



**“PROPUESTA DEL REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN
PARA PRODUCTOS TERMINADOS EN CORPORACIÓN
ACEROS AREQUIPA”**

**Trabajo de Investigación presentado
para optar al Grado Académico de
Magíster en Supply Chain Management**

Presentado por

**Sr. Andree Ricardo Carbonero Ramírez
Sra. Denisse Alexandra Ferrer Contreras
Sr. Iván Heraldo Lama Somontes**

Asesor: Profesor Mario Chong

2017

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de gráficos	vi
Índice de anexos	vii
Capítulo I. Introducción	1
1. Entorno global, regional y nacional	1
1.1. Descripción de la situación económica	1
1.2. Análisis de la situación económica	2
Capítulo II. Entorno sectorial	3
1. El sector siderúrgico en el mundo y América Latina	3
2. El sector siderúrgico en el Perú.....	4
3. Análisis de la competencia: Siderperú	5
4. Análisis sectorial	6
Capítulo III. Análisis de la empresa	9
1. Antecedentes y situación actual	9
1.1. Historia.....	9
1.2. Información complementaria	10
1.2.1. Subsidiarias y asociadas.....	10
1.2.2. Sedes	10
1.2.3. Grupos de interés	11
1.3. Organización	11
1.4. Productos.....	12
1.5. Participación de mercado	12
1.6. Aspecto económico	13
2. Estrategia operativa.....	14
2.1. Planeamiento estratégico corporativo	14

2.2. Modelo de negocio.....	16
2.3. Mapa de procesos.....	16
Capítulo IV. Análisis de la cadena de abastecimiento	17
1. Situación actual.....	17
1.1. Nivel estratégico	17
1.1.1. Planeamiento estratégico logístico.....	17
1.1.2. Mapa estratégico logístico.....	18
1.1.3. Conformación de la cadena de abastecimiento	19
1.1.4. Canales de distribución	20
1.1.4.1. Variables críticas de desempeño	20
1.2. Nivel táctico y operativo	20
1.2.1. Gestión de almacenes, transporte y centros de distribución.....	20
1.2.1.1. Distribución a clientes.....	20
1.2.1.2. Gestión de almacenes.....	21
1.2.1.3. Reaprovisionamiento interno	21
1.2.2. Producción	21
1.2.3. Gestión comercial	21
1.2.3.1. Indicadores de gestión.....	22
2. Identificación de problemas y oportunidades.....	22
Capítulo V. Propuesta de mejora	28
1. Modelo de optimización para la red de distribución actual	28
1.1. Presentación de la red de distribución actual	28
1.2. Justificación del uso de la programación lineal	28
1.3. Descripción del modelo de optimización.....	29
1.4. Formulación del modelo	32
1.5. Programación y resultados	34
2. Modelo de optimización para la red de distribución propuesta.....	37
2.1. Descripción del modelo de optimización.....	37

2.2. Formulación del modelo	40
2.3. Programación y resultados	43
2.4. Diseño final de la cadena de abastecimiento.....	46
3. Metodología de logica difusa	46
3.1. Justificación del uso de la lógica difusa	46
3.2. Identificación de variables lingüísticas	48
3.3. Planteamiento de conjuntos y reglas difusas.....	48
3.3.1. Simulación bajo inferencia Mamdani y resultados	52
3.4. Presentacion final del proyecto	53
3.5. Evaluación económica	54
Conclusiones y recomendaciones.....	56
1. Conclusiones	56
2. Recomendaciones.....	56
Bibliografía	58
Anexos	61

Índice de tablas

Tabla 1.	Proporción de producción – Siderperú	5
Tabla 2.	Ventas por mercado – Siderperú	6
Tabla 3.	Empresas subsidiarias y asociadas – Caasa	10
Tabla 4.	Resultados 2013 a 2016 – Caasa	13
Tabla 5.	Ventas por mercado – Caasa	14
Tabla 6.	Ventas por línea de producto – Caasa	14
Tabla 7.	Proporción TM por canal de distribución.....	23
Tabla 8.	Proporción despachos por centro de distribución.....	24
Tabla 9.	<i>Lead time</i> Caasa vs. Siderperú.....	25
Tabla 10.	Obras por zona geográfica.....	26
Tabla 11.	Iniciativas y objetivos de la investigación.....	26
Tabla 12.	Proyección de ventas 2017 – 2021	30
Tabla 13.	Costo fijo por CD	31
Tabla 14.	Costo variable por CD	31
Tabla 15.	Primera propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021	35
Tabla 16.	Primera propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021	37
Tabla 17.	Asignación de mercados a los centros de distribución	39
Tabla 18.	Costos fijos y variables de los nuevos CD	39
Tabla 19.	Costo fijo anual de los CD.....	40
Tabla 20.	Segunda propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021	43
Tabla 21.	Segunda propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021	45
Tabla 22.	Última propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021	46
Tabla 23.	Última propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021	46
Tabla 24.	Variables lingüísticas a evaluar según área	49
Tabla 25.	Términos lingüísticos y definición de valores	50
Tabla 26.	Resultados factibilidad de ubicación del centro de distribución	52
Tabla 27.	<i>Project charter</i>	53
Tabla 28.	Flujo de caja del proyecto.....	55

Índice de gráficos

Gráfico 1.	Organigrama Caasa	11
Gráfico 2.	Participación de mercado nacional en Baco	12
Gráfico 3.	Objetivos estratégicos.....	15
Gráfico 4.	Modelo de negocio de Caasa.....	16
Gráfico 5.	Mapa de procesos Caasa.....	16
Gráfico 6.	Organigrama cadena de suministro de Caasa	17
Gráfico 7.	Proceso integral cadena de suministro de Caasa	17
Gráfico 8.	Plan estratégico logístico de Caasa.....	18
Gráfico 9.	Cadena de abastecimiento sector siderúrgico peruano	19
Gráfico 10.	Canales de distribución de Caasa	20
Gráfico 11.	Efectividad de entrega por canal de distribución.....	23
Gráfico 12.	Efectividad de entrega canal comerciante provincia	23
Gráfico 13.	Efectividad de entrega vs. <i>on time</i> canal constructoras	24
Gráfico 14.	Comparativo de costos de la situación propuesta y actual – año 2017.....	36
Gráfico 15.	Comparativo de costos de la situación propuesta y actual – año 2017.....	44
Gráfico 16.	Lógica difusa	48
Gráfico 17.	Definición de conjuntos y reglas difusas.....	51

Índice de anexos

Anexo 1.	Evolución precio del acero	62
Anexo 2.	Producción mundial de acero crudo	62
Anexo 3.	Producción de acero crudo en América Latina.....	63
Anexo 4.	Productos Caasa.....	63
Anexo 5.	Red Caasa actual.....	65
Anexo 6.	Distancia virtual (km).....	66
Anexo 7.	Fletes (S/TM).....	67
Anexo 8.	Programación lineal 1.....	68
Anexo 9.	Red Caasa evaluada.....	70
Anexo 10.	Programación lineal 2.....	71
Anexo 11.	Gestión del alcance.....	76
Anexo 12.	Gestión del tiempo.....	80
Anexo 13.	Gestión de riesgos.....	81
Anexo 14.	Gestión de interesados.....	83

Capítulo I. Introducción

1. Entorno global, regional y nacional

1.1.Descripción de la situación económica

Según un estudio realizado por el Bank of America, la economía mundial está mejorando y los inversores vienen siendo optimistas respecto a esta. Este optimismo viene acompañado de las medidas que Donald Trump aplicaría, como rebajar los impuestos, aumentar el gasto fiscal y flexibilizar las regulaciones. Se espera que ello dinamice el sector construcción.

Según un nuevo informe de perspectivas de la economía mundial, difundido en abril por el Fondo Monetario Internacional (FMI), con los mercados financieros en alza y la tan esperada recuperación cíclica de la manufactura y el comercio internacional en marcha, las proyecciones apuntan a un crecimiento mundial de 3,5% en el 2017 y 3,6% en el 2018. Según un informe del Banco Mundial, la economía china seguirá creciendo en el 2017, en 6,5%.

Adicionalmente, en el 2017, los precios de los metales en los mercados internacionales se incrementarán, siendo el cobre y el zinc algunos de los más beneficiados, en parte por este anuncio de mayor gasto fiscal de Estados Unidos, que ha dinamizado e incrementado la demanda de minerales por expectativa de mayor inversión en construcción.

En la región, América Latina específicamente, se espera que el producto bruto interno (PBI) se recupere después de cuatro años de desaceleración. Según un estudio del BBVA Research se prevé un crecimiento del 1% en el 2017 y del 1,7% en el 2018. El mayor dinamismo en el 2017 lo tendrán Perú (3,5%), Paraguay (2,9%), Argentina (2,8%) y Colombia (2,4%), y en menor medida Chile (1,6%) y Uruguay (1,3%). Brasil avanza en la recuperación del crecimiento gracias a la aprobación de la reforma fiscal y a la disminución de los tipos de interés. BBVA Research estima un crecimiento del 0,9% para el país en el 2017 y un 1,2% en el 2018, y resalta los riesgos relacionados con el ruido político en muchos países, que se magnifica con un ciclo electoral muy denso en la región, con elecciones importantes en el 2017 o 2018 en casi todos los países.

El FMI bajó la proyección de crecimiento del Perú para el 2017, de 4,3% a 3,5%. Pero será la economía de mayor crecimiento, superada solo por Paraguay. Para el 2018, el FMI espera un crecimiento superior al 2017, de 3,7%. Para el organismo multilateral, el Perú tendrá una inflación

de 3,1% en el presente año, aunque bajará a 2,6% para el 2018. El desempleo se mantendrá con un alza de 6,7% en este y el próximo año.

La Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) prevé que el sector construcción crecerá 4% en el 2017, considerando un quiebre luego de 2 años seguidos de caídas, dado que al cierre del 2016 el sector construcción acumuló un decrecimiento de 3,15%.

1.2. Análisis de la situación económica

A nivel mundial se ve una mayor confianza en las inversiones en infraestructura, pero el entorno político actual podría afectar el crecimiento económico. Si bien se prevé un crecimiento económico en los principales países del orbe, el ruido político podría ser perjudicial. China conserva una tendencia de crecimiento, aunque no al mismo nivel de años anteriores, pero superior a muchos países, lo que mantiene un creciente optimismo en los inversionistas.

En América Latina, los indicadores de confianza no se han visto afectados en la mayoría de los países luego de los primeros anuncios del nuevo presidente de Estados Unidos, y los mercados financieros han recuperado la calma. Nuevamente la situación política de la región, por las elecciones presidenciales en varios países, permite mantener un riesgo de continuidad en el crecimiento que se pronostica para los siguientes años. Este crecimiento a partir del 2017 quiebra una tendencia a la desaceleración del crecimiento en los últimos cuatro años, entre 2013 y 2016. El crecimiento de la región provendrá de la mejora del sector exterior, la recuperación de los precios de las materias primas y a la depreciación de las divisas de los últimos dos años, así como por el impulso de la inversión pública y privada en países como Argentina, Colombia y Perú.

El Perú no pasa por desapercibido con el fenómeno natural El Niño, que podría traer reducción del crecimiento económico para el 2017, según el BBVA Research. Al respecto, el Gobierno ha informado que la reconstrucción por el fenómeno El Niño demandará una inversión de US\$ 9.000 millones en un lapso de cinco años, lo cual beneficiará al crecimiento económico especialmente con el impulso en la construcción, y más específicamente en el norte del país, abriéndose oportunidades de inversión. Asimismo, existe un interés del Gobierno por destrabar proyectos de inversión, pero estos están asociados a licencias sociales, según Capeco, que no dependen del Gobierno, sino de la capacidad que se tenga de generar una adhesión de los proyectos en la población.

Capítulo II. Entorno sectorial

1. El sector siderúrgico en el mundo y América Latina

Uno de los sectores que ha resultado altamente afectado por la ralentización económica global ha sido el sector siderúrgico. Muchos países desarrollados encuentran ahora muy complicada la competencia con China, que produce cerca del 50% de la oferta global y ofrece sus productos a precios *dumping*, y que debido a su sobrecapacidad instalada, exporta sus excedentes al resto del mundo hundiendo los precios del acero y llevando al cierre de las industrias.

La capacidad global, según los datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es de aproximadamente 2.370 millones de toneladas. De esta cantidad, China acumula alrededor de 1.140 millones, es decir, casi la mitad mundial. Una cifra muy superior a la demanda interna, que ha ido disminuyendo en intensidad a medida que se ha reducido el crecimiento de su economía en los últimos 4 años y le ha generado un exceso de capacidad de cerca de 400 millones de toneladas anuales.

Dadas las circunstancias, en el 2016, representantes de distintos gobiernos a nivel mundial se reunieron junto a representantes de la industria global del acero para abordar la grave crisis que está provocando la sobrecapacidad en la industria siderúrgica. En dicha reunión se concluyó, en primer lugar, que los retos de la industria siderúrgica deben ser enfrentados mediante un constante diálogo internacional y, en segundo lugar, que las medidas gubernamentales de apoyo han contribuido significativamente a la sobrecapacidad, al comercio desleal y a las distorsiones en los flujos comerciales del acero. Esto sugiere que se deben realizar ajustes estructurales en una política industrial apropiada desarrollada por los gobiernos en cooperación con la industria. En este contexto económico es crucial que las políticas promuevan condiciones equitativas para que las empresas siderúrgicas de una región no se vean en desventaja respecto de las otras regiones.

Sin embargo, los desafíos en la industria siderúrgica no son recientes. Los fabricantes de acero han estado sintiendo la presión desde la crisis financiera del 2007-2008. Adicionalmente, los precios del acero han tenido un comportamiento a la baja en casi dos tercios desde el 2011, debido al estancamiento de la demanda global y el aumento de las exportaciones de China. La tendencia del precio del acero se aprecia en el anexo 1.

La industria siderúrgica en números da como resultado que la producción mundial de acero crudo en el 2016 alcanzó 1.629,6 millones de toneladas, 0,9% más que el 2015. China representó el 49,61% de este volumen con 808,40 millones de toneladas, 1,20% mayor a su producción del año anterior. Sudamérica produjo 40,20 millones de toneladas, 8,43% menos que el 2015 y 2,47% de la producción mundial. En el anexo 2 se detalla la producción de acero en los últimos años y la incidencia de la región.

Dentro de los países sudamericanos, Brasil representa un 77,58% con 31,21 millones de toneladas mientras que Argentina 10,26% y Perú un 2,91% con 4,13 y 1,17 millones de toneladas producidas respectivamente en el 2016. En el anexo 3 se detalla la producción de acero en los últimos años y la incidencia por cada país sudamericano. En el 2016, las exportaciones de acero laminado en América Latina presentaron una marcada diferencia con respecto al año anterior. Así por ejemplo, Brasil aumentó estas en 10% y Perú en 13%, mientras que Argentina disminuyó en un 19%. Las importaciones de acero laminado alcanzaron alrededor de los 21,5 millones de toneladas, disminuyendo significativamente el volumen de todos los países en comparación con el 2015. Por su parte, las importaciones chinas representaron aproximadamente 7,9 millones de toneladas del total exportado por China, alrededor de 110 millones de toneladas (Alacero 2017).

Según [Worldsteel](#)^[Office1], para el 2017, la demanda acerera de América Central y América Latina subirá 4,1% en 2017, a 42,5 TM, mientras que a nivel mundial esta aumentará 0,5%.

2. El sector siderúrgico en el Perú

Corporación Aceros Arequipa S.A. (Caasa) y la Empresa Siderúrgica del Perú S.A. (Siderperú) son las únicas empresas productoras de acero nacionales. Ambas empresas, junto a importadoras y comercializadoras de acero independientes, abastecen al mercado nacional con productos largos, como barras de construcción, barras lisas y perfiles; así como con productos planos tales como bobinas, planchas, tubos y calaminas para el sector construcción, minero, industrial, principalmente metalmecánica.

Siderperú, anteriormente empresa del Estado peruano y del grupo Wiese, en el 2006 formó parte de la transnacional brasileña Gerdau con más del 83% de las acciones y al cierre del 2016, con 90,03%. Gerdau es uno de los gigantes de la industria del acero (N° 17 en el *ranking* mundial) y tiene operaciones en Brasil, Chile, Colombia, España, Estados Unidos, Turquía, India y otros más países ([Memoria anual Sider 2016](#)^[Office2]).

El complejo industrial de Siderperú tiene una capacidad de producción anual de 650 mil toneladas de acero líquido; para ello cuenta con un alto horno y un horno eléctrico. Su complejo operativo, ubicado en la ciudad de Chimbote, incluye instalaciones de reducción, aceración y laminación de productos largos; de fabricación de productos tubulares, viales, entre otros, y comprende un muelle propio, el cual es utilizado para la recepción y despacho de los principales insumos, materias primas y productos terminados.

El 75% del portafolio de productos de la empresa es producción local en su siderúrgica de Chimbote. El 25% restante viene de fuera, por falta de tecnología o volúmenes; sin embargo, la empresa evalúa empezar a producirlo en el país como parte de su estrategia de crecimiento. (Diario Gestión 2017).

Caasa, empresa de capitales peruanos fundada en el año 1964, cuenta con una planta ubicada en Pisco dedicada a la fabricación de hierro esponja, palanquillas de acero, barras de construcción, barras helicoidales, perfiles, platinas y alambrón de construcción.

Aceros Arequipa es el principal productor del mercado peruano, atiende el 35% del consumo aparente de acero en este mercado y se encuentra altamente integrada a lo largo de la cadena de valor, principalmente hacia la distribución; es por ello que posee participaciones en empresas de la cadena. Además, existen importadores como Deacero de México e Inkaferro, que con la marca Belgo suministra acero de ArcelorMittal. Sin embargo, la participación de estas sobre el nivel total del consumo en el país en las categorías mencionadas es mínimo, alrededor del 7%.

3. Análisis de la competencia: Siderperú

En cuanto a producción, en el año 2016 el nivel de producción de productos largos y planos se incrementó en 10,24%, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 1. Proporción de producción – Siderperú

Producción	2016 (TM)	2015 (TM)	Variación (%)
Largos	431.841,00	398.433,00	8,38%
Planos	58.726,00	46.552,00	26,15%
Total	490.567,00	444.985,00	10,24%

Fuente: Memoria anual Sider, 2016. Elaboración propia

Respecto a las ventas netas, se aprecia que la disminución en las ventas en soles durante el año 2016 fue de 2,40% o su equivalente de S/ 35,7 millones. Este resultado se compone de una disminución de S/ 51,7 millones en el mercado local por la disminución de los precios de los productos de acero, la misma que acompaña la caída de los precios internacionales y un incremento de S/ 15,9 millones en el mercado de exportaciones.

Tabla 2. Ventas por mercado – Siderperú

Miles de soles			
Mercado	2016	2015	Variación (%)
Nacional	1.418.298,00	1.470.001,00	-3,52%
Exportación	32.053,00	16.079,00	99,35%
Total	1.450.351,00	1.486.080,00	-2,40%

Fuente: Memoria anual Sider, 2016. Elaboración propia

4. Análisis sectorial

Para afrontar la situación económica descrita anteriormente, las empresas productoras tomaron medidas de optimización del capital de trabajo y los procesos productivos, reducción de costos y gastos operativos, y fortalecimiento de las alianzas distributivas y ventas con la finalidad de incrementar el nivel de eficiencia, el cual se tradujo en buenos resultados en la utilidad neta. Así, por ejemplo, Siderperú en el 2016 obtuvo una ganancia neta de S/ 100,4 millones, muy superior a la utilidad neta 2015 que fue de S/ 14 millones) mientras que Aceros Arequipa consiguió una utilidad neta de 15% superior a la obtenida el 2015.

Dada la coyuntura, ambas empresas pondrán en ejecución sus planes de inversión de hasta US\$ 300 millones para los próximos cuatro años. Asimismo, consolidar su presencia en el mercado extranjero haciendo hincapié en Bolivia y otros países como Estados Unidos, Brasil, Colombia, Chile y Argentina, incrementar el volumen de venta local y crecer en otros segmentos de la industria buscando así mejores resultados para el 2017 (Diario Gestión 2017).

A continuación se presenta un análisis de las 5 fuerzas de Porter:

- Poder de negociación de los clientes

Existe una alta variedad de clientes en el sector siderúrgico (empresas industriales, constructoras, mineras, comerciantes), los cuales son sensibles al cambio de precio. Además, los clientes pueden

cambiar fácilmente de proveedor, ya que los productos ofertados son estándares, la mayoría se basa en normas internacionales. Por ello, se concluye que el poder de negociación es alto.

Ante esto, Caasa debe seguir fidelizando a sus clientes aprovechando la fortaleza de su marca y experiencia en el sector para no perder participación de mercado y a la vez mejorar su nivel de servicio.

- Poder de negociación de los proveedores

Para Caasa es crucial el abastecimiento de chatarra (materia prima principal) y otros insumos para su proceso productivo. El poder que tienen los proveedores de estos es alto, pues su falta pone en peligro la continuidad de la producción. Ante ello, la empresa ofrece beneficios a los acopiadores de chatarra: pago del flete de transporte, pago al proveedor el mismo día de entrega de la chatarra, agilidad en el proceso de recepción con el fin de que el proveedor se sienta cómodo trabajando con Caasa. Sin embargo, aún hay trabajo por realizar en cuanto a contratos a largo plazo con los proveedores de chatarra local a fin de reducir la volatilidad en el precio y asegurar el abastecimiento continuo.

Respecto al mineral de hierro (otra materia prima importante para el proceso productivo), se encuentra la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. como principal proveedor, por lo que fija el precio y las cantidades. Ante esto, Caasa busca integrarse hacia atrás con su gestión de autoabastecimiento y realiza exploraciones para descubrir yacimientos de mineral de hierro y cal, los cuales son utilizados como insumos en el proceso productivo.

- Amenaza de nuevos competidores

Debido al alto nivel de inversión y capital de trabajo que le demandaría la entrada a un nuevo actor, además de lo importante que es contar con una amplia red de distribución para llevar los productos al cliente final, se consideran estas como barreras de entrada. Por tanto, la amenaza de nuevos competidores es baja.

Con respecto al ingreso de empresas importadoras al mercado, esta fuerza es baja por lo ya mencionado, tener una red de distribución, aparte de los altos costos que implicarían mantener el inventario, trasladar los productos y hacer frente a las barreras arancelarias (*antidumping*), las cuales representan restricciones para el ingreso en este sector.

- Amenaza de productos sustitutos

El acero se mantiene como uno de los principales insumos para sectores como el de construcción y manufactura, ello no implica que a largo plazo se puedan encontrar materiales alternos. Sin embargo, en la actualidad no existen materiales de las mismas características que vayan a eliminar o reemplazar el uso del acero. Por tanto, esta fuerza es de bajo riesgo para el sector.

- Rivalidad entre competidores

En el Perú existen dos empresas productoras de acero que abastecen el mercado local: Caasa y Siderperú. El nivel de competencia es alto debido a que ambas disponen de redes de distribución que les permiten llegar a todo el territorio. Adicionalmente, la competencia con las empresas importadoras es alta, especialmente en los productos planos.

Capítulo III. Análisis de la empresa

1. Antecedentes y situación actual

La empresa de análisis es Corporación Arequipa S.A. (Caasa), empresa nacional líder dedicada a la fabricación y distribución de productos derivados del acero con más de 50 años de experiencia en el mercado peruano.

Su enfoque orientado al servicio al cliente, filosofía de calidad y la mejora continua de sus procesos le han permitido satisfacer la exigente demanda del mercado nacional e internacional, contando con un amplio portafolio de productos y servicios para atender los sectores de construcción, industria y minería.

1.1.Historia

La empresa fue fundada en 1964, en la ciudad de Arequipa. Inició sus operaciones en el año 1966 con la puesta en funcionamiento de su primera planta de laminación de productos de acero, fabricando ángulos, platinas y perfiles para atender los mercados de Lima y Arequipa.

En el año 1983 inauguró su segunda planta de laminación en Pisco y en 1987 se fusionó con Laminadora del Pacífico S.A. iniciando así la fabricación de acero en forma de palanquilla. Ambos hitos fueron fundamentales para la descentralización de su producción y ampliación de su portafolio de productos: fierro corrugado y alambón. De esta manera, hacia fines de la década de 1980 se convirtió en el principal proveedor de productos siderúrgicos en el mercado nacional.

Posteriormente, en el año 1996 invirtió en tecnología de vanguardia y puso en funcionamiento una moderna planta de reducción directa en Pisco, con el propósito de fabricar hierro esponja para mejorar la calidad de sus aceros más finos e incrementar la capacidad de producción.

A fines de 1997, Aceros Arequipa adquirió el 100% de las acciones de Aceros Calibrados S.A. ampliando de esta manera su portafolio de productos con valor agregado. Fue así como nació Corporación Aceros Arequipa S.A.

De acuerdo con su filosofía de invertir en tecnología de punta en todos sus procesos productivos, en el año 2013 culminó la construcción de su segundo tren de laminación en la sede de Pisco.

Su filosofía de calidad total e innovación continua, así como el compromiso de sus colaboradores y directivos son factores decisivos para el éxito de Corporación Aceros Arequipa. De esta manera, se ha consolidado como la empresa líder del mercado, cumpliendo con los más altos estándares de calidad internacional y generando valor agregado permanente para sus clientes.

1.2. Información complementaria

1.2.1. Subsidiarias y asociadas

En el 2016, la empresa constituyó dos nuevas subsidiarias:

- Corporación Aceros del Altiplano SRL: Establecida en Santa Cruz, Bolivia, con el objeto de optimizar la atención a clientes del país mencionado.
- Corporación Aceros Arequipa de Iquitos S.A.C.: Creada para incrementar la participación de mercado de la compañía en la zona oriente del país.

Las empresas subsidiarias y asociadas a la fecha son las siguientes:

Tabla 3. Empresas subsidiarias y asociadas – Caasa

Tipo	Empresa	Participación patrimonial
Subsidiaria	Transporte Barcino S.A.	99,92%
Subsidiaria	Corporación Aceros del Altiplano S.R.L.	99,00%
Subsidiaria	Corporación Aceros Arequipa de Iquitos SAC	99,00%
Asociada	Comercial del Acero S.A.	33,65%
Asociada	Compañía Eléctrica El Platanal SA	10,00%

Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

Otras empresas indirectamente vinculadas a Caasa, a través de sus accionistas, son Tradi S.A. y Comfer S.A., ambas son empresas distribuidoras.

1.2.2. Sedes

Caasa cuenta con sedes ubicadas en Lima, Pisco y Arequipa. En todas ellas funcionan los centros de distribución a excepción de Pisco, donde adicionalmente se ubica la planta productora, y Lima, donde además se encuentran las oficinas administrativas.

Cabe recalcar que en noviembre del 2016 se cerró la planta de Arequipa porque no se encontraba en condiciones de competir bajo la coyuntura de competencia desleal generada por la importación a precios de *dumping* de perfiles desde China. La fabricación de perfiles que se llevaba a cabo en la planta Arequipa fue transferida a la planta de Pisco, donde se concentra el proceso productivo. De esta manera se logró mejorar los costos de producción y el uso de activos.

Las sedes de las empresas subsidiarias se ubican en Iquitos y Santa Cruz, Bolivia.

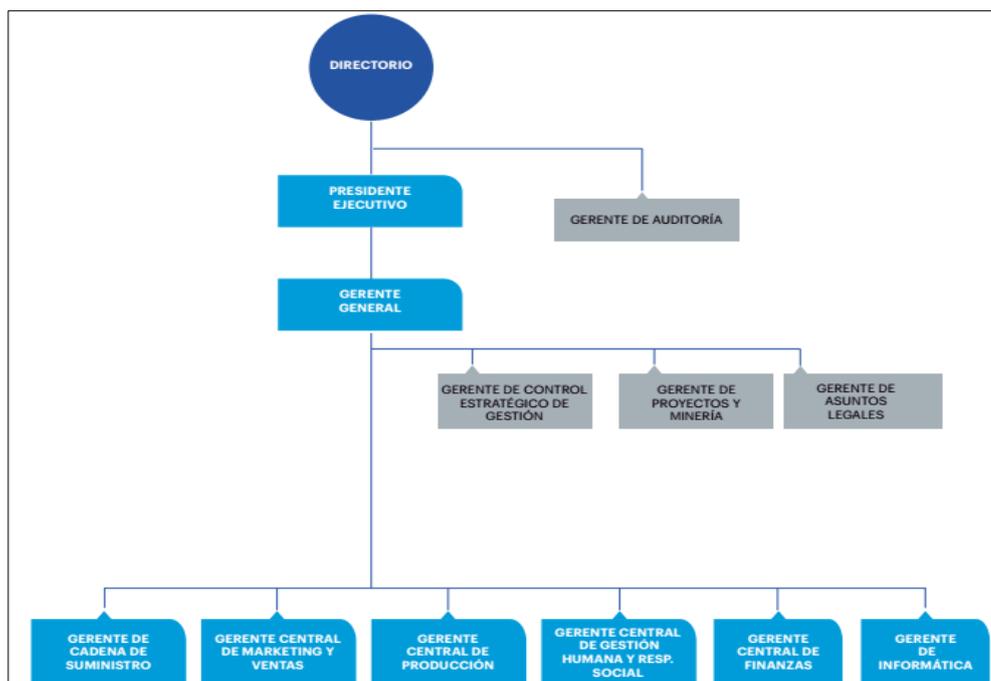
1.2.3. Grupos de interés

Para conseguir una operación sostenible a largo plazo, Caasa define los siguientes siete grupos de interés: gobierno, comunidad, clientes, proveedores, accionistas, colaboradores y medios de comunicación.

1.3. Organización

Con el fin de alcanzar los objetivos empresariales, la estructura organizativa de Caasa se define con nueve gerencias bajo el liderazgo de la Gerencia General.

Gráfico 1. Organigrama Caasa



Fuente: Caasa, 2016

1.4.Productos

La empresa fabrica y comercializa una amplia gama de productos de acero, los cuales se encuentran clasificados de la siguiente manera:

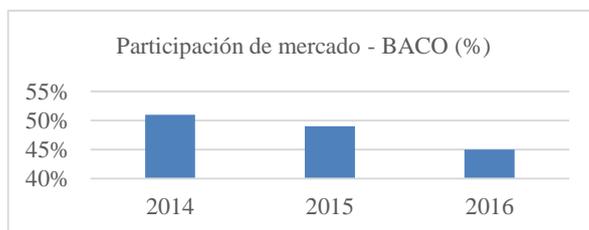
- Productos largos: En este rubro se encuentran las barras de construcción, alambrones, barras lisas y perfiles. Estos se destinan principalmente a la construcción y, en menor medida, a la industria metal-mecánica y a la minería.
- Productos planos: En este rubro se encuentran las planchas y bobinas laminadas en frío (LAF), en caliente (LAC) y las zincadas. Estos son destinados a sectores de manufactura y construcciones metálicas.
- Otros: Dentro de este rubro se tienen, por ejemplo, las barras helicoidales, placas de sujeción y tuercas de fijación. Estas se destinan a la minería.

Por otro lado, Caasa también comercializa algunos productos planos importados. En el anexo 4 se aprecia la gama de productos comercializados.

1.5.Participación de mercado

La participación de mercado a nivel nacional para las barras de construcción, producto estrella, ha tenido el comportamiento, mostrado en el gráfico 2, en los últimos años. El resto del mercado es secundado por Siderperú y luego por los importadores como Inkaferro, Miromina, De Acero y Acetesa, los cuales el último año alcanzaron un 11%.

Gráfico 2. Participación de mercado nacional en Baco



Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

1.6. Aspecto económico

El volumen de producción en el 2016 fue de 963.000 TM de producto terminado, lo que representó un incremento del 3,6% con respecto al año anterior. Esto se explica por el mayor volumen exportado a otros destinos.

En el 2016 se cerraron las operaciones en la planta de Arequipa; sin embargo, este hecho no modificó el plan de producción anual corporativo, debido a que las dos líneas de la planta de Pisco absorbieron el plan de producción de la primera planta.

Tabla 4. Resultados 2013 a 2016 – Caasa

INDICADORES	2016	2015	2014	2013
Capacidad (TM/año)	1.155.000,00	1.350.000,00	1.350.000,00	750.000,00
Producción (TM)	963.000,00	929.000,00	939.000,00	847.000,00
Variación producción (%)	3,66%	-1,06%	10,86%	17,64%
Ventas (TM)	1.015.000,00	1.012.000,00	1.007.000,00	913.000,00
Variación ventas (%)	0,30%	0,50%	10,30%	-1,30%
Ventas (millones S/.)	2.056,00	2.288,00	2.403,00	2.149,00
Variación ventas (%)	-10,14%	-4,79%	11,82%	-0,97%
Utilización capacidad (%)	83,38%	68,81%	69,56%	71,00%

Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

En el año 2016 se logró vender 1.015.000 TM de productos. Este volumen resultó ligeramente superior con respecto al del ejercicio anterior.

En el mercado nacional, las ventas de la línea de barras de construcción se vieron afectadas por el comportamiento negativo (-3,15%) del crecimiento del sector construcción. Respecto a las exportaciones, los volúmenes despachados fueron notablemente superiores con un crecimiento del 28%, el mercado boliviano fue el principal destino.

Las ventas netas sumaron S/ 2.056 millones, cifra que representó una reducción del 10,14% con respecto al ejercicio anterior. Esto se debió principalmente a los menores precios de venta en el mercado local.

A continuación, en las tablas 5 y 6, se detalla la composición de las ventas por mercado y línea de producto.

Tabla 5. Ventas por mercado – Caasa

Ventas	S/ año 2016	Participación
Venta nacional	1.683.254.716,00	81,88%
Venta exportación	372.409.828,00	18,12%
Ventas corporativas	2.055.664.544,00	100,00%

Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Tabla 6. Ventas por línea de producto – Caasa

Productos	Valor (S/)	Participación
Barras de construcción y alambón	1.454.289.733,00	70,75%
Perfiles y barras lisas	244.808.491,00	11,91%
Planchas, bobinas y otros	356.566.320,00	17,35%
Total	2.055.664.544,00	100,00%

Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

La utilidad bruta (S/ 340 millones) fue 18% inferior a la utilidad bruta registrada en 2015 (S/ 413 millones). Esto se explica por los menores precios de venta y las mayores provisiones y castigos, los cuales se encuentran relacionados con bajas de inventarios obsoletos, paralización del tren laminador N°1 por mantenimiento programado, cobros en exceso en facturación de proveedores, los cuales están en proceso de reclamo. Los conceptos indicados, entre otros adicionales, significaron cargas en el año por S/ 61 millones.

En cuanto al margen bruto de la empresa, este se ubicó en 17%, cifra inferior a la registrada en el ejercicio 2015 (18%).

La utilidad operativa y el EBITDA registrados durante el 2016 fueron de S/ 158 y S/ 259 millones, respectivamente. El EBITDA en dicho ejercicio fue 15% inferior al que se dio durante el 2015.

2. Estrategia corporativa

2.1. Planeamiento estratégico corporativo

Permite contar con lineamientos, estrategias y planes de acción documentados para el cumplimiento de la visión de largo plazo. Asimismo, permite identificar los principales riesgos y

oportunidades que enfrenta Caasa y definir las principales iniciativas estratégicas para el siguiente periodo.

- Misión: Ofrecer soluciones de acero a los clientes, a través de la innovación tecnológica, la mejora continua y el desarrollo humano contribuyendo al crecimiento del país e incrementando el valor para los accionistas.
- Visión: Líderes del mercado siderúrgico peruano, ubicados entre los más rentables de la región con creciente presencia en el mercado internacional.
- Objetivos estratégicos: A continuación se presentan los objetivos del plan estratégico de la empresa:

Gráfico 3. Objetivos estratégicos



Fuente: Caasa, 2016

Otros incluyen:

- Incrementar la rentabilidad y las ventas
- Mejorar el nivel de servicio al cliente
- Incrementar la capacidad de producción y productividad
- Desarrollar nuevos productos
- Desarrollar el negocio de acopio de chatarra y mineral
- Cuidar del medio ambiente

2.2. Modelo de negocio

Se ha desarrollado el modelo de negocios de Canvas, en el cual se puede apreciar los aspectos claves de la empresa en nueve bloques y dentro de ellos los factores claves en la operación.

Gráfico 4. Modelo de negocio de Caasa

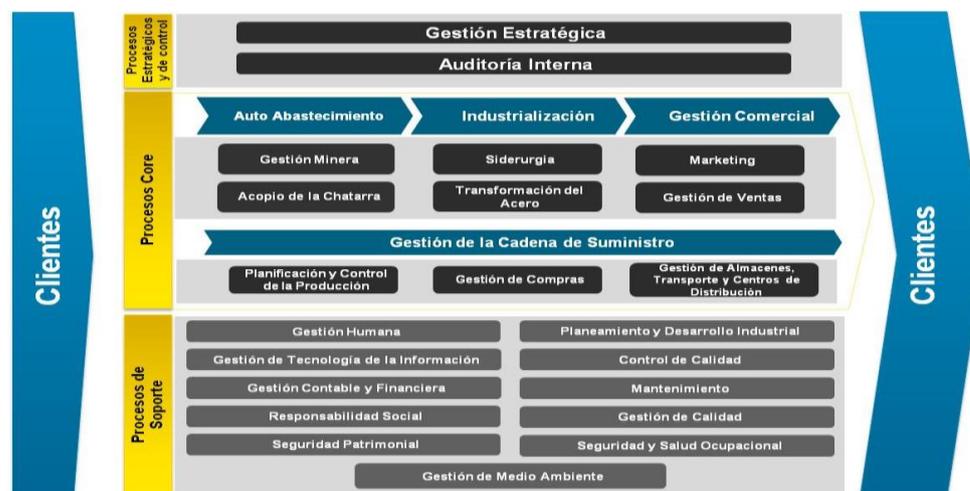


Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

2.3. Mapa de procesos

A través del mapa de procesos, a continuación, detallamos los procesos estratégicos y de control, Core y de soporte de Corporación Aceros Arequipa S.A.

Gráfico 5. Mapa de procesos Caasa



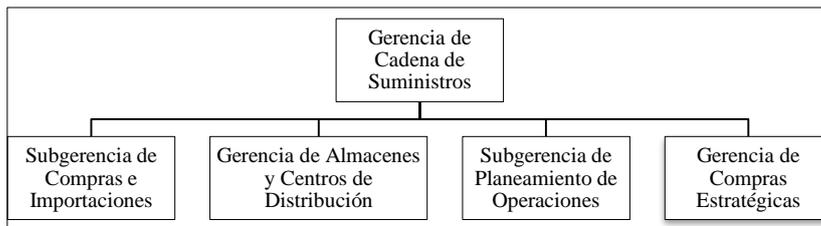
Fuente: Caasa, 2016

Capítulo IV. Análisis de la cadena de abastecimiento

1. Situación actual

La logística de Caasa es dirigida por la Gerencia de Cadena de Suministro, tal como se aprecia en el siguiente organigrama:

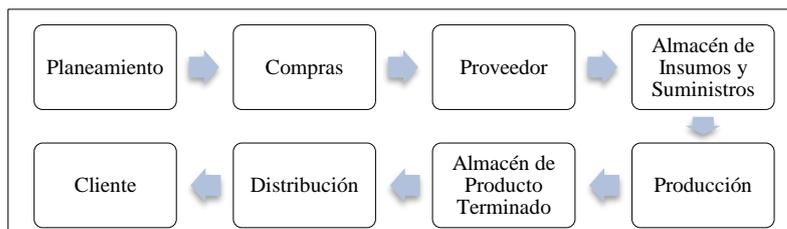
Gráfico 6. Organigrama cadena de suministro de Caasa



Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

A continuación, se muestra el proceso de la cadena de abastecimiento de la empresa:

Gráfico 7. Proceso integral cadena de suministro de Caasa



Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Todos los procesos son importantes; sin embargo, los más críticos son aquellos en los que se tiene contacto con el cliente final, como el proceso de almacén de productos terminados y distribución.

1.1. Nivel estratégico

1.1.1. Planeamiento estratégico logístico

- Misión: Ser un equipo de líderes altamente motivados y capacitados, que dan soluciones, crean oportunidades de mejora, integrando todos los procesos logísticos, totalmente

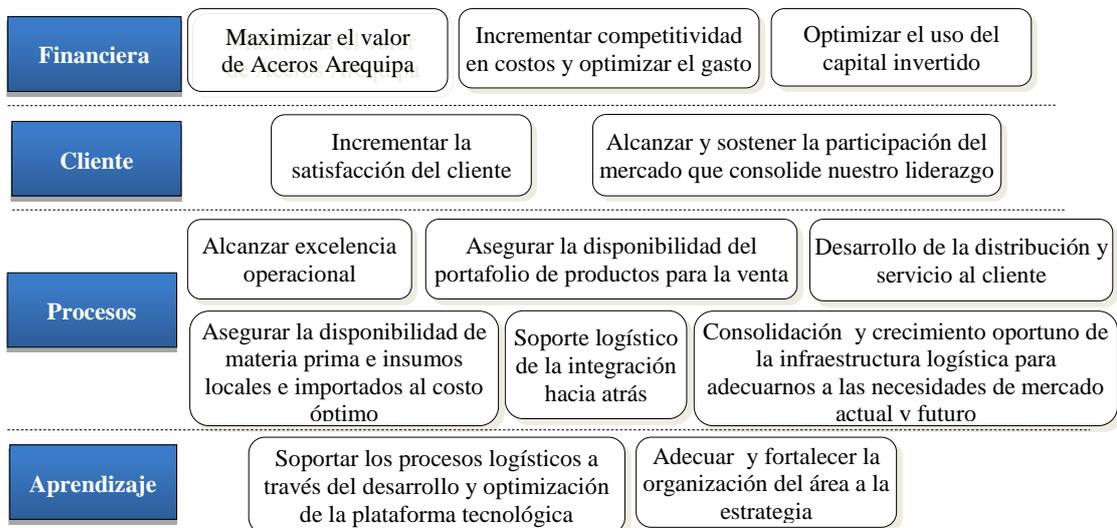
enfocados en la satisfacción del cliente a través de la optimización de costos y la excelencia operacional

- **Visión:** Garantizar la disponibilidad de productos para la venta, brindar un nivel de servicio de entrega de pedidos a los clientes, así como a los usuarios internos; el capital de trabajo en inventarios, los costos de los materiales y logísticos
- **Prioridades:**
 - Asegurar la disponibilidad de la materia prima, productos en proceso y terminados a un costo óptimo
 - Optimizar el uso del capital invertido mediante la reducción y optimización de los inventarios (productos de lenta rotación, sobre-*stocks*, anticuamiento y obsoletos)
 - Incrementar la satisfacción del cliente mejorando la efectividad de entrega al consolidar la flota de transporte y reducir el tiempo de permanencia de los camiones
 - Mejorar el nivel de servicio para el abastecimiento y disponibilidad de productos para la venta (exportaciones, nuevos productos, bajo pedido, entre otros)

1.1.2. Mapa estratégico logístico

Permite describir la estrategia para alcanzar los objetivos del plan estratégico de la compañía.

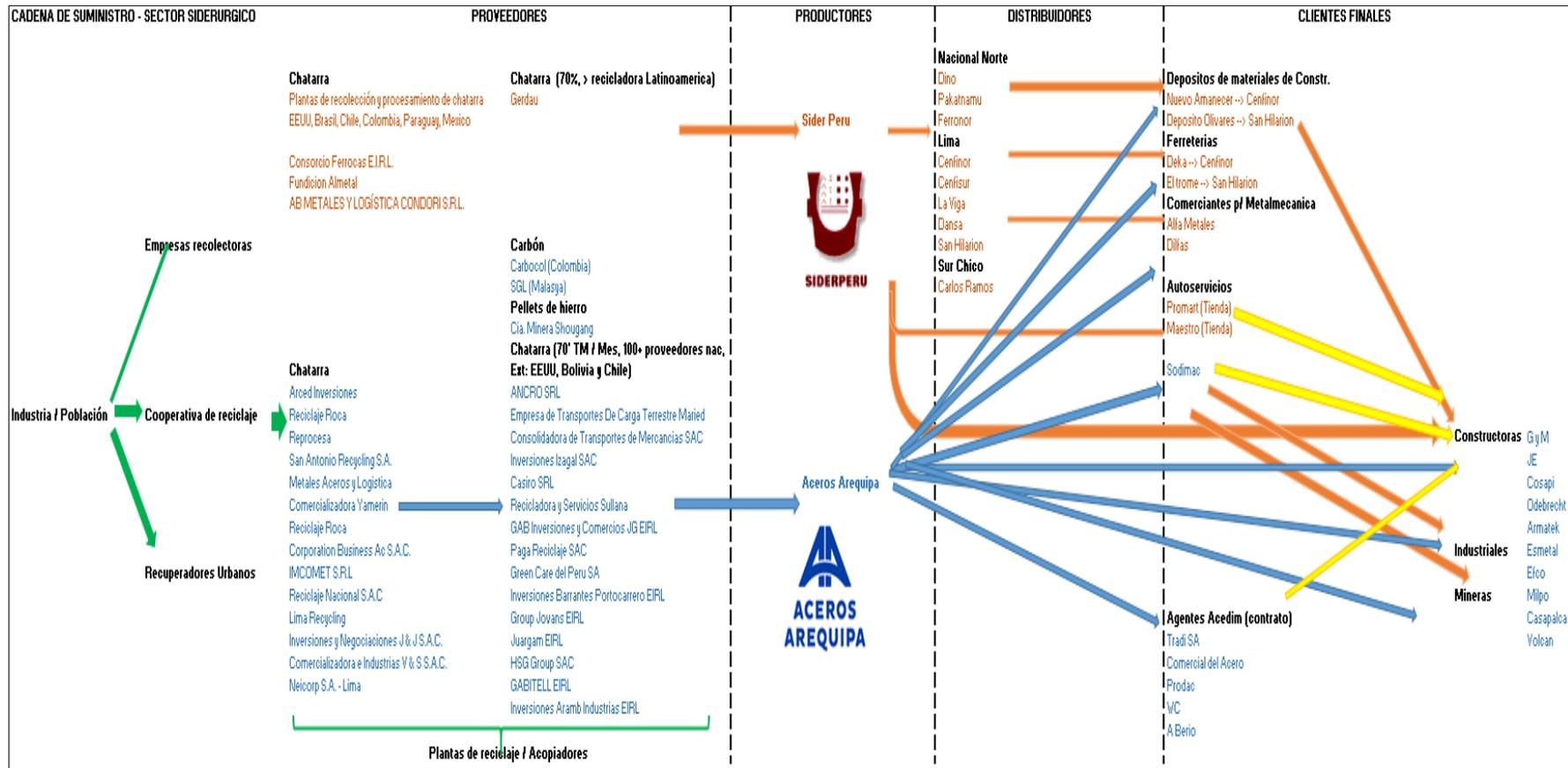
Gráfico 8. Plan estratégico logístico de Caasa



Fuente: Caasa, 2016

1.1.3. Conformación de la cadena de abastecimiento

Gráfico 9. Cadena de abastecimiento sector siderúrgico peruano



Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Entre los principales insumos se encuentran la chatarra, el carbón, los pellets de hierro y la caliza. La chatarra se obtiene del acero reciclado fragmentado y se adquiere en el mercado nacional y regional.

1.1.4. Canales de distribución

Los canales de Caasa atienden los siguientes segmentos de mercado.

Gráfico 10. Canales de distribución de Caasa



Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

1.1.4.1. Variables críticas de desempeño

Para la cadena de abastecimiento es importante lo siguiente:

- Cercanía y facilidad de acceso a las fuentes de materia prima
- Cercanía a puertos para la importación de bienes en general
- Disponibilidad de fuentes de energía de bajo costo
- Economías de escala en el transporte de abastecimiento de materia prima e insumos y distribución para el reparto del producto terminado

1.2. Nivel táctico y operativo

1.2.1. Gestión de almacenes, transporte y centros de distribución

1.2.1.1. Distribución a clientes

Tiene por objetivo integrar todas las actividades del proceso de almacén para lograr la máxima satisfacción de los clientes, asegurando la disponibilidad de unidades de transporte para hacer una

programación efectiva y a su vez hacer un seguimiento que asegure los niveles óptimos en la efectividad del reparto al cliente.

1.2.1.2. Gestión de almacenes

Integra las siguientes actividades:

- (a) Recepción de suministros, insumos y producto terminado
- (b) Almacenamiento de suministros, insumos y producto terminado
- (c) Despacho de suministros, insumos y producto terminado
- (d) Preparación y despacho de lote

1.2.1.3. Reaprovisionamiento interno

Se encarga del abastecimiento de suministros, insumos y productos terminados a las sedes en el momento, la cantidad y el costo óptimos.

1.2.2. Producción

El proceso de manufactura comprende el modelo de producción para *stock* y por orden. Las órdenes de producción son generadas por el proceso de planificación que envía a planta la programación de la producción secuenciada. A cada orden de producción le corresponde una receta que permite calcular los consumos de materias primas e insumos, así como los ratios de producción. La planta de Pisco está conformada por las plantas de hierro esponja, acería, laminación, y las instalaciones para el servicio de corte y doblado de barras de acero corrugado a medida (Acedim).

1.2.3. Gestión comercial

Dentro de esta se encuentran los subprocesos de marketing y gestión de ventas. El primero se encarga de asignar los precios de los productos terminados acordes con el mercado y la competencia, así como realizar promociones, descuentos y capacitaciones a los maestros de obra y carpinteros metálicos con el fin de fidelizar la marca. La gestión de ventas involucra directamente la fuerza de ventas y el soporte administrativo, los cuales se encargan de la atención de los clientes y de brindar soluciones a sus requerimientos.

Durante los últimos años, la estrategia de comercialización de la compañía se ha basado en lo siguiente:

- Mejoras en su integración vertical hacia adelante a través de la empresa de transportes Barcino S.A., la cual pertenece a su propia red de transporte
- Impulso de sus canales de distribución, teniendo un importante respaldo para ello en empresas de distribución indirectamente relacionadas (Tradisa y Comasa)
- Fortalecimiento de su presencia en el mercado. Así, por ejemplo, cuenta con más de 8.000 puntos de venta a nivel nacional
- Impulso constante del desarrollo de sus clientes mediante capacitaciones gratuitas referentes al uso correcto del acero

1.2.3.1. Indicadores de gestión

A nivel de los procesos de la cadena de suministro, los principales indicadores son los siguientes:

- Efectividad de entrega corporativa
- Costo de flete por tonelada por reparto de pedido a clientes
- Exactitud en el registro de inventarios
- Ahorro acumulado en compras e importaciones
- Ventas perdidas por familia de producto
- Cobertura de inventarios
- Toneladas de chatarra acopiada

2. Identificación de problemas y oportunidades

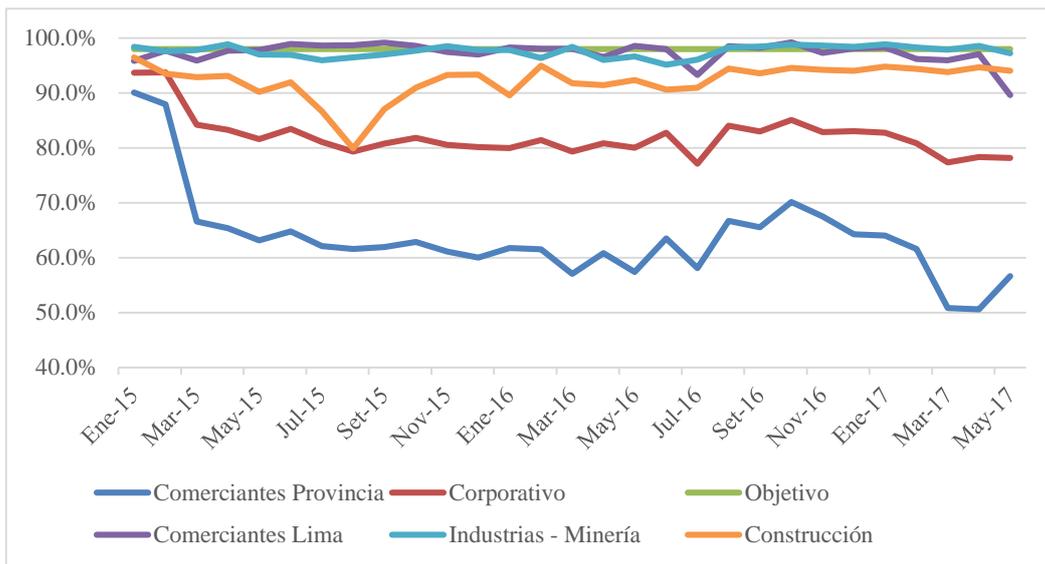
Uno de los indicadores clave del desempeño de Caasa es la efectividad de entrega o el nivel de servicio (cumplimiento de *lead time* en días), el cual tiene como objetivo alcanzar un 98%. Es posible apreciar que desde el 2015 a la fecha el comportamiento de este en los distintos canales es relativamente constante y muy por debajo del objetivo en el caso del canal comerciantes provincia, el cual representa un 39% del volumen total de TM a nivel corporativo. Asimismo, el canal constructor, que es más exigente en cuanto a que el material sea despachado a obra en una ventana horaria, también presenta clara desviación.

Tabla 7. Proporción TM por canal de distribución

Canal	Participación %
Comerciantes provincia	39,00
Comerciantes Lima	26,00
Construcción	23,00
Industria - minería	12,00

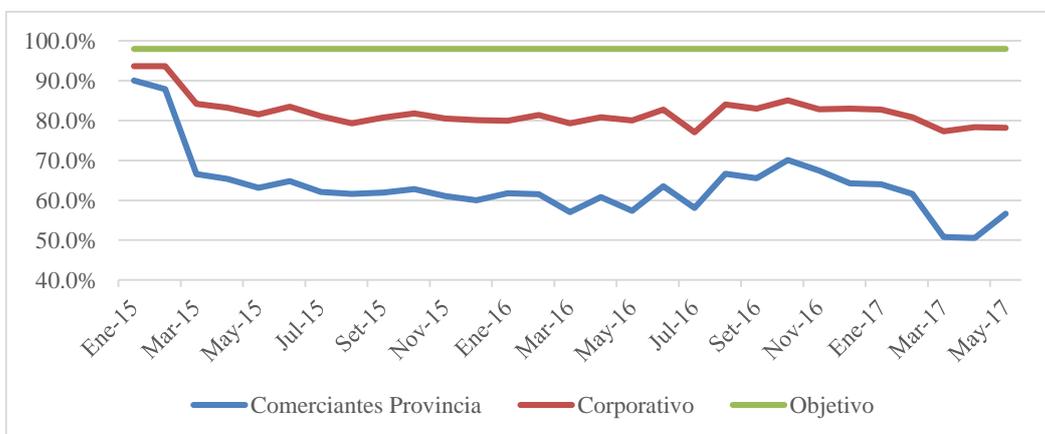
Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Gráfico 11. Efectividad de entrega por canal de distribución



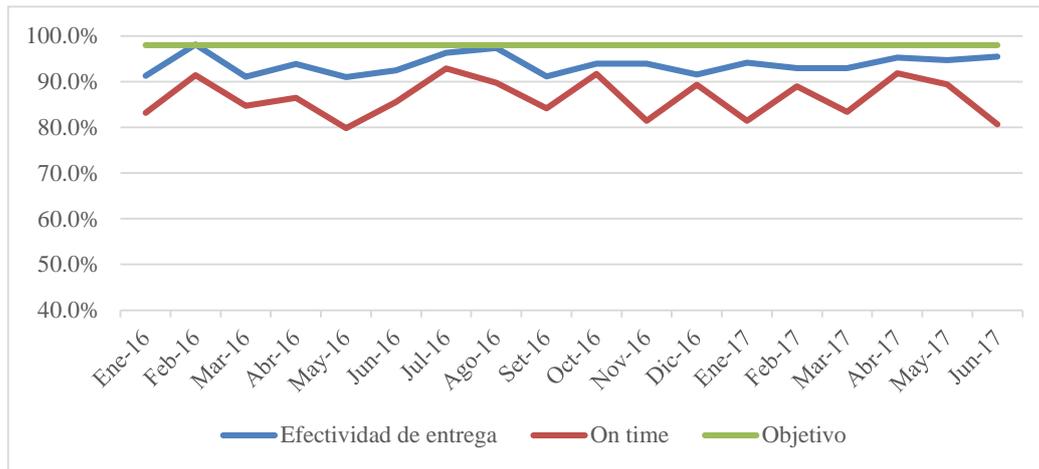
Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

Gráfico 12. Efectividad de entrega canal comerciante provincia



Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

Gráfico 13. Efectividad de entrega vs. on time canal constructoras



Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

Adicionalmente, se aprecia que al cierre del 2016 las TM han sido distribuidas para una misma región desde distintas sedes, lo cual refleja una no clara regla de atención que impacta en los gastos de ventas.

Tabla 8. Proporción despachos por centro de distribución

Región	Pisco	Arequipa	Lima
Amazonas	11,88%	0,00%	88,12%
Áncash	4,18%	0,00%	95,82%
Apurímac	36,91%	63,09%	0,00%
Arequipa	30,81%	69,07%	0,12%
Ayacucho	100,00%	0,00%	0,00%
Cajamarca	17,19%	0,00%	82,81%
Callao	34,51%	0,00%	65,49%
Cusco	40,72%	58,97%	0,30%
Huancavelica	37,44%	0,00%	62,56%
Huánuco	24,85%	0,00%	75,15%
Ica	100,00%	0,00%	0,00%
Junín	12,90%	0,00%	87,10%
La Libertad	17,68%	0,00%	82,32%
Lambayeque	33,50%	0,00%	66,50%
Lima	43,27%	0,03%	56,71%
Loreto	38,96%	0,00%	61,04%
Madre de Dios	8,56%	91,44%	0,00%
Moquegua	44,92%	55,08%	0,00%
Pasco	0,95%	0,00%	99,05%
Piura	48,80%	0,00%	51,20%
Puno	22,91%	77,09%	0,00%
San Martín	28,54%	0,00%	71,46%
Tacna	58,77%	41,23%	0,00%
Tumbes	14,11%	0,00%	85,89%
Ucayali	34,93%	0,00%	65,07%
La Paz (norte de Bolivia)	11,59%	88,41%	0,00%

Región	Pisco	Arequipa	Lima
Santa Cruz (sur de Bolivia)	10,14%	89,86%	0,00%
Otros mercados	90,42%	0,00%	9,58%

Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Por otro lado, realizando un *benchmarking* respecto a los *lead time* de entrega por región, se aprecian algunos tiempos no competitivos por los cuales el cliente podría desistir de su compra.

Tabla 9. Lead time Caasa vs. Siderperú

Región	Lead time Caasa según CD			Lead time Siderperú (días)	
	Pisco	Arequipa	Lima	Planta o CD a distribuidor	Distribuidor a cliente
Amazonas	5	6	4	3	1
Áncash	3,5	4,5	2,5	1	1
Apurímac	3	2	4	2	1
Arequipa	2,5	1,5	3,5	1	1
Ayacucho	2,5	3,5	3,5	2	1
Cajamarca	3,5	4,5	2,5	2	1
Callao	2,5	3,5	1,5	1	1
Cusco	3	2	4	1,5	1
Huancavelica	4	5	3	1	1
Huánuco	4	5	3	2	1
Ica	1	2	2	1	1
Junín	4	5	3	1	1
La Libertad	2,5	3,5	1,5	1	1
Lambayeque	3	4	2	1	1
Lima	2,5	3,5	1,5	1	1
Loreto	15	16	14	15	1
Madre de Dios	3	2	4	2	1
Moquegua	3	2	4	1	1
Pasco	3,5	4,5	2,5	2	1
Piura	4,5	5,5	3,5	2	1
Puno	3	2	4	1	1
San Martín	4,5	5,5	3,5	2,5	1
Tacna	3	2	4	1	1
Tumbes	5	6	4	2	1
Ucayali	5	6	4	2	1
La Paz	8	4	9		
Santa Cruz	9	5	10		
Otros mercados	2,5	3,5	1,5		

Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

En las ciudades de Lima, Arequipa, Huancayo - Junín y Chimbote - Áncash, Siderperú cuenta con centros de distribución que abastecen a sus principales distribuidores y estos a los clientes de las diferentes ciudades. La planta de Caasa se ubica en Pisco y la de Siderperú en Chimbote.

Adicionalmente, se avizoran condiciones favorables en el sector construcción para los próximos años al ponerse en ejecución las siguientes obras que incrementarán la demanda:

Tabla 10. Obras por zona geográfica

Norte
Construcción de la Nueva Ciudad de Olmos (S/ 500 millones) / Rehabilitación del Eje Vial N°1 entre Piura y Tumbes (S/ 239 millones) / Afianzamiento del Reservorio de Poechos en Piura (S/ 78 millones) / Reconstrucción pos El Niño Costero, especialmente las regiones de Piura y Lambayeque / Construcción de carreteras, nuevas viviendas, colegios y hospitales / Obras en la Refinería de Talara.
Centro
Mejoramiento de un tramo de la carretera Puerto Bermúdez–San Alejandro en Pasco (S/ 266 millones) / Reemplazo de puentes en la Panamericana Sur y construcción de centros penitenciarios en las ciudades de Ica (S/ 261 millones) y Chincha (S/ 63 millones) / Construcción de Mina Justa (Minsur) e inicio de trabajos preliminares de construcción (US\$ 1.500 millones) / Modernización del Terminal Portuario General San Martín por US\$ 180 millones, y de la central eléctrica de generación eólica Parque Nazca (Enel) por US\$ 160 millones en Ica.
Oriente
Mejoramiento de dos tramos de la carretera Puerto Bermúdez–San Alejandro (Huánuco y Ucayali) por S/ 700 millones / Mejoramiento de un tramo de la carretera Tocache–Juanjui (San Martín) por S/ 410 millones / Construcción del Tramo I de la carretera Bellavista–Santo Tomás en Loreto por S/ 650 millones / Construcción de la Nueva Ciudad de Belén en Loreto, que demandaría una inversión de S/ 145 millones / Mejoramiento del Tramo I de la carretera Bellavista–Santo Tomás.
Sur
Proyecto de irrigación Majes Siguan II (obras mayores: represa y canales de irrigación) por US\$ 130 millones / Paquete de impulso económico anunciado por el Gobierno en marzo, que comprometió casi S/ 500 millones para la ejecución de 65 proyectos / Mejoramiento de la carretera Tacna–La Paz de S/ 530 millones, y un tramo de la carretera variante de Uchumayo en Arequipa / Mejoramiento de provisión de agua para el desarrollo agrícola del Valle de Tacna por S/ 310 millones / Construcción del proyecto de generación eléctrica solar Rubí (Enel) por US\$ 200 millones en Moquegua / Megaproyecto de cobre Quellaveco en Moquegua.
Lima
Construcción de las sedes para los Juegos Panamericanos que implicarían inversiones por alrededor de US\$ 750 millones / Dinamismo para la Línea 2 del Metro.

Fuente: Apoyo, 2017. Elaboración propia

De lo analizado anteriormente, se proponen las siguientes iniciativas:

Tabla 11. Iniciativas y objetivos de la investigación

Iniciativa	Objetivo	Meta
Incrementar la efectividad de entrega en provincia y el <i>on time</i> en constructoras	Aumentar el número de pedidos entregados a tiempo. Mantener informado al cliente sobre la fecha y hora de llegada de su producto.	Incrementar en 5% el indicador.
Evaluación del rediseño de la red de distribución corporativa	Minimizar el costo total logístico, maximizar las ventas y márgenes, mejorar los <i>lead times</i> de atención logrando una mayor satisfacción al cliente.	Aumentar la rentabilidad de la corporación y permitir un mayor crecimiento en el mercado.

Fuente: Elaboración propia

La administración de la cadena de suministro comprende tres niveles de decisión. Las decisiones estratégicas definen el número, tamaño y ubicación de instalaciones, tipo de productos a fabricar,

importar y distribuir, tercerizar operaciones logísticas, entre otras. Las decisiones tácticas definen las técnicas de pronóstico de demanda, el control de inventarios, el planteamiento de políticas de producción, almacenamiento y distribución, la selección de modos de transporte, etc. Las decisiones operacionales comprenden la planificación de recursos, asignación de *picking*, distribución de carga, ruteo de vehículos, etc. Esto, sumado a que el buen diseño de la cadena de abastecimiento cobra gran importancia en el logro de su correcto desempeño (Chopra y Meindl 2013), el problema abarcado en este trabajo de investigación consistirá en el rediseño de una red de distribución de productos terminados el cual involucrará la toma de decisiones estratégicas como el cierre o apertura de centros de distribución y decisiones tácticas como la definición de flujos de material en cuanto a abastecimiento y distribución entre las distintas instalaciones que conforman la red.

Dada la relevancia e impacto que tendría en toda la cadena de abastecimiento desarrollar un análisis de ubicaciones estratégicas para los centros de distribución asignándoles capacidad, mercado y suministro, procederemos a verificar su factibilidad desarrollando un modelo de optimización para su diseño e implementación convirtiéndose así en una herramienta de gran ayuda en el momento de cumplir los propósitos de la tabla 11. Por tanto, se buscará que el modelo sea capaz de capturar la complejidad de la cadena de suministro e integre sus recursos.

Capítulo V. Propuesta de mejora

1. Modelo de optimización para la red de distribución actual

1.1. Presentación de la red de distribución actual

Con la finalidad de saber de dónde parte el presente estudio, se explicará la red de distribución actual de Aceros Arequipa. Como se indicó anteriormente, Caasa fabrica la mayoría de sus productos en la planta de Pisco; sin embargo, importa productos planos que ingresan al país por el puerto del Callao. Posteriormente, los productos terminados son transportados a los centros de distribución de Pisco, Arequipa y Lima. Finalmente, todos los productos terminados son distribuidos a los clientes que se encuentran ubicados a nivel nacional e internacional, mayoritariamente en Bolivia y en menor cuantía otros mercados. En el anexo 5 se esquematiza la red estudiada considerando todas las combinaciones posibles en flujo de material.

1.2. Justificación del uso de la programación lineal

Los problemas de transporte o distribución son los más comunes en la actualidad, dado que representan aproximadamente el 40% del costo logístico total (Frazelle 2002). Por ello, una mejora en la distribución tendrá un impacto significativo en la cadena de suministro.

Dentro del proceso de toma de decisiones se encuentran los modelos de decisión determinísticos y probabilísticos. Se busca crear un modelo que pueda considerarse como una entidad que capture la esencia de la realidad sin la presencia de la misma. Un modelo útil es aquel que toma valores adecuados de la realidad, sin sesgo y con un grado aceptable de error, asegurando así un resultado con mayor confiabilidad (Hillier y Liebermann 2000).

El proyecto pretende optimizar la red de distribución actual de Caasa, y bajo dicha premisa se debe buscar el mejor resultado que dé las mayores ganancias o el mayor beneficio al menor costo posible. Los gerentes buscan una mejora en el rendimiento, es decir, es un problema de “búsqueda de objetivo”, por ende, se debe asignar de manera óptima los recursos limitados.

Dentro de todo lo mencionado, la programación lineal (PL) es el procedimiento matemático más eficiente para determinar dicha asignación óptima de recursos escasos, según Hillier y Liebermann (2001). Bajo este procedimiento es posible ingresar las restricciones provenientes de

las limitaciones existentes de la empresa como las capacidades productivas, número de centros de distribución, las capacidades de cada centro de distribución, entre otros. Considerando estas restricciones, lo que se busca es obtener una nueva red de distribución que minimice el costo y permita abastecer a los clientes finales de las diversas regiones del Perú y del extranjero.

De acuerdo con lo indicado, existen múltiples casos de uso de herramientas de optimización basadas en programación lineal. En este sentido, Camm (1997) integra problemas de distribución y del producto con un modelo de programación lineal en Procter and Gamble. Asimismo, Kumanan, Venkatesan y Kumar (2007) desarrollaron técnicas para minimizar los costos de producción y distribución total en una red de cadena de suministro.

La evaluación y propuesta planteada se ha trabajado en la herramienta Lingo (Linear Generalize Optimizer), que ayuda a formular problemas lineales y no lineales, resolverlos y analizar su solución. Lingo proporciona, mediante la optimización, el mejor resultado de la función objetivo, la ganancia más alta o el costo más bajo, teniendo en cuenta todas las restricciones consideradas.

1.3.Descripción del modelo de optimización

El modelo pretende evaluar el desempeño de la red de distribución actual buscando la mezcla de cantidad de producto a fabricar e importar desde cada fuente y la cantidad a distribuir desde cada centro de distribución para satisfacer al máximo la demanda de los mercados/regiones según el nivel de servicio definido por la empresa, optimizando los costos totales de fabricación o importación, instalaciones, almacenamiento y transporte. La solución identifica las fuentes o CD que se mantendrán abiertos, su capacidad y la asignación de la demanda regional a cada una de estas en un horizonte de cinco años.

Para el planteamiento del modelo se tomaron unas consideraciones que definen y delimitan el alcance y el desarrollo de este en cuanto a su elaboración como en los resultados que se espera obtener de él. Las consideraciones son las siguientes:

- Los puertos de Pisco y Callao y la planta de Pisco serán llamados fuentes. Actualmente no se importa desde el puerto Pisco pero se analizará su viabilidad.
- Los centros de distribución de Pisco, Arequipa y Lima serán llamados centros.
- Las regiones donde se ubican los clientes serán llamados depósitos. Las regiones se han agrupado en 28 y se encuentran conformadas por los 24 departamentos del país, el Callao,

otros mercados, La Paz y Santa Cruz. Los dos últimos consolidan la demanda del norte (Beni - La Paz - Oruro - Pando) y sur (Chuquisaca - Cochabamba - Potosí - Santa Cruz - Tarija) de Bolivia respectivamente. El producto importado se considera puesto en los puertos de Pisco y Callao. El costo total incluye el costo por TM y de la nacionalización.

- Para pronosticar la demanda del volumen de TM de manera agregada para los próximos cinco años se ha recurrido a un modelo econométrico dinámico que integra indicadores macroeconómicos, dinamismo comercial, estacionalidad y desempeño histórico de los tres últimos años. El modelo utilizado ha sido corrido después de ocurrido el fenómeno El Niño costero por la implicancia de este en las ventas.
- Para Bolivia, la demanda de Beni, La Paz, Oruro y Pando son consideradas para la región La Paz y la demanda de Chuquisaca, Cochabamba, Potosí, Santa Cruz y Tarija para la región Santa Cruz.

Tabla 12. Proyección de ventas 2017 – 2021

Región	Macrorregión	TM 2017	TM 2018	TM 2019	TM 2020	TM 2021
Amazonas (R1)	Centro oriente	3.241	3.752	4.561	4.830	5.100
Áncash (R2)	Lima	8.808	8.979	8.998	9.528	10.061
Apurímac (R3)	Centro oriente	3.876	4.487	5.455	5.776	6.099
Arequipa (R4)	Sur	112.236	117.960	132.338	140.130	147.970
Ayacucho (R5)	Lima	3.480	3.548	3.555	3.764	3.975
Cajamarca (R6)	Norte	7.007	6.860	8.012	8.484	8.958
Callao (R7)	Lima	25.296	25.788	25.843	27.365	28.896
Cusco (R8)	Sur	48.318	50.782	56.972	60.326	63.702
Huancavelica (R9)	Centro oriente	688	797	968	1.025	1.082
Huánuco (R10)	Centro oriente	13.067	15.128	18.389	19.472	20.561
Ica (R11)	Lima	37.014	37.734	37.814	40.040	42.281
Junín (R12)	Centro oriente	21.515	24.908	30.279	32.062	33.856
La Libertad (R13)	Norte	18.946	18.549	21.663	22.938	24.222
Lambayeque (R14)	Norte	16.355	16.012	18.700	19.801	20.909
Lima (R15)	Lima	383.869	391.334	392.165	415.255	438.488
Loreto (R16)	Centro oriente	10.964	12.693	15.430	16.338	17.253
Madre de Dios (R17)	Sur	2.933	3.083	3.458	3.662	3.866
Moquegua (R18)	Sur	9.507	9.992	11.210	11.870	12.534
Pasco (R19)	Centro oriente	3.636	4.209	5.117	5.418	5.721
Piura (R20)	Norte	13.068	12.794	14.942	15.822	16.707
Puno (R21)	Sur	29.662	31.175	34.975	37.034	39.106
San Martín (R22)	Centro oriente	13.966	16.169	19.655	20.812	21.977
Tacna (R23)	Sur	20.386	21.426	24.037	25.452	26.876
Tumbes (R24)	Norte	4.490	4.382	5.118	5.419	5.723
Ucayali (R25)	Centro oriente	8.800	10.188	12.384	13.113	13.847
La Paz (R26)	Bolivia	99.931	96.166	94.738	100.316	105.929
Santa Cruz (R27)	Bolivia	15.971	15.304	15.076	15.963	16.857
Otros mercados (R28)	Otros mercados	59.599	60.314	62.335	66.006	69.697

Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

- Los costos de mantener abiertos los centros de distribución y la planta se consideran fijos mientras que los costos de producción o importación de la TM de acero, costos operativos en los centros de distribución y costos de transporte son considerados variables.
- El costo fijo anual de la planta Pisco es de S/ 80.000.000 al 2017. El costo fijo anual y los costos variables de los centros de distribución se han calculado según el presupuesto de gastos Caasa para el 2017 y la proporción de TM del plan de operaciones respectivo.

Tabla 13. Costo fijo por CD

Gasto por CD (S/)	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
CD Lima	1.545.661	1.762.062	1.834.259	1.632.481	1.588.403	1.663.762	1.599.506	1.535.797	1.541.506	1.531.263	1.529.767	1.555.651
CD Pisco	1.727.681	1.798.152	1.689.363	1.747.399	1.707.255	1.728.155	1.752.575	1.734.928	1.686.852	1.710.667	1.695.961	1.681.262
CD Arequipa	175.972	171.016	180.684	167.545	166.266	168.462	168.272	166.238	173.506	165.235	163.537	170.582
Total	3.449.314	3.731.230	3.704.306	3.547.425	3.461.924	3.560.379	3.520.353	3.436.964	3.401.864	3.407.165	3.389.264	3.407.494

Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

Tabla 14. Costo variable por CD

Costo variable unitario (S/TM)	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	Promedio
CD Lima	4,21	5,00	4,14	4,29	3,96	3,67	3,81	3,49	3,31	3,98	3,66	3,09	3,88
CD Pisco	1,75	2,39	1,62	1,75	1,94	1,45	1,96	1,87	1,26	1,88	1,94	1,43	1,77
CD Arequipa	17,03	24,19	19,32	21,23	20,65	17,58	19,89	19,10	15,75	18,51	19,60	16,43	19,11

Fuente: Caasa, 2017. Elaboración propia

- Los costos fijos anuales de las instalaciones han sido llevados a valor futuro para el análisis del periodo de evaluación de cinco años (ver tabla 19).
- Los proveedores internacionales de producto terminado son considerados con suficiente capacidad de proveer el material en el tiempo y cantidad requerida.
- Los puertos del Callao y Pisco se consideran con capacidad suficiente para el manejo del material y cuentan con disponibilidad de recursos en cualquier periodo del año.
- El transporte entre los puertos o planta a los centros de distribución y de estos a los clientes es vía terrestre y no se considera la selección de la empresa encargada, ni tipos de unidades de transporte a usar.
- El valor del flete entre los distintos puntos de partida y destino se considera variable. Este ha sido calculado sobre la base de las tarifas actuales negociadas por Caasa como viaje de ida y es proporcional a las distancias virtuales según amerita el caso (ver anexos 6 y 7).
- El punto de destino a otros mercados es el Callao, puesto que las condiciones son FOB.
- La demanda de cada mercado regional será satisfecha, el *stock* final será cero.
- El modelo no considera factores como impuestos o peajes.

1.4. Formulación del modelo

- Notación
 - Conjuntos e índices:
 - F: Conjunto de fuentes de productos terminados, indexados por f.
 - C: Conjunto de centros de distribución, indexados por c.
 - D: Conjunto de depósitos, indexados por d.
 - Parámetros:
 - CFijoF: Costo fijo de mantener abierta la fuente de suministro f. Unidad de medida: soles/año
 - CVariableF: Costo variable de la producción o importación del producto terminado para la fuente f. Unidad de medida: soles/TM
 - CFijoC: Costo fijo de mantener abierto el centro de distribución c. Unidad de medida: soles/año
 - CVariableC: Costo variable por la operatividad y gestión asociada al producto terminado dentro del centro de distribución c. Unidad de medida: soles/TM
 - QD: Cantidad de TM anuales demandadas por el depósito d. Unidad de medida: TM/año
 - CTransporteFC: Costo de transporte por el traslado de producto terminado desde la fuente f hasta el centro de distribución c. Unidad de medida: soles/TM

➤ CTransporteCD: Costo de transporte por el traslado de producto terminado desde el centro de distribución c hasta el depósito d. Unidad de medida: soles/TM

- Variables

- BinariaF: Variable binaria que indica si se mantiene abierta la fuente f. BinariaF $\in \{0,1\}$ donde 0 significa cerrado y 1 abierto
- QF: Cantidad de TM anuales a administrar por la fuente f. El valor es 0 si la fuente no opera.
- BinariaC: Variable binaria que indica si se mantiene abierto el centro de distribución c. BinariaC $\in \{0,1\}$ donde 0 significa cerrado y 1 abierto
- QC: Cantidad de TM anuales a administrar por el centro de distribución c. El valor es 0 si el centro no opera.
- QFC: Cantidad de TM anuales transportadas desde la fuente f hasta el centro de distribución c
- QCD: Cantidad de TM anuales transportadas desde el centro de distribución c hasta el depósito d

- Función objetivo

La función objetivo minimiza el costo total (fijo + variable) de construir y operar la red. Este contempla costo de fabricación o importación, instalaciones, almacenamiento y transporte.

Minimizar:

$$\sum_{F=1}^3 QF * CVariableF + CFijoF * BinariaF + \sum_{F=1}^3 \sum_{C=1}^3 QFC * CTransporteFC + \sum_{C=1}^3 QC * CVariableC + CFijoC * BinariaC + \sum_{C=1}^3 \sum_{D=1}^{28} QCD * CTransporteCD$$

La función objetivo minimiza seis términos, los cuales consisten en lo siguiente:

- Costos variable total de producción o importación en las fuentes de suministro
- Costo fijo total para las fuentes de suministro
- Costo variable total del transporte desde las fuentes a los centros
- Costo variable total para los centros de distribución en funcionamiento
- Costo fijo total para los centros de distribución en funcionamiento
- Costo variable total del transporte desde los centros a los depósitos

- Restricciones

- La cantidad de material que administra la fuente f es igual a la cantidad transportada de dicha fuente a los centros c.

$$\forall_{F=1}^3 QF = \sum_{C=1}^3 QFC$$

- La cantidad de material que recibe el centro c es igual a la cantidad transportada de las fuentes f a dicho centro.

$$\forall_{C=1}^3 QC = \sum_{F=1}^3 QFC$$

- La cantidad de material que administra el centro c es igual a la cantidad transportada de dicho centro a los depósitos d.

$$\forall_{C=1}^3 QC = \sum_{D=1}^{28} QCD$$

- La cantidad de material que recibe el depósito d es igual a la cantidad transportada de los centros f a dicho depósito.

$$\forall_{D=1}^{28} QD = \sum_{C=1}^3 QCD$$

- La cantidad de material que administran las fuentes f es igual a la cantidad administradas por los centros c.

$$\forall_{F=1}^3 QF = \sum_{C=1}^3 QC$$

- La cantidad de material importado es menor o igual al 8% de la demanda de los depósitos según proyección de la empresa.

$$QF(1) + QF(3) \leq 0.08 \sum_{D=1}^{28} QD$$

- La cantidad de centros abiertos debe ser menor o igual a 3 según indicación de la empresa.

$$\sum B\text{inaria}C \leq 3$$

- El centro 1 (Pisco) debe mantenerse abierto según indicación de la empresa.

$$B\text{inaria}C(1) = 1$$

1.5.Programación y resultados

El modelo fue programado en lenguaje MILP (programación lineal) y desarrollado en el solucionador Lingo. En el anexo 8 se detalla la programación realizada.

Según los resultados del modelo para los cinco años de análisis, el material importado debe ingresar por el puerto Callao. Esto se explica debido a que la tarifa es más económica que el

puerto de Pisco por ser más comercial y desarrollado en cuanto a infraestructura. Asimismo, los centros de distribución que deben seguir operando para minimizar los costos descritos líneas arriba son los de Pisco y Arequipa, mientras que Lima se cerraría. Esto se explica por el doble flete incurrido debido a que Pisco y Lima están bastante cerca.

Sobre la base de los resultados se ha procedido a realizar un comparativo de costos de la situación propuesta para los años 2017 a 2021 y la que manejaría Caasa de continuar operando como actualmente lo hace, según el comportamiento 2016. En el gráfico 14 se explican detalladamente los cálculos realizados que minimizan la función objetivo planteada para el año 2017. En la tabla 15 se resumen los ahorros generados para cada año bajo la misma lógica, donde transporte 1 y 2 hacen referencia al costo incurrido desde la fuente a los centros y de estos a los clientes respectivamente.

Tabla 15. Primera propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021

Año	Situación	Costo fijo CD (S/)	Costo variable CD (S/)	Costo variable transporte 1 (S/)	Costo variable transporte 2 (S/)	Ahorro anual (S/)
2017	Propuesta	22.697.766	4.827.318	16.069.019	100.587.881	
	Actual	42.017.884	6.844.054	33.682.026	95.673.461	
	Ahorro en costos S/	19.320.118	2.016.736	17.613.007	-4.914.420	34.035.442
2018	Propuesta	26.102.431	4.853.558	16.022.800	103.839.836	0
	Actual	48.320.567	6.987.902	34.518.811	98.413.504	0
	Ahorro en costos S/	22.218.136	2.134.344	18.496.011	-5.426.332	37.422.160
2019	Propuesta	30.017.796	5.065.423	16.633.343	112.722.751	
	Actual	55.568.652	7.448.130	36.810.474	106.200.998	
	Ahorro en costos S/	25.550.856	2.382.706	20.177.131	-6.521.753	41.588.940
2020	Propuesta	34.520.465	5.363.653	17.612.632	119.359.256	
	Actual	63.903.949	7.886.647	38.977.748	112.453.492	
	Ahorro en costos S/	29.383.484	2.522.995	21.365.116	-6.905.764	46.365.831
2021	Propuesta	39.698.534	5.663.766	18.598.125	126.037.948	
	Actual	73.489.541	8.327.911	41.158.608	118.745.833	
	Ahorro en costos S/	33.791.007	2.664.146	22.560.483	-7.292.115	51.723.521

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. Comparativo de costos de la situación propuesta y actual – año 2017

PROPUESTO												
FUENTE				CENTRO DE DISTRIBUCION								
PTO CALLAO	COSTO FIJO	0	QF	CD PISCO	1	COSTO FIJO	20,660,251	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,968	79,730			COSTO VARIABLE	1.77	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
PISCO	COSTO FIJO	88,000,000	QF	CD AREQUIPA	1	COSTO FIJO	2,037,515	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,056	916,899			COSTO VARIABLE	19.11	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
PTO PISCO	COSTO FIJO	0	QF	CD LIMA	0	COSTO FIJO	19,320,118	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,984	0			COSTO VARIABLE	3.88	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
COSTO FIJO TOTAL		88,000,000			COSTO FIJO TOTAL		22,697,766	COSTO VARIABLE TRANSP1		16,069,019		
COSTO VARIABLE FUENTE		1,125,153,984			COSTO VARIABLE CD		4,827,318	COSTO VARIABLE TRANSP2		100,587,881		
											COSTO TOTAL S./.	1,357,335,968
ACTUAL												
FUENTE				CENTRO DE DISTRIBUCION								
PTO CALLAO	COSTO FIJO	0	QF	CD PISCO	1	COSTO FIJO	20,660,251	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,968	79,730			COSTO VARIABLE	1.77	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
PISCO	COSTO FIJO	88,000,000	QF	CD AREQUIPA	1	COSTO FIJO	2,037,515	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,056	916,899			COSTO VARIABLE	19.11	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
PTO PISCO	COSTO FIJO	0	QF	CD LIMA	1	COSTO FIJO	19,320,118	QFC (Destino - Procedencia)				CV TRANSP
	COSTO VARIABLE	1,984	0			COSTO VARIABLE	3.88	QC	PTO CALLAO	PISCO	PTO PISCO	
COSTO FIJO TOTAL		88,000,000			COSTO FIJO TOTAL		42,017,884	COSTO VARIABLE TRANSP1		33,682,026		
COSTO VARIABLE FUENTE		1,125,153,984			COSTO VARIABLE CD		6,844,054	COSTO VARIABLE TRANSP2		95,673,461		
											COSTO TOTAL S./.	1,391,371,409
											AHORRO COSTOS S./.	34,035,442

Fuente: Elaboración propia

El ahorro en costos hasta el momento es significativo y acorde con el objetivo de Caasa en cuanto a reducción de costos, sin embargo, otro objetivo importante es mejorar el nivel de servicio al cliente. Por ello, se ha realizado un comparativo teórico del tiempo total incurrido en despachos para la situación propuesta y la actual en el mismo periodo considerando la cantidad de TM de producto terminado que se traslada de los CD a las regiones según lo propuesto por el modelo.

El tiempo no es favorable, puesto que se incrementaría en un 15% aproximadamente. Este hecho junto con las oportunidades del mercado mencionadas es un indicio de que debería analizarse la reformulación de la red de distribución de Caasa, lo que se desarrolla en el siguiente apartado.

Tabla 16. Primera propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021

Año	Tiempo propuesto (días)	Tiempo actual (días)	Variación (%)
2017	268,08	233,08	15,02%
2018	297,01	257,66	15,27%
2019	318,31	275,56	15,52%
2020	337,08	291,78	15,52%
2021	355,90	308,12	15,51%

Fuente: Elaboración propia

2. Modelo de optimización para la red de distribución propuesta

2.1.Descripción del modelo de optimización

Dado que se tiene como objetivo la mejora de la red de distribución para los productos terminados en Aceros Arequipa apuntando a satisfacer al máximo la demanda de las regiones y minimizar el costo total de producción e importación, instalaciones, almacenamiento y transporte, estamos recurriendo a un modelo de optimización con el objetivo de decidir cuál es el diseño de la red que logra lo mencionado y a la vez determina la ubicación de los centros de distribución que deberían operar con sus respectivas capacidades y regiones a atender en un panorama de cinco años.

Para ello, previamente se realizó un análisis de las ventas de los tres últimos años a nivel de región para obtener aquellas de mayor incidencia en la cantidad de TM vendidas. Asimismo, sobre la base del pronóstico de la demanda para los próximos cinco años, el cual considera variables macroeconómicas, los autores definieron las posibles opciones de ubicación en términos de macrolocalización de los centros de distribución a evaluar: Pisco, Arequipa, Lima/Callao, La Paz, Cusco, Puno, Junín, La Libertad, Lambayeque y Santa Cruz.

En el anexo 9 se detalla la red de distribución a analizar, la cual consiste en lo siguiente: 3 fuentes de producto terminado posibles (puerto del Callao, puerto de Pisco y planta de Pisco), los 10 centros de distribución en evaluación mencionados y las 28 regiones indicadas líneas arriba, considerando todas las combinaciones posibles en flujos de material de un nodo a otro. Así mismo, se planteará el flujo de material desde la fuente hasta el depósito sólo con el fin de visualizar todas las combinaciones posibles. Cabe resaltar que este último flujo actualmente no existe debido a que el material es inspeccionado y acondicionado en los centros de distribución por políticas internas y factores de espacio y administración considerados previamente para la atención de las regiones.

Para el planteamiento del modelo se tomaron consideraciones que definen y delimitan el alcance y los resultados de este. Por ello, se definieron consideraciones adicionales:

- Los puertos de Pisco y Callao y la planta de Pisco serán llamados fuentes, los 10 centros de distribución serán llamados centros y las 28 regiones donde se ubican los clientes serán llamados depósitos.
- El pronóstico de la demanda del volumen de TM considerado se muestra en la tabla 12.
- Para Bolivia, la demanda de Beni, La Paz, Oruro y Pando son consideradas para la región La Paz y la demanda de Chuquisaca, Cochabamba, Potosí, Santa Cruz y Tarija para la región Santa Cruz.
- Para Perú, la demanda de los 24 departamentos y del Callao fue considerada individualmente en 25 regiones. De la misma manera, otros mercados, en 1 región.
- A los 7 CD adicionales en evaluación se les asignaron mercados considerando las regiones colindantes que no implicaran regreso en la ruta de transporte con la finalidad de satisfacer la demanda de ellas (ver tabla 17).

Tabla 17. Asignación de mercados a los centros de distribución

CENTRO DE DISTRIBUCION						
LA PAZ	CUSCO	PUNO	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	SANTA CRUZ
LA PAZ (R26)	CUSCO (R8)	MADRE DE DIOS (R17)	ANCASH (R2)	AMAZONAS (R1)	AMAZONAS (R1)	SANTA CRUZ (R27)
SANTA CRUZ (R27)	MADRE DE DIOS (R17)	MOQUEGUA (R18)	CUSCO (R8)	CAJAMARCA (R6)	CAJAMARCA (R6)	
	MOQUEGUA (R18)	PUNO (R21)	HUANUCO (R10)	LA LIBERTAD (R13)	LAMBAYEQUE (R14)	
	PUNO (R21)	LA PAZ (R26)	JUNIN (R12)	LAMBAYEQUE (R14)	LORETO (R16)	
	UCAYALI (R25)	SANTA CRUZ (R27)	MADRE DE DIOS (R17)	LORETO (R16)	PIURA (R20)	
	LA PAZ (R26)		PASCO (R19)	PIURA (R20)	SAN MARTIN (R22)	
	SANTA CRUZ (R27)		UCAYALI (R25)	SAN MARTIN (R22)	TUMBES (R24)	
				TUMBES (R24)		

Fuente: Elaboración propia

- Sobre la base de la demanda a atender de cada uno de los 7 nuevos centros de distribución evaluados, el costo fijo unitario y el costo variable unitario promedio de los centros ya conocidos, se calcularon los costos fijos para el 2017 y los costos variables unitarios para los nuevos centros. Esta forma de cálculo fue optada debido a que corresponde comparar todos los centros en las mismas condiciones, es decir, como si los 7 centros fueran también propios y mantuvieran los procesos operativos actuales.

Tabla 18. Costos fijos y variables de los nuevos CD

Centro distribución	Total demanda (TM)	Cf total anual (S/)	Cv (soles/TM)
La Paz	99.931	5.212.401	1,38
Cusco	215.122	11.220.764	2,98
Puno	158.004	8.241.489	2,19
Junín	107.077	5.585.136	1,48
La Libertad	88.037	4.592.010	1,22
Lambayeque	69.091	3.603.787	0,96
Santa Cruz	15.971	833.047	0,22

Fuente: Elaboración propia

- El costo fijo o costo de mantener abierta cada instalación para el periodo del 2017 al 2021 a una tasa del 15% se detalla en la tabla 19.

Tabla 19. Costo fijo anual de los CD

Costo fijo anual (S/)	2017	2018	2019	2020	2021
Planta Pisco	88.000.000	101.200.000	116.380.000	133.837.000	153.912.550
CD Pisco	20.660.251	23.759.289	27.323.182	31.421.659	36.134.908
CD Arequipa	2.037.515	2.343.142	2.694.614	3.098.806	3.563.626
CD Lima	19.320.118	22.218.136	25.550.856	29.383.484	33.791.007
CD La Paz	5.212.401	5.994.261	6.893.400	7.927.410	9.116.522
CD Cusco	11.220.764	12.903.878	14.839.460	17.065.379	19.625.186
CD Puno	8.241.489	9.477.712	10.899.369	12.534.274	14.414.415
CD Junín	5.585.136	6.422.907	7.386.343	8.494.294	9.768.438
CD La Libertad	4.592.010	5.280.811	6.072.933	6.983.873	8.031.454
CD Lambayeque	3.603.787	4.144.355	4.766.008	5.480.909	6.303.045
CD Santa Cruz	833.047	958.004	1.101.705	1.266.961	1.457.005

Fuente: Elaboración propia

- El valor del flete entre los distintos puntos de partida y destino ha sido calculado sobre la base de las tarifas actuales negociadas por Caasa como viaje de ida y es proporcional a las distancias virtuales según amerita el caso (ver anexos 6 y 7).
- La demanda de cada mercado regional será satisfecha, el *stock* final será cero.

2.2. Formulación del modelo

- Notación: Los conjuntos e índices se mantienen según el numeral 1.4. de este capítulo. El parámetro adicional considerado es:
 - Parámetros:
 - CTransporteFD: Costo de transporte por el traslado de producto terminado desde la fuente f hasta el depósito d . Unidad de medida: soles/TM.
- Variables: Las variables que se agregan al modelo son:
 - BinQF2: Variable binaria que indica si existe flujo de material desde la fuente f hasta el depósito d . Binaria $F \in \{0,1\}$ donde 0 significa sin flujo y 1 con flujo.
 - QF2: Cantidad de TM anuales a administrar por la fuente f cuyo despacho va directo al depósito d , es decir, sin pasar por el centro c . El valor es 0 si el flujo necesariamente debe pasar por el centro c .
 - BinQD2: Variable binaria que indica si existe flujo de material en el depósito d desde la fuente f . Binaria $F \in \{0,1\}$ donde 0 significa sin flujo y 1 con flujo.

- QD2: Cantidad de TM anuales demandadas por el depósito d que serían atendidas directamente por la fuente f. El valor es 0 si el flujo necesariamente debe pasar por el centro c.
 - BinFD: Variable binaria que indica si la fuente f debe permanecer abierta para atender el depósito d directamente. BinariaF $\in \{0,1\}$ donde 0 significa cerrado y 1 abierto.
 - QFD: Cantidad de TM anuales transportadas desde el la fuente f hasta el depósito d.
- Función objetivo: La función objetivo minimiza el costo total (fijo + variable) de construir y operar la red. Este contempla costo de fabricación o importación, instalaciones, almacenamiento y transporte.

Minimizar:

$$\sum_{F=1}^3 QF * CVariableF + CFijoF * BinariaF + \sum_{F=1}^3 \sum_{C=1}^{10} QFC * CTransporteFC + \sum_{C=1}^{10} QC * CVariableC + CFijoC * BinariaC + \sum_{C=1}^{10} \sum_{D=1}^{28} QCD * CTransporteCD + \sum_{F=1}^3 \sum_{D=1}^{28} QFD * CTransporteFD$$

La función objetivo minimiza 7 términos los cuales consisten en lo siguiente:

- Costos variable total de producción o importación en las fuentes de suministro
 - Costo fijo total para las fuentes de suministro
 - Costo variable total del transporte desde las fuentes a los centros
 - Costo variable total para los centros de distribución en funcionamiento
 - Costo fijo total para los centros de distribución en funcionamiento
 - Costo variable total del transporte desde los centros a los depósitos
 - Costo variable total del transporte desde las fuentes a los depósitos
- Restricciones
 - La cantidad de material que administra la fuente f es igual a la cantidad transportada de dicha fuente a los centros c.

$$\forall_{F=1}^3 QF = \sum_{C=1}^{10} QFC$$

- La cantidad de material que recibe el centro c es igual a la cantidad transportada de las fuentes f a dicho centro.

$$\forall_{C=1}^{10} QC = \sum_{F=1}^3 QFC$$

- La cantidad de material que administra el centro c es igual a la cantidad transportada de dicho centro a los depósitos d.

$$\forall_{C=1}^{10} QC = \sum_{D=1}^{28} QCD$$

- La cantidad de material que recibe el depósito d es igual a la cantidad transportada de los centros f a dicho depósito.

$$\forall_{D=1}^{28} QD = \sum_{C=1}^{10} QCD$$

- La cantidad de material que administran las fuentes f es igual a la cantidad administradas por los centros c.

$$\forall_{F=1}^3 QF = \sum_{C=1}^{10} QC$$

- La cantidad de material importado es menor o igual al 8% de la demanda de los depósitos según proyección de la empresa.

$$QF(1) + QF(3) \leq 0.08 \sum_{D=1}^{28} QD$$

- La cantidad de TM anuales a administrar por la fuente f cuyo despacho va directo al depósito d es igual a la cantidad de TM anuales transportadas desde el la fuente f hasta el depósito d según la fuente opere o no para este flujo.

$$\forall_{F=1}^3 QF2 = \sum_{D=1}^{28} QFD * BinFD$$

- La cantidad de TM anuales demandadas por el depósito d que serían atendidas directamente por la fuente f es igual a la cantidad de TM anuales transportadas desde el la fuente f hasta el depósito d según la fuente opere o no para este flujo.

$$\forall_{D=1}^{28} QD2 = \sum_{F=1}^3 QFD * BinFD$$

- La cantidad de centros abiertos debe ser mayor o igual a 3 según indicación de la empresa.

$$\sum BinariaC \geq 3$$

- El centro 1 (Pisco) debe mantenerse abierto según indicación de la empresa.

$$BinariaC(1) = 1$$

- La planta 2 (Pisco) debe mantenerse abierta según indicación de la empresa.

$$BinariaF(2) = 1$$

- La asignación de mercado, según Tabla 17, se define para los casos que ameriten como:

$$QCD(c,d)=0$$

2.3. Programación y resultados

El modelo fue programado en lenguaje MILP (programación lineal) y desarrollado en el solucionador Lingo. En el anexo 10 se detalla la programación realizada.

Según los resultados del modelo para los cinco años de análisis, el producto terminado importado debe ingresar por el puerto del Callao. Asimismo, los centros de distribución que deberían operar para los dos primeros años serían Pisco, La Paz, Lambayeque y Santa Cruz, mientras que para los siguientes tres años se prescindiría de Santa Cruz. El centro de distribución de La Paz absorbería la demanda de Santa Cruz. Los centros de distribución de Lima y Arequipa deberían cerrarse.

Los resultados obtenidos concuerdan con la estrategia de Caasa de fortalecer su competitividad en el mercado boliviano y la zona norte del Perú incrementando sus ventas y su participación en estos para los próximos años. Sobre la base de estos resultados, se ha procedido a realizar un comparativo de costos de la situación propuesta para el periodo 2017 - 2021 y la que manejaría Caasa si continuara operando como en la actualidad, según el comportamiento del 2016. En el gráfico 15 se detallan los cálculos realizados que minimizan la función objetivo para el año 2017. En la tabla 20 se resumen los ahorros generados para cada año bajo la misma lógica.

Tabla 20. Segunda propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021

Año	Situación	Costo fijo CD (S/)	Costo variable CD (S/)	Costo variable transporte 1 (S/)	Costo variable transporte 2 (S/)	Ahorro anual (S/)
2017	Propuesta	30.309.486	1.640.308	22.133.206	76.212.280	
	Actual	42.017.884	6.844.054	33.682.026	95.673.461	
	Ahorro en costos S/	11.708.398	5.203.746	11.548.820	19.461.181	47.922.146
2018	Propuesta	34.855.909	1.691.378	21.543.203	80.431.956	
	Actual	48.320.567	6.987.902	34.518.811	98.413.504	
	Ahorro en costos S/	13.464.658	5.296.524	12.975.608	17.981.548	49.718.339
2019	Propuesta	38.982.590	1.805.928	21.384.544	90.286.822	
	Actual	55.568.652	7.448.130	36.810.474	106.200.998	
	Ahorro en costos S/	16.586.062	5.642.202	15.425.930	15.914.176	53.568.369
2020	Propuesta	44.829.978	1.912.256	22.643.544	95.602.481	
	Actual	63.903.949	7.886.647	38.977.748	112.453.492	
	Ahorro en costos S/	19.073.971	5.974.391	16.334.204	16.851.011	58.233.577
2021	Propuesta	51.554.475	2.019.247	23.910.591	100.951.706	
	Actual	73.489.541	8.327.911	41.158.608	118.745.833	
	Ahorro en costos S/	21.935.066	6.308.664	17.248.017	17.794.127	63.285.875

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. Comparativo de costos de la situación propuesta y actual – año 2017

PROPUESTO				CENTRO DE DISTRIBUCION											
FUENTE															
PTO CALLAO	COSTO FIJO	0	QF	CD PISCO	1	COSTO FIJO	20,660,251	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
	COSTO VARIABLE	1,968	79,730			COSTO VARIABLE	1.77	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	806,656	0	806,656
PISCO	COSTO FIJO	88,000,000	QF	CD AREQUIPA	0	COSTO FIJO	2,037,515	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
	COSTO VARIABLE	1,056	916,899			COSTO VARIABLE	19.11	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
PTO PISCO	COSTO FIJO	0	QF	CD LIMA	0	COSTO FIJO	19,320,118	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
	COSTO VARIABLE	1,984	0			COSTO VARIABLE	3.88	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
COSTO FIJO TOTAL		88,000,000		CD LA PAZ	1	COSTO FIJO	5,212,401	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
COSTO VARIABLE FUENTE		1,125,153,984				COSTO VARIABLE	1.38	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	99,931	0	99,931
				CD CUSCO	0	COSTO FIJO	11,220,764	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	2.98	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
				CD PUNO	0	COSTO FIJO	8,241,489	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	2.19	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
				CD JUNIN	0	COSTO FIJO	5,585,136	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	1.48	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
				CD LA LIBERTAD	0	COSTO FIJO	4,592,010	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	1.22	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	0	0	0
				CD LAMBAYEQUE	1	COSTO FIJO	3,603,787	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	0.96	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	74,071	74,071	0
				CD STA CRUZ	1	COSTO FIJO	833,047	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP				
						COSTO VARIABLE	0.22	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO	15,971	5,659	10,312
						COSTO FIJO TOTAL	30,309,486				COSTO VARIABLE TRANSP1		22,133,206		
						COSTO VARIABLE CD	1,640,308				COSTO VARIABLE TRANSP2		76,212,280		
											COSTO TOTAL		1,343,449,264		

ACTUAL												
FUENTE				CENTRO DE DISTRIBUCION								
PTO CALLAO	COSTO FIJO	0	QF	CD PISCO	1	COSTO FIJO	20,660,251	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP	
	COSTO VARIABLE	1,968	79,730			COSTO VARIABLE	1.77	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO
PISCO	COSTO FIJO	88,000,000	QF	CD AREQUIPA	1	COSTO FIJO	2,037,515	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP	
	COSTO VARIABLE	1,056	916,899			COSTO VARIABLE	19.11	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO
PTO PISCO	COSTO FIJO	0	QF	CD LIMA	1	COSTO FIJO	19,320,118	QFC (Destino - Procedencia)			CV TRANSP	
	COSTO VARIABLE	1,984	0			COSTO VARIABLE	3.88	QC	PTO CALLAO	PISCO		PTO PISCO
COSTO FIJO TOTAL		88,000,000				COSTO FIJO TOTAL		42,017,884			COSTO VARIABLE TRANSP1	33,682,026
COSTO VARIABLE FUENTE		1,125,153,984				COSTO VARIABLE CD		6,844,054			COSTO VARIABLE TRANSP2	95,673,461
											COSTO TOTAL	1,391,371,409
											AHORRO COSTOS S/.	47,922,146

Fuente: Elaboración propia

Bajo la misma lógica del análisis anterior, se ha procedido a realizar un comparativo teórico del tiempo total incurrido en despachos para la situación propuesta y la actual para los cinco años. En la tabla 21 se aprecia una mejoría en tiempos en los tres últimos años.

Tabla 21. Segunda propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021

Año	Tiempo propuesto (días)	Tiempo actual (días)	Variación (%)
2017	246,97	249,83	-1,14%
2018	256,55	257,66	-0,43%
2019	276,08	275,56	0,19%
2020	292,35	291,78	0,19%
2021	308,70	308,12	0,19%

Fuente: Elaboración propia

2.4. Diseño final de la cadena de abastecimiento

Los autores consideran que no debería haber aperturas y cierres de un mismo CD o que cambie la cantidad de ellos en el periodo de evaluación. Asimismo, la regla de atención de los CD a las regiones debería ser única, no compartida. Por ello, se define que los centros de distribución que deberían funcionar para los próximos cinco años deben ser Pisco, La Paz, Lambayeque y Santa Cruz, sacrificando ahorros en transporte y almacén por el cumplimiento o disminución del *lead time* de entrega a los clientes.

Tabla 22. Última propuesta: Ahorro en costos – año 2017 al 2021

Año	Situación	Costo fijo CD (S/)	Costo variable CD (S/)	Costo variable transporte 1 (S/)	Costo variable transporte 2 (S/)	Ahorro anual (S/)
2017	Propuesta	30.309.486	1.628.995	23.530.383	75.751.402	
	Actual	42.017.884	6.844.054	33.682.026	95.673.461	
	Ahorro en costos S/	11.708.398	5.215.059	10.151.643	19.922.059	46.997.159
2018	Propuesta	34.855.909	1.678.281	23.135.424	79.898.379	0
	Actual	48.320.567	6.987.902	34.518.811	98.413.504	0
	Ahorro en costos S/	13.464.658	5.309.621	11.383.387	18.515.125	48.672.792
2019	Propuesta	40.084.295	1.771.150	24.750.024	87.879.365	
	Actual	55.568.652	7.448.130	36.810.474	106.200.998	
	Ahorro en costos S/	15.484.357	5.676.980	12.060.450	18.321.633	51.543.420
2020	Propuesta	46.096.939	1.875.432	26.207.046	93.053.377	
	Actual	63.903.949	7.886.647	38.977.748	112.453.492	
	Ahorro en costos S/	17.807.010	6.011.216	12.770.702	19.400.115	55.989.043
2021	Propuesta	53.011.480	1.980.359	27.673.817	98.259.737	
	Actual	73.489.541	8.327.911	41.158.608	118.745.833	
	Ahorro en costos S/	20.478.061	6.347.552	13.484.791	20.486.096	60.796.501

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Última propuesta: Variación en días – año 2017 a 2021

Año	Tiempo propuesto (días)	Tiempo actual (días)	Variación (%)
2017	244,24	249,83	-2,24%
2018	253,39	257,66	-1,66%
2019	270,60	275,56	-1,80%
2020	286,54	291,78	-1,80%
2021	302,56	308,12	-1,80%

Fuente: Elaboración propia

3. Metodología de lógica difusa

3.1. Justificación del uso de la lógica difusa

La información obtenida con el modelo de programación lineal con Lingo muestra que son cuatro los centros de distribución que sugiere se tengan abiertos para mejorar la distribución en la empresa. Para probar la factibilidad de abrir los centros de distribución, se decidió usar una

herramienta adicional que permita validar y confirmar que la solución obtenida con la programación lineal es la correcta. Se optó por una evaluación de soporte al primer modelo.

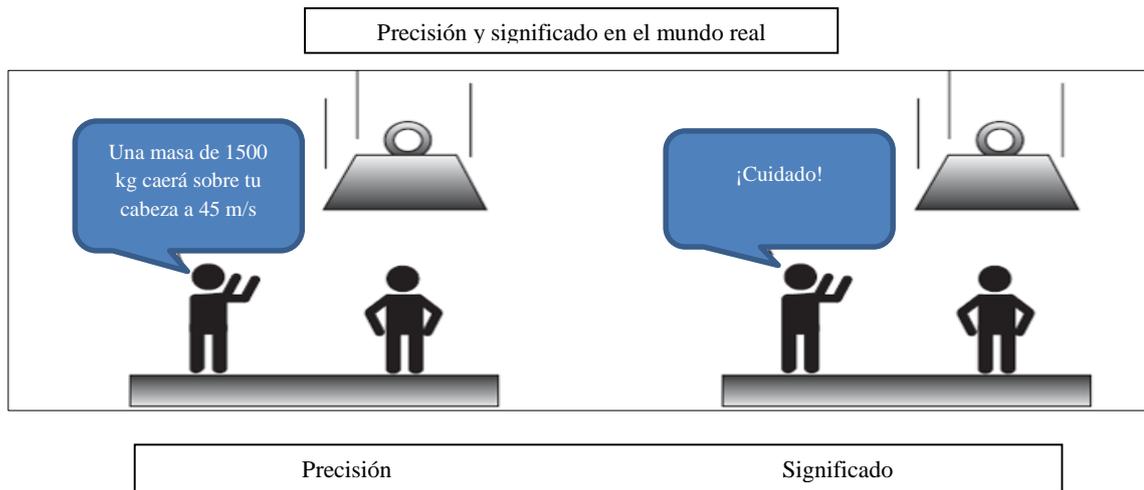
Bojadziev (2007) muestra las aplicaciones de la lógica difusa en los negocios, finanzas y administración de negocios, considerándola como una herramienta potente para la toma de decisiones y control, basándose en reglas vagas, imprecisas, que es la manera, indica, en que se expresa la realidad. Passina y Yurkovich (1998) mencionan que la metodología de lógica difusa puede ayudar a resolver complicados problemas del mundo real. Mendel (1995) refiere que un sistema de lógica difusa es único y permite trabajar al mismo tiempo con datos numéricos y términos lingüísticos para el modelamiento de la realidad. No se tiene una aplicación cercana en redes de distribución, pero por las bondades indicadas se decidió usar la lógica difusa para someter cada centro de distribución a variables relacionadas entre sí, lo que proporcionará y confirmará la factibilidad de ubicar un centro de distribución en una región propuesta.

El concepto de la lógica difusa se explica por la capacidad del sistema de tomar variables que en la realidad no necesariamente se expresan de forma medible con precisión. Mientras más uno se centre en tomar en cuenta solo variables que sean medibles, se deja fuera variables mucho más importantes que se pueden medir con expresiones aproximadas. Los investigadores coinciden en que la precisión no es la verdad, y que nada es incondicionalmente verdad, lo cual deja abierta la posibilidad de tener estudios más completos considerando variables medibles precisas y no precisas. Es más importante el significado de los eventos, más que la precisión. En diversas situaciones los significados pueden ayudar mejor (ver gráfico 16).

La lógica difusa brinda la posibilidad de identificar variables convenientes que permitan evaluar la factibilidad de los centros de distribución, sin dejar de lado importantes variables que a primera vista no tienen una medición exacta, sabiendo que podrían afectar la elección. De esta manera, se abarca la mayor cantidad de variables, no solo las que se podría pensar que son más exactas en su medición, sino también las que tienen un significado y son importantes.

Por otro lado, la lógica difusa es conceptualmente fácil de entender, flexible y tolerante a la data imprecisa. Uno de sus puntos fuertes es que está basada en un lenguaje natural, en el que la comunicación humana es la principal herramienta (Zadeh 1965). Es la codificación del sentido común; por lo tanto, el sistema puede ser construido e implementado sobre la base de la experiencia de expertos y puede ser mezclada con técnicas de control convencional. En el presente estudio, la experiencia de directivos de la empresa es importante para el diseño del modelo.

Gráfico 16. Lógica difusa



Fuente: The MathWorks, Inc., 1999

Todo lo mencionado permitió seleccionar la lógica difusa como el sistema para evaluar finalmente si las nuevas ubicaciones seleccionadas en la programación lineal son ratificadas.

3.2. Identificación de variables lingüísticas

Para el desarrollo de la evaluación de la factibilidad de ubicación de los centros de distribución mencionados anteriormente, bajo la metodología de lógica difusa, se han considerado 37 variables externas e internas, las cuales han sido agrupadas por área según lo recomendado por David (2013). Estas variables de entrada darán como primer resultado 11 variables de salida o áreas y estas a su vez el resultado final esperado de cuán factible (%) será ubicar el CD siendo un 60% en adelante un valor razonable para aceptar la propuesta de ubicación. La definición de las variables lingüísticas y su agrupación se resume en la tabla 24.

3.3. Planteamiento de conjuntos y reglas difusas

Según las características de las variables lingüísticas evaluadas, se definieron los conjuntos difusos con sus respectivos términos o etiquetas (ver tabla 25) y las funciones de inclusión de dichos conjuntos de tipo trapezoidal y triangular siguiendo las pautas recomendadas por Del Brío (2001). Así, por ejemplo, para la variable "comportamiento económico sector siderúrgico" que junto a 5 variables más conforma el área "fuerza económica", se definieron los términos bajo, medio y alto. El término "bajo" posee un conjunto trapezoidal donde de S/ 600 a S/ 800 (eje x) toma un valor de pertenencia de 1 (eje y) y de S/ 800 a S/ 1.300 el valor de pertenencia se va

reduciendo. El término “medio” tiene como función un conjunto triangular que de S/ 1.100 a S/ 1.400 toma un valor de pertenencia creciente, y de S/ 1.400 a S/ 1.700, un valor decreciente.

Con respecto a las reglas definidas, siguiendo el ejemplo anterior, una de las reglas fue que si las variables “comportamiento económico sector siderúrgico”, “tendencia del PBI”, “nivel de ingreso per cápita”, “nivel de empleo” eran bajos, “condiciones de importación” era no favorable, entonces, “fuerza económica” era bajo (ver gráfico 17).

Tabla 24. Variables lingüísticas a evaluar según área

N°	Variables 1	N°	Variables 2 o áreas	N°	Resultado
1	Comportamiento económico sector siderúrgico - regional	FE	Fuerzas económicas	FAC	Factibilidad de ubicación de CD
2	Tendencia del producto bruto interno - Construcción				
3	Nivel de ingreso Per cápita				
4	Nivel de empleo: PEA				
5	Condiciones de importación				
6	Fluctuaciones de precios (materiales de construcción)				
1	Expectativa de inversión - actitudes hacia la inversión	FP	Fuerzas políticas, gubernamentales y legales		
2	Restricciones de Normas legales - Leyes locales, estatales y federales especiales				
3	Regulaciones y desregulaciones gubernamentales				
4	Regulaciones de exportación				
5	Cambios en la política fiscal y monetaria del gobierno				
6	Monto de los presupuestos del gobierno				
1	Accesibilidad de carreteras	FS	Fuerzas sociales, culturales, demográficas y ambientales		
2	Manejo de los desechos				
3	Actitudes hacia los negocios				
4	Actitudes hacia el gobierno				
5	Responsabilidad social				
1	Cobertura internet	FT	Fuerzas tecnológicas		
2	Disponibilidad de red - cobertura móvil				
3	Comercio electrónico				
1	Rivalidad entre empresas competidoras	FC	Fuerzas competitivas		
2	Entrada potencial de nuevos competidores				
3	Desarrollo potencial de productos sustitutos				
4	Poder de negociación de los proveedores				
5	Poder de negociación de los consumidores				
1	Nivel de alineamiento a la estrategia	FG	Gerencia		
1	Análisis de los clientes	M	Marketing		
2	Fijación de precios				
3	Tiempo de respuesta al cliente				
4	Distribución				
1	Rentabilidad	FICo	Finanzas y contabilidad		
1	Capacidad (utilizada)	PO	Producción y operaciones		
2	Inventario (cobertura)				
1	Apoyar a los negocios existentes	I+D	Investigación y desarrollo		
2	Ayudar a los lanzamientos de nuevos negocios				
1	Calidad y veracidad de la data	SAI	Sist. de administración de información		
2	Conversión de los datos en información relevante para la toma de decisiones				

Fuente: Elaboración propia

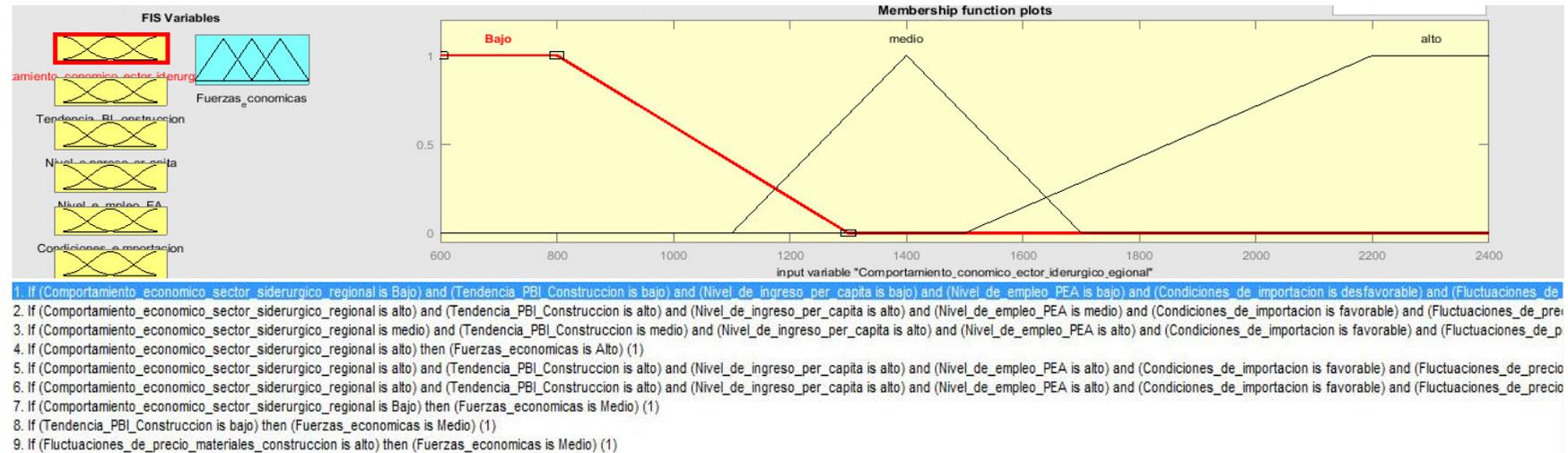
Tabla 25. Términos lingüísticos y definición de valores

N°	Variables	Términos lingüísticos	Universo	Definición de valores de términos
1	Comportamiento económico sector siderúrgico - regional	Bajo - Medio - Alto	600 - 2400	Bajo: 100, 600, 800, 1300 / Medio: 1100, 1400, 1700 / Alto: 1500, 2200, 2400, 3100
2	Tendencia del producto bruto interno - Construcción	Bajo - Medio - Alto	0 - 220	Bajo: -50, 0, 20, 70 / Medio: 50, 95, 140 / Alto: 120, 200, 220, 300
3	Nivel de ingreso Per cápita	Bajo - Medio - Alto	8000 - 26000	Bajo: US\$ 5000, 8000, 9000, 12000 / Medio: US\$ 10000, 14500, 19000 / Alto: US\$ 17000, 24000, 26000, 33000
4	Nivel de empleo: PEA	Bajo - Medio - Alto	0 - 100 %	Bajo: -20, 0, 30, 50% / Medio: 40, 60, 80% / Alto: 60, 80, 100, 120%
5	Condiciones de importación	Favorable - No favorable	1000 - 2500	Favorable: \$ 1300, 2350, 2500, 3550 / Desfavorable: \$ 650, 1000, 1150, 1500 mil
6	Fluctuaciones de precios (materiales de construcción)	Bajo - Medio - Alto	0 - 0.7%	Bajo: -0.15, 0, 0.05, 0.2 % / Medio: 0.15, 0.3, 0.45% / Alto: 0.35, 0.65, 0.7, 1%
1	Expectativa de inversión - actitudes hacia la inversión	Bajo - Medio - Alto	0 - 100 %	Bajo: -25, 0, 5, 30% / Medio: 20, 40, 60 / Alto: 50, 90, 100, 140
2	Restricciones de Normas legales - Leyes locales, estatales y federales especiales	No complejas - Muy complejas	0 - 100 %	No complejas: -45, 0, 10, 55% / Muy complejas: 35, 90, 100, 155%
3	Regulaciones y desregulaciones gubernamentales	Desfavorable - Favorable	0 - 100 %	Desfavorable: -3, 0, 5, 40% / Favorable: 30, 65, 70, 105%
4	Regulaciones de exportación	Desfavorable - Favorable	0 - 100 %	Desfavorable: -25, 0, 5, 30% / Favorable: 20, 45, 50, 75%
5	Cambios en la política fiscal y monetaria del gobierno	Desfavorable - Favorable	0 - 10%	Desfavorable: -4, 0, 1, 5% / Favorable: 3, 9, 10, 16%
6	Monto de los presupuestos del gobierno	Bajo - Medio - Alto	0 - 20%	Bajo= -3, 2, 3, 8% / Medio: 6, 9, 12% Alto : 10, 18, 20, 28%
1	Accesibilidad de carreteras	Baja - Alta	0 - 100 %	Baja: -40, 0, 20, 60 Alta: 40, 70, 100, 130
2	Manejo de los desechos	Inadecuado - Adecuado	0 - 100 %	Inadecuado: -40, 0, 10, 50%, Adecuado: 30, 60, 100, 130%
3	Actitudes hacia los negocios	Pesimista - Optimista	0 - 100 %	Pesimista: -40, 0, 10, 50%, Optimista: 20, 80, 100, 160%
4	Actitudes hacia el gobierno	Negativo - Positivo	0 - 100 %	Negativo: -20, 0, 10, 30%, Positivo: 15, 70, 100, 155%
5	Responsabilidad social	Bajo - Medio - Alto	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 10, 30%, Media: 20, 35, 50%, Alta: 35, 70, 100, 135%
1	Cobertura internet	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 30, 50%, Media: 40, 55, 70%, Alta: 60, 80, 100, 120%
2	Disponibilidad de red - cobertura móvil	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 30, 50%, Media: 40, 55, 70%, Alta: 60, 80, 100, 120%
3	Comercio electrónico	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 10, 30%, Media: 20, 35, 50%, Alta: 40, 70, 100, 130%
1	Rivalidad entre empresas competidoras	Débil - Moderado - Fuerte	0 - 100 %	Débil: -15, 0, 5, 20%, Moderada: 10, 30, 50%, Fuerte: 40, 80, 100, 140%
2	Entrada potencial de nuevos competidores	No Posible - Posible	0 - 100 %	No Posible: -30, 0, 10, 40%, Posible: 20, 60, 100, 140%
3	Desarrollo potencial de productos sustitutos	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -15, 0, 15, 30%, Media: 20, 35, 50%, Alta: 40, 60, 100, 120%
4	Poder de negociación de los proveedores	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 10, 30%, Media: 20, 35, 50%, Alta: 40, 70, 100, 130%
5	Poder de negociación de los consumidores	Débil - Fuerte	0 - 100 %	Débil: -40, 0, 20, 60%, Fuerte: 30, 70, 100, 140%
1	Nivel de alineamiento a la estrategia	Bueno - Malo	0 - 100 %	Bueno: 50, 80, 100, 130%, Malo: -30, 0, 40, 70%
1	Análisis de los clientes	Ligero - Moderado - Exhaustivo	0 - 100 %	Ligero: -30, 0, 10, 40%, Moderado: 30, 50, 70%, Exhaustivo: 55, 80, 100, 125%
2	Fijación de precios	Leve - Moderado - Agresivo	0 - 100 %	Leve: -15, 0, 5, 20%, Moderado: 10, 25, 40%, Agresivo: 30, 70, 100, 140
3	Tiempo de respuesta al cliente	Lento - Medio - Rápido	0 - 8 días	Lento: 4, 7, 8, 11 días, Medio: 2, 3.5, 5 días, Rápido: -2, 0, 1, 3 días
4	Distribución	Malo - Bueno	0 - 100 %	Malo: -40, 0, 30, 70%, Bueno: 40, 90, 100, 150%
1	Rentabilidad	Baja - Media - Alta	0 - 35 %	Baja: -9, 0, 3, 12%, Media: 8, 14, 20%, Alta: 15, 30, 35, 50%
1	Capacidad (utilizada)	Inadecuado - Óptimo	0 - 100 %	Inadecuado: -30, 0, 30, 60% Óptimo: 40, 90, 100, 150%
2	Inventario (cobertura)	Inadecuado - Óptimo	0 - 100 %	Inadecuado: 10, 60, 100, 140% Óptimo: -20, 0, 20, 40%
1	Apoyar a los negocios existentes	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 10, 30%, Media: 20, 40, 60%, Alta: 45, 80, 100, 135%
2	Ayudar a los lanzamientos de nuevos negocios	Baja - Media - Alta	0 - 100 %	Baja: -20, 0, 20, 40%, Media: 30, 45, 60%, Alta: 50, 80, 100, 130%

1	Calidad y veracidad de la data	Malo - Bueno	0 - 100 %	Mala: -50, 0, 20, 70% - Buena: 50, 80, 100, 130%
2	Conversión de los datos en información relevante para la toma de decisiones	Malo - Bueno	0 - 100 %	Mala: -50, 0, 20, 70% - Buena: 50, 80, 100, 130%
FE	Fuerzas económicas	Bajo - Medio - Alto	0 - 100%	Bajo: - 20, 0, 20, 40% Medio: 30, 45, 60% Alto: 50, 70, 100, 120%
FP	Fuerzas políticas, gubernamentales y legales	Desfavorable- Favorable	0 - 100%	Desfavorable: - 35, 0, 15 , 50% Favorable: 30, 70, 100, 140%
FS	Fuerzas sociales, culturales, demográficas y ambientales	Negativo - Positivo	0 - 100%	Negativo: -40, 0, 20, 60 Positivo: 30, 70, 100, 140
FT	Fuerzas tecnológicas	Baja - Media - Alta	0 - 100%	Baja: -30, 0, 10, 40 Media: 30, 50, 70 Alta: 60, 80, 100, 120
FC	Fuerzas competitivas	Baja - Media - Alta	0 - 100%	Baja: -15, 0, 10, 25 Media: 15 27.5 40 Alta: 30, 70, 100, 140
FG	Gerencia	Malo - Bueno	0 - 100%	Buena: 50, 80, 100, 130%, Mala: -30, 0, 40, 70%
M	Marketing	Bajo - Medio - Alto	0 - 100%	Bajo: -20, 0, 20, 40 Medio: 30, 45, 60 Alto: 50, 80, 100, 130
FiCo	Finanzas y contabilidad	Bajo - Medio - Alto	0 - 35 %	Baja: -9, 0, 3, 12%, Media: 8, 14, 20%, Alta: 15, 30, 35, 50%
PO	Producción y operaciones	Inadecuado - Óptimo	0 - 100%	Inadecuado: -30, 0, 20, 50% Óptimo: 30, 70, 100, 140
I+D	Investigación y desarrollo	Bajo - Medio - Alto	0 - 100%	Bajo: -15, 0, 15, 30 Medio: 20, 40, 60 Alto: 45, 80, 100, 135
SAI	Sistemas de administración de información	Mala - Buena	0 - 100%	Mala: -50, 0, 20, 70% - Buena: 50, 80, 100, 130%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17. Definición de conjuntos y reglas difusas



Fuente: Matlab. Elaboración propia

3.3.1. Simulación bajo inferencia Mamdani y resultados

En Matlab se realizó la simulación de las 37 variables y 11 áreas, y se obtuvo como resultado un 70% de factibilidad de ubicación para las 4 regiones analizadas.

Tabla 26. Resultados factibilidad de ubicación del centro de distribución

N°	Variables 1	STA CRUZ	PISCO	LAMBAYEQUE	LA PAZ
1	Comportamiento económico sector siderúrgico - regional	2100.00	980.00	2100.00	2200.00
2	Tendencia del producto bruto interno - Construcción	170.00	90.00	180.00	200.00
3	Nivel de ingreso Per cápita	23211.00	20893.00	13631.00	15650.00
4	Nivel de empleo: PEA	0.74	0.80	0.81	0.94
5	Condiciones de importación	1666.67	1666.67	1666.67	2333.33
6	Fluctuaciones de precios (materiales de construcción)	0.004	0.003	0.01	0.004
		72.70	40.00	65.40	76.90
1	Expectativa de inversión - actitudes hacia la inversión	0.50	0.50	0.80	0.60
2	Restricciones de Normas legales - Leyes locales, estatales y federales especiales	0.30	0.30	0.30	0.40
3	Regulaciones y desregulaciones gubernamentales	0.60	0.60	0.60	0.60
4	Regulaciones de exportación	0.40	0.40	0.40	0.30
5	Cambios en la política fiscal y monetaria del gobierno	0.05	0.05	0.05	0.08
6	Monto de los presupuestos del gobierno	0.05	0.04	0.15	0.12
		67.70	67.70	70.80	70.00
1	Accesibilidad de carreteras	0.80	0.70	0.70	0.70
2	Manejo de los desechos	0.60	0.60	0.40	0.60
3	Actitudes hacia los negocios	0.80	0.50	0.70	0.80
4	Actitudes hacia el gobierno	0.40	0.50	0.60	0.60
5	Responsabilidad social	0.80	0.70	0.40	0.60
		73.90	73.90	66.70	71.80
1	Cobertura internet	0.80	0.80	0.80	0.80
2	Disponibilidad de red - cobertura móvil	0.80	0.80	0.80	0.80
3	Comercio electrónico	0.80	0.80	0.80	0.80
		84.70	84.70	84.70	84.70
1	Rivalidad entre empresas competidoras	0.30	0.30	0.80	0.70
2	Entrada potencial de nuevos competidores	0.20	0.30	0.50	0.80
3	Desarrollo potencial de productos sustitutos	0.20	0.20	0.20	0.20
4	Poder de negociación de los proveedores	0.50	0.70	0.40	0.60
5	Poder de negociación de los consumidores	0.40	0.30	0.50	0.60
		68.50	73.90	73.90	72.10
1	Nivel de alineamiento a la estrategia	0.90	0.90	0.80	0.80
		81.70	81.70	81.70	81.70
1	Análisis de los clientes	0.80	0.80	0.90	0.90
2	Fijación de precios	0.20	0.20	0.80	0.70
3	Tiempo de respuesta al cliente (Pendiente)	2.00	2.00	3.00	3.00
4	Distribución	0.90	0.90	0.80	0.80
		78.80	78.80	81.70	81.70
1	Rentabilidad	0.25	0.30	0.09	0.10
		27.30	28.10	8.03	10.40
1	Capacidad	0.70	0.70	0.70	0.80
2	Inventario	0.20	0.20	0.20	0.25
		62.00	62.00	62.00	60.80
1	Apoyar a los negocios existentes	0.90	0.90	0.70	0.70
2	Ayudar a los lanzamientos de nuevos negocios	0.80	0.80	0.60	0.60
		80.20	80.20	75.60	75.60
1	Calidad y veracidad de la data	0.90	0.90	0.70	0.70
2	Conversión de los datos en información relevante para la toma de decisiones	0.90	0.90	0.70	0.70
		81.70	81.70	79.80	79.80
FAC	Factibilidad de ubicación de CD	70.70	69.30	69.80	71.10

Fuente: Elaboración propia

3.4. Presentación final del proyecto

Tabla 27. Project charter

<i>Project charter</i>		
Nombre del proyecto		
Rediseño de la red de distribución		
Descripción del proyecto		
<p>El proyecto “Rediseño de la red de distribución”, consiste en modificar la red de distribución actual de Corporación Aceros Arequipa S.A. cerrando el centro de distribución de Lima y Arequipa y abriendo otros en Lambayeque, La Paz y Santa Cruz permitiéndole tener una ventaja competitiva respecto al nivel de servicio ofrecido al cliente. El desarrollo del proyecto estará a cargo de las siguientes personas:</p> <p><i>Sponsor:</i> Tulio Silgado. <i>Líder del proyecto:</i> Iván Barrera <i>Miembros del equipo:</i> Jorge Fiestas, Marco Mesías, David Chávez, Marcos Fang, Juan Andrés Pereda, César Gómez, Luis Muchaypiña y Alexandra Ferrer</p> <p>El desarrollo del proyecto contemplará la evaluación de costos de las instalaciones (incluye apertura y cierre), costos de operación en los centros de distribución, costos de fletes, proyección de la demanda al 2021, flujos de material y frecuencia.</p> <p>El proyecto será realizado desde el 01.01.18 al 31.12.18. La gestión del proyecto se realizará en las instalaciones de Caasa por el equipo de proyecto.</p>		
Definición del producto del proyecto		
Apertura de tres CD en el norte del país y en Bolivia y cierre del CD Lima y Arequipa		
Definición de requisitos del proyecto		
Requisitos funcionales: Centros de distribución ubicados en la zona norte, centro y sur del país y en Bolivia		
Requisitos de calidad: Lograr certificaciones de calidad en los nuevos centros de distribución		
Objetivos del proyecto:		
Concepto	Objetivos	Criterios de éxito
1. Alcance	Cumplir con la elaboración de los siguientes entregables: contratos e informes	Aprobación de todos los entregables por parte del directorio
2. Tiempo	Concluir el proyecto en el plazo fijado por Caasa	Concluir el proyecto en 52 semanas, del 01.01.18 al 31.12.18
3. Costo	Cumplir con el presupuesto estimado del proyecto	No exceder el presupuesto del proyecto
Finalidad del proyecto		
Optimizar la red de distribución actual en costo y tiempo.		
Justificación del proyecto		
Justificación cualitativa		Justificación cuantitativa
Reducir costos logísticos para la empresa.		Flujos de egresos
Ampliación de volumen de TM para la empresa.		Flujo de ingresos
Impacto económico		VAN, TIR
Designación del <i>project manager</i>		
Nombre:	IB	Niveles de autoridad
Reporta a:	TS	Exigir el cumplimiento de los entregables del proyecto.
Supervisa a:	JF/MM/DC/CG	
Cronograma de hitos del proyecto		
Hito o evento significativo		Fecha programada
Inicio del proyecto		01.01.18
Costeo de inventario general Lima y Arequipa		28.02.18
Traslado de mercadería y equipos		15.12.18
Venta de edificio e infraestructura		21.12.18
Adquisición de centros de distribución		30.04.18
Distribución de planta		15.06.18
Adquisición e implementación de recursos varios para la operatividad		15.10.18
Disposición de inventario		15.12.18

<i>Project charter</i>		
Cronograma de hitos del proyecto		
Hito o evento significativo	Fecha programada	
Revisión de flujos de material y <i>lead times</i> para la venta, reaprovisionamientos, importaciones y logística inversa	15.08.18	
Fin del proyecto	31.12.18	
Principales amenazas del proyecto		
Baja de precio de los <i>commodities</i>		
Conflicto con sindicato de trabajadores Lima y Arequipa		
Aumento de distribución efectiva de la competencia		
Problemas con la población cercana por movimiento de transporte en zona del nuevo CD		
Principales oportunidades del proyecto		
Comportamiento de la demanda ascendente		
Reconstrucción en el norte del país y crecimiento económico en Bolivia		
Dinamización de obras civiles		
Presupuesto preliminar del proyecto		
Concepto	Monto S/	
1. Infraestructura	19.034.070	
2. Materiales	8.711.444	
3. Personal	900.000	
Total línea base	28.645.514	
5. Reserva de contingencia	2.864.551	
6. Reserva de gestión	2.864.551	
Total presupuesto	34.374.617	
<i>Sponsor</i> que autoriza el proyecto		
Nombre	Cargo	Fecha
Tulio Silgado	Gerente General	15.12.17

Fuente: Elaboración propia

En los anexos 11, 12, 13 y 14 se puede apreciar el desarrollo de la gestión del alcance, tiempo, riesgos e interesados respectivamente.

3.5. Evaluación económica

Para el análisis económico se consideró dentro de la inversión los costos de alquiler de los 3 centros de distribución, implementación de infraestructura, inventario por 7 días de cobertura en ellos, traslado de inventario y pago de personal para el año 0. Para los años 1 a 5, se consideraron como flujos de efectivo los costos de alquiler de los CD, costos de operación y margen incremental por las ventas auspiciadas por la rápida respuesta por la cercanía al mercado.

Dentro de los costos de operación se consideran las partidas de alquileres de montacargas, mantenimiento y reparaciones, planillas, seguridad y vigilancia, seguros, servicio informático, servicios públicos, telecomunicaciones, tributos, consumo y traslado de materiales internos. La demanda incremental fue proporcionada por los subgerentes de venta de Caasa según sus estimaciones y fue traducida en margen incremental valorizado.

Para los ahorros conseguidos por el rediseño de la red se consideraron los valores finales mostrados anteriormente restando el efecto del cierre de los CD.

El resultado de la evaluación realizada en el horizonte de 5[A3] años se encuentra en la tabla 20, donde se puede apreciar que el VAN del proyecto sería de S/ 51.221.395, el TIR 74% y el periodo de recuperación de 1,3 años.

Tabla 28. Flujo de caja del proyecto

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	-28,645,514					
Costos de alquiler y operación						
CD LA PAZ (S/.)		-8,658,003	-8,532,596	-8,485,031	-8,670,827	-8,857,788
CD LAMBAYEQUE (S/.)		-4,047,480	-4,153,202	-4,715,118	-4,927,061	-5,140,402
CD SANTA CRUZ (S/.)		-6,871,822	-6,849,606	-6,842,011	-6,871,556	-6,901,334
Total costos de alquiler y operación S/.		-19,577,306	-19,535,403	-20,042,161	-20,469,443	-20,899,524
Ahorros						
Total ahorros - Situación actual vs propuesta		35,288,761	35,208,134	36,059,063	38,182,033	40,318,440
Margen incremental						
CD LA PAZ (S/.)		2,398,344	3,461,976	3,410,568	3,611,376	3,813,444
CD LAMBAYEQUE (S/.)		2,112,888	3,283,596	3,890,916	4,119,984	4,350,564
CD SANTA CRUZ (S/.)		383,304	550,944	542,736	574,668	606,852
Total margen incremental S/.		4,894,536	7,296,516	7,844,220	8,306,028	8,770,860
Flujos	-28,645,514	20,605,991	22,969,246	23,861,122	26,018,618	28,189,776
Flujo acumulado	-28,645,514	-8,039,522	14,929,724	38,790,847	64,809,465	92,999,240
VAN (S/.)	51,221,395					
TIR (%)	74%					
Periodo de recupero (años)	1.3					

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

1. Conclusiones

- En el presente estudio se demostró que la red actual de Aceros Arequipa tiene oportunidades de mejora si se realiza un rediseño de esta reubicando sus centros de abastecimiento actuales, lo cual le permitiría tener mejoras económicas y de tiempo, optimizando así el nivel de servicio hacia los clientes.
- Luego de realizar el estudio y sobre la base de la proyección de demanda estimada en el periodo 2017 al 2021 y crecimiento región al 2030, se justifica la hipótesis del modelamiento que es abrir centros de abastecimiento en Lambayeque, La Paz y Santa Cruz, lo que permitirá mejorar la distribución numérica actual (cobertura).
- La hipótesis inicial de una mejora en la red de distribución queda demostrada usando modelos de optimización lineal (Lingo) y reforzada bajo el modelo de lógica difusa (Matlab – Fuzzy), el cual bajo el objetivo de reducción de costos y tiempo brinda alternativas de decisión.
- Al realizar la comparación de los costos entre la red de distribución actual y la propuesta obtenida luego de la aplicación de los modelos utilizados, se evidencia un ahorro en estos por un valor promedio anual de S/ 52.800.000 al realizar la apertura de los nuevos centros de distribución enfocado en la optimización en las entregas, al cambiar los flujos del producto y cerrando actuales centros de distribución costosos.
- La evaluación económica financiera de la propuesta con los centros de distribución a abrir brinda una TIR de 74% y un VAN de S/ 51.221.395, lo que indica que es factible ejecutar el proyecto y brindará una nueva red de distribución optimizada que permita mayores rendimientos.

2. Recomendaciones

- La apertura de los nuevos centros de distribución implica una adecuada gestión de riesgos, la cual se describe en el presente documento; sin embargo, para su implementación se requiere un adecuado gestor de proyecto, ya que el cierre y movimiento de personal implica tener un adecuado manejo de gestión de comunicación e interesados.

- Se recomienda considerar la posibilidad de vender las instalaciones de los centros de distribución de Lima y Arequipa para implementar los nuevos centros de distribución, de tal manera que el proyecto tenga un mayor retorno en un menor plazo.
- La nueva red de distribución trae consigo cambios en la estructura del TI de la empresa, la cual debe ser validada y revisada antes de entrar en operación, ya que el traslado de inventario de un CD a otro implica tener mayor trazabilidad de los mismos, para tener la mayor exactitud entre el inventario físico y virtual.
- Se recomienda tener un programa de comunicación adecuada al interior de la empresa y de acercamiento hacia el cliente, ya que el cierre del CD Arequipa implica un alejamiento de los inicios de la organización, por lo que tiene que ser bien transmitido y comunicado hacia el sur del país, que es donde la empresa tiene un significativo volumen de ventas.
- Para la apertura de los centros de distribución en Bolivia, se recomienda enviar personal clave con experiencia en Perú, para brindar el entrenamiento para formación del personal nuevo que formará el equipo de atención a los clientes actuales y nuevos.
- Se recomienda complementar la investigación identificando canales de importación en puertos cercanos a los nuevos centros de distribución, para ver la posibilidad de abastecerse del producto importado directamente a menor costo y reduciendo los plazos de entrega.

Bibliografía

América Economía (2016). “Conozca los planes de Aceros Arequipa”. En: *América Economía*. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/conozca-los-planes-de-aceros-arequipa>>.

Anaya Tejero, Julio Juan (2011). *Almacenes. Análisis, Diseño y Organización*. ESIC., Madrid.

Asociación Latinoamericana del Acero (2017). *América Latina en cifras 2016*. [En línea]. Fecha de consulta: 13/04/17. Disponible en: <https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2016_baja.pdf>.

Bojadziev, G. y Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*. 2ª ed. Estados Unidos.

Camm, J. D., Chorman, T. E., Dill, F. A., Evans, J. R., Sweeney, D. J. y Wegryn, G. W. (1997). Blending OR/MS, judgment, and GIS: Restructuring P&G's supply chain. *Interfaces*, 27(1), 128-142. doi:10.1287/inte.27.1.128.

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2017). *Memoria anual 2016*. [En línea]. Fecha de consulta: 13/04/2017. Disponible en: <www.acerosarequipa.com>.

Chopra, S. y Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*. 5ª ed. México: Pearson.

Diario Gestión (2017). “BBVA Research: ¿Qué países de América del Sur registrarán mayor crecimiento?”. En: *Diario Gestión*. 15 de febrero de 2017. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://gestion.pe/economia/bbva-research-que-paises-america-sur-registraran-mayor-crecimiento-2182261>>.

Diario Gestión (2017). “Aceros Arequipa: Aleación para el éxito”. En: *Diario Gestión*. 13 de abril de 2017. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://gestion.pe/empresas/aceros-arequipa-aleacion-exito-2187335>>.

Diario Gestión (2017). “FMI reduce a 3.5% su proyección de crecimiento económico de Perú para el 2017”. En: *Diario Gestión*. 18 de abril de 2017. Fecha de consulta: 18/04/17. <<http://gestion.pe/economia/fmi-reduce-35-su-proyeccion-crecimiento-economico-peru-2017-2187626>>.

Diario Gestión (2017). “La construcción sostendrá el crecimiento del Perú”. En: *Diario Gestión*. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://gestion.pe/noticia/257612/construccion-sostendra-crecimiento-peru>>.

Diario Gestión (2017). “Optimismo de inversores llega a nivel que no se veía desde el 2011”. En: *Diario Gestión*. 15 de febrero de 2017. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://gestion.pe/economia/optimismo-inversores-llega-nivel-que-no-se-veia-desde-2011-2182210>>.

Diario Gestión (2017). “Sector construcción: ¿qué impulsará su crecimiento?”. En: *Diario Gestión*. 21 de febrero de 2017. Fecha de consulta: 18/04/17. <<http://gestion.pe/inmobiliaria/sector-construccion-que-impulsara-su-crecimiento-2182740>>.

Diario Gestión (2017). “Siderperú: Hoy tenemos capacidad de generar caja y endeudarnos para nuevos proyectos”. En: *Diario Gestión*. 6 de marzo de 2017. Fecha de consulta: 13/04/17. <<http://gestion.pe/empresas/siderperu-hoy-tenemos-capacidad-generar-caja-y-endeudarnos-nuevos-proyectos-2183876>>.

Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2017). *Memoria anual 2016*. [En línea]. Fecha de consulta: 13/04/2017. Disponible en: <www.sider.com.pe>.

Frazelle, Edward H. (2002). *Supply Chain Strategy*. McGraw-Hill Companies Inc.: Estados Unidos.

Kumanan, S., Venkatesan, S. P. y Kumar, J. P., (2007). Optimization of supply chain logistics network using random search techniques. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 3(2), 252-266. oi:10.1504/IJLSM.2007.011824.

Martín Del Brío, B. y Sanz Molina, Alfredo. (2001). *Redes neuronales y sistemas borrosos*. 3ª ed. México.

Passino, K. y Yurkovich, S. (1998). *Fuzzy control*. 1ª ed. Estados Unidos.

Project Management Institute (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 5ª ed. Estados Unidos.

Semana Económica (2017). “BBVA Research recortó a 2.5% proyección del crecimiento del PBI del Perú para el 2017”. [En línea]. Fecha de consulta: 20/04/17. Disponible en: <http://semanaeconomica.com/article/economia/macroeconomia/224430-bbva-research-recorto-a-2-5-proyeccion-del-crecimiento-del-pbi-del-peru-para-el-2017/?utm_term=Autofeed&utm_campaign=Echobox&utm_medium=Social&utm_source=Facebook#link_time=1492708914>.

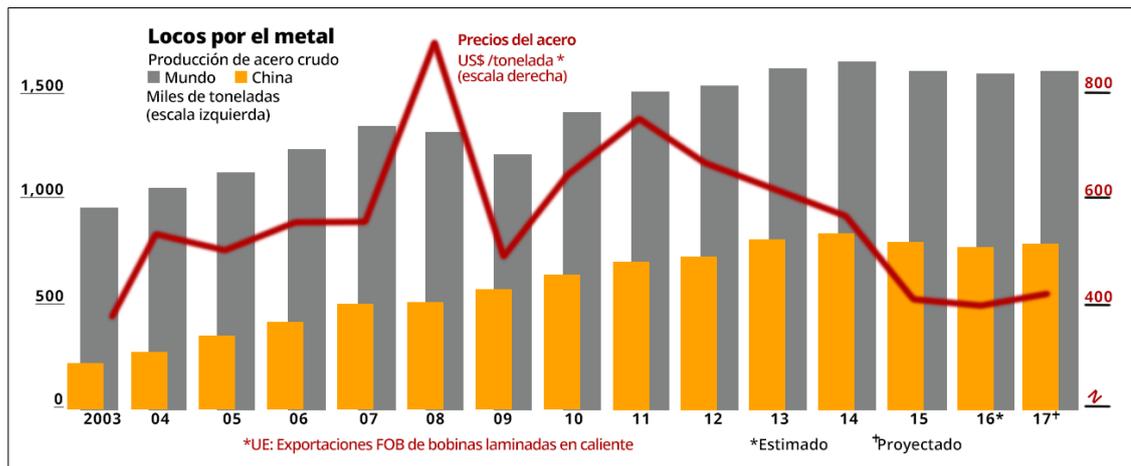
Semana Económica (2017). “La economía de China en el 2017”. [En línea]. Fecha de consulta: 20/04/17. Disponible en: <<http://www.elperuano.com.pe/noticia-la-economia-china-el-2017-i-52815.aspx>>.

The MathWorks, Inc (1999). *Fuzzy logic Toolbox (Matlab User’s Guide)*, versión 2. Estados Unidos.

Worldsteel Association (2017). *Statistics*. [En línea]. Fecha de consulta: 13/04/17. Disponible en: <<https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics.html>>.

Anexos

Anexo 1. Evolución precio del acero



Fuente: The Economist, 2017

Anexo 2. Producción mundial de acero crudo

Producción mundial de acero (millones de toneladas)							
Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Africa	16.60	15.70	15.30	16.00	14.90	13.70	13.10
Asia y Oceanía (excepto China)	287.90	300.70	301.60	307.20	322.40	314.80	323.70
China	638.70	702.00	731.00	822.00	822.80	798.80	808.40
CIS	108.20	112.70	110.70	108.40	106.10	101.60	102.40
Unión europea (28)	172.90	177.80	168.60	166.40	169.30	166.10	162.00
Medio oriente	20.00	23.20	25.00	27.00	30.00	29.40	31.50
Norte america	111.60	118.70	121.60	119.00	121.10	110.90	110.60
Otra Europa	33.70	39.10	39.90	38.60	38.40	35.80	37.70
Sudamerica	43.90	48.20	46.40	45.80	45.00	43.90	40.20
Mundo	1433.50	1538.10	1560.10	1650.40	1670.00	1615.00	1629.60

Producción mundial de acero (%)							
Región	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Africa	1.16%	1.02%	0.98%	0.97%	0.89%	0.85%	0.80%
Asia y Oceanía (excepto China)	20.08%	19.55%	19.33%	18.61%	19.31%	19.49%	19.86%
China	44.56%	45.64%	46.86%	49.81%	49.27%	49.46%	49.61%
CIS	7.55%	7.33%	7.10%	6.57%	6.35%	6.29%	6.28%
Unión europea (28)	12.06%	11.56%	10.81%	10.08%	10.14%	10.28%	9.94%
Medio oriente	1.40%	1.51%	1.60%	1.64%	1.80%	1.82%	1.93%
Norte america	7.79%	7.72%	7.79%	7.21%	7.25%	6.87%	6.79%
Otra Europa	2.35%	2.54%	2.56%	2.34%	2.30%	2.22%	2.31%
Sudamerica	3.06%	3.13%	2.97%	2.78%	2.69%	2.72%	2.47%
Mundo	100.00%						

Fuente: Worldsteel Association, 2017. Elaboración propia

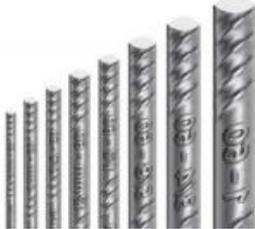
Anexo 3. Producción de acero crudo en América Latina

Producción de acero en sudamerica (millones de toneladas)							
País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Argentina	5.14	5.61	5.00	5.19	5.49	5.03	4.13
Brazil	32.95	35.22	34.52	34.16	33.90	33.26	31.21
Chile	1.01	1.62	1.67	1.32	1.08	1.11	1.16
Colombia	1.21	1.29	1.30	1.24	1.21	1.21	1.33
Ecuador	0.37	0.46	0.43	0.57	0.67	0.72	0.58
Paraguay	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Perú	0.88	0.88	0.98	1.07	1.08	1.08	1.17
Uruguay	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.06
Venezuela	2.21	2.98	2.36	2.14	1.49	1.35	0.56
Sudamerica	43.89	48.16	46.38	45.82	45.04	43.90	40.23

Producción de acero en sudamerica (%)							
País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Argentina	11.71%	11.65%	10.77%	11.32%	12.18%	11.45%	10.26%
Brazil	75.07%	73.13%	74.44%	74.56%	75.25%	75.76%	77.58%
Chile	2.30%	3.35%	3.60%	2.89%	2.40%	2.53%	2.87%
Colombia	2.75%	2.67%	2.81%	2.70%	2.68%	2.76%	3.30%
Ecuador	0.85%	0.96%	0.92%	1.24%	1.48%	1.64%	1.44%
Paraguay	0.13%	0.06%	0.09%	0.10%	0.10%	0.11%	0.11%
Perú	2.01%	1.82%	2.12%	2.33%	2.39%	2.46%	2.91%
Uruguay	0.15%	0.17%	0.17%	0.20%	0.21%	0.22%	0.15%
Venezuela	5.03%	6.19%	5.09%	4.67%	3.30%	3.06%	1.38%
Sudamerica	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

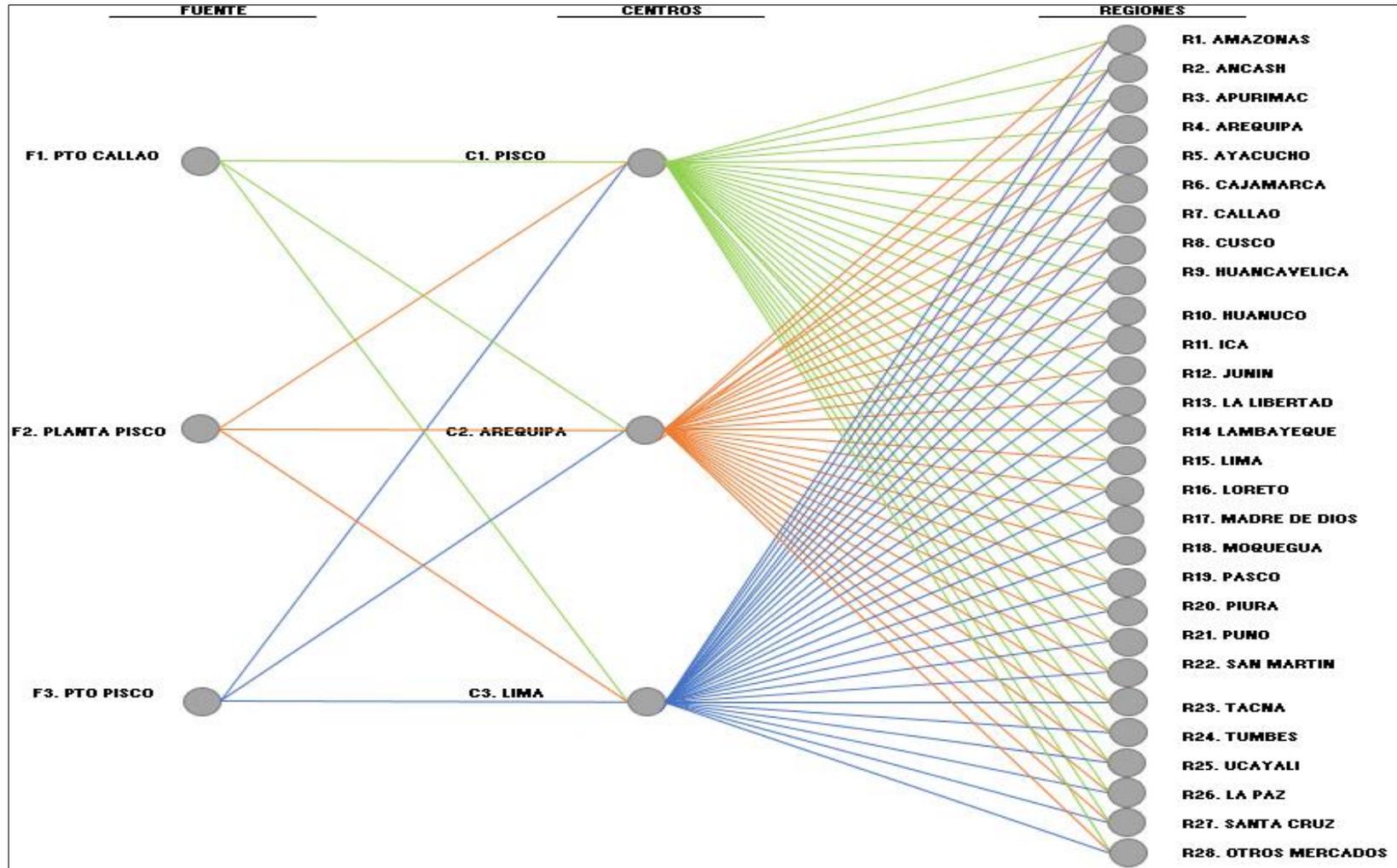
Fuente: Worldsteel Association, 2017. Elaboración propia

Anexo 4 . Productos Caasa

Barras de construcción (BACO),		Alambre	
Acedim (acero dimensionado)		Estribos	

Perfiles		Barras lisas	
Bobinas y planchas		Tubos	
Barras y accesorios de fortificación		Herramientas	

Anexo 5. Red Caasa actual



Fuente: Caasa, 2016. Elaboración propia

Anexo 6 . Distancia virtual (km)

Las distancias virtuales fueron tomadas de la informacion suministrada por el MTC y Google maps considerando a los puntos de destino y llegada las capitales respectivas de las regiones y las ubicaciones exactas de los CD de ser el caso.

REGION	CD	PISCO	AREQUIPA	LIMA	LA PAZ	CUSCO	PUNO	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	SANTA CRUZ
AMAZONAS (R1)		1043	1875	740	1266	1890	2500	1345	911	434	2123
ANCASH (R2)		705	1415	407	928	1507	1696	669	311	522	1785
APURIMAC (R3)		1510	1754	953	1733	207	580	474	858	1069	2590
AREQUIPA (R4)		663	40	966	557	488	292	1180	1570	1781	1414
AYACUCHO (R5)		303	906	554	526	573	948	389	1116	1327	1383
CAJAMARCA (R6)		1153	1823	850	1376	1916	2105	1054	246	253	2233
CALLAO (R7)		253	1016	50	1550	1154	1590	348	607	813	2407
CUSCO (R8)		833	488	1104	650	20	388	831	1662	1873	1507
HUANCAVELICA (R9)		332	1037	330	555	777	1318	272	978	1189	1412
HUANUCO (R10)		683	1388	410	906	1193	1670	394	684	896	1763
ICA (R11)		20	663	303	1197	833	1237	475	860	1066	2054
JUNIN (R12)		475	1180	298	698	831	1337	20	833	1044	1555
LA LIBERTAD (R13)		860	1570	557	1083	1662	1851	1011	20	206	1940
LAMBAYEQUE (R14)		1066	1781	763	2281	1873	2062	206	206	20	3138
LIMA (R15)		303	966	40	1850	1104	1540	298	557	763	2707
LORETO (R16)		1753	1386	1450	1976	2454	1325	1011	575	804	2833
MADRE DE DIOS (R17)		1334	819	1637	1557	465	595	1349	2118	2329	2414
MOQUEGUA (R18)		836	221	1139	1059	637	250	1259	1659	1870	1916
PASCO (R19)		778	1283	302	1001	1085	1404	249	619	830	1858
PIURA (R20)		1275	1999	972	1498	2092	2281	1292	422	216	2355
PUNO (R21)		1237	292	1540	264	388	30	1337	1851	209	1121
SAN MARTIN (R22)		1143	1848	840	1366	1653	2130	234	692	835	2223
TACNA (R23)		990	369	1293	1213	796	410	1393	1806	2017	2070
TUMBES (R24)		950	2285	1253	1173	2377	2567	1078	708	501	2030
UCAYALI (R25)		509	1754	812	732	1320	1695	590	679	1069	1589
LA PAZ (R26)		1197	557	1500	40	650	264	1462	2070	2281	857
SANTA CRUZ (R27)		1543	967	1849	380	985	598	1809	2434	2658	40
OTROS MCDOS (R28)		253	1016	50	1550	1154	1590	348	607	813	2407

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Fletes (S/TM)

Se calcula el valor promedio del flete desde el CD a cualquier punto de las regiones y a las fuentes.

REGIÓN \ CD	PISCO	AREQUIPA	LIMA	LA PAZ	CUSCO	PUNO	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	SANTA CRUZ
AMAZONAS (R1)	219	477	188	322	481	636	342	232	110	540
ANCASH (R2)	145	396	114	260	422	475	187	87	146	499
APURIMAC (R3)	123	225	122	222	27	74	61	110	137	332
AREQUIPA (R4)	106	59	155	89	78	47	189	251	285	226
AYACUCHO (R5)	157	307	188	178	194	321	132	378	449	468
CAJAMARCA (R6)	213	382	178	288	402	441	221	52	53	468
CALLAO (R7)	32	129	14	196	146	201	44	77	103	304
CUSCO (R8)	220	106	240	141	4	84	181	361	407	327
HUANCAVELICA (R9)	160	409	130	219	306	520	107	386	469	557
HUANUCO (R10)	159	324	128	211	278	389	123	214	280	411
ICA (R11)	42	147	67	265	184	274	105	190	236	454
JUNIN (R12)	138	423	107	250	298	479	7	298	374	557
LA LIBERTAD (R13)	147	328	116	226	347	387	211	4	43	405
LAMBAYEQUE (R14)	168	320	137	410	337	370	37	37	4	564
LIMA (R15)	51	161	49	309	184	257	50	93	127	452
LORETO (R16)	340	296	309	422	524	283	216	123	172	604
MADRE DE DIOS (R17)	310	200	400	380	114	145	329	517	569	589
MOQUEGUA (R18)	159	61	314	292	176	69	348	458	516	529
PASCO (R19)	153	517	122	403	437	566	100	249	334	749
PIURA (R20)	197	347	169	260	363	396	224	73	37	409
PUNO (R21)	176	90	473	81	119	9	410	568	64	344
SAN MARTIN (R22)	234	446	203	330	399	514	56	167	201	536
TACNA (R23)	172	99	347	325	214	110	374	485	541	555
TUMBES (R24)	216	337	185	173	351	379	159	105	74	300
UCAYALI (R25)	194	353	163	147	266	341	119	137	215	320
LA PAZ (R26)	367	171	460	12	199	81	449	635	700	263
SANTA CRUZ (R27)	473	297	567	117	302	183	555	747	816	12
OTROS MCDOS (R28)	32	129	14	196	146	201	44	77	103	304

FUENTE \ CD	PISCO	AREQUIPA	LIMA	LA PAZ	CUSCO	PUNO	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	SANTA CRUZ
PTO CALLAO	45	94	14	146	107	150	29	54	54	180
PISCO	1	80	45	144	101	149	57	104	129	186
PTO PISCO	4	80	45	144	101	149	57	104	129	186

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Programación lineal 1

Sets:

Fuente/PtoCallao,Pisco, PtoPisco/:CFijoF,BinariaF, CVariableF,QF;
 Centro/Pisco, Arequipa, Lima/:CFijoC, BinariaC, CVariableC,QC;
 Deposito/R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28/:QD !Demanda anual;;
 FxC(Fuente,Centro): CTransporteFC, QFC;
 CxD(Centro,Deposito):CTransporteCD, QCD;
 End sets

Data:

!Costo fijo de la fuente PtoCallao Planta Pisco PtoPisco;
 CFijoF= 0 88000000 0;
 !Costo operativo de fuente PtoCallao Planta Pisco(C.Fab) PtoPisco (Precio CIF
 Bobinas+Nacionalizacion);!T.C=3.2;
 CVariableF= 1968 1056 1984;

 !Costo fijo del centro CD Pisco CD Arequipa CD Lima;
 CFijoC= 20660251 2037515 19320118;
 !Costo operativo del centro CD Pisco CD Arequipa CD Lima;

 CVariableC= 1.77 19.11 3.88;

 !R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13
 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24 R25 R26
 R27 R28;
 QD= 3241 8808 3876 112236 3480 7007 25296 48318 688 13067 37014 21515
 18946 16355 383869 10964 2933 9507 3636 13068 29662 13966 20386 4490
 8800 99931 15971 59599;

CTransporteFC =!Pto Callao; !Pisco Arequipa Lima;
 45 94 14
 !Planta Pisco; 1 80 45
 !Pto Pisco; 4 80 45;

!Centro vs Deposito;

!R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7
 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22
 R23 R24 R25 R26 R27 R28;
 CTransporteCD= !CD Pisco; 219 145 123 106 157 213 32 220
 160 159 42 138 147 168 51 340 310 159 153
 197 176 234 172 216 194 367 473 32
 !CD Arequipa; 477 396 225 59 307 382 129 106
 409 324 147 423 328 320 161 296 200 61 517
 347 90 446 99 337 353 171 297 129
 !CD Lima; 188 114 122 155 188 178 14 240
 130 128 67 107 116 137 49 309 400 314 122
 169 473 203 347 185 163 460 567 14;

End Data

!Funcion objetivo;

Min= @sum(Fuente(f):CFijoF(f)*BinariaF(f) + CVariableF(f)*QF(f))+
 @sum(Centro(c):CFijoC(c)*BinariaC(c) + CVariableC(c)*QC(c))+
 @sum(Fuente(f):@sum(Centro(c):QFC(f,c)*CTransporteFC(f,c)))+
 @sum(Centro(c):@sum(Deposito(d): QCD(c,d)*CTransporteCD(c,d)));

!Restricciones de los flujos de producto terminado;
@for (Fuente(f): QF(f)=@sum(Centro(c):QFC(f,c)));
@for (Centro(c):QC(c)=@sum(Fuente(f):QFC(f,c)));
@for (Centro(c):QC(c)=@sum(Deposito(d):QCD(c,d)));
@for (Deposito (d):QD(d)=@sum(Centro(c):QCD(c,d)));

!Restricción de que todo el material fabricado e importado se distribuya a los centros;
 $QF(1)+QF(2)+QF(3)=QC(1)+QC(2)+QC(3)$;

!Restricción de importación de producto terminado en los puertos;
 $QF(1)+QF(3)=0.08 * @sum(Deposito:QD)$;

!Restricciones binarias;
@for(Fuente:@bin(BinariaF));
@for (Fuente:QF<=9999999*BinariaF);
@for(Centro:@bin(BinariaC));
@for (Centro:QC<=9999999*BinariaC);

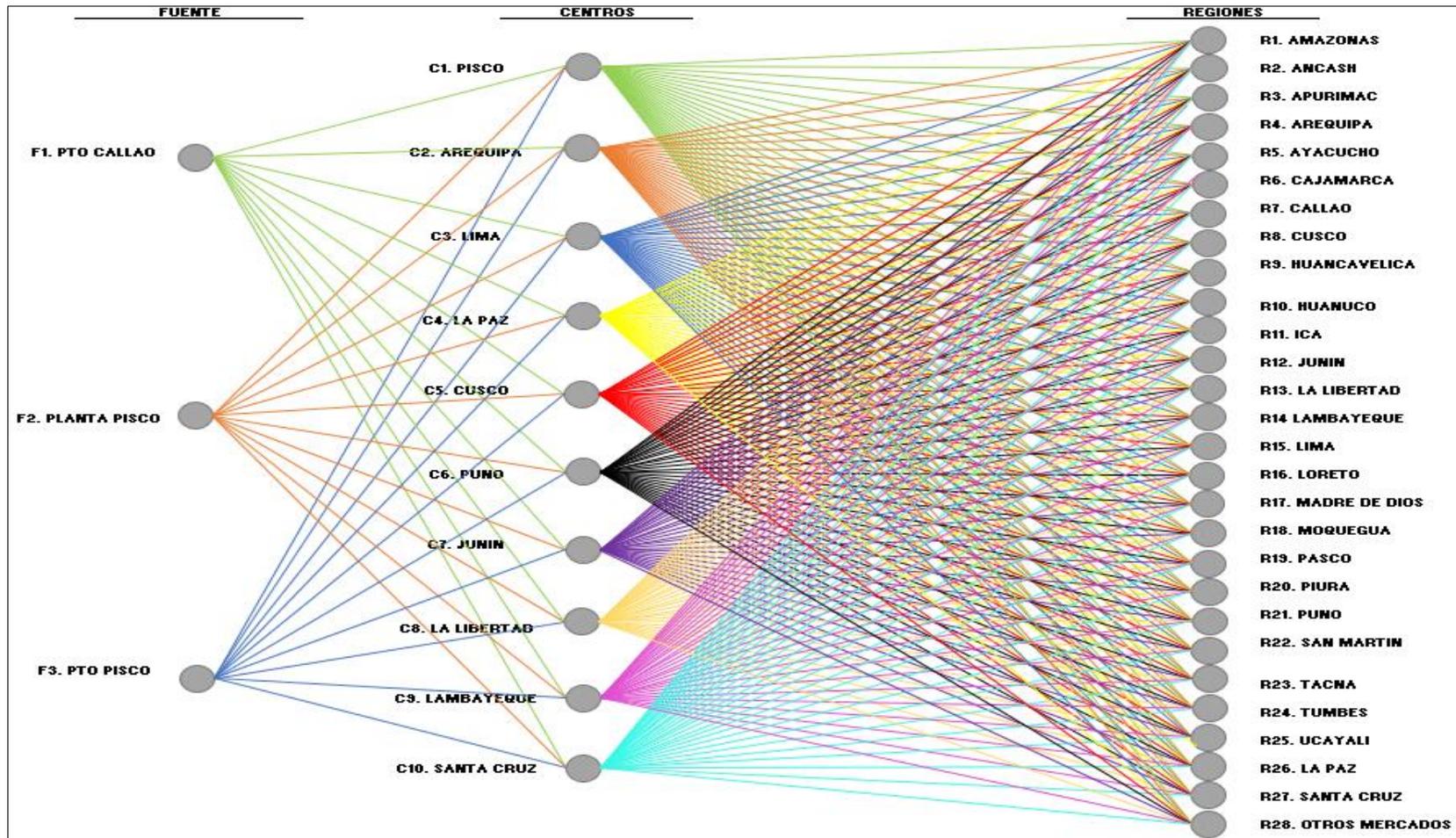
!Restricción de cantidad de centros abiertos;
 $@sum(Centro:BinariaC)\leq 3$;

!Restricción de la capacidad anual de la planta Pisco;
 $QF(2)\leq 1155000$;

!Restricción de que el Centro Pisco siempre esté abierto;
 $BinariaC(1)=1$;

end

Anexo 9. Red Caasa evaluada



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Programación lineal 2

Sets:

Fuente/PtoCallao,Pisco, PtoPisco/:CFijoF,BinariaF, CVariableF,QF,QF2, BinQF2;
 Centro/Pisco, Arequipa, Lima, LaPaz, Cusco, Puno, Junin, LaLibertad, Lambayeque, SantaCruz/:CFijoC,
 BinariaC, CVariableC,QC;
 Deposito/R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20,
 R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28/:QD,QD2, BinQD2;
 FxC(Fuente,Centro): CTransporteFC, QFC;
 CxD(Centro,Deposito):CTransporteCD, QCD;
 FxD(Fuente,Deposito):CTransporteFD, BinFD, QFD;

End sets

Data:

```

!Costo fijo de la fuente  PtoCallao  Planta Pisco  PtoPisco;
CFijoF= 0 88000000 0;
!Costo operativo de fuente  PtoCallao  Planta Pisco(C.Fab)  PtoPisco (Precio CIF
Bobinas+Nacionalizacion);!T.C=3.2;
CVariableF= 1968 1056 1984;
!Costo fijo del centro  CD Pisco  CD Arequipa  CD Lima  CD La Paz  CD Cusco  CD Puno
CD Junin  CD La Libertad  CD Lambayeque  CD StaCruz;
CFijoC= 20660251 2037515 19320118 5212401 11220764 8241489
5585136 4592010 3603787 833047;
!Costo operativo del centro  CD Pisco  CD Arequipa  CD Lima  CD La Paz  CD Cusco  CD Puno
CD Junin  CD La Libertad  CD Lambayeque  CD StaCruz;
CVariableC= 1.77 19.11 3.88 1.38 2.98 2.19 1.48 1.22
0.96 0.22;
!R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16
R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28;
QD= 3241 8808 3876 112236 3480 7007 25296 48318 688 13067 37014 21515 18946 16355
383869 10964 2933 9507 3636 13068 29662 13966 20386 4490 8800 99931 15971 59599;
!Pisco Arequipa Lima La Paz Cusco Puno Junin La Libertad
Lambayeque Santa Cruz;
CTransporteFC = !Pto Callao; 45 94 14 146 107 150 29 54 54 180
!Planta Pisco; 1 80 45 144 101 149 57 104 129 186
!Pto Pisco; 4 80 45 144 101 149 57 104 129 186;
!R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15
R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28;
CTransporteCD= !CD Pisco; 219 145 123 106 157 213 32 220 160 159 42 138 147
168 51 340 310 159 153 197 176 234 172 216 194 367 473 32
!CD Arequipa; 477 396 225 59 307 382 129 106 409 324 147 423 328 320
161 296 200 61 517 347 90 446 99 337 353 171 297 129
!CD Lima; 188 114 122 155 188 178 14 240 130 128 67 107 116 137 49
309 400 314 122 169 473 203 347 185 163 460 567 14
!La Paz; 322 260 222 89 178 288 196 141 219 211 265 250 226 410 309
422 380 292 403 260 81 330 325 173 147 12 117 196
!Cusco; 481 422 27 78 194 402 146 4 306 278 184 298 347 337 184
524 114 176 437 363 119 399 214 351 266 199 302 146
!Puno; 636 475 74 47 321 441 201 84 520 389 274 479 387 370 257
283 145 69 566 396 9 514 110 379 341 81 183 201
!Junin; 342 187 61 189 132 221 44 181 107 123 105 7 211 37 50
216 329 348 100 224 410 56 374 159 119 449 555 44
!La Libertad; 232 87 110 251 378 52 77 361 386 214 190 298 4 37 93
123 517 458 249 73 568 167 485 105 137 635 747 77
!Lambayeque; 110 146 137 285 449 53 103 407 469 280 236 374 43 4
127 172 569 516 334 37 642 201 541 74 215 700 816 103
!Santa Cruz; 540 499 332 226 468 468 304 327 557 411 454 557 405 564
452 604 589 529 749 409 344 536 555 300 320 263 12 304;
    
```

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
CTransporteFD=	!Pto Callao;	202	128	136	169	202	192	28	254	144					
	142	81	121	130	151	63	323	414	328	136	183				
	487	217	361	199	177	474	581	28							
	!Planta Pisco;	219	145	123	106	157	213	32	220	160					
	159	42	138	147	168	51	340	310	159	153	197				
	176	234	172	216	194	367	473	32							
	!Pto Pisco;	223	149	127	110	161	217	36	224	164	163				
	46	142	151	172	55	344	314	163	157	201	180				
	238	176	220	198	371	477	36;								

End Data

!Funcion objetivo;

Min= @sum(Fuente(f):CFijoF(f)*BinariaF(f) + CVariableF(f)*QF(f))+
@sum(Centro(c):CFijoC(c)*BinariaC(c) + CVariableC(c)*QC(c))+
@sum(Fuente(f):@sum(Centro(c):QFC(f,c)*CTransporteFC(f,c)))+
@sum(Centro(c):@sum(Deposito(d): QCD(c,d)*CTransporteCD(c,d)))+
@sum(Fuente(f):@sum(Deposito(d):QFD(f,d)*CTransporteFD(f,d)));

!Restricciones de los flujos de producto terminado;

@for (Fuente(f): QF(f)=@sum(Centro(c):QFC(f,c)));
@for (Centro(c):QC(c)=@sum(Fuente(f):QFC(f,c)));
@for (Centro(c):QC(c)=@sum(Deposito(d):QCD(c,d)));
@for (Deposito(d):QD(d)=@sum(Centro(c):QCD(c,d)));

!Restricción de que todo el material fabricado e importado se distribuya a los centros;

@sum(fuente(F):Qf(f))=@sum(centro(c):Qc(c));

!Restricción de importación de producto terminado en los puertos;

QF(1)+QF(3)=0.08 * @sum(Deposito:QD);

!Restricción de flujo de material entre fuente y depósito;

@for (Fuente(f):@sum (Deposito(d):QFD(f,d)*BinFD(f,d))=QF2(f));
@for (Deposito(d):@sum (Fuente(f):QFD(f,d)*BinFD(f,d))=QD2(d));

!Restricciones binarias y cantidad de TM administrada por nodo;

@for(Fuente:@bin(BinariaF));
@for(Fuente:QF<=9999999*BinariaF);
@for(Centro:@bin(BinariaC));
@for(Centro:QC<=9999999*BinariaC);
@for(Fuente:@bin(BinQF2));
@for(Fuente:QF2<=9999999*BinQF2);
@for(Centro:@bin(BinQD2));
@for(Centro:QD2<=9999999*BinQD2);

!Restricción de cantidad de centros abiertos;

@sum(Centro:BinariaC)>=3;

!Restricción de la capacidad anual de la planta Pisco;

QF(2)<=1155000;

!Restricción de que la planta Pisco y CD Pisco siempre estén abiertos;

BinariaF(2)=1;

BinariaC(1)=1;

!Restricción de asignación de mercado;

QCD(4,1)=0;
QCD(4,2)=0;
QCD(4,3)=0;
QCD(4,4)=0;
QCD(4,5)=0;
QCD(4,6)=0;
QCD(4,7)=0;
QCD(4,8)=0;
QCD(4,9)=0;
QCD(4,10)=0;
QCD(4,11)=0;
QCD(4,12)=0;
QCD(4,13)=0;
QCD(4,14)=0;
QCD(4,15)=0;
QCD(4,16)=0;
QCD(4,17)=0;
QCD(4,18)=0;
QCD(4,19)=0;
QCD(4,20)=0;
QCD(4,21)=0;
QCD(4,22)=0;
QCD(4,23)=0;
QCD(4,24)=0;
QCD(4,25)=0;
QCD(4,28)=0;

QCD(5,1)=0;
QCD(5,2)=0;
QCD(5,3)=0;
QCD(5,4)=0;
QCD(5,5)=0;
QCD(5,6)=0;
QCD(5,7)=0;
QCD(5,9)=0;
QCD(5,10)=0;
QCD(5,11)=0;
QCD(5,12)=0;
QCD(5,13)=0;
QCD(5,14)=0;
QCD(5,15)=0;
QCD(5,16)=0;
QCD(5,19)=0;
QCD(5,20)=0;
QCD(5,22)=0;
QCD(5,23)=0;
QCD(5,24)=0;
QCD(5,28)=0;

QCD(6,1)=0;
QCD(6,2)=0;
QCD(6,3)=0;
QCD(6,4)=0;
QCD(6,5)=0;
QCD(6,6)=0;
QCD(6,7)=0;
QCD(6,8)=0;

QCD(6,9)=0;
QCD(6,10)=0;
QCD(6,11)=0;
QCD(6,12)=0;
QCD(6,13)=0;
QCD(6,14)=0;
QCD(6,15)=0;
QCD(6,16)=0;
QCD(6,19)=0;
QCD(6,20)=0;
QCD(6,22)=0;
QCD(6,23)=0;
QCD(6,24)=0;
QCD(6,25)=0;
QCD(6,28)=0;

QCD(7,1)=0;
QCD(7,3)=0;
QCD(7,4)=0;
QCD(7,5)=0;
QCD(7,6)=0;
QCD(7,7)=0;
QCD(7,9)=0;
QCD(7,11)=0;
QCD(7,13)=0;
QCD(7,14)=0;
QCD(7,15)=0;
QCD(7,16)=0;
QCD(7,18)=0;
QCD(7,20)=0;
QCD(7,21)=0;
QCD(7,22)=0;
QCD(7,23)=0;
QCD(7,24)=0;
QCD(7,26)=0;
QCD(7,27)=0;
QCD(7,28)=0;

QCD(8,2)=0;
QCD(8,3)=0;
QCD(8,4)=0;
QCD(8,5)=0;
QCD(8,7)=0;
QCD(8,8)=0;
QCD(8,9)=0;
QCD(8,10)=0;
QCD(8,11)=0;
QCD(8,12)=0;
QCD(8,15)=0;
QCD(8,17)=0;
QCD(8,18)=0;
QCD(8,19)=0;
QCD(8,21)=0;
QCD(8,23)=0;
QCD(8,25)=0;
QCD(8,26)=0;
QCD(8,27)=0;
QCD(8,28)=0;

QCD(9,2)=0;
QCD(9,3)=0;
QCD(9,4)=0;
QCD(9,5)=0;
QCD(9,7)=0;
QCD(9,8)=0;
QCD(9,9)=0;
QCD(9,10)=0;
QCD(9,11)=0;
QCD(9,12)=0;
QCD(9,13)=0;
QCD(9,15)=0;
QCD(9,17)=0;
QCD(9,18)=0;
QCD(9,19)=0;
QCD(9,21)=0;
QCD(9,23)=0;
QCD(9,25)=0;
QCD(9,26)=0;
QCD(9,27)=0;
QCD(9,28)=0;

QCD(10,1)=0;
QCD(10,2)=0;
QCD(10,3)=0;
QCD(10,4)=0;
QCD(10,5)=0;
QCD(10,6)=0;
QCD(10,7)=0;
QCD(10,8)=0;
QCD(10,9)=0;
QCD(10,10)=0;
QCD(10,11)=0;
QCD(10,12)=0;
QCD(10,13)=0;
QCD(10,14)=0;
QCD(10,15)=0;
QCD(10,16)=0;
QCD(10,17)=0;
QCD(10,18)=0;
QCD(10,19)=0;
QCD(10,20)=0;
QCD(10,21)=0;
QCD(10,22)=0;
QCD(10,23)=0;
QCD(10,24)=0;
QCD(10,25)=0;
QCD(10,26)=0;
QCD(10,28)=0;

end

Anexo 11. Gestión del alcance

Procesos de gestión del alcance

1. Planificar la gestión del alcance

Mediante el juicio de los expertos (integrantes del equipo multidisciplinario de Caasa) y reuniones se definieron los planes de gestión del alcance del proyecto y gestión de requisitos. El primero describe el proceso de preparar el enunciado del alcance, crear y aprobar el EDT, procesar las solicitudes de cambios, etc. El segundo describe cómo los requisitos deben ser identificados, analizados, priorizados, gestionados y cómo los cambios a los mismos deben ser rastreados. En resumen, los procesos han sido planteados por los integrantes del equipo y las aprobaciones estarán a cargo de los jefes de las áreas involucradas y el líder del proyecto.

2. Recopilar requisitos

Para cumplir con el objetivo del proyecto fue necesario definir y documentar las necesidades y expectativas de los interesados. Las herramientas utilizadas fueron: entrevistas, tormentas de ideas, revisión de información y observación. Los documentos de salida fueron:

Documentación de requisitos

- Justificación: Atender el incremento de la demanda, reducir los costos logísticos y mejorar el nivel de servicio al cliente.
- Objetivos del proyecto: Optimizar los costos incurridos en la red de distribución considerando instalaciones y flujos de material.
- Objetivos del producto: Mejorar el nivel de respuesta a los requerimientos del cliente.
- Requisitos funcionales: Centros de distribución ubicados en el norte, centro y sur del país.
- Requisitos de calidad: Lograr certificaciones de calidad en el nuevo centro de distribución.
- Criterios de aceptación: Cercanía a los mercados y ahorro en costos de distribución.
- Supuestos: Comportamiento de la demanda ascendente.
- Restricciones: Ubicación estratégica que minimiza costos logísticos.

Matriz de rastreabilidad de requisitos

A fin de realizar un seguimiento de los requisitos a lo largo de la vida del proyecto para asegurar que se cumplan, se presenta una muestra de la matriz:

Nº	Descripción requisito	Fecha	Solicitado por	Prioridad	Estado	Entregable	Criterio de aceptación	Responsable
1	Cercanía a los mercados	01/03/17	GA	Alta	Aprobado	Estudio de ubicación del CD	Lead time a las regiones	IB
2	Optimización de costos logísticos	01/03/17	IB	Alta	Aprobado	Evaluación económica	Costos variables unitarios	IB

3. Definir el alcance

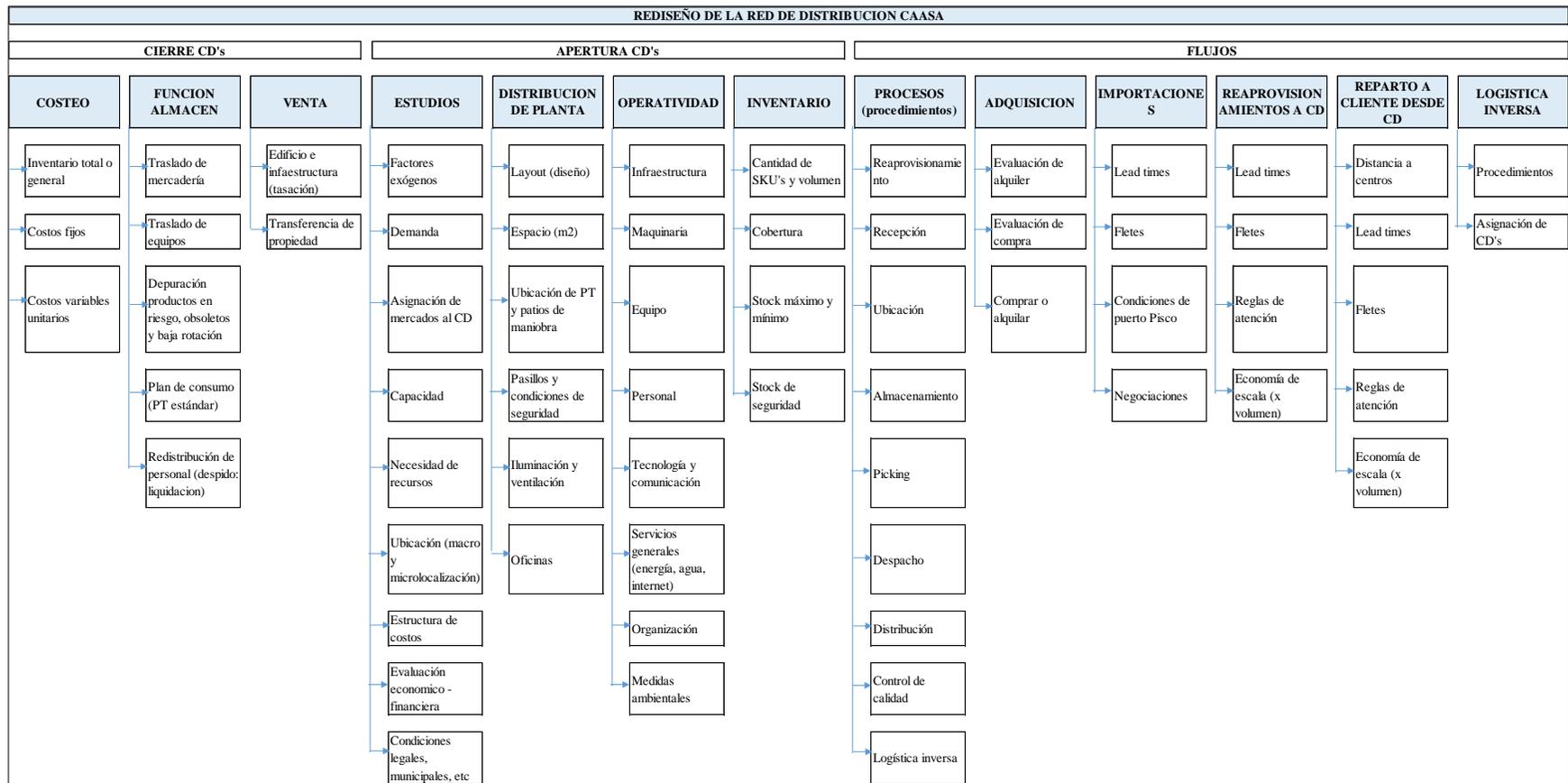
En base al análisis del producto y juicio de los expertos se presenta:

Enunciado del alcance del proyecto

- Breve descripción del proyecto:
- Alcance del producto: Apertura de un CD en el norte del país y cierre del CD Lima.
- Entregables: EDT, cronograma, presupuesto, matriz de roles y responsabilidades, plan de comunicaciones, plan de gestión de calidad, plan de compras y suministros, plan de respuesta al riesgo, CD norte adquirido y equipado, etc.
- Exclusiones: Evaluación de CD en Bolivia.
- Restricciones: Ubicación estratégica que minimiza costos logísticos.
- Supuestos: Comportamiento de la demanda ascendente.

4. Crear la estructura de desglose del trabajo

Se procedió a dividir el proyecto en componentes menores, para facilitar su entendimiento y planificación. Se muestra el EDT y diccionario del EDT:



Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de diccionario del EDT:

Descripción: Inventario general del CD Lima
Criterio de aceptación: El informe debe contener detalle del costo del inventario por línea de producto, familia y SKU.
Entregables: Informe de valorización de inventario.
Supuestos: La toma de inventario será el 30.04.17
Recursos asignados: 1 analista, 1 laptop
Duración: 1 semana
Hitos: 30.04 – Toma de inventario, 01.07 – Presentación informe final
Costo: -
Firma del director del proyecto: -

5. Validar el alcance

Se define que mediante inspecciones, los entregables que cumplan con los criterios de aceptación serán formalmente firmados y aprobados por el patrocinador. Adicionalmente se contará con información del desempeño del trabajo el cual incluye información sobre el avance del proyecto. Esta tarea estará a cargo del equipo de trabajo.

6. Controlar el alcance

Mediante al análisis de variación se monitoreará el estado del alcance del proyecto y del producto, y se gestionarán cambios a la línea base del alcance o las acciones preventivas o correctivas de ser el caso. Esta tarea estará a cargo del equipo de trabajo.

Anexo 13. Gestión de riesgos

Identificación de riesgos: Listado de riesgos identificados y análisis cuantitativo de riesgos

El diseño y/o rediseño de una red de distribución requiere un balance entre costo, servicio y riesgo. El número óptimo de instalaciones minimiza el costo y el riesgo y a la vez permitirá a la organización cumplir con las expectativas de nivel de servicio requerido por los clientes. En tiempos donde la variación de volumen, requerimientos de clientes y zonas geográficas de atención son asociados a empresas de alto crecimiento, es necesario tener una estrategia de red de distribución, y en esta oportunidad identificaremos los riesgos asociados a la misma.

Matriz de Probabilidad e Impacto

	Impacto Probabilidad	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
		Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Casi cierto	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
Altamente probable	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
Probable	0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
Improbable	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
Muy improbable	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Análisis cuantitativo de riesgos

Categoría	Código del Riesgo	Nombre del riesgo	Prob. de riesgo	Prob. de Impacto	Posibilidad	Valoración
Riesgo de Demanda	R1	Distorsión y mucha variabilidad en la demanda pronosticada	0.2	0.7	0.14	Aceptar el riesgo
	R2	Variación del precio del acero. Elasticidad de la demanda afectada	0.2	0.5	0.1	Aceptar el riesgo
	R3	Aumento de distribución efectiva de la competencia	0.4	0.5	0.2	Atenuar el riesgo
	R4	Variaciones bruscas en income per cápita que afecte demanda del mercado	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
Riesgo de Costeo	R11	Diferencia considerable entre inventario físico y sistémico	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R12	Error en el cálculo de costos (Costos Hundidos, ocultos, etc)	0.1	0.5	0.05	Aceptar el riesgo
Riesgos tecnológicos	R33	Problemas con la conectividad para la puesta en marcha del nuevo CD	0.05	0.5	0.03	Aceptar el riesgo
	R34	Escasez de recursos de proveedores para sistemas automatizados en el nuevo CD	0.05	0.3	0.02	Aceptar el riesgo

Riesgo Interno	R5	Huelgas o Conflictos laborales	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R6	Falta de comunicación en el proceso End to End	0.1	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R7	Problemas legales con nuevo terreno en posesión para nuevo CD	0.2	0.3	0.06	Aceptar el riesgo
	R8	Problemas con el cálculo de reaprovisionamiento	0.2	0.3	0.06	Aceptar el riesgo
	R9	Inadecuada regla de atención y mapa de abastecimiento de CD a clientes	0.2	0.1	0.02	Aceptar el riesgo
	R10	Retraso en permiso de trámites municipales y de operación del nuevo CD	0.2	0.5	0.1	Aceptar el riesgo
Riesgo de Gestión - RRHH	R13	Problemas con sindicato por despido masivo de personal	0.8	0.3	0.24	Atenuar el riesgo
	R14	Mala negociación de condiciones de alquiler y garantía del nuevo CD	0.1	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R15	Inadecuada negociación con sindicato para el movimiento de personal	0.2	0.3	0.06	Aceptar el riesgo
	R16	Problemas con contratación sin experiencia en nuevo CD	0.05	0.3	0.02	Aceptar el riesgo
	R17	Problemas con la población cercana por movimiento de transporte en zona nuevo CD	0.4	0.5	0.2	Atenuar el riesgo
Riesgo Operacional	R18	Daño de material al traslado de CD a CD	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R19	Problemas de daño en el traslado de equipos	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R20	Mal cálculo del metraje y ubicación del nuevo CD	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R21	Problemas ambientales en el montaje del nuevo CD que afecte la zona.	0.05	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R22	Problemas de cierre y accesos al nuevo CD	0.05	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R23	Mal cálculo de la capacidad y política de inventario en nuevo CD	0.05	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R24	Problemas en la tasación de equipos y activos fijos puesta a venta	0.05	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
Riesgos Externos	R25	Inestabilidad política	0.1	0.5	0.05	Aceptar el riesgo
	R26	Inestabilidad económica	0.1	0.5	0.05	Aceptar el riesgo
	R27	Condiciones climatológicas adversas	0.2	0.5	0.1	Aceptar el riesgo
	R28	Desastres naturales	0.1	0.5	0.05	Aceptar el riesgo
	R29	Pobre infraestructura	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R30	Cambios continuos en la regulación	0.05	0.3	0.02	Aceptar el riesgo
	R31	Fluctuación de la moneda	0.05	0.1	0.01	Aceptar el riesgo
	R32	Procesos aduaneros complejos	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
Riesgo Financiero	R35	Problemas en liquidez para el desarrollo del proyecto	0.1	0.3	0.03	Aceptar el riesgo
	R36	Retraso en el retorno de la inversión por factores exógenos que afecten ingresos de la compañía	0.1	0.1	0.01	Aceptar el riesgo

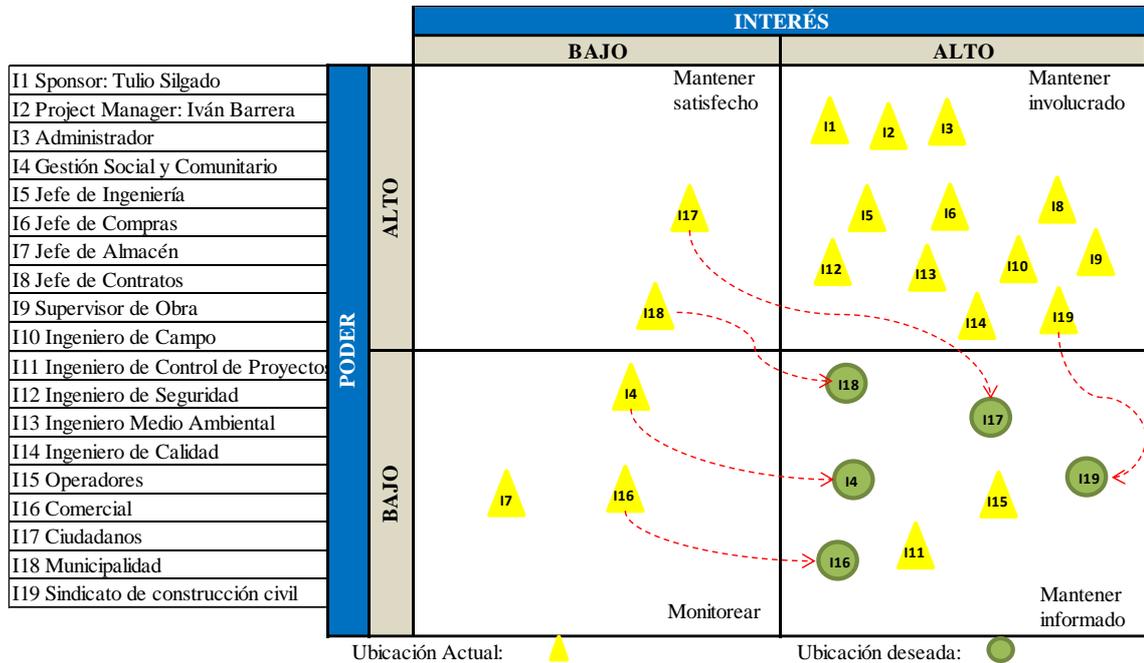
Fuente: Elaboración propia

Plan de control de riesgos

Código	Nombre del riesgo	Prob. de riesgo	Prob. de impacto	Posibilidad	Valoración del riesgo	Plan de prevención	Resultado
R3	Aumento de distribución efectiva de la competencia	0.4	0.5	0.2	Atenuar el riesgo	Aumentar distribución efectiva y negociar colocaciones de productos.	Aplacar estrategia de la competencia que afectaría mi demanda estimada.
R13	Problemas con sindicato por despido masivo de personal	0.8	0.3	0.24	Atenuar el riesgo	Negociar liquidaciones y beneficios adicionales	Evitaría conflictos legales y retrasos en la operatividad
R17	Problemas con la población cercana por movimiento de transporte en zona nuevo CD	0.4	0.5	0.2	Atenuar el riesgo	Programa de comunicación y beneficios para la localidad. Programa de contratación de personal de la zona.	Apoyo y respaldo de la población para instalación del nuevo CD.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Gestión de interesados



Fuente: Elaboración propia

ID	Stakeholders	Nivel de poder		Nivel de interés		Estrategia	Acciones a realizar
		Alto	Bajo	Alto	Bajo		
1	Sponsor: Tulio Silgado	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
2	Project Manager: Iván Barrera	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
3	Administrador	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
4	Gestión Social y Comunitario		▲ ●	●	▲	Mantener informado	Identificar a la zona de influencia y familiarizar con el proyecto, enfocándose en el beneficio laboral que involucra la implementación de un centro de distribución en la zona. Realizar reuniones de explicación de objetivos.
5	Jefe de Ingeniería	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
6	Jefe de Compras	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
7	Jefe de Almacén		▲ ●		▲ ●	Monitorear	
8	Jefe de Contratos	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
9	Supervisor de Obra	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
10	Ingeniero de Campo	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
11	Ingeniero de Control de Proyectos		▲ ●	▲ ●		Mantener informado	
12	Ingeniero de Seguridad	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
13	Ingeniero Medio Ambiental	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
14	Ingeniero de Calidad	▲ ●		▲ ●		Mantener involucrado	
15	Operadores		▲ ●	▲ ●		Mantener informado	
16	Comercial		▲ ●	●	▲	Mantener informado	Informar sobre los beneficios que traerá la implementación de nuevos centros de distribución, para el logro de los objetivos de ventas de la compañía.
17	Ciudadanos	▲	●	●	▲	Mantener informado	Informar el avance del proyecto y los beneficios que brindará a los ciudadanos, incluyendo el trabajo a personal, también en servicios afines.
18	Municipalidad	▲	●	●	▲	Mantener informado	Brindar información del proyecto, y mantener informada de los avances que se tengan del mismo.
19	Sindicato de construcción civil	▲	●	▲ ●		Mantener informado	Negociar con los representantes del sindicato, los requerimientos de personal que se tenga para el proyecto, brindando oportunidades laborales.

Ubicación Actual: ▲

Ubicación deseada: ●

Fuente: Elaboración propia