presentados en la Anexo 29. Mano de obra fija necesaria, para que sean tenidos en cuenta en el costo total de la propuesta de localización.

De acuerdo con los costos fijos que se han nombrado, se realizó una tabla resumen (Ver Anexo 30. Total costos fijos) en donde se pueden encontrar la suma de los costos de instalación, servicios públicos, mano de obra e impuestos tributarios, otorgando el resultado para un año de operación, este se presenta para cada una de las unidades estratégicas de negocio y con la respectiva variación del número de centros de distribución a crear, entre uno y dos. El valor del ICA, se obtuvo gracias a las tarifas encontradas en los estatutos tributarios de cada municipio y a la base gravable para materia prima y producto terminado otorgado por el auxiliar contable de Comertex S.A. La tarifa del ICA presentada para la combinación de dos CEDIs corresponde al promedio entre los valores correspondientes a las mejores ciudades candidatas de cada departamento y que se encuentran sombreados en el anexo nombrado en este párrafo.

Por cada una de las opciones presentadas, se determinó que la capital del departamento no era la mejor opción en cuanto a costos fijos y que en combinación con los costos variables serían más elevados frente a otros municipios, por esta razón se decidió elegir aquellos que presentaran los costos fijos mas bajos (Ver Tabla 13. Municipios menores costos fijos), estos municipios son los utilizados para promediar.

Tabla 13. Municipios menores costos fijos

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Antioquia	La Estrella
Atlántico	Malambo
Cundinamarca	Tocancipá
Norte de Santander	Puerto Santander
Risaralda	Santa Rosa de Cabal
Santander	Floridablanca
Valle del Cauca	Palmira

Fuente: Autores del proyecto

5.8 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA DEMANDA

Para identificar el espacio ocupado por la demanda de los productos y de esta manera determinar un estimado del espacio que ocuparían todos los grupos bajo el supuesto de que en un determinado momento las ventas totales correspondientes a un año estuviesen almacenadas en el mismo instante, para ello se desarrolló un proceso, en el que fue necesario medir cada una de las referencias que componían los grupos, de manera que se contara con la seguridad de que a pesar de estar agrupados por pesos iguales o similares, las medidas no fueran drásticamente diferentes entre ellas. El segundo paso fue tomar las medidas de ancho, alto y largo de la cajonera utilizada en la bodega de Comertex S.A., para obtener 1,5m * 1,8m * 2,2m respectivamente.

Después de tener los anteriores datos, se procedió a tomar la demanda en kilogramos para cada grupo de productos y convertirla en las unidades respectivas³⁰, con el resultado previo y las medidas propias de cada grupo se obtuvo el número de cajoneras que ocupa cada uno de ellos. A continuación se explican las respectivas conversiones para obtener el espacio ocupado por la demanda.

- Para los productos cuya unidad son rollos se procedió de la siguiente manera: para conocer la demanda en unidades se dividió ésta en el peso de cada grupo, se obtuvo la cantidad en metros y luego se dividió en los metros contenidos en cada rollo para obtener el número de éstos. Con las medidas de los rollos (diámetro, ancho, contenido) y las de la cajonera se procedió a obtener el número de rollos que ocupan una cajonera completa, se dividió la demanda entre este último dato logrando conocer la cantidad de cajoneras completas necesarias para almacenamiento.³¹

³⁰Las unidades de cada producto pueden ser cajas, rollos, láminas o los mismos kilogramos.

³¹Aun cuando los productos queden ocupando el 50% de la cajonera esta no es compartida con otro grupo de productos.

- Para los productos cuya unidad son las cajas se procedió de la siguiente manera: se dividió la demanda en kilogramos por el peso de cada grupo para obtener la demanda en unidades, luego ésta se dividió en la cantidad de unidades por caja, para tener la demanda en cajas. Posterior a esto se obtuvo el número de cajas que caben por cajonera, recordando que varias hileras de cajas conforman una fila de la cajonera. Se dividió la demanda en la cantidad de cajas/cajonera y se obtuvo la cantidad de cajoneras necesarias para almacenar la totalidad de la demanda.
- Para los productos cuya medida son los kilogramos, se procedió de igual manera que con los rollos, teniendo en cuenta que al dividir la demanda en kilogramos por el contenido de cada grupo se obtenía la demanda en número de rollos.
- Para los productos cuya medida son las láminas, se procedió a dividir la demanda por el peso de cada lámina para obtener el número de éstas, luego se dividió este dato en la cantidad de láminas que caben por cajoneras y determinar el número total de éstas para su almacenamiento.

Luego de tener todos los datos para cada grupo de productos, es decir el número total de cajoneras necesarias para almacenar la demanda de materia prima y de producto terminado, se determinó al dividir en 6 el número total de cajoneras y multiplicar dicho resultado por el área que ocupa una estantería (2.2m * 1.5m), obteniéndose un área de 2017.4 m² y 991.65 m² para almacenar materia prima y producto terminado respectivamente.

Todos los cálculos para cada grupo de productos anteriormente descritos, así como el total de cajoneras y el área que éstas ocupan, se pueden observar en el Anexo 31. Área ocupada por la demanda.

6. DESARROLLO DEL MODELO EN GAMS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Mediante la herramienta GAMS se solucionó el modelo, a través del solver CPLEX y el uso de la programación lineal entera binaria, teniendo en cuenta como primera medida la situación actual de la empresa, para luego efectuar modificaciones en las variables principales para la compañía y determinar la sensibilidad del modelo a los cambios de éstas. La programación introducida al modelo contempla en la función objetivo sólo los costos variables (transporte primario – secundario y costos de operación), una vez obtenido el costo variable total, se complementó con los costos fijos (instalación, servicios públicos, mano de obra y los tributarios) para finalmente obtener el costo total (costos variables más costos fijos) en cada uno de los escenarios planteados en los que se trabajó con las ventas del último periodo de operación.

A lo largo del desarrollo del presente capítulo se mostrará por separado los resultados obtenidos para Comertex S.A., según los datos de las ventas y costos actuales de la empresa, y lo arrojado por el modelo cuando se realizó la sensibilización de las variables principales.

Se hace importante resaltar que la forma como GAMS arroja los resultados para cada una de las corridas se puede observar en el Anexo 32. Solve Summary GAMS y en el Anexo 33. Resultados GAMS. El primero de ellos muestra el resumen de la solución, el cual da a conocer los aspectos generales tales como el tiempo de generación de la solución, el tiempo de ejecución, el solver que se utilizó, el valor de la función objetivo y la información correspondiente al hallazgo o no de la solución óptima. Por otra parte, el Anexo 33 ya mencionado, enseña un ejemplo de la forma como el software evalúa las restricciones y las muestra para una solución determinada, y en la segunda imagen se resalta la función objetivo; “lower” y “upper” hacen referencia a los límites de cada variable, “level” se hace 1 para cada X_{ijk} y determina el CEDI del cual debe ser atendido cada cliente. Así mismo, “marginal” muestra el costo

de enviar la mercancía desde el CEDI hasta donde se encuentre ubicado el cliente; el software elige el menor costo de todas las posibles opciones para cada combinación de producto, cliente y centro de distribución.

6.1 Situación actual

De acuerdo con la reducción de variables y la obtención de datos efectuada en el capítulo 5 de este proyecto, se corrió el modelo teniendo como puerto de entrada de los productos provenientes de Oriente el ubicado en Cartagena, dado que para el último año, las importaciones se realizaron por dicho puerto debido al bajo costo de los fletes marítimos por allí.

Con la finalidad de obtener no sólo el resultado óptimo del problema de localización, sino la jerarquía en cuanto a la variación de la función objetivo, se ejecutó el problema para abrir uno y dos centros de distribución, así como las respectivas combinaciones que se pudieran realizar. Sin embargo, se hace necesario aclarar que los siete municipios que se tienen en cuenta para llevar a cabo las combinaciones son el producto del análisis planteado en el capítulo 5, numeral 5.7.4, para los cuales el costo fijo total, es decir la mezcla entre los costos de instalación, mano de obra e impuesto de Industria y Comercio, corresponde al menor valor de los demás municipios del Área Metropolitana de cada una de las 7 ciudades candidatas.

En primera medida se muestran los resultados obtenidos del costo variable arrojado por el modelo matemático para las diferentes combinaciones de materia prima y producto terminado, con los datos actuales de la empresa y para los productos seleccionados y depurados para el desarrollo del presente modelo.

Tal y como se puede observar en el Anexo 34. Resultados Materia Prima costo variable, el costo variable disminuye al incrementar el número de centros de

distribución debido a que las distancias entre éstos y los clientes se reduce y por consiguiente lo hace el costo de transporte, dado que este rubro varía cuando también lo hace la distancia entre el origen y el destino. Así mismo, se resaltan en la tabla los menores costos, es decir, si la propuesta de localización se generara únicamente a partir de los costos que varían junto con las ventas la ubicación estaría dada para Floridablanca y La Estrella debido a que éstas obedecen al mínimo costo de todas las posibilidades, inclusive menor que cuando se habla de un solo CEDI en el municipio de La Estrella, el cual es la mejor opción para cuando el número de centros de distribución a abrir es sólo uno.

Del mismo modo, al realizar este análisis para producto terminado en base al Anexo 35. Resultados Producto Terminado costo variable, se puede concluir que Malambo y Tocancipá serían los lugares para ubicar los CEDIs por su menor costo o La Estrella si la decisión obedece a instalar sólo un centro de distribución.

Dada la importancia para Comertex S.A. de conocer un dato que proporcionara con mayor exactitud el costo que representa la decisión de trasladar sus centros de distribución y la inversión que la empresa debe realizar, así como involucrar el Impuesto de Industria y Comercio como factor determinante dentro de la decisión, se adicionó al costo variable, el costo de instalar el(los) centro(s) de distribución el cual involucra el arriendo del establecimiento durante 12 meses y lo correspondiente al costo de servicios públicos, el costo de la mano de obra requerida para el funcionamiento de las bodegas y el monto que la empresa debe cancelar por Impuesto de Industria y Comercio hallado previamente en el capítulo 5, para el mismo intervalo de tiempo. El cálculo del costo total, se llevó a cabo sumando cada uno de los rubros mencionados anteriormente, junto con un incremento que se realizó para determinar el costo variable del 100% de las ventas y no del 90% tal y como se obtiene de los datos delimitados en el capítulo 5. Los resultados de los costos totales obtenidos se observan en el Anexo 36. Costos totales situación actual; los

valores se encuentran ordenados de menor a mayor, y se resaltan las opciones de menor costo variable para cuando se considera la apertura de uno y dos centros de distribución para materia prima (MP) y producto terminado (PT) respectivamente.

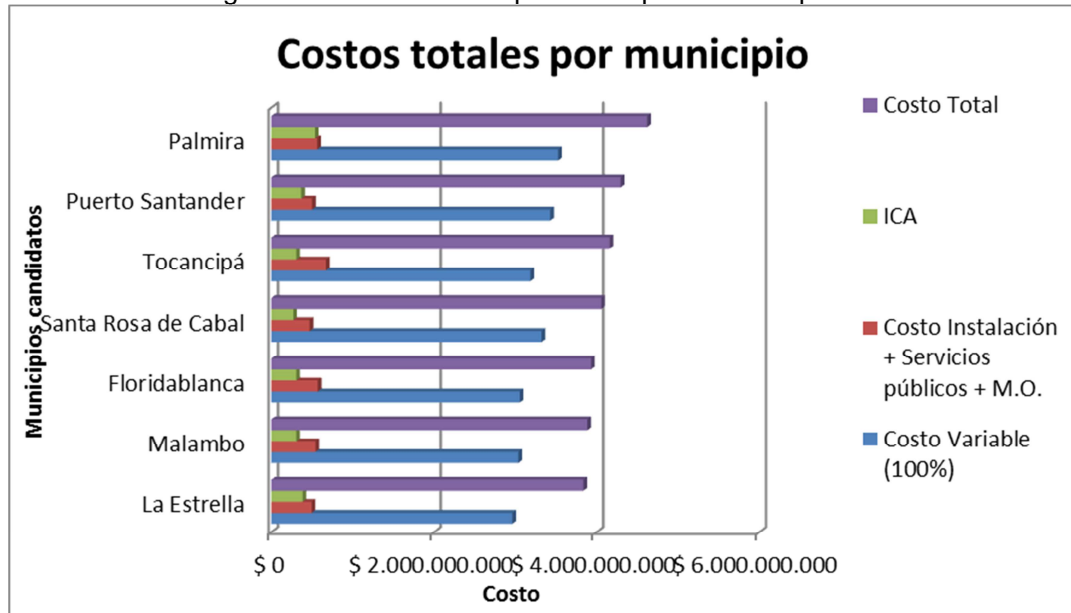
Al analizar la Figura 10. Costos totales por municipio materias primas, se puede determinar que cuando el número máximo de CEDIs a abrir para materias primas es uno y el puerto por el cual ingresan los productos cuyo proveedor se localiza en Oriente es Cartagena, la mejor opción sería el municipio de La Estrella, dado que éste presenta el menor costo variable y uno de los menores costos de Instalación, servicios públicos y Mano de Obra. Como segunda opción se establece Malambo a una diferencia muy pequeña de La Estrella, por lo cual este tipo de situaciones se consideran empates técnicos y la decisión final estaría en manos de la Gerencia de la empresa.

Al comparar estos resultados con los hallados cuando N^{32} es menor o igual que 2, tal y como lo muestra el [Anexo 37](#). Comparación costos por combinación de municipios candidatos MP, se puede ver que Malambo se mantiene como una de las mejores opciones, dada su cercanía al puerto junto con el municipio de Santa Rosa de Cabal, los cuales conforman la combinación óptima desde el punto de vista de los costos. Sin embargo, resulta más económico instalar un único CEDI a instalar dos, la razón principal obedece al incremento de los costos de instalación, servicios públicos y mano de obra cuando se tienen varios centros de distribución. Además, se puede concluir que Palmira es un municipio que tiene poca probabilidad de quedar seleccionado, debido a que tiene el valor de costo variable y el ICA³³ más elevado de los siete candidatos.

³² Número máximo de Centros de Distribución a abrir.

³³ Impuesto de Industria y Comercio.

Figura 10. Costos totales por municipio materias primas



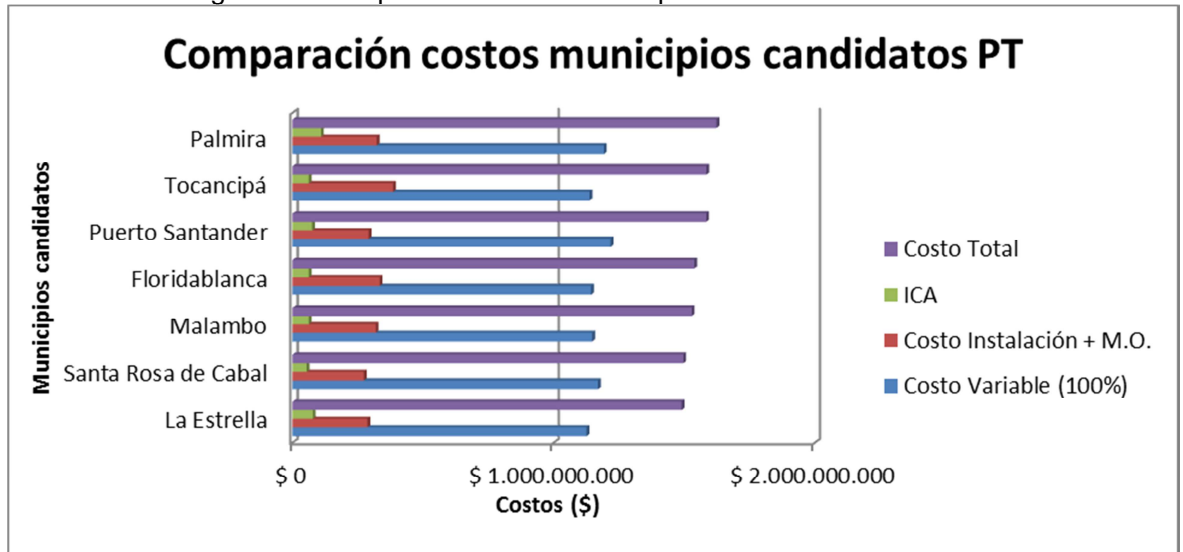
Fuente. Autores del proyecto

Por otra parte, cuando se habla de producto terminado y se realiza el ingreso de la mercancía cuyo proveedor se encuentra ubicado en el Medio Oriente por el mismo puerto (Cartagena), las soluciones obtenidas para los municipios óptimos se pueden ver en la Tabla 14. Municipios ubicación óptima puerto Cartagena, para mayor visualización de todas las opciones y combinaciones dirigirse al Anexo 36 mencionado con anterioridad.

No obstante, el costo total para dos centros de distribución continúa siendo un valor más elevado que si se abre uno sólo, y Santa Rosa de Cabal se mantiene como una opción relevante gracias a que presenta el menor costo de Impuesto de Industria y Comercio de todos los municipios candidatos.

Nuevamente existe lo que se conoce como un empate técnico entre las mejores opciones de cada escenario planteado. Ver Figura 11. Comparación costos municipios candidatos PT, y Anexo 38. Comparación costos por combinación de municipios candidatos PT.

Figura 11. Comparación costos municipios candidatos PT



Fuente. Autores del proyecto

Tabla 14. Municipios ubicación óptima puerto Cartagena

UEN	N° CEDIs	MUNICIPIOS	COSTO TOTAL
MP	1	La Estrella	\$3835.250.087
MP	2	Malambo Santa Rosa de Cabal	\$3905.449.879
PT	1	La Estrella	\$1489.956.279
PT	2	La Estrella Santa Rosa de Cabal	\$1624.991.541

Fuente: Autores del proyecto.

6.2 Escenarios propuestos

Teniendo en cuenta las variables importantes del modelo como demanda, puertos de entrada de los productos importados e impuestos tributarios, se plantearon escenarios donde éstos variaran para así determinar la influencia que tienen en la propuesta de localización de los centros de distribución de Comertex S.A.

6.2.1 Variación puerto de entrada

Los grupos de productos cuyo proveedor se encuentra en Oriente, pueden cambiar su puerto de entrada dependiendo de cómo se presente el valor de los fletes, teniendo en cuenta que últimamente ingresaron por el puerto de Cartagena, en este escenario se elegirá el de Buenaventura.

Tomar a éste último como ubicación de dichos proveedores conlleva a cambiar los costos presentados en la tabla C_{ijk} , puesto que los fletes son diferentes de uno a otro. En el Anexo 39. Resultados materia prima puerto Buenaventura, y en el Anexo 40. Resultados producto terminado puerto Buenaventura, se muestran los valores obtenidos para la función objetivo del modelo que arroja los costos variables respectivos, en ella se puede observar que la opción de abrir dos centros de distribución es más económica, debido a que la demanda se distribuye y dichos costos se hacen menores. Las filas sombreadas identifican la mejor propuesta en cuanto a costos variables para cada una de las unidades estratégicas de negocio.

Por otra parte, en el Anexo 41. Resultados obtenidos puerto Buenaventura, se encuentran los costos totales asociados a este escenario, se puede observar como al tomar sólo el costo variable como parámetro para tomar la decisión de la mejor propuesta de localización, cambia respecto a los costos fijos totales, ya que éstos complementan el modelo ajustándolo un poco más a lo que la empresa requiere. Al comparar los resultados del escenario actual de la empresa frente al cambio de puerto, teniendo en cuenta los costos presentados en el mismo anexo, se puede detectar que para la Unidad Estratégica de Negocio materia prima es más económico que ingrese por el puerto de Cartagena y que la UEN producto terminado lo haga por Buenaventura, esto se presenta debido a que la gran mayoría de los productos terminados son importados y sus proveedores se encuentran ubicados en Oriente, también se puede observar que aun cuando los municipios candidatos para localizar los centros de distribución no difieran drásticamente para la situación actual y el escenario planteado con el cambio de puerto, estos costos totales son diferentes debido a los fletes de transporte desde cada uno de los puertos a

dichos municipios. (Ver Tabla 15. Municipios ubicación óptima puerto Buenaventura).

Aunque las diferencias presentadas para materia prima y producto terminado para las mejores localizaciones para uno y dos centros de distribución, no se encuentran alejadas considerablemente la una de la otra, se llegó a la conclusión presentada anteriormente por cada UEN, en consenso con el Gerente de Logística de la empresa.

Tabla 15. Municipios ubicación óptima puerto Buenaventura

UEN	N°CEDIs	MUNICIPIOS	COSTO TOTAL
MP	1	La Estrella	\$3976.042.992
MP	2	Floridablanca Santa Rosa de Cabal	\$4053.754.963
PT	1	La Estrella	\$1475.727.135
PT	2	La Estrella Santa Rosa de Cabal	\$1610.674.570

Fuente: Autores del proyecto.

6.2.2. Variación de la demanda por líneas de la UEN respectiva

La demanda es un factor importante dentro del modelo matemático formulado por lo cual se decidió variar ésta de acuerdo a la visión de los gerentes comerciales de Comertex S.A. Se aplicaron porcentajes para aumentar o disminuir la demanda de las líneas a un horizonte de 5 años de acuerdo con la experiencia y visión de los gerentes de materia prima y producto terminado.

6.2.2.1 Incremento demanda por línea

Se incrementaron las demandas de cada una de las líneas que conforman cada unidad estratégica de negocio de la empresa, obteniéndose la Tabla 16. Incremento demanda en líneas.

Tabla 16. Incremento demanda en líneas

UEN	LÍNEA	MEZCLA ACTUAL	VARIACIÓN	MEZCLA PROYECTADA
Materia Prima	Punto	6.50%	2.50%	4%
	Plano	36.90%	1.10%	38%
	No tejido	50.50%	2.50%	53%
Producto Terminado	Hogar	3.30%	0.3%	3%
	Vestuario	2.10%	1.6%	0.5%
	Calzado	0.70%	0.8%	1.5%

Fuente: Autores del proyecto

En el Anexo 42. Resultados obtenidos aumento demanda por líneas, se encuentran los resultados proporcionados por GAMS, los cuales corresponden a los costos variables, se puede observar que se sigue manteniendo lo dicho para el anterior escenario, es un poco más económico que la unidad estratégica de negocio materia prima, en cuanto a productos importados, entre por el puerto de Cartagena y que producto terminado lo haga por Buenaventura.

El aumento en la demanda, aun cuando se realizó por líneas de producto teniendo en cuenta la proyección de los gerentes comerciales de Comertex S.A., no muestra variación en cuanto a los lugares más opcionados para colocar allí un centro de distribución de la empresa, estos son los mismos que los dados por la situación actual y el cambio de puerto, teniendo en cuenta sólo el costo variable como elemento que determine la ubicación.

En la Tabla 17. Municipios ubicación óptima incremento demanda por líneas, muestra los resultados obtenidos en cuanto al costo variable y el(los) municipio(s) correspondientes a la mejor ubicación, variando el puerto de entrada, así como el número de centros de distribución a crear.

Tabla 17. Municipios ubicación óptima incremento demanda por líneas

UEN	N° CEDIs	CARTAGENA		BUENAVENTURA	
		Municipios	Costo variable	Municipios	Costo variable
MP	1	La Estrella	\$2737.358.903	La Estrella	\$2871.068.739
MP	2	Floridablanca La Estrella	\$2588.306.116	Floridablanca La Estrella	\$2746.107.289
PT	1	La Estrella	\$2405.938.406	Palmira	\$2372.312.870
PT	2	Malambo Tocancipá	\$2318.117.254	Tocancipá Palmira	\$2304.382.603

Fuente: Autores del proyecto

6.2.2.2 Disminución demanda por líneas

Se disminuyó el porcentaje de la mezcla actual respecto a la demanda de cada una de las líneas, dicha variación puede observarse en la Tabla 18. Disminución demanda en líneas.

Tabla 18. Disminución demanda en líneas

UEN	LÍNEA	MEZCLA ACTUAL	VARIACIÓN	MEZCLA ESPERADA
Materia Prima	Punto	6.50%	1.5%	5%
	Plano	36.90%	6.9%	30%
	No tejido	50.50%	5.5%	45%
Producto Terminado	Hogar	3.30%	12%	15.30%
	Vestuario	2.10%	1.90%	4%
	Calzado	0.70%	0%	0.70%

Fuente: Autores del proyecto

En el Anexo 43. Resultados obtenidos disminución demanda por líneas, se encuentran los resultados proporcionados por GAMS, los cuales corresponden a los costos variables para instalar una bodega en cualquier lugar de los siete opcionados, así como todas las combinaciones posibles para dos centros de distribución, se puede observar que se mantiene la conclusión dicha a lo largo de los escenarios, es más económico que los productos de materia prima lo hagan por el puerto de Cartagena y producto terminado por Buenaventura.

De nuevo, la disminución en la demanda, aun cuando se realizó por líneas de producto teniendo en cuenta la proyección de los gerentes comerciales de Comertex S.A., no muestra variación en cuanto a los lugares opcionados para colocar allí un centro de distribución de la empresa, estos son los mismos que los dados por la situación actual, el cambio de escenario y el incremento de la demanda de acuerdo a las líneas de producto, teniendo en cuenta sólo el costo variable como elemento que determine la ubicación.

En la Tabla 19. Municipios ubicación óptima disminución en la demanda por líneas, se muestran los resultados obtenidos en cuanto al costo variable y el(los) municipio(s) correspondientes a la mejor ubicación, variando el puerto de entrada, así como el número de centros de distribución a crear.

Tabla 19. Municipios ubicación óptima disminución en la demanda por líneas

UEN	N° CEDIs	CARTAGENA		BUENAVENTURA	
		Municipios	Costo variable	Municipios	Costo variable
MP	1	La Estrella	\$2268.531.423	La Estrella	\$2381.858.514
MP	2	Floridablanca La Estrella	\$2144.830.321	Floridablanca La Estrella	\$2278.438.319
PT	1	La Estrella	\$758.914.096	Palmira	\$746.235.864
PT	2	Malambo Tocancipá	\$730.200.543	Tocancipá Palmira	\$725.682.603

Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo con los resultados mostrados para la variación de la demanda por líneas de producto, se observa que incrementarla o disminuirla en porcentajes iguales a lo largo de todos los clústers de productos no cambia la respuesta respecto a las ciudades candidatas, es más conveniente determinar un crecimiento por línea en cada clúster de cliente para determinar que tanto afecta dicha proyección a los resultados del modelo. En este proyecto no se incluyó dicho análisis debido al detalle y al tiempo que implica la comparación de Comertex S.A. frente a la industria textil en Colombia, así como realizar estudios sobre el incremento de la demanda por regiones del país, de manera que permitan a la empresa plantear sus propias tasas de crecimiento en el largo plazo.

6.2.3 Variación del Impuesto de Industria y Comercio proyectado a 10 años bajo exenciones tributarias

Este escenario plantea tener en cuenta las exenciones del impuesto de Industria y Comercio, encontrados en los diferentes estatutos tributarios, así como acuerdos expedidos por el municipio respectivo, cabe aclarar que la proyección se realiza a 10 años debido a que ningún municipio en Colombia puede estipular exenciones a dicho impuesto por períodos mayores a una década. El valor del ICA proyectado a 10 años con exención, se calculó año a año con la misma base gravable asumiendo que esta no cambiaría con el tiempo; para aquella propuesta de un solo centro de distribución se tomó como el costo del ICA la suma de los 10 años, para dos centros de distribución se promedió año a año el valor de la exención y se sumaron los promedios para determinar un valor único para la combinación de municipios.

Los demás valores como el costo variable proporcionado por el software, los costos de instalación, servicios públicos y mano de obra, se proyectaron también a 10 años para facilitar su adición con el valor del ICA anteriormente nombrado. Además de esto, se mantuvo la variación de puerto y el número de CEDIs a crear como uno y dos (Ver Anexo 44. Resultados municipios proyectados a 10 años).

De acuerdo a los resultados observados en la Tabla 20. Municipios ubicación óptima proyectado a 10 años, se observa que el comportamiento para materia prima y producto terminado anteriormente descrito se mantiene, definiendo los puertos de entrada respectivos, adicional a esto se puede ver que los municipios con el mejor costo total son diferentes a los encontrados en escenario anteriores, esto se debe a que un municipio como La Estrella, que aparecía en la gran mayoría de respuestas, no se tiene en cuenta en este último análisis debido a que no cuenta con una exención de impuesto que la ayude a competir con los demás municipios que si la ofrecen.

Los municipios como Malambo, Piedecuesta y Candelaria ofrecen una exención del impuesto de industria y comercio del 100% durante 10 años y

Santa Rosa de Cabal, aunque ofrece un descuento del 100% los primeros 5 años, y los otros 5 años restantes sólo el 50% de descuento, presenta una combinación que junto con su costo de instalación la hace una opción económica y por ende se presenta como opción dentro de los municipios con costo óptimo.

Tabla 20. Municipios ubicación óptima proyectado a 10 años

UEN	N° CEDIs	CARTAGENA		BUENAVENTURA	
		Municipios	Costo variable	Municipios	Costo variable
MP	1	Malambo	\$35777.246.169	Piedecuesta	\$38268.741.328
MP	2	Malambo Santa Rosa de Cabal	\$36525.252.904	Piedecuesta Santa Rosa de Cabal	\$38042.263.753
PT	1	Santa Rosa de Cabal	\$14554.424.360	Candelaria	\$14330.640.847
PT	2	Malambo Santa Rosa de Cabal	\$15988.053.331	Candelaria Santa Rosa de Cabal	\$15847.451.189

Fuente: Autores del proyecto

7. PROMESA DE SERVICIO

El hecho de determinar el nivel de servicio esperado por los clientes se ha convertido, principalmente en los últimos años, en un aspecto determinante para la definición y mejoramiento de las operaciones logísticas involucradas a lo largo de la red de distribución, en la medida en que el diseño de ésta tiene un impacto directo sobre el servicio al cliente al igual que la manera como se encuentren integrados cada uno de los eslabones que la componen.

Si se opera bajo la premisa de saber que los consumidores son un punto vital para cualquier empresa y al mismo tiempo, son la razón de la existencia de los negocios, se logra entender la importancia de conocer a fondo sus necesidades, las cuales cada día se hacen más exigentes, con la finalidad de centralizar esfuerzos en garantizar tanto una promesa de servicio como un nivel de satisfacción.

Así, con el propósito de involucrar en el desarrollo de la propuesta de localización los aspectos nombrados anteriormente, se decidió realizar un análisis posterior al planteamiento del modelo matemático, del tiempo de respuesta que la empresa está entregando actualmente a sus clientes en comparación con el deseado por los mismos. Para esto, se utilizaron los resultados obtenidos de la aplicación de una encuesta realizada por la empresa a través de RADDAR³⁴ a una muestra de 305 clientes de Comertex S.A. de un total de 3.493, distribuidos a lo largo de los 13 segmentos definidos previamente en la empresa como resultado del proyecto de grado titulado “Mejoramiento del Sistema Logístico para aumento del nivel de servicio de Comertex S.A.”³⁵(Ver Tabla 21. Clientes encuestados por segmento), y se

³⁴ Grupo empresarial dedicado a la realización de estudios e investigaciones de mercado con el fin de aumentar el conocimiento y comprensión del entorno y el actuar de las personas frente a diferentes situaciones.

³⁵ SISSA GÓMEZ Claudia Johana, CADENA HERNÁNDEZ Julian Andrés. Mejoramiento del Sistema Logístico para aumento del nivel de servicio de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. 2010. 234p.

analizaron las preguntas de dicha encuesta que tuviesen una influencia significativa en el tiempo de respuesta.

Tabla 21. Clientes encuestados por segmento

Materia Prima	No. Encuestados	Producto Terminado	No. Encuestados
Mayoristas MP	8	Mayoristas PT	8
Minoristas MP	61		
Publicidad	3	Comercio al Detal	74
Industrial	28		
Confección Dotación	41		
Confección Quirúrgico	4	Grandes superficies	3
Confección Otros (Femenino, Masculino, Infantil y Ropa deportiva)	75		
Total encuestados = 305 clientes			

Fuente: Autores del proyecto

7.1 RESULTADOS ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Se hace importante resaltar que los clientes encuestados se encuentran ubicados en diferentes ciudades a lo largo del territorio nacional en los departamentos de Valle del Cauca, Antioquia, Cundinamarca, Atlántico, Quindío, Santander, Norte de Santander, Risaralda, Huila, Caldas, Caquetá, Boyacá, Casanare, Arauca, Bolívar, Magdalena, Tolima, Nariño, Meta, Córdoba y Cesar, la encuesta fue aplicada teniendo en cuenta que los CEDIs de la empresa están localizados actualmente en Girón, Bogotá y Pereira.

El análisis que se presenta a continuación, corresponde en primera instancia a los resultados obtenidos en las preguntas 8, 9 y 26 del cuestionario aplicado por RADDAR (Ver Anexo 45. Cuestionario encuesta de satisfacción) y posteriormente se muestra un resumen de la tabulación del tiempo que actualmente ofrece la empresa a sus clientes, así como el ideal o tiempo de respuesta esperado por los mismos.

Con la finalidad de hallar cuáles son los factores determinantes para los clientes de la relación con Comertex S.A, ya que muchas veces lo verdaderamente importante puede ser algún aspecto diferente al tiempo de respuesta de la compañía, se preguntó a los clientes qué tan satisfechos y que tan importante consideran los aspectos que se relacionan a continuación:

- Cumplimiento de la entrega en fecha y hora de los productos solicitados.
- Cantidades entregadas por Comertex S.A. versus las cantidades solicitadas de cada producto.
- Estado de los productos solicitados.
- Servicio post venta
- Facturación clara y acorde al producto recibido en términos de cantidad y precio.

Para este caso, se analizó en términos generales la opinión de los segmentos por unidad estratégica de negocio de la empresa (Materia Prima y Producto Terminado) y se observó que tanto para materia prima como para producto terminado el aspecto con menor ponderación corresponde al cumplimiento de la entrega en fecha y hora de los productos solicitados con porcentajes de satisfacción correspondientes al 85% y 75% respectivamente. Las gráficas se pueden ver en el Anexo 46. Satisfacción e importancia UEN.

Por otra parte, para finalizar el análisis correspondiente a las entregas de productos y el nivel de servicio asociado, se decidió tomar los datos que se tenían de la encuesta en la pregunta 26 del cuestionario en la cual se obligó al cliente a elegir un solo factor para cada uno de los pares que se relacionan a continuación:

- Rapidez de entrega vs. Entrega completa
- Precio vs. Facilidades de pago
- Portafolio de producto vs. Rapidez de entrega
- Rapidez de entrega vs. Precio
- Frecuencia de servicio vs. Facilidades de pago
- Calidad en la atención vs. Precio

- Diseño del producto vs. Calidad del producto
- Portafolio de producto vs. Precio
- Calidad del producto vs. Calidad en la atención

En el Anexo 47. Resumen de la comparación, se muestra la compilación de los datos y se establece para cada segmento de clientes cuáles son los tres factores principales que según el comprador debe ofrecerle un proveedor de textiles; de esta manera se obtienen las prioridades de los clientes con el fin de determinar si la rapidez de entrega es lo suficientemente prioritaria como para considerarla clave dentro de la generación de la propuesta de localización de Comertex S.A. En este orden de ideas, es válido afirmar que el precio, la calidad del producto y las entregas completas son primordiales para los clientes, lo que no pasa con la calidad en la atención, la frecuencia de servicio y el diseño del producto.

Dado que son cuatro los factores que la mayoría de los compradores de la empresa consideran significativos, en conjunto con la Gerencia de Logística se acordó cuáles serían las estrategias a llevar a cabo para trabajar sobre éstos aspectos y garantizar un mejor servicio a los clientes. Además, si se habla específicamente de la rapidez de entrega, claramente se puede concluir que no es un factor determinante para la mayoría de los clientes de Comertex S.A. ya que tan sólo prevalece en tres segmentos, es decir 180 clientes que corresponden únicamente al 5,15% del total de clientes de la empresa (Ver Anexo 48. Estrategias), por esta razón, se decidió que los tiempos de entrega no son determinantes en el establecimiento de la Red de Distribución, y que por el contrario debe trabajarse en garantizar a los consumidores entregas completas a un buen precio.

7.2 TIEMPOS DE RESPUESTA COMERTEX S.A.

De acuerdo a la información anterior se quiso comparar como se encontraban los tiempos de respuesta de la empresa de los diferentes segmentos de

clientes con los ideales de entrega para cada uno de ellos, los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 49. Tiempos de respuesta actuales e ideales, en ella se puede observar que no se están atendiendo los requerimientos de fechas en que los clientes desean recibir la mercancía, sólo el segmento de Confección Ropa Deportiva se encuentra totalmente satisfecho, siguiéndole a este el de Confección Masculino y el Quirúrgico.

Para mayor visualización de los resultados obtenidos respecto a los tiempos de respuesta actuales e ideales, dirigirse al Anexo 50. Resultados encuesta por segmentos.

En resumen, se puede concluir que al comparar los resultados obtenidos de los tiempos de entrega actuales versus los tiempos de respuesta ideal de cada segmento de clientes, y determinar lo que se podría llamar el nivel de cumplimiento bajo una escala de 5 niveles que en orden ascendente corresponde a nulo, bajo, medio, alto y superior, se estableció que la empresa debe prestar especial atención a los tiempos de entrega para los segmentos cuyo nivel es bajo o medio (Tabla 22. Nivel de cumplimiento), y mantener o inclusive superar el nivel alto con la finalidad de generar confianza y satisfacción al eslabón más importante de la cadena de suministro, los clientes.

Tabla 22. Nivel de cumplimiento

SEGMENTO	NIVEL DE CUMPLIMIENTO
COMERCIO MINORISTA MP	MEDIO
COMERCIO MAYORISTA MP	MEDIO
PUBLICIDAD	BAJO
CONFECCION DOTACIONES	ALTO
CONFECCION FEMENINO	ALTO
CONFECCION MASCULINO	MEDIO
CONFECCION ROPA DEPORTIVA	SUPERIOR
CONFECCION INFANTIL	ALTO
CONFECCION QUIRÚRGICO	ALTO
MAYORISTA PT	BAJO
COMERCIO AL DETAL	BAJO
GRANDES SUPERFICIES	BAJO

Fuente. Autores del proyecto

8. PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN PARA COMERTEX S.A.

Finalmente, una vez se diseñó, formuló y se obtuvo la solución para el modelo matemático planteado, así como se analizó la variación de los resultados a lo largo de las modificaciones realizadas a las variables y datos de entrada, se procede a generar la propuesta de localización que se ajusta a las condiciones bajo las cuales opera Comertex S.A. así como a las sugerencias realizadas por la empresa.

Dada la importancia que tiene una decisión de este tipo al interior de cualquier organización, debido a la inversión que ésta implica, a lo largo de la realización del proyecto en la empresa se contó con el apoyo de la Coordinación de Logística, con quienes se realizaron diferentes reuniones en las cuales se discutió acerca de los resultados obtenidos y se llevaron a cabo las modificaciones pertinentes con la finalidad de generar una respuesta más completa y con un mayor grado de precisión en los datos. Dichas reuniones permitieron conocer los intereses de las directivas de la empresa, y se concluyó que debido al menor costo que siempre señaló la solución para cuando se instala un solo centro de distribución, la orientación de la propuesta debía apuntar hacia dicho fin.

Además, debido a la importancia que manifestó la empresa en estimar el costo a pagar por Impuesto de Industria y Comercio, se plantean a continuación dos propuestas: la primera corresponde al caso en que ninguno de los municipios candidatos contemple exenciones tributarias y la segunda obedece al resultado teniendo en cuenta las exenciones encontradas en los estatutos tributarios. La finalidad es evitar cometer el error de generar una propuesta basada en acuerdos municipales que pueden variar con el tiempo en cuanto a los plazos ofrecidos para las exenciones, así como el valor de los descuentos otorgados.

No obstante, al analizar las respuestas obtenidas al variar el puerto por el cual ingresa la mercancía proveniente de Medio Oriente, se concluyó que el costo

total para cada Unidad Estratégica de Negocio se hace menor en un puerto determinado. Cuando se habla de las materias primas, la mejor opción corresponde al puerto de Cartagena y por su parte, producto terminado disminuye su costo total cuando el puerto seleccionado es Buenaventura.

Debido a la situación que se acaba de plantear, se decidió realizar la propuesta bajo dichos parámetros tal y como se muestra a continuación.

8.1 PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN SIN EXENCIONES TRIBUTARIAS

8.1.1. Materia Prima

Se tomó como referencia los cinco menores costos totales obtenidos en los resultados partiendo de la conclusión a la cual se llegó en el capítulo 6, que para las materias primas es menor el costo si los productos importados provenientes de Oriente ingresan al territorio nacional por el puerto de Cartagena; dichos costos se pueden observar en la Tabla 23. Menores costos totales MP puerto Cartagena.

Tabla 23. Menores costos totales MP puerto Cartagena

MUNICIPIO(S)	COSTO TOTAL
La Estrella	\$ 3.835.250.087
Malambo	\$ 3.883.142.988
Malambo - Santa Rosa de Cabal	\$ 3.905.449.879
Floridablanca - Santa Rosa de Cabal	\$ 3.923.957.759
Floridablanca	\$ 3.928.673.249

Fuente. Autores del proyecto

De esta manera, para el problema de localización de materias primas cuando no se contemplan exenciones tributarias, la solución propone abrir un único centro de distribución en el municipio de La Estrella, Antioquia debido a que

éste presenta la mejor combinación entre el costo de instalación, servicios públicos, mano de obra, y el ICA gravado.

Además, respecto a los demás factores que se encuentran involucrados en la red de distribución se obtiene lo siguiente:

- Proveedores: todos los 25 proveedores de materias primas se encargarán del aprovisionamiento del CEDI.
- Clientes: el CEDI atenderá todos los clústers de clientes en los cuales existe demanda de materias primas, correspondientes a 38 de los 46 definidos para el desarrollo del proyecto. Los municipios en los cuales no hay demanda de este tipo de productos son los que se muestran en la Tabla 24. Municipios que no demandan materias primas; sin embargo es válido aclarar que existe la posibilidad de que en alguno de dichos lugares pueden llegar a resultar nuevos clientes.
- Productos: los grupos de productos que se despacharán del centro de distribución corresponden a los comprendidos entre el 1 y el 97, para un total de 339 referencias. Para un mayor detalle de esta información, ver Anexo 16. Grupos de producto y peso por línea, del capítulo 5, numeral 5.4.
- Capacidad: por tratarse de un único CEDI de materias primas, la capacidad estimada para albergar los productos será de 4.000 metros cuadrados. Esta capacidad comprende tanto el área de almacenamiento como las áreas de servicio necesarias para el correcto funcionamiento del lugar.

Tabla 24. Municipios que no demandan materias primas

MUNICIPIOS	CLÚSTER CLIENTES
ANDES	Clúster AG
APARTADÓ	
CAREPA	
CAUCASIA	
CHIGORODÓ	
PUERTO BERRÍO	
YARUMAL	
MAGANGUÉ	Clúster AH
PUERTO BOYACÁ	Clúster AI
FLORENCIA	Clúster AJ
PIENDAMÓ	Clúster AK
FLORIDA	Clúster AL
PUERTO TEJADA	
SANTANDER DE QUILICHAO	
QUIBDÓ	Clúster AM
CHINÚ	Clúster AN
ACACÍAS	Clúster AO
GRANADA	
GUAMAL	
TUMACO	Clúster AP
PAMPLONA	Clúster AQ
LEBRIJA	Clúster AR
HONDA	Clúster AS

Fuente. Autores del proyecto

8.1.2. Producto Terminado

Al considerar los menores costos totales para este escenario en el cual, los productos de PT cuyo proveedor tiene origen China y Hong Kong, ingresan al país por el puerto de Buenaventura, debido al menor costo que éste representa, se obtienen las combinaciones que se muestran en la Tabla 25. Menores costos totales PT puerto Buenaventura.

Al igual que para materia prima, el municipio en el cual debería ubicarse el CEDI a partir del análisis de costos realizado por el modelo matemático, corresponde a La Estrella, Antioquia, por tener un costo de instalación menor

que las demás opciones que se muestran en la siguiente tabla, ya que dicho costo de instalar un centro de distribución siempre será menor que si se habla de dos, dado el incremento por la mano de obra adicional, el espacio a arrendar y el consumo de servicios públicos.

Tabla 25. Menores costos totales PT puerto Buenaventura

MUNICIPIO(S)	COSTO TOTAL
La Estrella	\$ 1.475.727.135
Santa Rosa de Cabal	\$ 1.514.271.890
Palmira	\$ 1.536.964.078
Floridablanca	\$ 1.554.795.187
Tocancipá	\$ 1.562.663.407

Fuente. Autores del proyecto

Para los componentes de la cadena de suministro, en este escenario se tiene:

- Proveedores: el abastecimiento estará dado por los 10 proveedores, tanto nacionales como internacionales de producto terminado.
- Clientes: los clientes atendidos serán la totalidad de los clústers definidos, a excepción del clúster AF que involucra los municipios de La Unión, Roldanillo y Zarzal, del departamento del Valle del Cauca.
- Productos: este CEDI distribuirá 1.597 referencias agrupadas en 23 grupos de productos especificados en el capítulo 5, numeral 5.4.
- Capacidad: la capacidad estimada obedece a 2.000 metros cuadrados que incluyen áreas de almacenamiento y servicio.

8.2. PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN CON EXENCIONES TRIBUTARIAS

En esta propuesta se contemplan las exenciones tributarias encontradas para cada uno de los municipios, de manera que se pudiera ver su incidencia en la ubicación de los centros de distribución de la empresa. Las propuestas generadas para materia prima y producto terminado se presentan a continuación.

8.2.1 Materia Prima

De acuerdo a la conclusión llegada para la unidad estratégica de negocio materia prima, se mantiene que los productos importados provenientes de Oriente, entran por el puerto de Cartagena, con esto, en la Tabla 26. Menores costos totales materia prima, se ordenaron los cinco primeros resultados sin importar si estos corresponden a un solo centro de distribución o a dos.

Tabla 26. Menores costos totales materia prima

MUNICIPIO(S)	COSTO TOTAL (10 años)
Malambo	\$ 35.777.246.169
Piedecuesta	\$ 36.280.548.783
Malambo - Santa Rosa de Cabal	\$ 36.525.252.904
Piedecuesta - Santa Rosa de Cabal	\$ 36.744.291.709
Malambo - Piedecuesta	\$ 36.826.626.648

Fuente. Autores del proyecto

De esta manera, para el problema de localización de materias primas cuando se contemplan exenciones tributarias, la solución propone abrir un único centro de distribución en el municipio de Malambo, Atlántico debido a que éste, aún cuando su costo de instalación no es el mejor de todos los presentados, la cercanía al puerto de Cartagena implica una reducción en los costos primarios de transporte, además la exención del ICA del 100%, la convierten en la opción número uno.

Respecto a los demás factores que se encuentran involucrados en la red de distribución se obtiene lo siguiente:

- Proveedores: todos los 25 proveedores de materias primas se encargarán del aprovisionamiento del CEDI.
- Clientes: el CEDI atenderá todos los clústers de clientes en los cuales existe demanda de materias primas, correspondientes a 38 de los 46 definidos para el desarrollo del proyecto. Los municipios en los cuales no hay demanda de este tipo de productos son los que se muestran en la Tabla 24. Municipios que no demandan materias primas, mostrada en la propuesta de localización para materia prima sin exención del ICA, aclarando también que existe la posibilidad de que en alguno de dichos lugares pueden llegar a resultar nuevos clientes.
- Productos: los grupos de productos que se despacharán del centro de distribución corresponden a los comprendidos entre el 1 y el 97, para un total de 339 referencias. Para un mayor detalle de esta información, ver Anexo 16. Grupos de producto y peso por línea del capítulo 5, numeral 5.4.
- Capacidad: por tratarse de un único CEDI de materias primas, la capacidad estimada para albergar los productos será de 4.000 metros cuadrados. Esta capacidad comprende tanto el área de almacenamiento como las áreas de servicio necesarias para el correcto funcionamiento del lugar.

8.2.1 Producto Terminado

Teniendo en cuenta la entrada de los productos terminados importados por el puerto de Buenaventura se obtuvieron las cinco mejores ubicaciones respecto al costo total proyectado a 10 años, las cuales se muestran en la Tabla 27. Menores costos totales producto terminado.

El municipio en el cual debería ubicarse el CEDI a partir del análisis de costos totales realizado, corresponde a Candelaria, Valle del Cauca, ya que se nota la incidencia de la exención del 100% del ICA durante 10 años, aún cuando su valor del metro cuadrado comercial en arriendo sea uno de los más costosos. Los ahorros generados al largo plazo por no desembolsar dinero para el pago del impuesto de industria y comercio, sopesan los demás costos.

Tabla 27. Menores costos totales producto terminado

MUNICIPIO(S)	COSTO TOTAL (10 años)
Candelaria	\$ 14.330.640.847
Santa Rosa de Cabal	\$ 14.735.093.926
La Estrella	\$ 14.757.271.353
Piedecuesta	\$ 14.950.809.054
Funza	\$ 15.273.705.517

Fuente. Autores del proyecto

Para los componentes de la cadena de suministro, en este escenario se tiene:

- Proveedores: el abastecimiento estará dado por los 10 proveedores, tanto nacionales como internacionales de producto terminado.
- Clientes: los clientes atendidos serán la totalidad de los clústers definidos, a excepción del clúster AF que involucra los municipios de La Unión, Roldanillo y Zarzal, del departamento del Valle del Cauca.
- Productos: este CEDI distribuirá 1.597 referencias agrupadas en 23 grupos de productos especificados en el capítulo 5, numeral 5.4.
- Capacidad: la capacidad estimada obedece a 2.000 metros cuadrados que incluyen áreas de almacenamiento y servicio.

Finalmente, se hace importante aclarar que el presente proyecto de grado ha mostrado una propuesta de localización que obedece al análisis únicamente de factores cuantitativos, que deberá ser complementada por el Comité Gerencial de la empresa, quiénes a través de la planeación estratégica de la empresa, las proyecciones de ventas, la concepción del negocio, la historia de la empresa, factores cualitativos y cuantitativos propios de la industria textilera, tomarán la decisión más conveniente para la organización en pro de su crecimiento y el bienestar de sus empleados. Por tanto, la propuesta que se acaba de presentar queda sujeta a cualquier tipo de modificación que Comertex S.A. considere pertinente realizar.

CONCLUSIONES

Gracias al modelo matemático diseñado, se observó que los costos variables, en especial el costo de transporte, disminuye cuando el número de centros de distribución se incrementa; esto sucede debido a que el ideal bajo el modelo de localización es ubicar tantos CEDIs como la demanda lo justifique, garantizando cercanía de la empresa a los clientes y por consiguiente menores tarifas.

Si se tiene en cuenta únicamente el costo variable, ciudades como Bucaramanga, Medellín, Pereira y sus Áreas Metropolitanas presentan las menores tarifas de transporte secundario y aparecen como las más opcionadas para la ubicación del CEDI, aún cuando Bogotá reúne la mayor demanda y presenta un mayor descuento en sus tarifas.

Los costos fijos en un problema de localización se convierten en un punto de especial atención, debido a que éstos pueden llegar a cambiar la ubicación que se obtiene de considerar únicamente los costos de transporte. Su importancia radica en que cualquier disminución o ahorro en estos costos, compensan los elevados rubros por traslado de mercancías.

GAMS como un compilado de solvers facilita la solución de gran variedad de problemas así como el desarrollo de prototipos, y su lenguaje algebraico de modelado dada su practicidad y similitud con la formulación matemática tradicional, permite a los usuarios la comprensión de los algoritmos siempre y cuando exista un conocimiento previo de programación lineal.

Al realizar el análisis de sensibilidad con la variación de la demanda por líneas de productos, no hubo cambios en los municipios de la solución óptima de cada escenario en cuanto a costos variables, ya que el

incremento de la demanda se realizó de manera general para las líneas sin tener en cuenta la ubicación específica de los clientes. La manera más adecuada de realizar este tipo de análisis es variar los datos por clúster de clientes según las tendencias del sector en el que se desempeña la empresa, siempre y cuando se cuente con dicha información y provenga de fuentes confiables que no distorsionen la calidad del modelo.

Gracias a la encuesta realizada a una muestra de los clientes de Comertex S.A. que se analizó para el desarrollo del presente proyecto, se concluye que la rapidez de entrega no se convierte en un factor determinante, mientras que las entregas completas y el precio sí lo hacen. Esto, junto con el hecho de que el transporte en la empresa es un servicio tercerizado, permitió la omisión de la variable del tiempo de respuesta dentro del modelo por lo cual éste se planteó únicamente en términos de costo.

Debido a la ausencia de una política de inventarios completa en la empresa que defina la rotación para cada producto, no fue posible obtener un dato exacto de capacidad, por lo cual se recurrió a la experiencia de los Coordinadores de los Centros de Distribución y junto con la proporción actual del espacio total ocupado para materias primas y producto terminado en los tres CEDIs, se estimaron los datos utilizados para el desarrollo del modelo.

La confiabilidad de los resultados del modelo matemático, depende de la precisión de los datos de entrada del mismo, por lo tanto, cuanto más se ajuste la información a la realidad de la empresa, más exacta será la propuesta.

De la combinación entre los costos variables, fijos e ICA, resulta importante resaltar que este último juega un papel representativo, ya que si un

municipio presenta elevados costos fijos y variables pero una exención considerable de Impuesto de Industria y Comercio, tiene una alta probabilidad de convertirse en lugar para la localización de los CEDIs.

La propuesta de localización para los centros de distribución de Comertex S.A. contempla la existencia de un único CEDI para despachar los pedidos a los clientes y hace evidente que el modelo diseñado en el presente proyecto garantiza, en caso de tener dos o más CEDIs, que cada cliente sea atendido desde un solo origen. Esta restricción permite un mayor control de la operación así como una mayor organización, pero castiga en cierto modo la función objetivo.

La mejor ubicación para un centro de distribución es aquella en donde se obtengan mínimos costos de transporte, operación, instalación e ICA, con la finalidad de conducir a la empresa hacia una maximización de beneficios.

A través del estudio de localización realizado en Comertex S.A. se evaluaron las posibles ubicaciones de los CEDIs, teniendo en cuenta los parámetros, criterios y objetivos que busca la empresa acorde a la planeación estratégica de la misma.

De las 7.063 referencias activas y comercializadas por Comertex S.A, solo 1.935 representan el 90% de las ventas en cantidades, las cuales se reunieron en 120 agrupaciones de productos; 97 para materia prima y las 23 restantes para producto terminado.

La realización de este tipo de proyectos que relacionan el ámbito académico con el empresarial, proporcionan beneficios mutuos; para el estudiante en el curso de su aprendizaje continuo y para la empresa como un insumo en su proceso de toma de decisiones que incrementan la eficiencia de sus operaciones.

RECOMENDACIONES

Para conocer la sensibilidad del modelo frente a los cambios en la demanda, se sugiere a la empresa realizar investigaciones sobre el crecimiento del sector textil en Colombia, determinar los porcentajes de demanda del país por cada una de las líneas, de manera que puedan contar con un punto de comparación y proyectar una tasa de crecimiento de las ventas de Comertex S.A. por cada clúster de clientes.

Para determinar la capacidad proyectada más exacta, es necesario que la empresa cuente con datos de rotación de inventarios así como con una política de los mismos, que permita determinar el espacio necesario para almacenar los productos de la organización.

De acuerdo a los diferentes estatutos tributarios de los municipios de Colombia, es importante que Comertex S.A. se mantenga informada de las modificaciones y nuevos decretos que se expidan, en búsqueda de nuevas exenciones del impuesto de industria y comercio, así como ampliación del tiempo durante el cual es otorgada.

Con el fin de tener en cuenta todo tipo de aspectos respecto al entorno en el que se ha desenvuelto la empresa, así como la historia de ésta a lo largo de los años, se debe buscar la manera de cuantificar aquellos factores de tipo cualitativo que Comertex S.A. cree conveniente para determinar la localización de sus centros de distribución.

Es importante que el problema de localización para la empresa sea abordado no por medio de métodos exactos, sino por medio de métodos heurísticos y metaheurísticos que tomen el problema tal y como se presenta en la realidad, sin reducciones y acotamiento de los datos de entrada que son insumos para darle solución al mismo.

Se hace necesario que la codificación de los productos sea unificada, organizada, clara y transmitida a todo el personal de la organización, a manera de facilitar los posteriores proyectos que impliquen estudios sobre la base de productos de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Arriendo bodegas comerciales. [publicación en línea]. Disponible en internet <metrocuadrado.com> [con acceso el 3 de Octubre de 2011]

BROOKE, Anthony; KENDRICK, David; MEERAUS, Alexander y RAMAN, Ramesh. GAMS, A User's Guide. GAMS Development Corporation, 2010. Disponible en: <http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/GAMSUsersGuide.pdf>. (Citado el 18 de Agosto de 2011).

BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la Cadena de Suministro. 5ª Edición. Editoria Pearson, 204. P. 176-180.

Bodegas en arriendo. [publicación en línea]. Disponible en <duquegiraldo.com> [con acceso el 6 de octubre de 2011]

CASTILLO, Enrique; CONEJO, Antonio; PEDREGAL, Pablo; GARCÍA, Ricardo Y ALGUACIL, Natalia. Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia, 2002. Disponible en internet: http://www.investigacionoperaciones.com/ARCHIVOS_LIBRO/LibroCompleto.pdf (Citado el 20 de Agosto de 2011).

CARRIZOSA, Emilio. Algunas aportaciones de la investigación operativa a los problemas de localización. En: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. Nº 5, p. 278-282.

CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J. y JACOBS, F. Robert. Administración de Producción y Operaciones, Manufactura y Servicios. Octava Edición. Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A., 2000.

Compra, venta y arriendo de bodegas. [Publicación en línea]. Disponible en <colombiainmobiliaria.com> [con acceso el 3 de octubre de 2011]

Estatuto tributario Barranquilla. [Publicación en línea] Disponible en <<http://www.barranquilla.gov.co/>> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Bogotá. [Publicación en línea] Disponible en <www.bogota.gov.co/> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Bucaramanga. [Publicación en línea] Disponible en <<http://www.bucaramanga.gov.co/>> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Cali. [Publicación en línea] Disponible en <www.cali.gov.co/> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Cúcuta. [Publicación en línea] Disponible en <cucuta-nortedesantander.gov.co/> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Medellín. [Publicación en línea] Disponible en <www.medellin.gov.co/> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

Estatuto tributario Pereira. [Publicación en línea] Disponible en <www.pereira.gov.co/> [con acceso el 7 de noviembre de 2011].

ESTRADA, María. Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería. Madrid: Cosmo, 2007. p. 170.

Finca Raíz. [Publicación en línea]. Disponible en <zonaprop.com> [con acceso el 4 de octubre de 2011]

GÓMEZ Margarita, PINZÓN Carolina, RUÍZ Dayana, SAAIBI Silvia. Mejoramiento de los procesos logísticos de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2011. 120p.

HILLIER, Frederick S. y LIEBERMAN, Gerald J. Investigación de Operaciones. Séptima Edición. México, D.F. Mc Graw-Hill, 2002.

HINCAPIÉ, Carlos. Sistemas de producción integrados; Capítulo 1: Introducción a la programación lineal. [Diapositivas]. España. Universidad de Sevilla, 2010.

Inmuebles para la venta y arriendo. [Publicación en línea]. Disponible en <propiedades.vivavisos.com> [con acceso el 5 de octubre de 2011]

LAHOZ David. Programación Lineal Entera. En: Ingeniería y Diseño. Universidad Pontificia Javeriana. 2010, Julio –Diciembre. Número 28. p. 15-32.

Logística y Gestión en La Cadena de Suministros. Washington D.C., Estados Unidos. 2001. 189p. ISBN 9275323755.

MARTÍNEZ, Luis. Redes de distribución logística. Disponible en: italogistica.blogspot.es/img/UNIDAD6.doc. (Citado el 14 de Noviembre de 2011).

Metro cuadrado bodegas. [Publicación en línea]. Disponible en <fincaraiz.com> [con acceso el 5 de octubre de 2011]

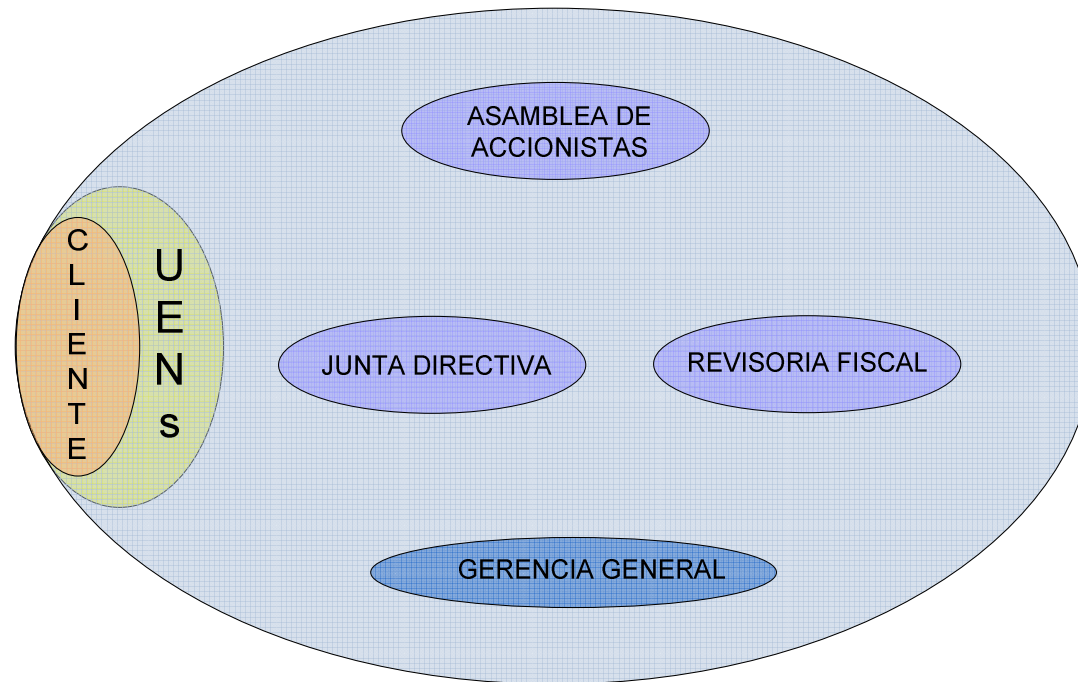
QUIROGA CÁRDENAS, Margarita Rosa. Diseño e Implementación de una Política de Servicio Diferenciada en Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2001.

SISSA GÓMEZ Claudia Johana, CADENA HERNÁNDEZ Julian Andrés. Mejoramiento del Sistema Logístico para aumento del nivel de servicio de Comertex S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. 2010. 234p.

ANEXOS

ANEXO 1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL COMERTEX S.A.

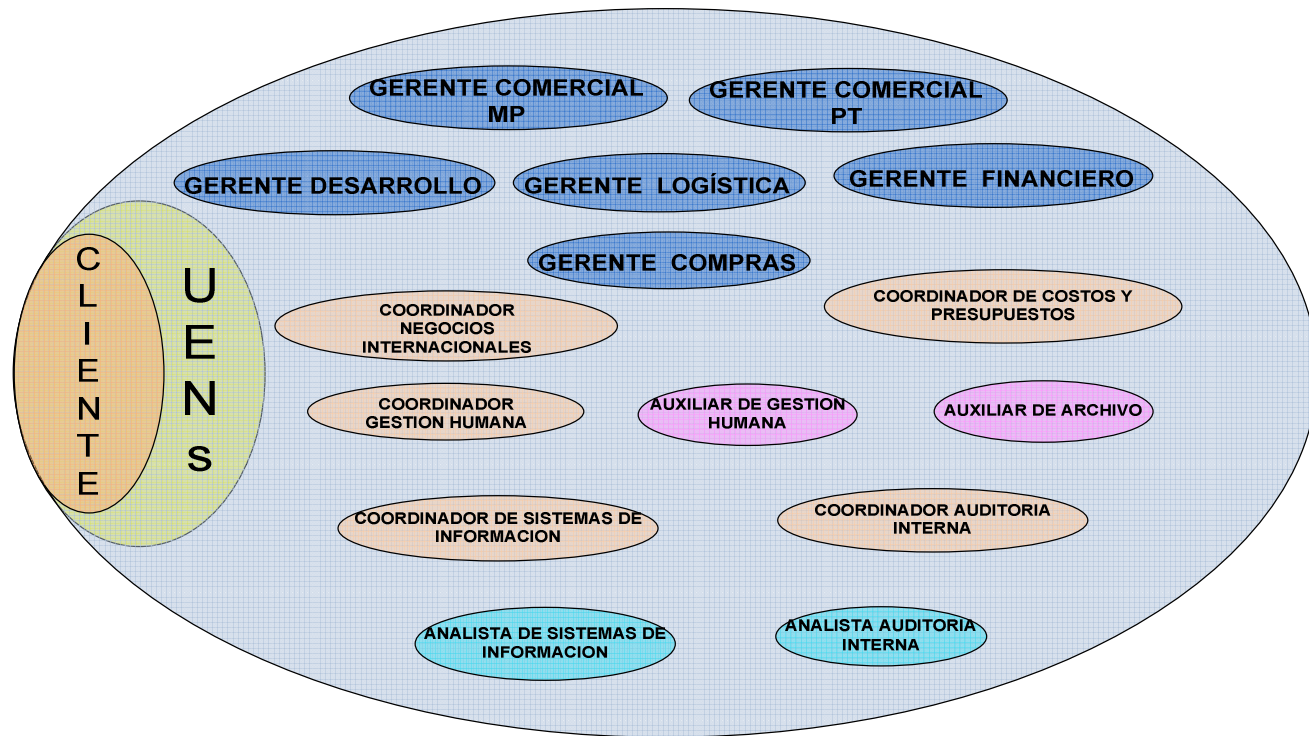
Figura 12. Estructura general Comertex S.A.
COMERTEX S. A.



Fuente. Comertex S.A.

Figura 13. Estructura Gerencia General Comertex S.A.

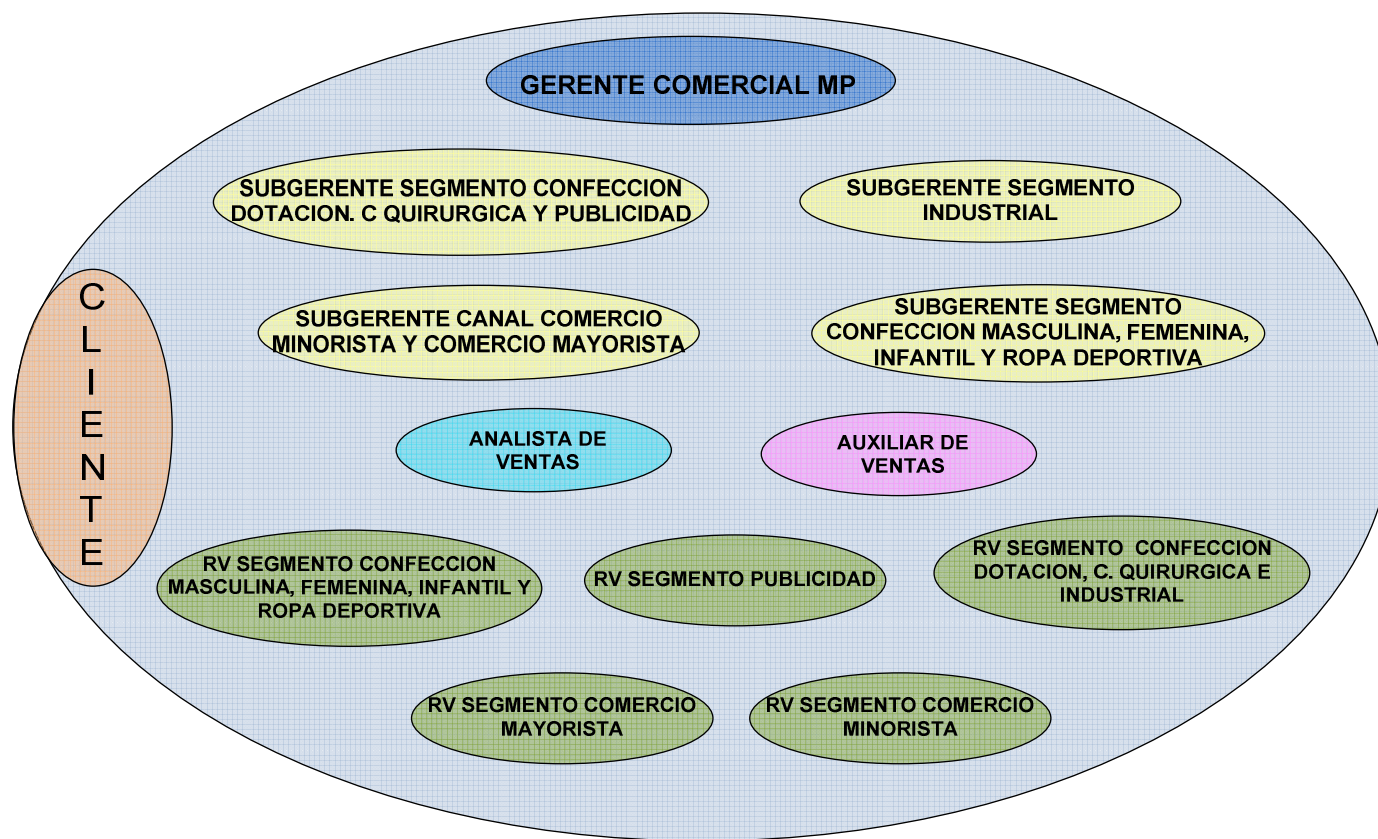
GERENCIA GENERAL



Fuente. Comertex S.A.

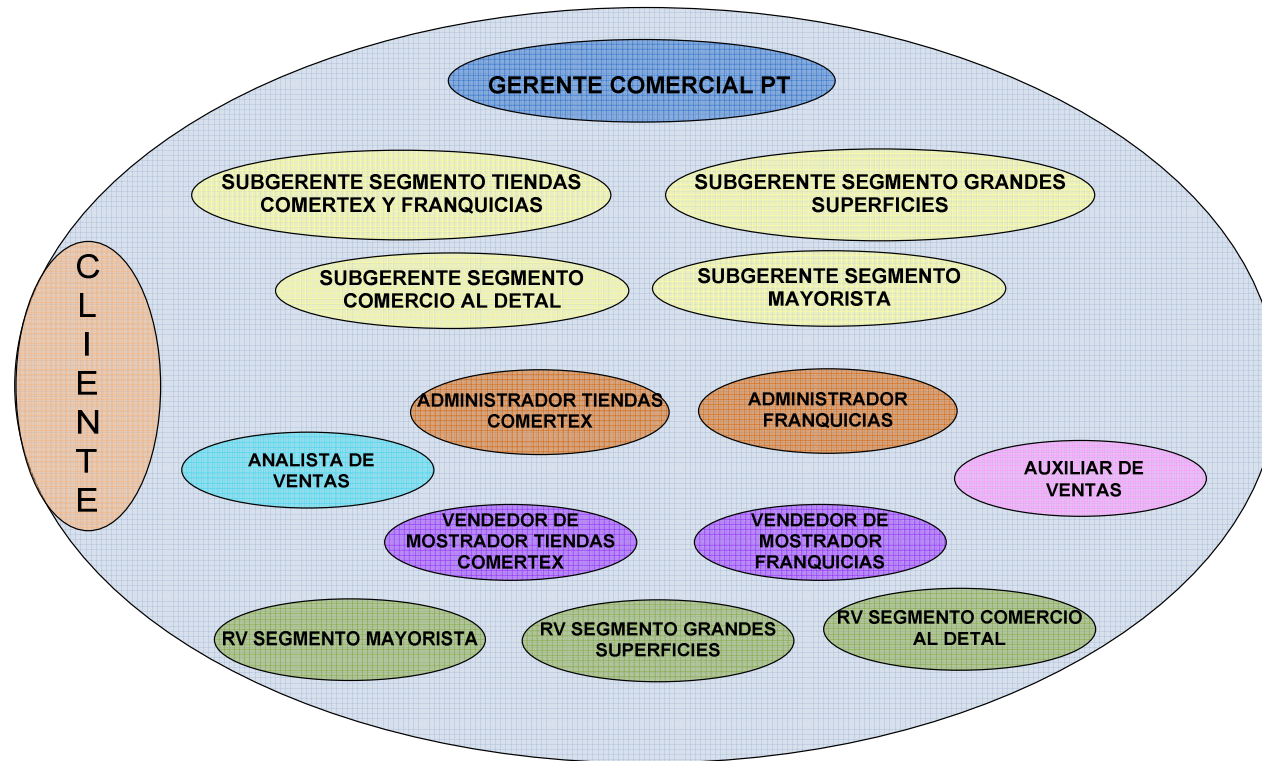
Figura 14. Estructura Gerencia Comercial MP Comertex S.A.

GERENCIA COMERCIAL MP



Fuente. Comertex S.A.

Figura 15. Estructura Gerencia Comercial PT
GERENCIA COMERCIAL PT

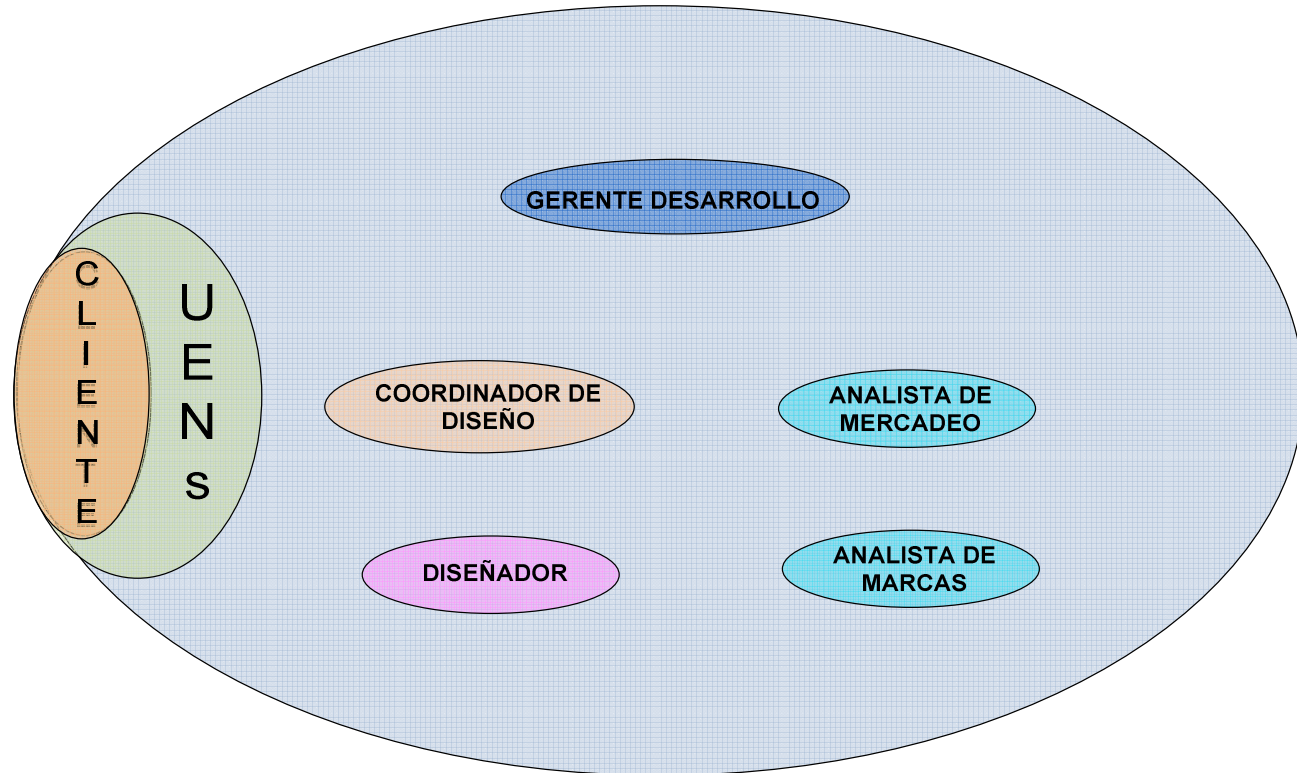


RV: REPRESENTANTE DE VENTAS

Fuente. Comertex S.A.

Figura 16. Estructura Gerencia de Desarrollo Comertex S.A.

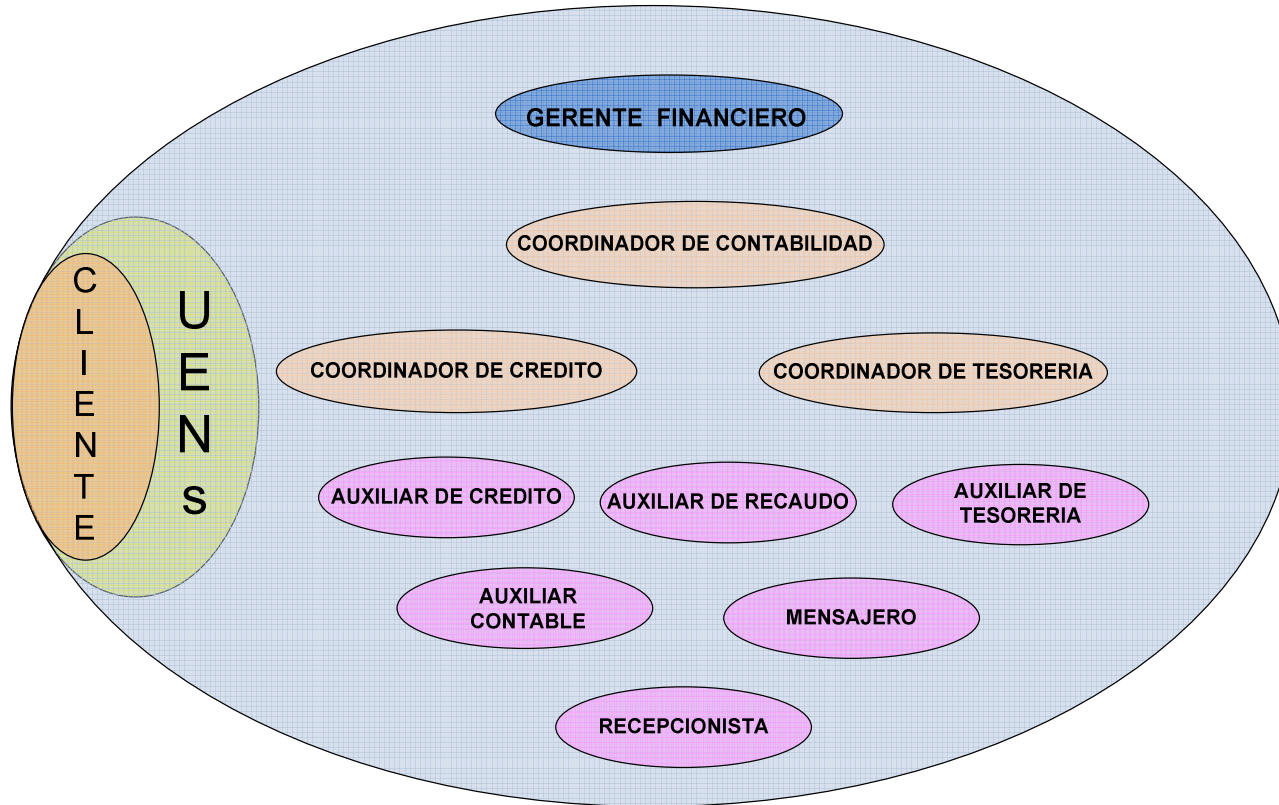
GERENCIA DE DESARROLLO



Fuente. Comertex S.A.

Figura 17. Estructura Gerencia Financiera Comertex S.A.

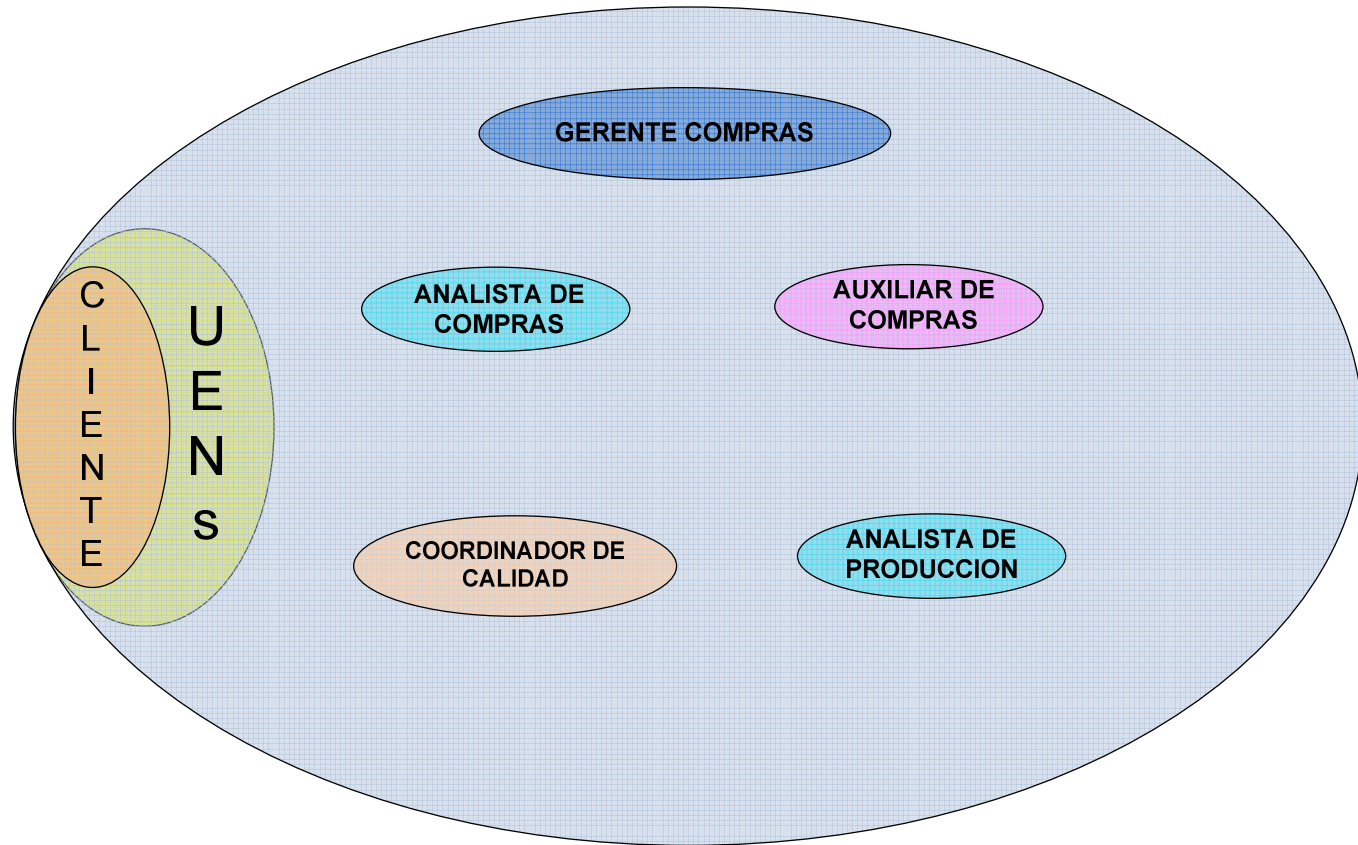
GERENCIA FINANCIERA



Fuente. Comertex S.A.

Figura 18. Estructura Gerencia de Compras Comertex S.A.

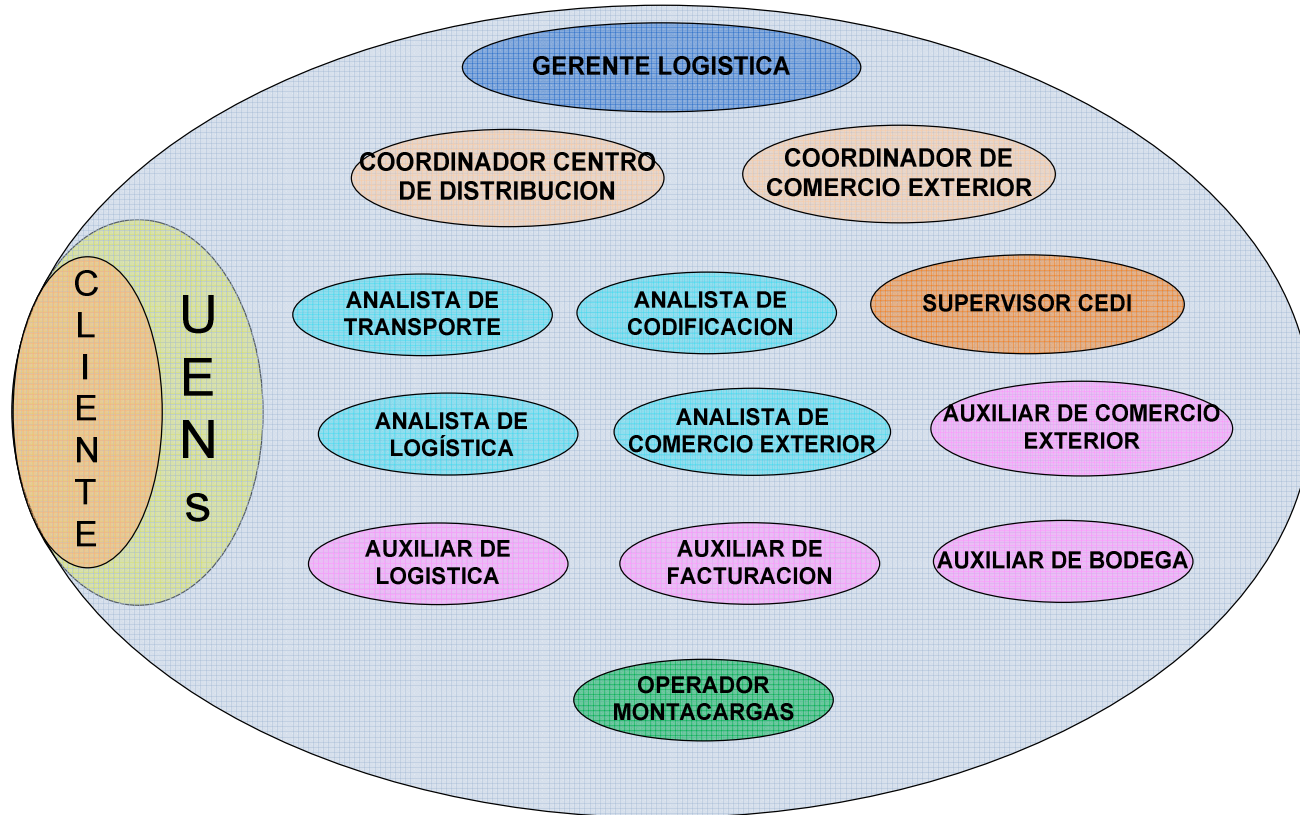
GERENCIA COMPRAS



Fuente. Comertex S.A.

Figura 19. Estructura Gerencia Logística S.A.

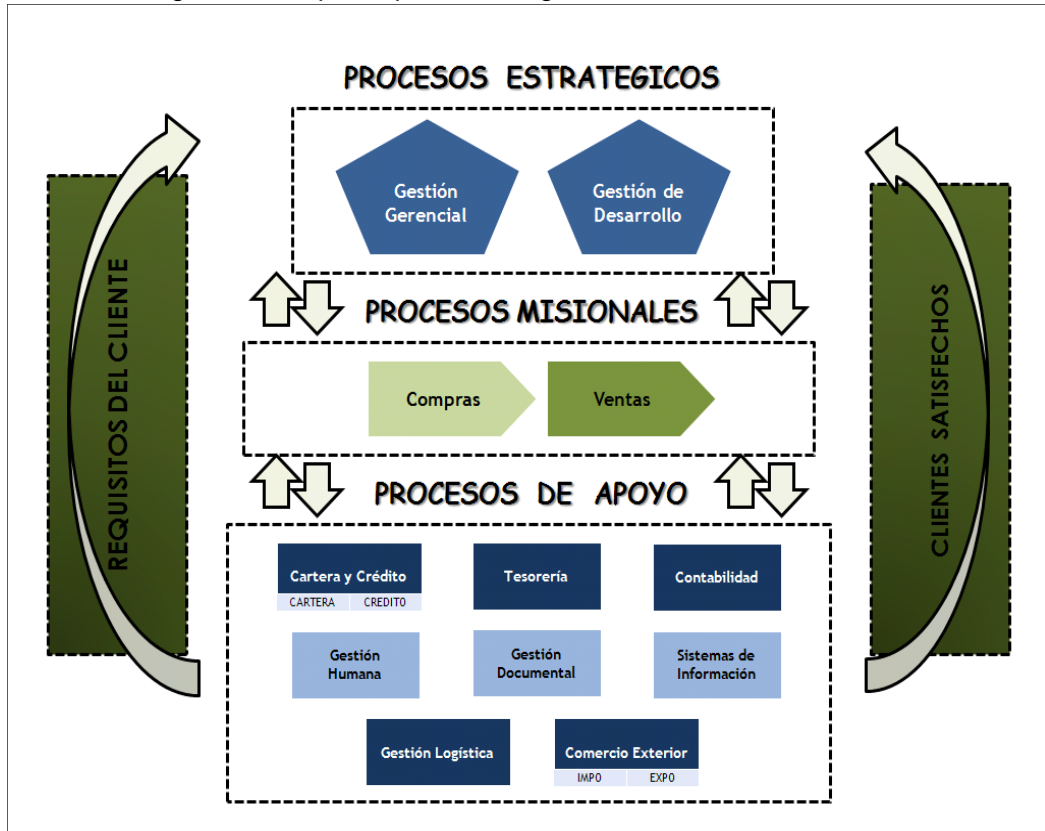
GERENCIA LOGÍSTICA



Fuente. Comertex S.A.

ANEXO 2. PROCESOS ORGANIZACIONALES COMERTEX S.A.

Figura 20. Mapa de procesos organizacionales Comertex S.A.



Fuente: Comertex S.A.

ANEXO 3. MUNICIPIOS CLIENTES COMERTEX S.A.

Tabla 28. Municipios clientes Comertex S.A.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Amazonas	Leticia
Antioquia	Apartadó
	Bello
	Caldas
	Carepa
	Chigorodó
	El Santuario
	Envigado
	Girardota
	Itaguí
	La Ceja
	La Estrella
	Marinilla
	Medellín
	Rionegro
	Puerto Berrío
	Sabaneta
	Turbo
Yarumal	
Arauca	Arauca
	Saravena
Atlántico	Baranoa
	Barranquilla
	Malambo
	Sabanalarga
	Soledad
Bolívar	Cartagena
	Magangué
	Turbaco
Boyacá	Chiquinquirá
	Duitama
	Paipa
	Puerto Boyacá
	Sogamoso
	Tunja
Caldas	Anserma
	Arauca
	Belalcázar

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Caldas	Chinchiná
	La Dorada
	Manizales
	Pensilvania
	Río Sucio
	Villa María
	Viterbo
Caquetá	Cartagena del Chairá
	El Doncello
	Florencia
	Puerto Rico
	San Vicente del Caguán
Casanare	Orocué
	Yopal
Cauca	Piendamó
	Popayán
	Puerto Tejada
	Santander de Quilichao
Cesar	Aguachica
	Curumaní
	San Alberto
	Valledupar
Chocó	Quibdó
Córdoba	Cereté
	Chinú
	Lorica
	Montería
Cundinamarca	Bogotá
	Cajicá
	Chía
	Cota
	Facatativá
	Funza
	Fusagasugá
	Girardot
	La Calera
	Madrid
	Mosquera
	Sibaté

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Cundinamarca	Soacha
	Tenjo
	Tocaima
	Ubaté
	Villeta
	Zipaquirá
Guajira	Maicao
	Riohacha
Huila	Campoalegre
	Garzón
	La Plata
	Neiva
	Pitalito
	Rivera
	San José de Isnos
	Tello
Magdalena	El Banco
	Fundación
	Santa Marta
Meta	Acacías
	Granada
	Guamal
	Villavicencio
Nariño	Ipiales
	Pasto
	Tumaco
Norte de Santander	Ábrego
	Convención
	Cúcuta
	La Esperanza
	Los Patios
	Ocaña
	Pamplona
	Villa del Rosario
Quindío	Armenia
	Calarcá
	Circasia
	La Tebaida
	Montenegro
	Quimbaya
Risaralda	Dosquebradas
	La Celia

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Risaralda	La Virginia
	Marsella
	Mistrato
	Pereira
	Santa Rosa de Cabal
	Trocha Manizales
Santander	Barbosa
	Barichara
	Barrancabermeja
	Bucaramanga
	Charalá
	Coromoro
	El Playón
	Floridablanca
	Lebrija
	Piedecuesta
	Puerto Wilches
	Sabana de Torres
	San Gil
	San Juan de Girón
	San Vicente de Chucurí
Socorro	
Sucre	Corozal
	Sincelejo
Tolima	Espinal
	Flandes
	Honda
	Ibagué
	Icononzo
	Mariquita
	Melgar
Valle del Cauca	Ansermanuevo
	Argelia
	Buenaventura
	Buga
	Cali
	Candelaria
	Cartago
	El Cerrito
	El Dovio
	Florida
	Jamundí

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Valle del Cauca	La Unión
	Palmira
	Roldanillo
	Tuluá
	Yumbo
	Zarzal

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 4. TIPO DE CLIENTE POR MUNICIPIO

Tabla 29. Tipo de cliente por municipio

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Amazonas	Leticia	1	0
	Apartadó	0	3
	Bello	4	4
	Caldas	0	2
	Caucasia	1	2
	Chigorodó	0	1
	El Santuario	1	0
	Envigado	21	7
	Girardota	0	1
	Itagüí	63	6
	La Ceja	0	4
	La Estrella	4	1
	Marinilla	0	1
	Medellín	308	61
	Puerto Berrío	0	1
	Río Negro	0	2
	Sabaneta	4	5
	Turbo	0	2
	Yarumal	0	1
Arauca	Arauca	1	0
	Saravena	1	0
Atlántico	Baranoa	5	0
	Barranquilla	74	19
	Malambo	2	0
	Sabanalarga	0	1
	Soledad	4	1
Bolívar	Cartagena	22	13
	Magangué	0	1
	Turbaco	0	1
Boyacá	Chiquinquirá	1	4
	Duitama	2	5
	Paipa	0	1
	Puerto Boyacá	0	2
	Sogamoso	3	4
	Tunja	0	4

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Caldas	Anserma	1	0
	Arauca	1	0
	Belalcázar	1	0
	Chinchiná	3	5
	La Dorada	2	2
	Manizales	125	9
	Pensilvania	1	0
	Río Sucio	1	0
	Villa María	3	0
	Viterbo	2	0
Caquetá	Cartagena del Chairá	0	3
	El Doncello	0	2
	Florencia	1	20
	Puerto Rico	0	1
	San Vicente del Caguán	0	6
Casanare	Orocué	0	1
	Yopal	0	12
Cauca	Piendamó	0	3
	Popayán	9	11
	Puerto Tejada	0	1
	Santander de Quilichao	0	1
Cesar	Aguachica	5	14
	Curumaní	0	1
	San Alberto	1	0
	Valledupar	4	8
Chocó	Quibdó	0	2
Córdoba	Cereté	1	1
	Chinú	0	1
	Lorica	0	1
	Montería	1	11
Cundinamarca	Bogotá	921	261
	Cajicá	1	1
	Chía	2	2
	Cota	4	0
	Facatativá	0	4
	Funza	1	0
	Fusagasugá	2	3
	Girardot	2	4
	La Calera	0	1

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
	Madrid	2	0
	Mosquera	3	1
	Sibaté	1	0
	Soacha	5	1
	Tenjo	1	0
	Tocaima	0	1
	Ubaté	0	1
	Villeta	0	5
	Zipaquirá	1	4
Guajira	Maicao	2	0
	Riohacha	0	2
Huila	Campoalegre	0	1
	Garzón	0	5
	La Plata	2	0
	Neiva	10	34
	Pitalito	2	15
	Rivera	0	1
	San José de Isnos	0	1
	Tello	0	1
Magdalena	El Banco	3	3
	Fundación	0	4
	Santa Marta	15	3
Meta	Acacías	0	3
	Granada	0	3
	Guamal	0	2
	Villavicencio	2	11
Nariño	Ipiales	2	1
	Pasto	8	10
	Tumaco	0	1
Norte de Santander	Ábrego	0	1
	Convención	1	0
	Cúcuta	195	46
	La Esperanza	0	1
	Los Patios	4	2
	Ocaña	16	11
	Pamplona	0	6
	Villa del Rosario	1	0
Quindío	Armenia	82	4
	Calarcá	1	0
	Circasia	1	0

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Quindío	La Tebaida	2	0
	Montenegro	0	1
	Quimbaya	3	1
Risaralda	Dosquebradas	161	10
	La Celia	1	0
	La Virginia	1	0
	Marsella	2	0
	Mistrato	3	0
	Pereira	341	31
	Santa Rosa de Cabal	6	0
	Trocha Manizales	1	0
	Santander	Barbosa	1
Barichara		0	1
Barrancabermeja		10	29
Bucaramanga		255	70
Charalá		0	2
Coromoro		0	1
El Playón		1	0
Floridablanca		195	43
Lebrija		1	2
Piedecuesta		36	12
Puerto Wilches		1	0
Sabana de Torres		0	2
San Gil		5	11
San Juan de Girón		42	21
San Vicente de Chucurí		1	6
Socorro	1	4	
Sucre	Corozal	0	1
	Sincelejo	4	1
	Espinal	2	1
	Flandes	1	0
	Honda	0	1
	Ibagué	34	22
	Icononzo	0	1
	Mariquita	0	1
	Melgar	0	4
Valle del Cauca	Ansermanuevo	2	0
	Argelia	2	0
	Buenaventura	1	3
	Buga	2	2

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
	Cali	48	19
	Candelaria	2	0
	Cartago	1	0
	El Cerrito	3	2
	El Dovio	1	0
	Florida	0	1
	Jamundí	3	1
	La Unión	3	0
	Roldanillo	1	0
	Palmira	19	18
	Tuluá	5	0
	Yumbo	0	1
	Zarzal	0	1

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 7. CLÚSTERS DE CLIENTES

Tabla 30. Clústers de clientes

MUNICIPIO	ZONA
BELLO	Clúster A
CALDAS	
ENVIGADO	
GIRARDOTA	
ITAGÜÍ	
LA CEJA	
LA ESTRELLA	
MARINILLA	
MEDELLÍN	
RIONEGRO	
SABANETA	
BARBOSA	
BARRANCABERMEJA	Clúster AA
SAN GIL	
SOCORRO	
COROZAL	Clúster AB
SINCELEJO	
ESPINAL	Clúster AC
FLANDES	
IBAGUÉ	
MELGAR	
BUENAVENTURA	Clúster AD
BUGA	
TULUÁ	
CALI	Clúster AE
CANDELARIA	
EL CERRITO	
JAMUNDÍ	
PALMIRA	
YUMBO	
LA UNIÓN	
ROLDANILLO	Clúster AF
ZARZAL	
ANDES	Clúster AG
APARTADÓ	
CAREPA	
CAUCASIA	

MUNICIPIO	ZONA
CHIGORODÓ	Clúster AG
PUERTO BERRÍO	
YARUMAL	
MAGANGUÉ	Clúster AH
PUERTO BOYACÁ	Clúster AI
FLORENCIA	Clúster AJ
PIENDAMÓ	Clúster AK
FLORIDA	Clúster AL
PUERTO TEJADA	
SANTANDER DE QUILICHAO	
QUIBDÓ	Clúster AM
CHINÚ	Clúster AN
ACACÍAS	Clúster AO
GRANADA	
GUAMAL	
TUMACO	Clúster AP
PAMPLONA	Clúster AQ
LEBRIJA	Clúster AR
HONDA	Clúster AS
BARRANQUILLA	Clúster B
MALAMBO	
SOLEDAD	
BARANOA	Clúster C
SABANALARGA	
CARTAGENA	Clúster D
TURBACO	
CHIQUINQUIRÁ	Clúster E
DUITAMA	
FUSAGASUGÁ	
PAIPA	
SOGAMOSO	
TUNJA	
UBATÉ	Clúster F
CHINCHINÁ	
MANIZALES	
VILLA MARÍA	Clúster G
LA DORADA	
POPAYÁN	Clúster H
YOPAL	Clúster I
VALLEDUPAR	Clúster J

MUNICIPIO	ZONA
AGUACHICA	Clúster K
OCAÑA	
CERETÉ	Clúster L
LORICA	
MONTERÍA	
BOGOTÁ D.C	Clúster M
CAJICÁ	
CHÍA	
COTA	
FACATATIVÁ	
FUNZA	
LA CALERA	
MADRID	
MOSQUERA	
SIBATÉ	
SOACHA	
SUBA	
TENJO	
ZIQUIRÁ	Clúster N
MAICAO	Clúster O
RIOHACHA	
GIRARDOT	Clúster P
NEIVA	Clúster Q
CAMPOALEGRE	
GARZÓN	
GUADALUPE	
PITALITO	Clúster R
LA PLATA	
FUNDACIÓN	Clúster S
SANTA MARTA	
VILLAVICENCIO	Clúster T
IPIALES	Clúster U
PASTO	
CÚCUTA	Clúster V
LOS PATIOS	
VILLA DEL ROSARIO	
ARMENIA	Clúster W
CALARCÁ	
CIRCASIA	

MUNICIPIO	ZONA
ANSERMA	Clúster X
ANSERMANUEVO	
LA TEBAIDA	
LA VIRGINIA	
MONTENEGRO	
QUIMBAYA	
RÍO SUCIO	
VITERBO	
CARTAGO	Clúster Y
DOSQUEBRADAS	
PEREIRA	
SANTA ROSA DE CABAL	Clúster Z
BUCARAMANGA	
FLORIDABLANCA	
PIEDECUESTA	
SAN JUAN DE GIRÓN	Reexpediciones
ABREGO	
ARAUCA (Arauca)	
ARAUCA (Caldas)	
ARGELIA	
BARICHARA	
BELALCAZAR	
CARMEN DE VIBORAL	
CARTAGENA DEL CHAIRÁ	
CHARALÁ	
CONVENCIÓN	
COROMORO	
CURUMANÍ	
EL BANCO	
EL DONCELLO	
EL DOVIO	
EL PLAYÓN	
EL SANTUARIO	
ICONONZO	
LA CELIA	
LA ESPERANZA	
LETICIA	
MARIQUITA	
MARSELLA	
MISTRATO	
OROCUÉ	
PENSILVANIA	

MUNICIPIO	ZONA
PUERTO RICO	Reexpediciones
PUERTO WILCHES	
RIVERA	
SABANA DE TORRES	
SAN ALBERTO	
SAN JOSE DE ISNOS	
SAN VICENTE DE CHUCURÍ	
SAN VICENTE DEL CAGUAN	
SANTA ROSA DE SIMITI	
SARAVENA	
SOCHA	
SUBACHOQUE	
TELLO	
TIMANÁ	
TOCAIMA	
TROCHA MANIZALES	
TURBO	
URRAO	
VILLETA	

Fuente: Autores del proyecto

**ANEXO 8. FILTRO 1: NÚMERO DE CLIENTES VS. PYG CLIENTES VIP
COMERTEX S.A.**

Tabla 31. Filtro 1 Ponderación de factores

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Amazonas	Leticia	1	0
Antioquia	Apartadó	0	3
	Bello	4	4
	Caldas	0	2
	Caucasia	1	2
	Chigorodó	0	1
	El Santuario	1	0
	Envigado	21	7
	Girardota	0	1
	Itagüí	63	6
	La Ceja	0	4
	La Estrella	4	1
	Marinilla	0	1
	Medellín	308	61
	Puerto Berrío	0	1
	Río Negro	0	2
	Sabaneta	4	5
	Turbo	0	2
	Yarumal	0	1
	Arauca	Arauca	1
Saravena		1	0
Atlántico	Baranoa	5	0
	Barranquilla	74	19
	Malambo	2	0
	Sabanalarga	0	1
	Soledad	4	1
Bolívar	Cartagena	22	13
	Magangué	0	1
	Turbaco	0	1
Boyacá	Chiquinquirá	1	4
	Duitama	2	5
	Paipa	0	1
	Puerto Boyacá	0	2
	Sogamoso	3	4
	Tunja	0	4
Caldas	Anserma	1	0
	Arauca	1	0
	Belalcázar	1	0
	Chinchiná	3	5
	La Dorada	2	2
	Manizales	125	9
	Pensilvania	1	0

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Amazonas	Leticia	1	0
	Villa María	3	0
	Viterbo	2	0
Caquetá	Cartagena del Chairá	0	3
	El Doncello	0	2
	Florencia	1	20
	Puerto Rico	0	1
	San Vicente del Caguán	0	6
Casanare	Orocué	0	1
	Yopal	0	12
Cauca	Piendamó	0	3
	Popayán	9	11
	Puerto Tejada	0	1
	Santander de Quilichao	0	1
Cesar	Aguachica	5	14
	Curumaní	0	1
	San Alberto	1	0
	Valledupar	4	8
Chocó	Quibdó	0	2
Córdoba	Cereté	1	1
	Chinú	0	1
	Lorica	0	1
	Montería	1	11
Cundinamarca	Bogotá	921	261
	Cajicá	1	1
	Chía	2	2
	Cota	4	0
	Facatativá	0	4
	Funza	1	0
	Fusagasugá	2	3
	Girardot	2	4
	La Calera	0	1
	Madrid	2	0
	Mosquera	3	1
	Sibaté	1	0
	Soacha	5	1
	Tenjo	1	0
	Tocaima	0	1
	Ubaté	0	1
	Villeta	0	5
Guajira	Zipaquirá	1	4
	Maicao	2	0
	Riohacha	0	2
Huila	Campoalegre	0	1
	Garzón	0	5
	La Plata	2	0
	Neiva	10	34

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
	Pitalito	2	15
	Rivera	0	1
	San José de Isnos	0	1
	Tello	0	1
Magdalena	El Banco	3	3
	Fundación	0	4
	Santa Marta	15	3
Meta	Acacías	0	3
	Granada	0	3
	Guamal	0	2
	Villavicencio	2	11
Nariño	Ipiales	2	1
	Pasto	8	10
	Tumaco	0	1
Norte de Santander	Ábrego	0	1
	Convención	1	0
	Cúcuta	195	46
	La Esperanza	0	1
	Los Patios	4	2
	Ocaña	16	11
	Pamplona	0	6
	Villa del Rosario	1	0
Quindío	Armenia	82	4
	Calarcá	1	0
	Circasia	1	0
	La Tebaida	2	0
	Montenegro	0	1
	Quimbaya	3	1
Risaralda	Dosquebradas	161	10
	La Celia	1	0
	La Virginia	1	0
	Marsella	2	0
	Mistrato	3	0
	Pereira	341	31
	Santa Rosa de Cabal	6	0
	Trocha Manizales	1	0
Santander	Barbosa	1	2
	Barichara	0	1
	Barrancabermeja	10	29
	Bucaramanga	255	70
	Charalá	0	2
	Coromoro	0	1
	El Playón	1	0
	Floridablanca	195	43
	Lebrija	1	2
	Piedecuesta	36	12
	Puerto Wilches	1	0

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Santander	Sabana de Torres	0	2
	San Gil	5	11
	San Juan de Girón	42	21
	San Vicente de Chucurí	1	6
	Socorro	1	4
Sucre	Corozal	0	1
	Sincelejo	4	1
	Espinal	2	1
	Flandes	1	0
	Honda	0	1
	Ibagué	34	22
	Icononzo	0	1
	Mariquita	0	1
	Melgar	0	4
Valle del Cauca	Ansermanuevo	2	0
	Argelia	2	0
	Buenaventura	1	3
	Buga	2	2
	Cali	48	19
	Candelaria	2	0
	Cartago	1	0
	El Cerrito	3	2
	El Dovio	1	0
	Florida	0	1
	Jamundí	3	1
	La Unión	3	0
	Roldanillo	1	0
	Palmira	19	18
	Tuluá	5	0
	Yumbo	0	1
Zarzal	0	1	

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 9. FILTRO 2: MUNICIPIOS QUE NO GENERAN EL 80% DE LA UTILIDAD OPERATIVA DE LA EMPRESA

Tabla 32. Filtro 2 Ponderación de factores

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)
Antioquia	Bello	4	4
	Envigado	21	7
	Itagüí	63	6
	Medellín	308	61
	Sabaneta	4	5
Atlántico	Barranquilla	74	19
Bolívar	Cartagena	22	13
Boyacá	Duitama	2	5
	Sogamoso	3	4
Caldas	Chinchiná	3	5
	Manizales	125	9
Cauca	Popayán	9	11
Cesar	Aguachica	5	14
	Valledupar	4	8
Córdoba	Montería	1	11
Cundinamarca	Bogotá	921	261
	Girardot	2	4
	Soacha	5	1
	Villeta	0	5
Huila	Neiva	10	34
	Pitalito	2	15
Magdalena	El Banco	3	3
	Santa Marta	15	3
Nariño	Pasto	8	10
Norte de Santander	Cúcuta	195	46
	Los Patios	4	2
	Ocaña	16	11
	Pamplona	0	6
Quindío	Armenia	82	4
Risaralda	Dos Quebradas	161	10
	Pereira	341	31
	Santa Rosa de Cabal	6	0
Santander	Barrancabermeja	10	29
	Bucaramanga	255	70
	Floridablanca	195	43
	Piedecuesta	36	12
	San Gil	5	11
	San Juan de Girón	42	21
	San Vicente de Chucurí	1	6
Tolima	Ibagué	34	22
Valle del Cauca	Cali	48	19
	Palmira	19	18

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 10. NIVELES FACTORES DE PONDERACIÓN

Tabla 33. Niveles factores de ponderación

Presencia del mercado	Presencia de fuentes abastecedoras	Cercanía a puertos			Beneficios Financieros	Accesibilidad Vial	Servicios Públicos	Disponibilidad de terrenos	Ciudad Capital	Costo de Transporte
		Bnvtura	Ctgena	Ipiales						
0-20%	0-20%	10 días	8 días	12 días	Existe	Altamente accesible	Bodegas disponibles	Es ciudad Capital	Punto de origen	
21-40%	21-40%								Punto normal de envío	
41-60%	41-60%									
61-80%	61-80%	Más de 10 días	Más de 8 días	Más de 12 días	No Existe	Medianamente accesible	Bodegas no disponibles	No es ciudad Capital	Reexpediciones especiales	
81-100%	81-100%					Bajamente accesible			5	Reexpediciones

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 12. ASIGNACIÓN DE PORCENTAJES Y PUNTOS PARA CADA FACTOR

Tabla 34. Asignación de porcentajes y puntos para cada factor

PORCENTAJE	FACTORES		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
20%	Presencia del mercado		10	12	18	25	35
5%	Presencia de fuentes abastecedoras		10	12	18	25	35
7%	Cercanía a puertos (días)	Buenaventura	65	35			
6%		Ipiales	65	35			
7%		Cartagena	65	35			
10%	Beneficios Financieros		65	35			
10%	Accesibilidad Vial		60	30	10		
5%	Servicios Públicos		5	10	15	30	40
5%	Disponibilidad de Terrenos		75	25			
5%	Ciudad Capital		55	45			
20%	Costo de Transporte		45	30	20	5	

Fuente: Autores del proyecto.

ANEXO 14. PROVEEDORES NACIONALES

Tabla 35. Proveedores nacionales

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LÍNEAS DE PRODUCTO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)	MP y PT
Antioquia	Bello	Tejido Plano	0	0	1
		Tejido Punto			
	Medellín	Tejido Plano	5	0	0
		Tejido Punto			
	Itagüí	Tejido Plano	1	0	2
		Hogar			
Tejido Punto					
Cundinamarca	Bogotá	Tejido Plano	6	2	0
		Tejido Punto			
		Hogar			
Valle del Cauca	Cali	No tejidos	1	1	0

Fuente: Autores del proyecto.

ANEXO 15. PROVEEDORES INTERNACIONALES

Tabla 36. Proveedores Internacionales

PAÍS	LÍNEAS DE PRODUCTO	MATERIA PRIMA (MP)	PRODUCTO TERMINADO (PT)	MP y PT
China	Calzado	2	0	1
	Hogar			
	No tejidos			
Ecuador	Calzado	0	1	0
	Hogar			
Hong Kong	Calzado	0	1	0
México	No tejidos	2	0	0
	Tejido Plano			
Pakistán	Tejido Plano	1	0	0
Panamá	Tejido Plano	3	0	0
	Tejido Punto			
Perú	Hogar	0	0	1
	No tejidos			
	Tejido Plano			

Fuente: Autores del proyecto.

ANEXO 25. TARIFA PROMEDIO DE SERVICIOS PÚBLICOS

Tabla 37. Tarifa promedio de servicios públicos

Ciudad	Tarifa promedio			
	Energía (\$/Kwh)	Acueducto (\$/m ³)	Teléfono (\$)	Internet (\$)
Barranquilla	332,25	1.002,100	1'800.000	3'800.000
Bogotá	336,22	1.718,17	2'000.000	4'000.000
Bucaramanga	351,56	1.266,62	1'793.000	3'986.000
Cali	307,06	1.243,34	1'500.000	3'160.000
Cúcuta	313,9	1.099,18	1'600.000	3'100.000
Medellín	303,1	1.029,37	1'400.000	3'000.000
Pereira	303,52	1.361,02	1'300.000	2'800.000

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 27. IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Tabla 38. Impuesto de Industria y Comercio

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (X MIL)
Antioquia	Barbosa	8
	Bello	10
	Caldas	6
	Copacabana	7
	Envigado	6
	Girardota	6
	Itagüí	6
	La Estrella	5
	Medellín	4
	Sabaneta	6
Atlántico	Barranquilla	9,6
	Galapa	13
	Malambo	4
	Puerto Colombia	8
	Soledad	7
Cundinamarca	Bogotá	11,04
	Soacha	10
	Facatativá	8
	Cota	6
	Tabio	7
	Sibaté	10
	Tocancipá	4
	Mosquera	6
	Madrid	10
	Chía	5
	Cajicá	8
Funza	5	
Norte de Santander	Cúcuta	6
	El Zulia	5
	Los Patios	5
	Puerto Santander	4,8
	Villa del Rosario	7

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (X MIL)
Risaralda	Dosquebradas	3,5
	La Virginia	4
	Pereira	3,9
	Santa Rosa de Cabal	3,5
Santander	Bucaramanga	4,8
	Floridablanca	4
	Girón	6,5
	Piedecuesta	5
Valle del Cauca	Candelaria	7
	Cali	7,7
	Jamundí	8
	Palmira	7
	Yumbo	10

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 29. MANO DE OBRA FIJA NECESARIA

Tabla 39. Mano de obra fija necesaria

CARGO	NÚMERO DE CARGOS	SALARIO POR CARGO (\$/cargo)	COSTO TOTAL (\$)
Coordinador de CEDI	1	\$ 5.829.406	\$5.829.406
Supervisor del CEDI	1	\$1.934.540	\$1.934.540
Auxiliar de facturación	1	\$1.146.960	\$1.146.960
Auxiliar de despachos	1	\$1.146.960	\$1.146.960
Auxiliar de pedidos	1	\$1.146.960	\$1.146.960
Auxiliar de inventarios	1	\$999.936	\$999.936
Auxiliar de entradas	1	\$1.146.960	\$1.146.960
Vigilante	2	\$2.000.000	\$4.000.000
Auxiliar de bodega	8	\$999.936	\$7.999.488
Conductor montacargas	2	\$1.069.196	\$2.138.392
COSTO TOTAL MANO DE OBRA			\$27.489.602

Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 32. SOLVE SUMMARY GAMS

Figura 21. Solve Summary GAMS

```
GENERATION TIME      =          0.156 SECONDS      7 Mb  WIN235-235 Jul  2, 2010

EXECUTION TIME       =          0.156 SECONDS      7 Mb  WIN235-235 Jul  2, 2010
GAMS Rev 235 WEX-VS8 23.5.1 x86/MS Windows          02/06/12 15:51:31 Page 5
General Algebraic Modeling System
Solution Report      SOLVE pruebal Using MIP From line 1141

                S O L V E      S U M M A R Y

MODEL  pruebal          OBJECTIVE  CT
TYPE   MIP              DIRECTION  MINIMIZE
SOLVER CPLEX           FROM LINE  1141

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS      1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE    974598187.8551

RESOURCE USAGE, LIMIT      0.152      1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT     0      2000000000

IBM ILOG CPLEX   Jul  4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8 x86/MS Windows
Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34
GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.

Cplex MIP uses 1 of 4 parallel threads. Change default with option THREADS.
MIP status(101): integer optimal solution
Fixed MIP status(1): optimal
```

Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 33. RESULTADOS GAMS

Figura 22. Resultados GAMS

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU R3	-INF	2.000	2.000	.
R3 RESTRICCION QUE LIMITA LA CANTIDAD DE CEDIS A ABRIR DE ACUERDO A LA POLITICA DE LA EMPRESA				
---- EQU R4				
R4 RESTRICCION QUE ASEGURA EL ENVIO DE PRODUCTOS SOLAMENTE DE LOS CEDIS ABIERTOS (SELECCIONADOS)				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CE1	-INF	-0.999E+6	.	.
CE2	-INF	-0.999E+6	.	.
CE3	-INF	.	.	.
CE4	-INF	.	.	.
CE5	-INF	.	.	.
CE6	-INF	.	.	.
CE7	-INF	.	.	.

- └ R3
- └ R4
- └ SolVAR
- └ Compilation
- └ Equation Listing SOLVE pr...
- └ Equation
- └ Column Listing SOLVE pr...
- └ Column
- └ Model Statistics SOLVE pr...
- └ Solution Report SOLVE pr...
- └ SolEQU
- └ Z
- └ R1
- └ R2
- └ R3
- └ R4
- └ SolVAR

CT COSTO A MINIMIZAR

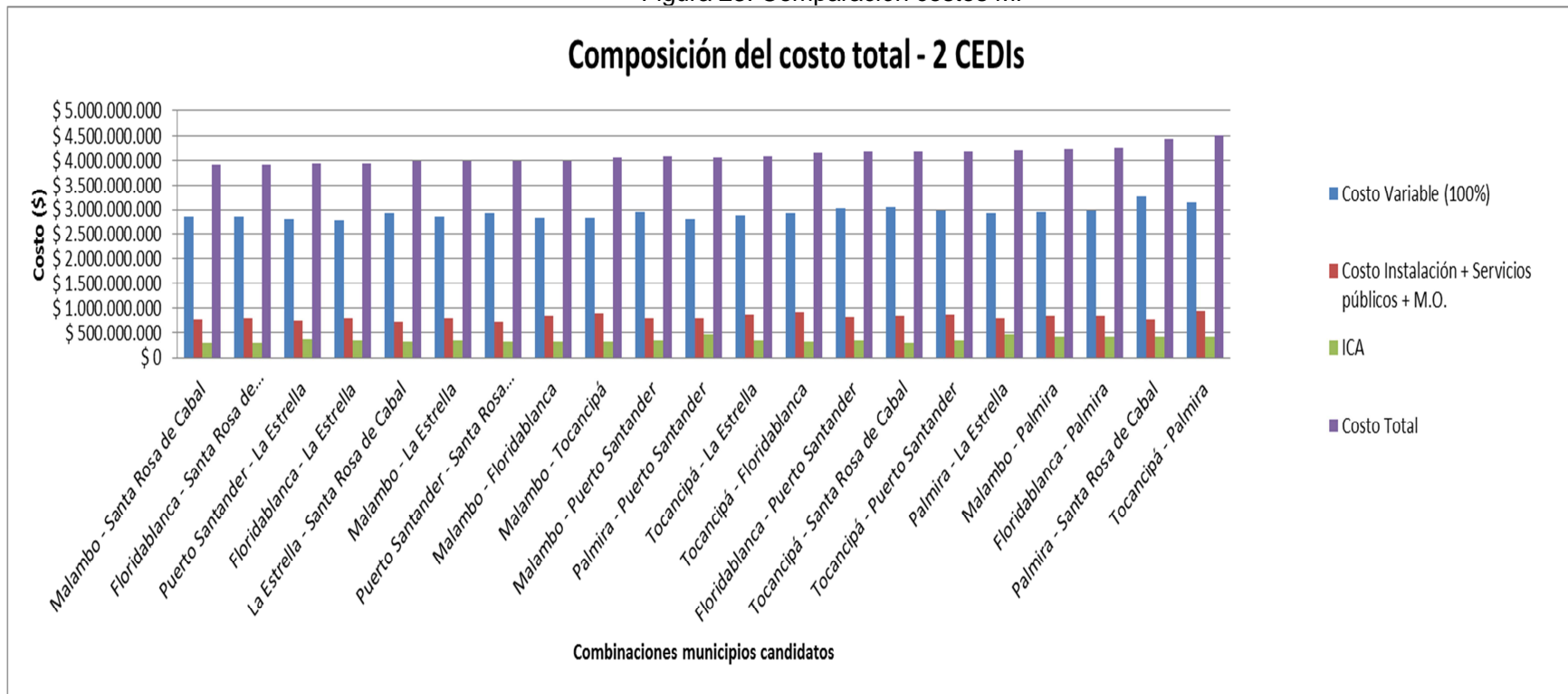
---- VAR X 1 Si el producto I que demanda el cliente J se envia desde el CEDI K

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
0 .CLI46.CE7	.	.	1.000	EPS
98 .CLI1 .CE1	.	1.000	1.000	6520.000
98 .CLI1 .CE2	.	.	1.000	6600.000
98 .CLI1 .CE3	.	.	1.000	6520.000
98 .CLI1 .CE4	.	.	1.000	6680.000
98 .CLI1 .CE5	.	.	1.000	7810.000
98 .CLI1 .CE6	.	.	1.000	5700.000
98 .CLI1 .CE7	.	.	1.000	6330.000
98 .CLI2 .CE1	.	1.000	1.000	8644.050
98 .CLI2 .CE2	.	.	1.000	11313.090
98 .CLI2 .CE3	.	.	1.000	9887.580
98 .CLI2 .CE4	.	.	1.000	11495.070
98 .CLI2 .CE5	.	.	1.000	12010.680
98 .CLI2 .CE6	.	.	1.000	9933.075
98 .CLI2 .CE7	.	.	1.000	11495.070
98 .CLI3 .CE1	.	1.000	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE2	.	.	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE3	.	.	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE4	.	.	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE5	.	.	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE6	.	.	1.000	EPS
98 .CLI3 .CE7	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE1	.	1.000	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE2	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE3	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE4	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE5	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE6	.	.	1.000	EPS
98 .CLI4 .CE7	.	.	1.000	EPS
98 .CLI5 .CE1	.	.	1.000	EPS
98 .CLI5 .CE2	.	1.000	1.000	EPS

Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 37. COMPARACIÓN COSTOS POR COMBINACIÓN DE MUNICIPIOS CANDIDATOS MP

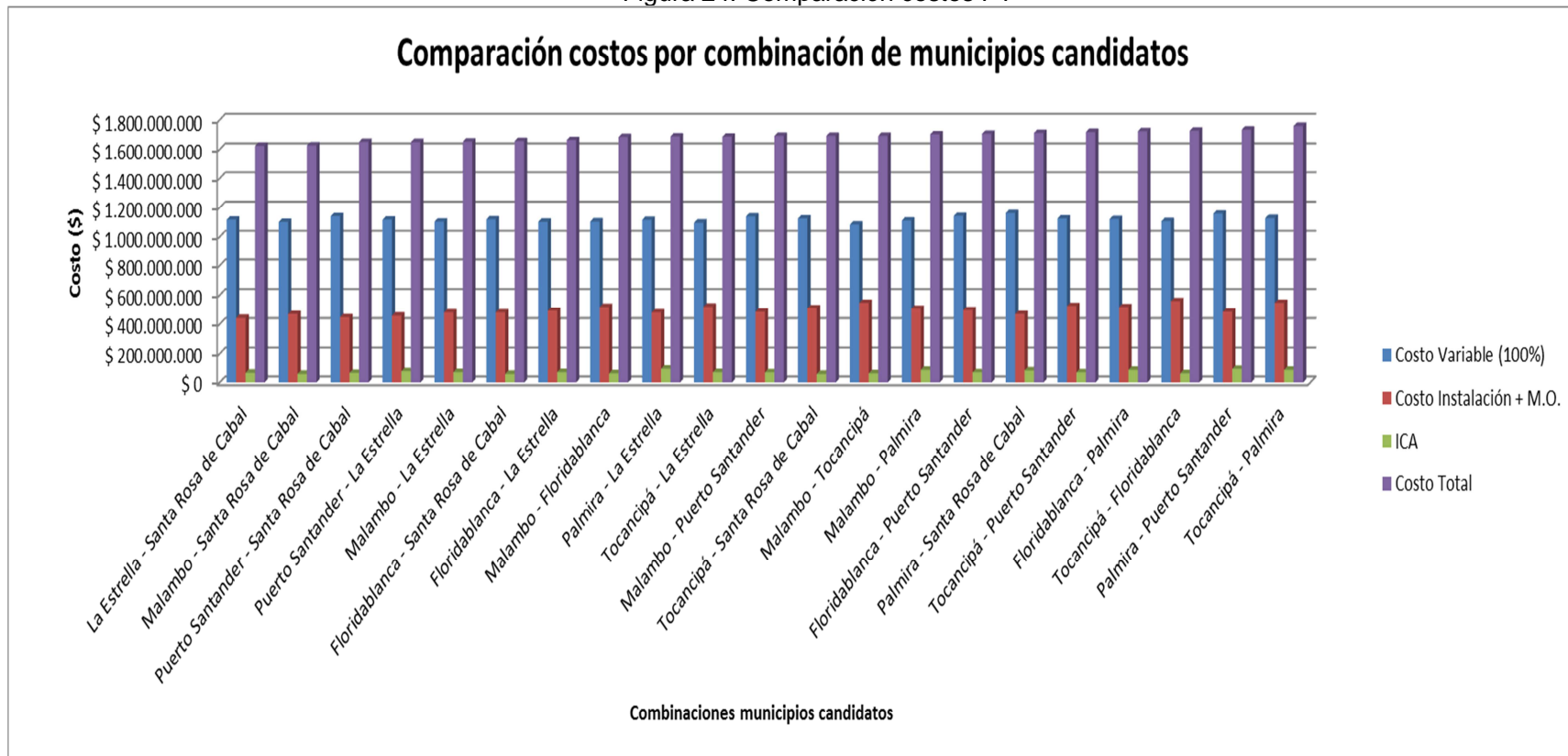
Figura 23. Comparación costos MP



Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 38. COMPARACIÓN COSTOS POR COMBINACIÓN DE MUNICIPIOS CANDIDATOS PT

Figura 24. Comparación costos PT



Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 45. CUESTIONARIO SATISFACCIÓN CLIENTES COMERTEX S.A.

EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE CLIENTES COMERTEX S.A., 2011

Datos de Clasificación

Nombre: _____ Teléfono: _____

Empresa: _____ Fecha: _____

Cargo: _____

Encuestador: _____ Cód: _____

Hora Inicio: _____ Hora Finalización: _____

Buenas días/tardes, mi nombre es _____ y trabajo para RADDAR/VIEWS COLOMBIA, una compañía de investigación de mercados que ha sido contratada para adelantar una investigación sobre hábitos y satisfacción con los productos textiles.

Puede contar con la confidencialidad en el manejo de la información, pues asegurar la precisión e imparcialidad de los resultados, es parte de nuestro trabajo. Le solicitamos unos minutos de su tiempo para responder una serie de preguntas sencillas.

DATOS DE CLASIFICACIÓN

GENERO	CIUDAD	SEGMENTO	SUB SEGMENTOS
1 Hombre	1 Bogotá	1 Producto Terminado	01 CMayorista MP
2 Mujer	2 Medellín	2 Materia Prima	02 CMinoristaMP
	3 Cali	3 Industrial	03 Cdotación
	4 Pereira		04 Cfemenino
	5 Barranquilla		05 Cinfantil
	6 Bucaramanga		06 Cmasculino
	7 Armenia		07 Cquirurgico
	8 Ibagué		08 Rdeportiva
	9 Otra, Cual?		09 Publicidad
			10 CMinorista PT
			11 Gsuperficies
			12 Mayoristas PT
			13 Industrial

F1. Es usted la persona encargada de la relación comercial con Comertex S.A? - RU

1	Si Continúe
2	No Agradezca y termine.

1. Para empezar por favor dígame, en general qué tan satisfecho se encuentra con la relación comercial que tiene con Comertex S.A., teniendo en cuenta que 1 es Muy insatisfecho, 2 es insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy insatisfecho? **ENC: LEA Y REGISTRE.**

Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Ni satisfecho ni insatisfecho	Satisfecho	Muy Satisfecho
1	2	3	4	5

2. ¿Por qué razón usted me dijo que esta___(**ENC: MENCIONE RESPUESTA DE PREGUNTA ANTERIOR**)? **PROFUNDIZAR**

1. ASESOR COMERCIAL

3. Usando la misma escala, que tan satisfecho se siente usted con los siguientes atributos que se relacionan con el **ASESOR COMERCIAL** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Muy insatisfecho, 2 es Insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy Satisfecho? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**
4. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su negocio los siguientes atributos del **ASESOR COMERCIAL** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 mas o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**

	P. 3					P.4				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
a. Amabilidad en el servicio ofrecido por el asesor comercial de Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
b. Disposición y disponibilidad del asesor comercial de Comertex S.A. para atender sus requerimientos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
c. Velocidad con la que el asesor comercial de Comertex S.A. le responde a sus inquietudes y/o solicitudes	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
d. Presentación personal del asesor comercial de Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
e. Expresión verbal usado por el asesor comercial	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
f. Información suministrada por el asesor comercial de Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
g. Conocimiento y dominio del portafolio por parte del asesor comercial de Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

5. Cómo considera qué es el **número de visitas de los asesores comerciales** que le ofrece Comertex S.A **a su empresa**, en una escala **de 1 a 3** donde 1 es "Menos de lo esperado", 2 es "Justo lo esperado" y 3 es "Más de lo esperado"?

Menos de lo esperado	Justo lo esperado	Más de lo esperado
1	2	3

2. PRODUCTO

6. Ahora dígame que tan satisfecho se siente usted con los siguientes atributos que se relacionan con el **PRODUCTO** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Muy insatisfecho, 2 es Insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy Satisfecho? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**
7. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su negocio los siguientes atributos del **PRODUCTO** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 mas o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**

	P. 6					P. 7				
a. Precio de los productos ofrecidos por Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
b. Calidad de los productos que le ofrece Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
c. Variedad de los productos del portafolio que le ofrece Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
d. El diseño de los productos ofrecidos por Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
e. Disponibilidad de los productos que ofrece Comertex S.A.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

3. ENTREGAS

8. Qué tan satisfecho se siente usted con los siguientes atributos que se relacionan con la **ENTREGA** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Muy insatisfecho, 2 es Insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy Satisfecho? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**
9. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su negocio los siguientes atributos de la **ENTREGA** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 mas o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**

	P. 8					P. 9				
a. Cumplimiento de la entrega en fecha y hora de los productos solicitados por usted.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
b. Cantidades entregadas por Comertex S.A. versus las cantidades solicitadas por usted de cada producto	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
c. Estado de los productos solicitados por usted.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
d. Servicio post venta.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
e. La Facturación es clara y acorde al producto recibido en términos de cantidad y precio.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

4. ATENCIÓN TELEFÓNICA

10. Usando la misma escala, que tan satisfecho se siente usted con los siguientes atributos que se relacionan con la **ATENCIÓN TELEFÓNICA** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Muy insatisfecho, 2 es Insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy Satisfecho? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**

11. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su negocio los siguientes atributos de la **ATENCIÓN TELEFÓNICA** que le ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 mas o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO.**

	P. 10					P. 11				
a. La atención de quejas y reclamos.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
b. Los tiempos de espera para la atención de requerimientos realizados por usted.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
c. La solución a los requerimientos realizados por usted.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
d. La información suministrada por los operadores telefónicos.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

5. PRESENCIA EN FERIAS /EVENTOS

12. ¿Usted ha tenido experiencia con Comertex S.A dentro de algún evento del sector textil como Ferias, salones, show room, etc en el que haya asistido? **RU**
12.1 ¿A cuál evento ha asistido? **ENC: Aplica para quienes responden "SI" en P12.**

1	Si HAGA P12.1 Y CONTINUE	12.1 Nombre evento: _____
2	No PASE A P16	

13. Por favor califique la experiencia que ha tenido usted con Comertex S.A. durante los Eventos /Ferias /Show Room en los que ha tenido la oportunidad de participar, en una escala donde 1 es Muy insatisfecho, 2 es Insatisfecho, 3 ni satisfecho ni insatisfecho, 4 Satisfecho, 5 Muy Satisfecho? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO. REGISTRE EN P13**

14. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su negocio la experiencia que ha tenido con Comertex S.A. durante los Eventos/Ferias/Show Room, en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 mas o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante? **ENC: LEA CADA ATRIBUTO Y ACEPTE SOLO UNA RESPUESTA POR CADA UNO. REGISTRE EN P14**

	P. 13					P. 14				
Experiencia que ha tenido con Comertex S.A. durante los eventos/ferias/ show room, etc.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

15. Usted que ha asistido a ferias, las ferias lo motivan a comprar? -RU

1	Si
2	No

16. Le voy a mencionar una serie de aspectos relacionados con el servicio que le presta Comertex S.A. y le voy a pedir que los ordene de mayor a menor, en orden de importancia de tal manera que el #1 sea el más importante y el #5 el menos importante: **ENC: Lea los 5 aspectos y espere respuesta. Verifique que no se repitan posiciones**

1	Asesor Comercial	_____//
2	Producto	_____//
3	Entregas	_____//
4	Atención telefónica	_____//
5	Presencia en Ferias/eventos	_____//

17. Para usted qué otros aspectos son importantes a la hora de medir el servicio y productos ofrecidos por Comertex S.A. que no le haya mencionado? **ENC: ESPONTÁNEO.**

18. Dígame por favor, que tan importante es para usted y el desarrollo de su empresa el tener productos dentro de su empresa como los que ofrece Comertex S.A., en una escala donde 1 es Nada Importante, 2 Poco importante, 3 más o menos importante, 4 Importante, 5 Muy Importante?

Nada importante	Poco importante	Más o menos importante	Importante	Muy Importante
1	2	3	4	5

19. ¿Qué aspectos tiene en cuenta usted en el momento de realizar la compra de **Materia prima / Producto terminado / Industrial?** (ENC: Pregunte por el segmento registrado en datos de clasificación y registre en P19) (ENC: ACEPTE VARIAS RESPUESTAS. NO LEA OPCIONES) – ESPONTÁNEO

Listado de Códigos P19: Aspectos - RM			
01	Calidad del producto	08	Servicio post venta
02	Variedad	09	Plazo de pago
03	Diseño del producto	10	Garantía del producto
04	Disponibilidad	11	Otro ¿Cuál-1? _____
05	Precio	12	Otro ¿Cuál-2? _____
06	Tiempo de entrega	13	Otro ¿Cuál-3? _____
07	Asesoría comercial		

20. ¿Por qué razones su empresa realiza compra de **Materia prima / Producto terminado / Industrial? (ENC: Pregunte por el segmento registrado en datos de clasificación y registre en P20) ESPONTANÉO. ACEPTE VARIAS RAZONES**

21. ¿Cuáles son los usos que le da su empresa a este tipo de productos? (ENC: Pregunte por el segmento registrado en datos de clasificación y registre en P21) ESPONTANÉO. ACEPTE VARIAS RESPUESTAS

P20 RAZÓN DE COMPRA	P21 USOS

22. Actualmente cuál es la forma o por qué medios usted busca información acerca de proveedores de **Materia prima, Producto terminado relacionados con el sector textil (ENC: Pregunte por el segmento registrado en datos de clasificación)? ENC: LEA OPCIONES. Acepte varias opciones - RM**

P22 Medios de Búsqueda (RM)	
1.	Ferias
2.	Visitas de los Representantes de Ventas
3.	Distribuidores
4.	Información de Terceros
5.	Internet
6.	Revistas especializadas
7.	Eventos de la compañía
8.	Otros Cuál?-1 _____
9.	Otros Cuál?-2 _____

23. Actualmente cuál es el tiempo de entrega de **Materia prima / Producto terminado / Industrial (ENC: Pregunte por el segmento registrado en datos de clasificación)** por parte de Comertex S.A.? **REGISTRE TAL COMO EL ENTREVISTADO LO MENCIONE (DÍAS/MESES).**

NOTA: ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE REGISTRE SEGÚN LO MENCIONADO POR EL ENTREVISTADO: SI DICE DÍAS, REGISTRE EN COLUMNA DE DÍAS; SI DICE MESES, REGISTRE EN COLUMNA DE MESES.

24. ¿Cuál sería el tiempo de entrega ideal de este tipo de productos? **REGISTRE TAL COMO EL ENTREVISTADO LO MENCIONE (DÍAS/MESES).**

NOTA: ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE REGISTRE SEGÚN LO MENCIONADO POR EL ENTREVISTADO: SI DICE DÍAS, REGISTRE EN COLUMNA DE DÍAS; SI DICE MESES, REGISTRE EN COLUMNA DE MESES.

P23 Tiempo de Entrega ACTUAL		P24 Tiempo de Entrega IDEAL	
_____ días	_____ meses	_____ días	_____ meses
_____ días	_____ meses	_____ días	_____ meses
_____ días	_____ meses	_____ días	_____ meses
_____ días	_____ meses	_____ días	_____ meses
_____ días	_____ meses	_____ días	_____ meses

25. ¿Cuántos son los días de inventario óptimo de los productos que su empresa compra a Comertex S.A.? **REGISTRE TAL COMO EL ENTREVISTADO LO MENCIONE (DÍAS/MESES).**

NOTA: ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE REGISTRE SEGÚN LO MENCIONADO POR EL ENTREVISTADO: SI DICE DÍAS, REGISTRE EN COLUMNA DE DÍAS; SI DICE MESES, REGISTRE EN COLUMNA DE MESES.

P25 DIAS DE INVENTARIO ÓPTIMO	
_____ días	_____ meses

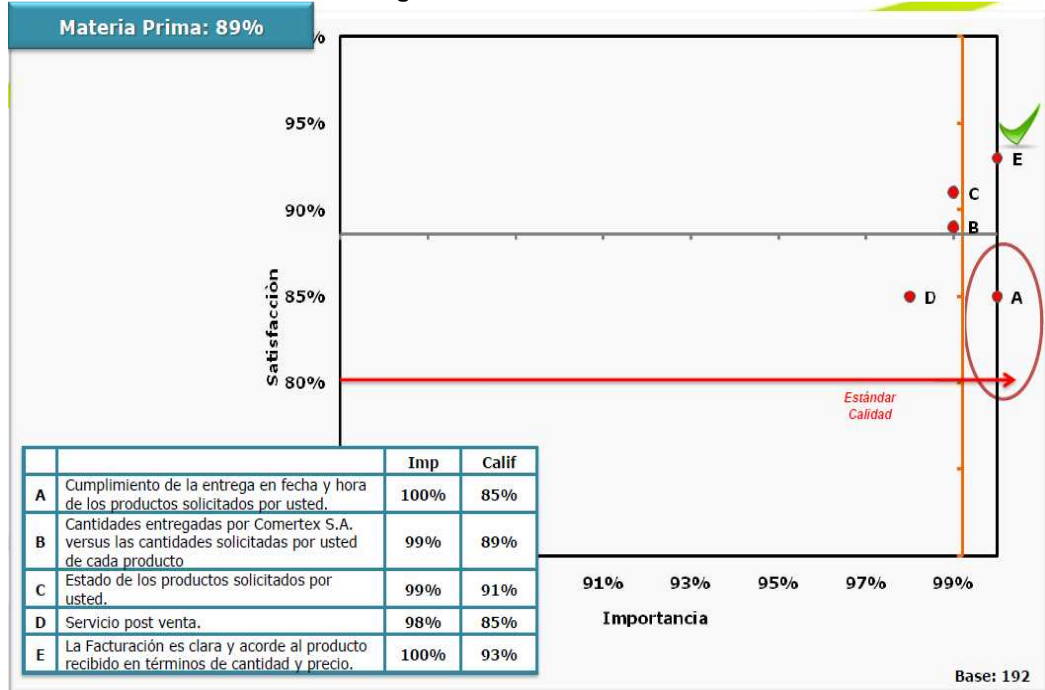
26. A continuación le voy a mencionar dos atributos del servicio que debe ofrecer un proveedor de productos textiles, quisiera que me dijera cuál de los dos usted preferiría que le ofrecieran. **(ENC: Menciones los dos atributos enfrentados y marque con una X el atributo seleccionado. Haga pregunta por cada uno de los nueve (9) pares enfrentados.**

PAR	Atributo 1	Atributo seleccionado (Marque con X)	Atributo 2	Atributo seleccionado (Marque con X)
1	Rapidez de Entrega	1	Entrega Completa	2
2	Precio	1	Facilidades de Pago	2
3	Portafolio de Producto	1	Rapidez de Entrega	2
4	Rapidez de Entrega	1	Precio	2
5	Frecuencia de Servicio	1	Facilidades de Pago	2
6	Calidad en la Atención	1	Precio	2
7	Diseño del Producto	1	Calidad del Producto	2
8	Portafolio de Producto	1	Precio	2
9	Calidad del Producto	1	Calidad en la Atención	2

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACION!!!

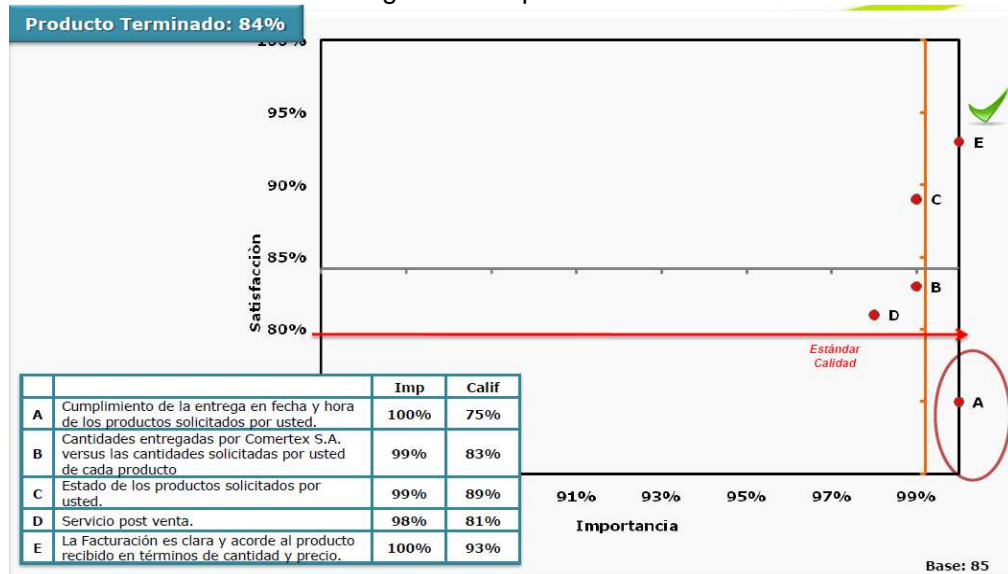
ANEXO 46. SATISFACCIÓN E IMPORTANCIA UEN

Figura 25. Satisfacción UEN



Fuente. Autores del proyecto

Figura 26. Importancia UEN



Fuente: Autores del proyecto

ANEXO 47. RESUMEN DE LA COMPARACIÓN

Tabla 40. Resumen de la comparación

	RAPIDEZ DE ENTREGA	PRECIO	PORTAFOLIO PRODUCTO	FRECUENCIA SERVICIO	CALIDAD EN ATENCION	DISEÑO DEL PRODUCTO	CALIDAD DE PRODUCTO	ENTREGA COMPLETA	FACILIDAD DE PAGO
COMERCIO MINORISTA MP		1					2		
COMERCIO MAYORISTA MP		1					3	2	
PUBLICIDAD INDUSTRIAL	1		3	1				2	
CONFECCION DOTACIONES		1			2			3	
CONFECCION FEMENINO			3				2	1	
CONFECCION MASCULINO		1					3	2	1
CONFECCION ROPA DEPORTIVA	1						3		2
CONFECCION INFANTIL		1					3	2	
CONFECCION QUIRURGICO	3	1							2
MAYORISTA PT		1					2		
COMERCIO AL DETAL		1					3	2	
GRANDES SUPERFICIES		1	3				2		

Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 48. ESTRATEGIAS

Tabla 41. Estrategias

	RAPIDEZ DE ENTREGA	PRECIO	PORTAFOLIO DE PRODUCTO	FRECUENCIA DE SERVICIO	CALIDAD EN LA ATENCION	DISEÑO DEL PRODUCTO	CALIDAD DEL PRODUCTO	ENTREGA COMPLETA	FACILIDADES DE PAGO	CLIENTES	ESTRATEGIA
A		X								1152	REDUCIR COSTOS DE ADQUISICIÓN Y DE SERVIR
B		X						X		1389	REDUCIR COSTOS DE ADQUISICIÓN Y DE SERVIR, Y MEJORAR INVENTARIO
C	X									180	RED DE DISTRIBUCIÓN
D								X		772	MEJORAR INVENTARIO

Fuente. Autores del proyecto

ANEXO 49. TIEMPOS DE RESPUESTA ACTUALES E IDEALES

Tabla 42. Tiempos de respuesta actuales e ideales

SEGMENTO	TIEMPO DE RESPUESTA IDEAL	TIEMPO DE RESPUESTA ACTUAL	
		% de clientes con tiempo de respuesta ≤ ideal	% de clientes con tiempo de respuesta > ideal
Mayoristas MP	3 días	24%	76%
Minoristas MP	1 día	12%	88%
Confección dotaciones	1 día	32%	68%
Confección femenino	1 día	22%	78%
Confección infantil	1 día	33%	67%
Confección masculino	Entre 1 y 3 días	59%	41%
Confección ropa deportiva	1 día	100%	0%
Mayorista PT	1 día	25%	75%
Grandes superficies	3 días	0%	100%
Comercio al detal	1 día	7%	93%
Industrial	1 día	14%	86%
Publicidad	1 día	34%	66%
Quirúrgico	1 día	50%	50%

Fuente: Autores del proyecto

Anexo 50. Resultados encuesta por segmento

Preguntas 23 y 24 del cuestionario

Mayoristas Materia Prima

Figura 27. Tiempo de respuesta actual MMP (Días)



Fuente: Autores del proyecto

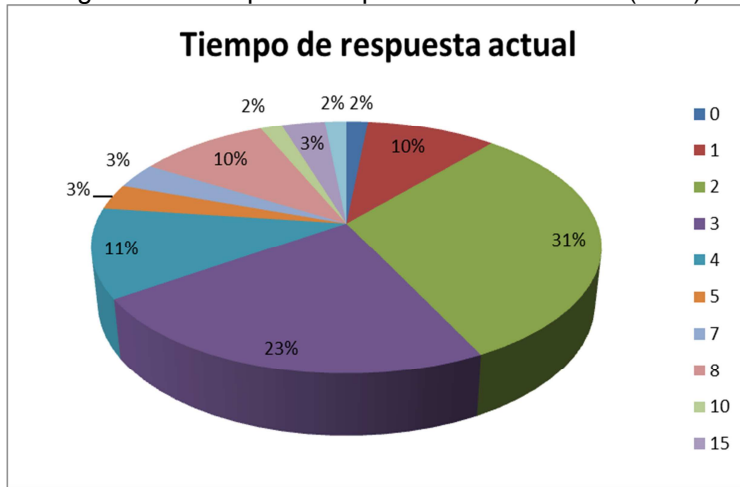
Figura 28. Tiempo de respuesta ideal MMP (Días)



Fuente: Autores del proyecto.

Minorista Materia Prima

Figura 29. Tiempo de respuesta actual MinMP (Días)



Fuente: Autores del proyecto

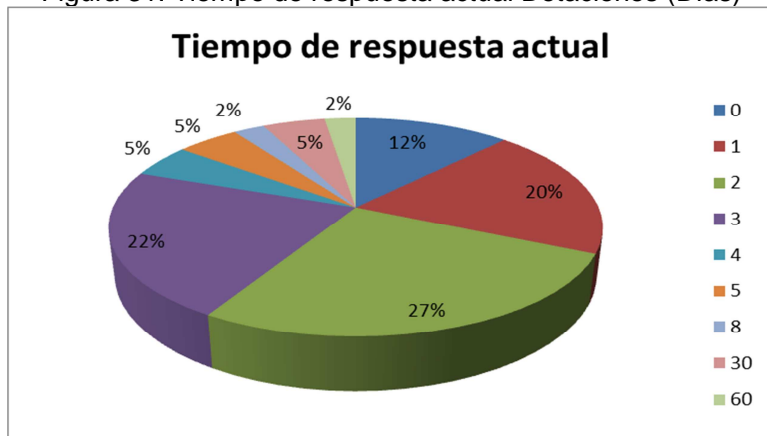
Figura 30. Tiempo de respuesta ideal MinMP (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Confección dotaciones

Figura 31. Tiempo de respuesta actual Dotaciones (Días)



Fuente: Autores del proyecto

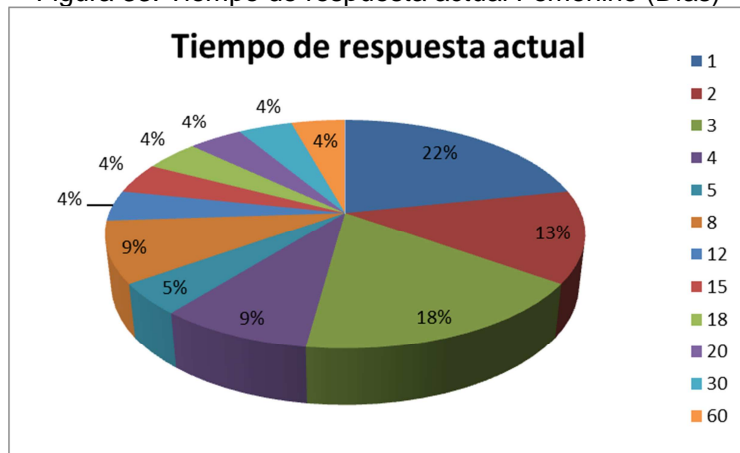
Figura 32. Tiempo de respuesta ideal Dotaciones (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Confección Femenino

Figura 33. Tiempo de respuesta actual Femenino (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Figura 34. Tiempo de respuesta ideal Femenino (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Confección Infantil

Figura 35. Tiempo de respuesta actual Infantil (Días)



Fuente: Autores del proyecto

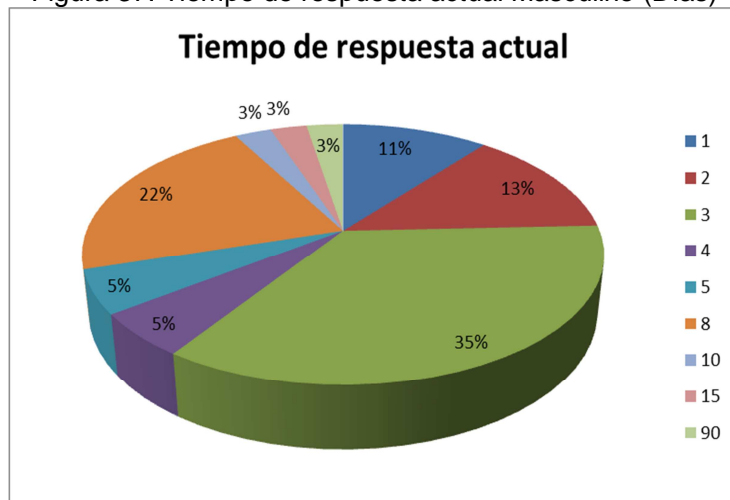
Figura 36. Tiempo de respuesta ideal Infantil (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Confección Masculino

Figura 37. Tiempo de respuesta actual Masculino (Días)



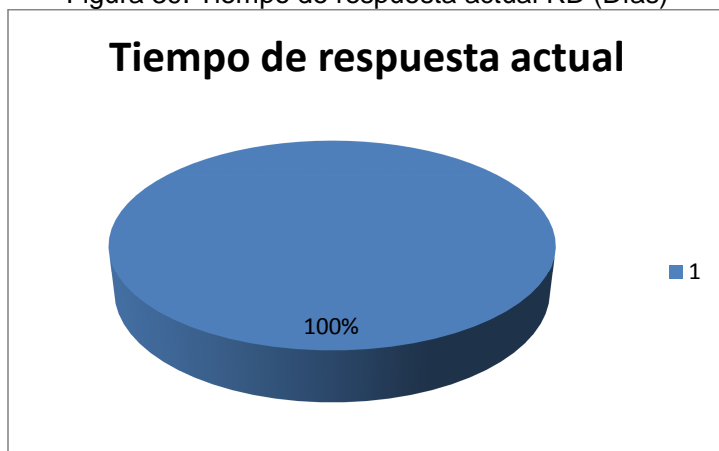
Fuente: Autores del proyecto

Figura 38. Tiempo de respuesta ideal Masculino (Días)



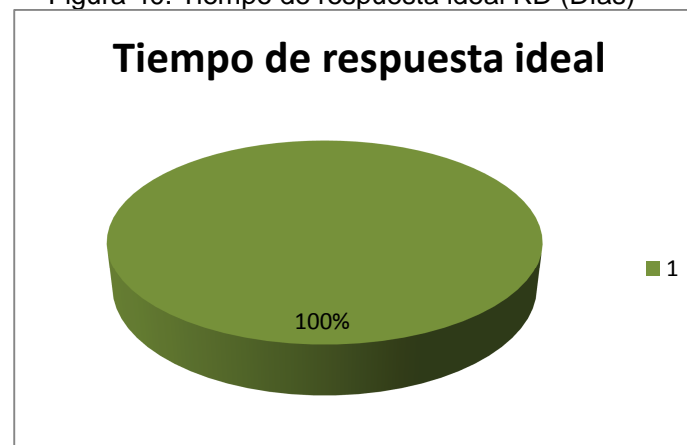
Fuente: Autores del proyecto

Figura 39. Tiempo de respuesta actual RD (Días)



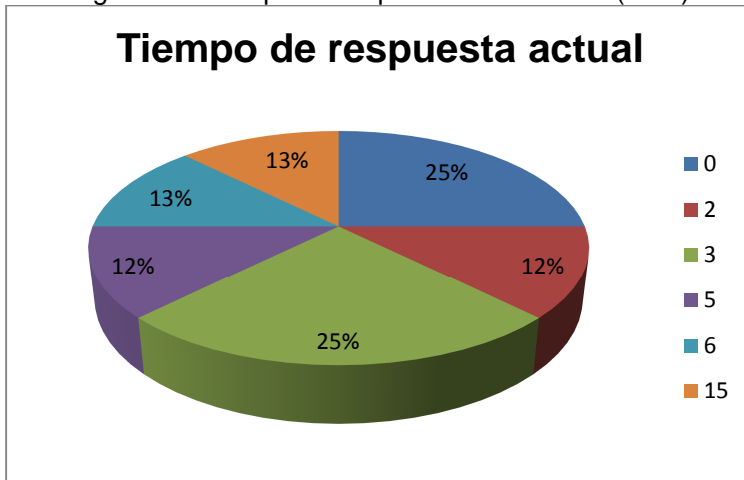
Fuente: Autores del proyecto

Figura 40. Tiempo de respuesta ideal RD (Días)



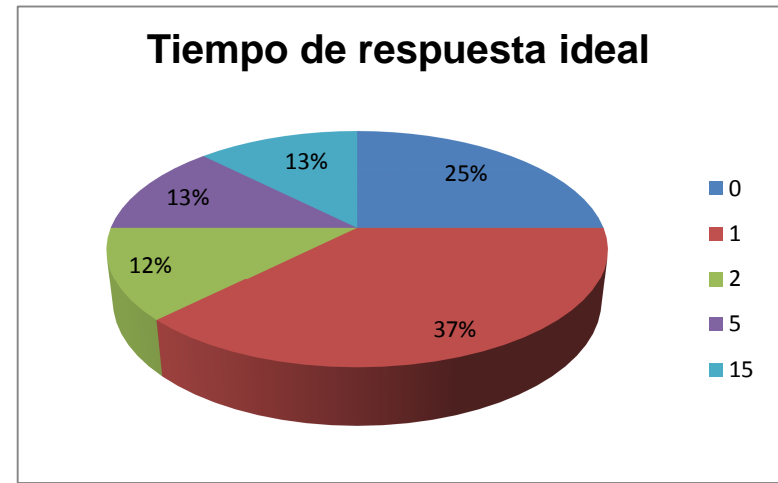
Fuente: Autores del proyecto

Figura 41. Tiempo de respuesta actual MPT (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Figura 42. Tiempo de respuesta ideal MPT (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Figura 43. Tiempo de respuesta actual GS (Días)



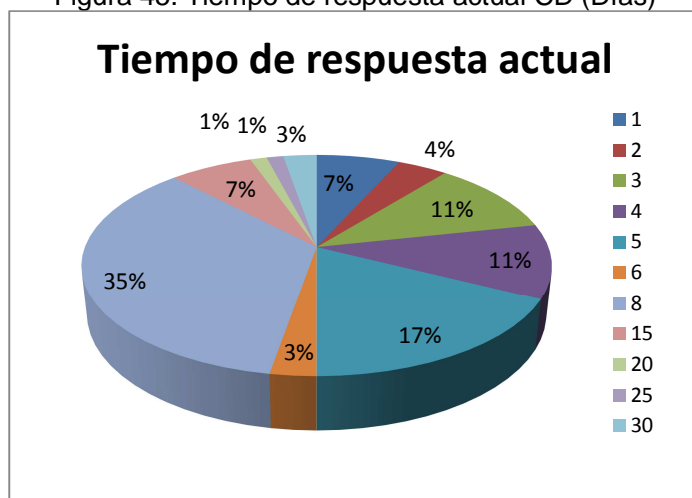
Fuente: Autores del proyecto

Figura 44. Tiempo de respuesta ideal GS (Días)



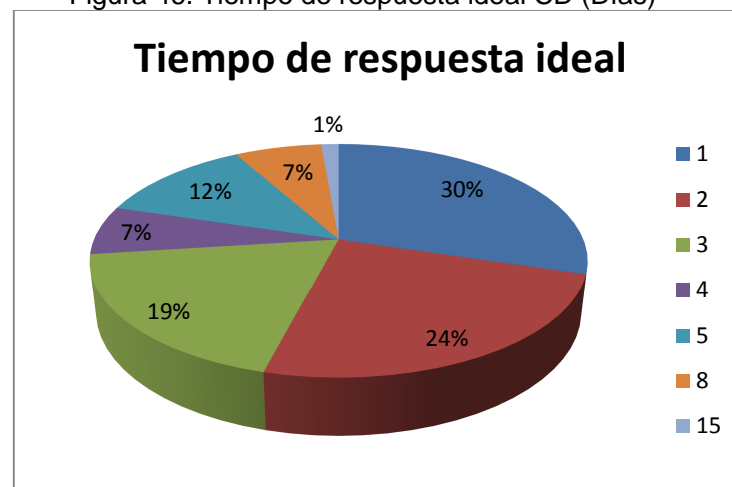
Fuente: Autores del proyecto

Figura 45. Tiempo de respuesta actual CD (Días)



Fuente: Autores del proyecto

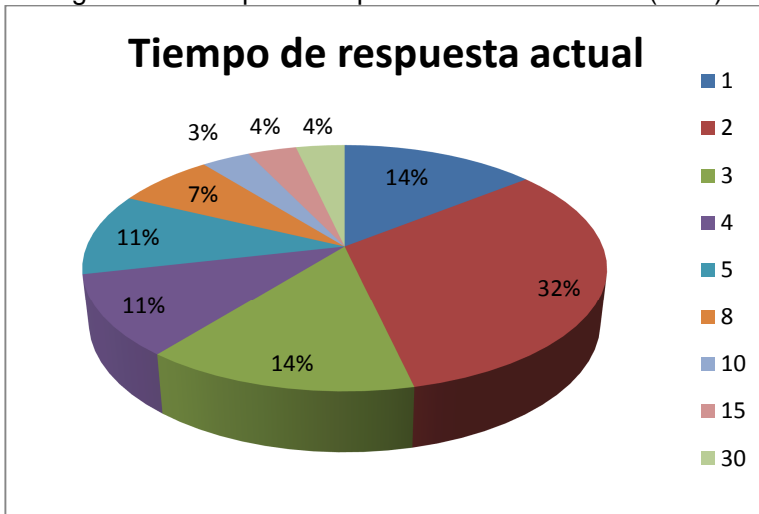
Figura 46. Tiempo de respuesta ideal CD (Días)



Fuente: Autores del proyecto

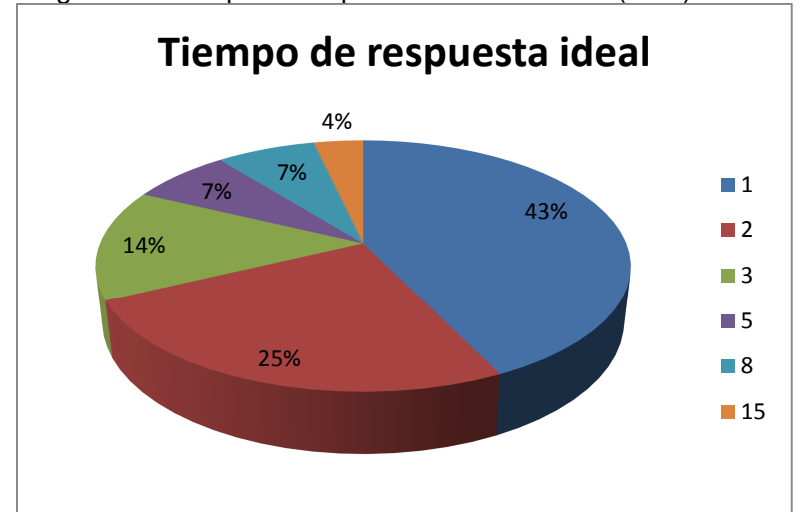
Industrial

Figura 47. Tiempo de respuesta actual Industrial (Días)



Fuente: Autores del proyecto

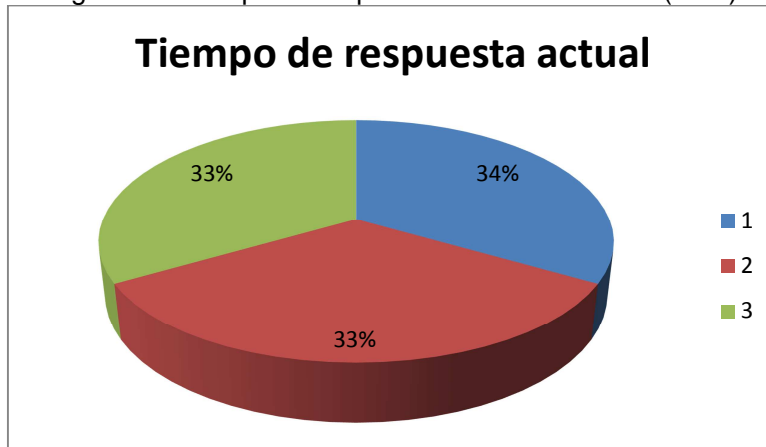
Figura 48. Tiempo de respuesta ideal Industrial (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Publicidad

Figura 49. Tiempo de respuesta actual Publicidad (Días)



Fuente: Autores del proyecto

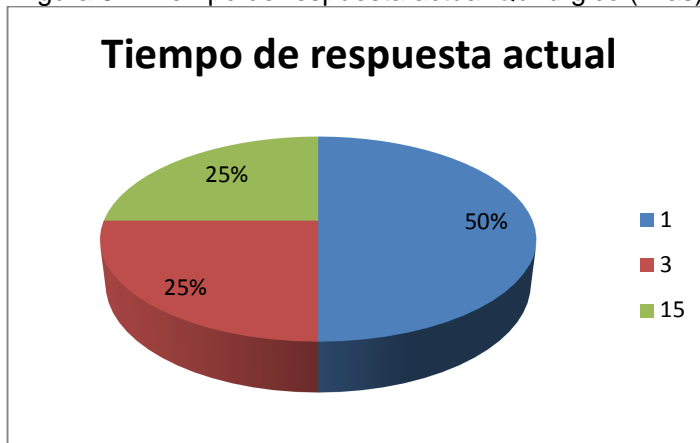
Figura 50. Tiempo de respuesta ideal Publicidad (Días)



Fuente: Autores del proyecto

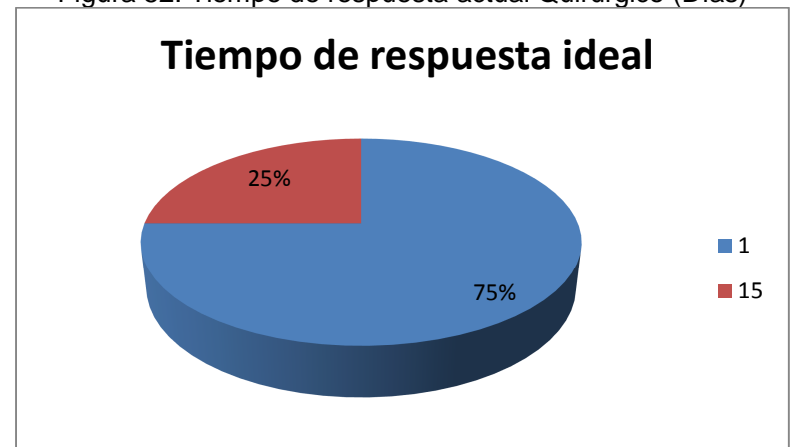
Quirúrgico

Figura 51. Tiempo de respuesta actual Quirúrgico (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Figura 52. Tiempo de respuesta ideal Quirúrgico (Días)



Fuente: Autores del proyecto

Pregunta 26 del cuestionario

Mayorista Materia Prima

Figura 53. Comparación de atributos MMP

Rapidez de Entrega	25%	Entrega Completa	75%
Precio	88%	Facilidades de Pago	13%
Portafolio de Producto	50%	Rapidez de Entrega	50%
Rapidez de Entrega	13%	Precio	88%
Frecuencia de Servicio	50%	Facilidades de Pago	50%
Calidad en la Atención	13%	Precio	88%
Diseño del Producto	0%	Calidad del Producto	100%
Portafolio de Producto	13%	Precio	88%
Calidad del Producto	88%	Calidad en la Atención	13%

Fuente: Autores del proyecto

Minorista Materia Prima

Figura 54. Comparación de atributos MinMP

Rapidez de Entrega	39%	Entrega Completa	61%
Precio	72%	Facilidades de Pago	28%
Portafolio de Producto	38%	Rapidez de Entrega	62%
Rapidez de Entrega	20%	Precio	80%
Frecuencia de Servicio	41%	Facilidades de Pago	59%
Calidad en la Atención	44%	Precio	56%
Diseño del Producto	3%	Calidad del Producto	97%
Portafolio de Producto	21%	Precio	79%
Calidad del Producto	72%	Calidad en la Atención	28%

Fuente: Autores del proyecto

Confección Dotaciones

Figura 55. Comparación de atributos Dotaciones

Rapidez de Entrega	37%	Entrega Completa	63%
Precio	66%	Facilidades de Pago	34%
Portafolio de Producto	27%	Rapidez de Entrega	73%
Rapidez de Entrega	20%	Precio	80%
Frecuencia de Servicio	34%	Facilidades de Pago	66%
Calidad en la Atención	71%	Precio	29%
Diseño del Producto	7%	Calidad del Producto	93%
Portafolio de Producto	27%	Precio	73%
Calidad del Producto	59%	Calidad en la Atención	41%

Fuente: Autores del proyecto

Confección Femenino

Figura 56. Comparación de atributos Femenino

Rapidez de Entrega	22%	Entrega Completa	78%
Precio	61%	Facilidades de Pago	39%
Portafolio de Producto	52%	Rapidez de Entrega	48%
Rapidez de Entrega	22%	Precio	78%
Frecuencia de Servicio	30%	Facilidades de Pago	70%
Calidad en la Atención	48%	Precio	52%
Diseño del Producto	9%	Calidad del Producto	91%
Portafolio de Producto	39%	Precio	61%
Calidad del Producto	70%	Calidad en la Atención	30%

Fuente: Autores del proyecto.

Confección Infantil

Figura 57. Comparación de atributos Infantil

Rapidez de Entrega	25%	Entrega Completa	75%
Precio	92%	Facilidades de Pago	8%
Portafolio de Producto	50%	Rapidez de Entrega	50%
Rapidez de Entrega	0%	Precio	100%
Frecuencia de Servicio	25%	Facilidades de Pago	75%
Calidad en la Atención	17%	Precio	83%
Diseño del Producto	8%	Calidad del Producto	92%
Portafolio de Producto	17%	Precio	83%
Calidad del Producto	92%	Calidad en la Atención	8%

Fuente: Autores del proyecto.

Confección Masculino

Figura 58. Comparación de atributos Masculino

Rapidez de Entrega	22%	Entrega Completa	78%
Precio	76%	Facilidades de Pago	24%
Portafolio de Producto	43%	Rapidez de Entrega	57%
Rapidez de Entrega	14%	Precio	86%
Frecuencia de Servicio	16%	Facilidades de Pago	84%
Calidad en la Atención	35%	Precio	65%
Diseño del Producto	16%	Calidad del Producto	84%
Portafolio de Producto	24%	Precio	76%
Calidad del Producto	89%	Calidad en la Atención	11%

Fuente: Autores del proyecto.

Confección Ropa Deportiva

Figura 59. Comparación de atributos Deportiva

Rapidez de Entrega	67%	Entrega Completa	33%
Precio	33%	Facilidades de Pago	67%
Portafolio de Producto	33%	Rapidez de Entrega	67%
Rapidez de Entrega	67%	Precio	33%
Frecuencia de Servicio	33%	Facilidades de Pago	67%
Calidad en la Atención	33%	Precio	67%
Diseño del Producto	0%	Calidad del Producto	100%
Portafolio de Producto	67%	Precio	33%
Calidad del Producto	67%	Calidad en la Atención	33%

Fuente: Autores del proyecto.

Mayorista Producto Terminado

Figura 60. Comparación de atributos MPT

Rapidez de Entrega	63%	Entrega Completa	38%
Precio	75%	Facilidades de Pago	25%
Portafolio de Producto	50%	Rapidez de Entrega	50%
Rapidez de Entrega	13%	Precio	88%
Frecuencia de Servicio	38%	Facilidades de Pago	63%
Calidad en la Atención	50%	Precio	50%
Diseño del Producto	25%	Calidad del Producto	75%
Portafolio de Producto	25%	Precio	75%
Calidad del Producto	75%	Calidad en la Atención	25%

Fuente: Autores del proyecto.

Grandes Superficies

Figura 61. Comparación de atributos GS

Rapidez de Entrega	33%	Entrega Completa	67%
Precio	67%	Facilidades de Pago	33%
Portafolio de Producto	67%	Rapidez de Entrega	33%
Rapidez de Entrega	0%	Precio	100%
Frecuencia de Servicio	33%	Facilidades de Pago	67%
Calidad en la Atención	33%	Precio	67%
Diseño del Producto	33%	Calidad del Producto	67%
Portafolio de Producto	33%	Precio	67%
Calidad del Producto	100%	Calidad en la Atención	0%

Fuente: Autores del proyecto.

Comercio al Detall

Figura 62. Comparación de atributos CD

Rapidez de Entrega	38%	Entrega Completa	62%
Precio	65%	Facilidades de Pago	35%
Portafolio de Producto	45%	Rapidez de Entrega	55%
Rapidez de Entrega	30%	Precio	70%
Frecuencia de Servicio	47%	Facilidades de Pago	53%
Calidad en la Atención	58%	Precio	42%
Diseño del Producto	28%	Calidad del Producto	72%
Portafolio de Producto	20%	Precio	80%
Calidad del Producto	62%	Calidad en la Atención	38%

Fuente: Autores del proyecto.

Industrial

Figura 63. Comparación de atributos Industrial

Rapidez de Entrega	54%	Entrega Completa	46%
Precio	64%	Facilidades de Pago	36%
Portafolio de Producto	39%	Rapidez de Entrega	61%
Rapidez de Entrega	7%	Precio	93%
Frecuencia de Servicio	25%	Facilidades de Pago	75%
Calidad en la Atención	46%	Precio	54%
Diseño del Producto	7%	Calidad del Producto	93%
Portafolio de Producto	18%	Precio	82%
Calidad del Producto	89%	Calidad en la Atención	11%

Fuente: Autores del proyecto.

Publicidad

Figura 64. Comparación de atributos Publicidad

Rapidez de Entrega	33%	Entrega Completa	67%
Precio	67%	Facilidades de Pago	33%
Portafolio de Producto	33%	Rapidez de Entrega	67%
Rapidez de Entrega	67%	Precio	33%
Frecuencia de Servicio	67%	Facilidades de Pago	33%
Calidad en la Atención	33%	Precio	67%
Diseño del Producto	0%	Calidad del Producto	100%
Portafolio de Producto	67%	Precio	33%
Calidad del Producto	100%	Calidad en la Atención	0%

Fuente: Autores del proyecto.

Quirúrgico

Figura 65. Comparación de atributos Quirúrgico

Rapidez de Entrega	50%	Entrega Completa	50%
Precio	50%	Facilidades de Pago	50%
Portafolio de Producto	25%	Rapidez de Entrega	75%
Rapidez de Entrega	0%	Precio	100%
Frecuencia de Servicio	0%	Facilidades de Pago	100%
Calidad en la Atención	0%	Precio	100%
Diseño del Producto	0%	Calidad del Producto	100%
Portafolio de Producto	0%	Precio	100%
Calidad del Producto	75%	Calidad en la Atención	25%

Fuente: Autores del proyecto

