



**UNIVERSIDAD  
DE CIENFUEGOS**  
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

## *Trabajo de Diploma*

*Título: Optimización de los flujos en la cadena de suministro de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos*

### **Autores:**

- Isa Francis Cutiño Duany
- Bárbara E Fernández Chaviano

**Tutor:**

**DrC: Michael Feitó Cespón**

*Cienfuegos, 2021*

*Pensamiento*





*...Si no puedes volar entonces corre,  
si no puedes correr entonces camina,  
si no puedes caminar entonces arrástrate,  
pero sea lo que sea que hagas, sigue moviéndote  
hacia adelante*

# *Dedicataria*

---





Optimización de los flujos de  
materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

*A Dios, por este logro.*

*A nuestros abuelos, Nica y Cutiño*

*Que no se encuentran presente físicamente*

*Pero han sido motor impulsor de ambas familias,*

*Cuidarnos y estar presentes siempre en nuestras vidas*

*Demostrando que la distancia no es un obstáculo para el amor.*

*Al enanito Elías, por ser luz en nuestros caminos y dar alegría por*

*donde quiera que pase.*

*A nuestras madres por apoyarnos incondicionalmente,*

*comprendernos y ayudarnos siempre.*

*A nuestros familiares y amistades que han sido partícipes de*

*este gran trabajo.*

# Agradecimientos





## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

*A Dios primeramente por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas, guiarnos e iluminarnos el camino para poder alcanzar nuestros sueños, poder graduarnos y alcanzar el título de ingenieras.*

*A nuestras madres **Bárbara y Yoenny** por apoyarnos siempre en los momentos que hemos necesitado y por estar ahí en las buenas y las malas.*

*A nuestros padres, **Luis Enrique** quien ha sabido ser guardián infranqueable de la familia, **Che Ernesto** por todo su apoyo durante este trayecto y **Arlet** por estar siempre pendiente de todo a lo largo de estos últimos años.*

*Al pequeño **Elías**, uno de los pilares fundamentales por el cuál luchar y poder servir de ejemplo con la convicción de que cada meta que te propongas en la vida la puedes alcanzar.*

*A la abella **Violeta** por ser ese paño de lágrimas en los momentos difíciles y principal impulsora para seguir adelante antes los problemas de la vida.*

*A nuestros abuelos **Antonia Modesta y Cutiño** quienes a pesar de ya no estar presente físicamente hace ya algunos años siempre nos impulsaron a ser fuertes cada día y tenemos la certeza que nos continúan guiando desde donde quiera que se encuentren.*

*A nuestros esposos por estar siempre de nuestro lado apoyándonos incondicionalmente durante este trayecto de vida.*

*A **Michael Feitó** que solamente no ha sido nuestro tutor y guía en este camino hacia el triunfo, sino un amigo que respetamos y admiramos entrañablemente. Agradecerle a la vida por darnos la oportunidad de poder contar con esta excelente persona de altos valores y conocimientos.*

*A todas nuestras amistades del aula en especial a **Yadira González** que sin ellos esta meta sería imposible y por formar parte de este excelente grupo.*

*A todo el resto de nuestra familia que han estado pendiente alguna forma en cuanto a la evolución en nuestros estudios.*

*A todos los profesores que han contribuido con nuestra formación a lo largo de estos años de carrera.*

**¡Gracias a todos!**

# Resumen

---





## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

**Optimización de los flujos en la cadena de suministro de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos**, es el título de la presente investigación encaminada a diseñar un modelo matemático de programación lineal para optimizar los flujos. La cadena de suministro de materiales de la construcción perteneciente al Programa Local de Producción y Venta de Materiales de la Construcción en la Provincia de Cienfuegos se diagnostica utilizando técnicas de expertos y de relaciones causa efecto como el árbol de la realidad actual. El principal problema detectado es: Inexistencia de una coordinación en cuanto al abastecimiento de los materiales necesarios para la realización de acciones constructivas. Para su solución se diseña un modelo en aras de lograr una mejor organización de este proceso y a su vez una mayor satisfacción de los clientes. Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron diversas herramientas y técnicas como: revisión de documentos, mapa geográfico, observación directa, método de expertos y paquetes de programas como Excel y Visio. El modelo proporciona un apoyo a la toma de decisiones de manera que permite la organización de los flujos materiales, la planificación de la producción teniendo en cuenta la demanda de nuevas viviendas y acciones constructivas. Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones que derivan del estudio, que permiten definir una vía de seguimiento adecuada para dar continuidad a la temática desarrollada en la investigación.

## Abstract:

Optimization of flows in the supply chain of construction materials in the province of Cienfuegos, is the title of this research aimed at designing a mathematical model of linear programming to optimize flows. The supply chain of construction materials belonging to the Local Program for the Production and Sale of Construction Materials in the Province of Cienfuegos is diagnosed using expert techniques and cause-effect relationships as the tree of current reality. The main problem detected is: Lack of coordination regarding the supply of the materials necessary to carry out constructive actions. For its solution, a model is designed in order to achieve a better organization of this process and in turn greater customer satisfaction. For the development of this work, various tools and techniques were used, such as: document review, geographic map, direct observation, expert method, and software packages such as Excel and Visio. The model provides support for decision making in a way that allows the organization of material flows, production planning taking into account the demand for new homes and construction actions. Finally, the conclusions and recommendations derived from the study are presented, which allow defining an adequate follow-up path to give continuity to the theme developed in the research.



Optimización de los flujos de  
materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

# Índice

---

# Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Marco Teórico – Referencial de las Cadenas de Suministro.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Conceptualización de las Cadenas de Suministro (CS).....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Clasificación de las Cadenas de Suministro.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3. Características de las Cadenas de Suministro. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Gestión de Cadenas de Suministro.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4.1. Beneficios de la gestión de la cadena de suministro .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.2. Etapas de la gestión de la cadena de suministro .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.3. Flujos principales de la cadena de suministro .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Principios para la gestión de las cadenas de suministro. ....</b>	<b>19</b>
<b>1.6 Cadena de Suministro en el Sector de la Construcción. ....</b>	<b>22</b>
<b>1.7 Modelos/Procedimientos para el diagnóstico de las Cadenas de Suministro.....</b>	<b>25</b>
<b>1.8 Modelos/Procedimientos para el diagnóstico de las Cadenas de Suministro en el Sector de la Construcción. ....</b>	<b>26</b>
<b>Conclusiones del Capítulo I.....</b>	<b>28</b>
<b>Capítulo II: Diseño de un modelo para la optimización de los flujos de la cadena de suministro de materiales de construcción. ....</b>	<b>29</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Caracterización del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción (PLPVMC) en la Provincia de Cienfuegos. ....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.1 Caracterización de la gestión del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción. ....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.2 Caracterización de la cadena de suministro de materiales de la construcción en Cienfuegos .....</b>	<b>34</b>
<b>2.1.3 Caracterización de los productos. ....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.4 Principales deficiencias detectadas en la Cadena de Suministro .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2 Diseño del modelo de optimización de los flujos.....</b>	<b>52</b>
<b>Conclusiones del Capítulo II.....</b>	<b>56</b>
<b>Conclusiones Generales.....</b>	<b>58</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>59</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexos: .....</b>	<b>66</b>



## Introducción

El acceso a vivienda de calidad y como consecuencia la alta tasa de vivienda informal es uno de los principales retos que enfrentan las ciudades de América Latina y el Caribe, donde se sufre tanto de problemas de escasez como de calidad de viviendas, que comprenden desde la falta de títulos de propiedad a paredes hechas de materiales inapropiados, pisos de tierra y la ausencia de acceso a redes de agua potable y saneamiento.

La vivienda propia es uno de los bienes más deseados por las familias y personas; habitualmente uno de sus principales activos. Sin embargo, las personas y familias de menores ingresos tienen severas restricciones de acceso a viviendas dignas, a raíz de insuficientes capacidades de compra en comparación a sus precios.

La crisis del COVID-19 ha evidenciado la alta vulnerabilidad que los hogares informales enfrentan al contar con condiciones precarias como hacinamiento y falta de acceso a servicios de agua y saneamiento. La paralización de la industria de construcción se ve reflejado en altos niveles de desempleo. El sector construcción en América Latina y el Caribe representa una parte importante del gasto en inversión pública y una fuente significativa de empleos. En promedio, los países latinoamericanos invierten el 28% del gasto total en infraestructura pública de transporte, incluye transporte terrestre, ferroviario, aéreo y otros; y el 19.7% en construcción de viviendas y de servicios comunitarios como redes de suministro público de agua y alumbrado eléctrico.

En algunos países y ciudades han incluido las actividades de ciertos subsectores de construcción como parte de las primeras etapas de reactivación en esta etapa de pandemia, así mismo en nuestro país fueron consideradas como actividades esenciales por lo que siguieron operando durante la etapa de emergencia.

Cuba no está ajena a la situación mundial existente por lo que se trabajó en la realización de acciones constructivas en hospitales, se garantizaron miles de capacidades para aislamiento, de ellas capacidades propias en las instalaciones del MICONS. Se han reparado instalaciones para la realización de camas y se prestan otros servicios con pipas de agua, reparaciones de viales y áreas internas de los centros hospitalarios y de servicios, actividades que aún continúan durante este año.

Aun, cuando en Cuba se perciban problemas para satisfacer las insuficiencias de habitabilidad que debe sustentar un modelo de desarrollo que induzca a la igualdad y a la justicia social, el cubano constituye un modelo alternativo a los predominantes en los países del entorno regional (Rodríguez Gascón 2015). La estrategia de desarrollo social que se ha trazado en relación al fondo habitacional es la de garantizar a las familia una residencia adecuada y fomentar el progreso urbano, priorizando las ciudades secundarias para alcanzar un balance entre la zona rural y urbana (Figueroa Vidal, 2013), en aras de lograr que cada familia tenga acceso a una vivienda digna, pues el fondo habitacional de las principales ciudades del país, se degrada de manera acelerada (Rey 2013, Coyula 2014, Matamoros Tuma, 2016).

Un rasgo muy importante es que a pesar de esto no se detuvo la política de la vivienda que fue aprobada en 2018, pero su implementación se inició en 2019. Hasta el cierre de 2020 se han beneficiado un gran número de familias por este concepto, concluyéndose inmuebles con diferentes acciones o viviendas construidas totalmente nuevas. En el año en curso se han terminado gran número y lo previsto es acabar 5 658 moradas.

La calidad de las construcciones, en particular en las viviendas, se inician con el proyecto, que debe ajustarse a los recursos materiales y financieros con los que cuenta cada territorio, que es donde se implementa la política de la vivienda y donde se materializa la calidad de la ejecución. Todas las viviendas terminadas tienen que tener el certificado de habitables, que emite el Instituto de Planificación Física, al tiempo que se eleva la exigencia de calidad de los materiales de la construcción que se producen, los cuales, en su mayoría, son de producción local.

En un país donde las necesidades de materiales de construcción siguen siendo mayores que la oferta, se impone movilizar todas las fuerzas productivas posibles en aras de alcanzar las metas sociales. La producción de materiales para la construcción, no puede mantenerse sustentado en la producción industrial nacional, sino que requiere el aprovechamiento ordenado y creciente de las potencialidades de los territorios para garantizar los diferentes elementos tradicionales y ampliar sus capacidades a la mayoría de los rubros de alto empleo, que puedan aportar no solo al balance nacional, sino que sobre todo, cubran las necesidades de cada territorio

A pesar que las instituciones locales producen sus materiales con la mayor eficiencia y calidad posible estos son insuficientes en muchas ocasiones o no están listos en el momento necesario por lo que podemos decir claramente que Cuba necesita dar un salto en su desarrollo económico y social, encontrándose que uno de los mayores obstáculos es la débil conformación e integración de las Cadenas de Suministro, lo cual dificulta insertarse competitivamente a nivel global en integración con la solución de los problemas energéticos, ambientales y sociales que también enfrenta.



En los Lineamientos de la Política Económica y Social de Cuba en los Capítulos VIII y XI sobre la política industrial y de construcciones (Lineamientos 233, 292 y 296) se exponen en su esencia y directrices el papel a nivel local de los productores privados y la necesidad de compatibilizar su actividad con la del sector estatal. Bajo la dirección de los gobiernos locales se crea el Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de Construcción (PLPVMC) (Martínez Curbelo, Castro Martínez, & Mena Chacón, 2017) que como política pública, es el sustento principal de la construcción de viviendas por esfuerzo propio en Cuba.

Este programa contribuye a resolver uno de los problemas más perceptivos para la sociedad, por ello la mejora de su gestión es una tarea relevante y necesaria que requiere de sustento científico.

Las cadenas de suministro CS de la construcción se distinguen por ser altamente fragmentadas, al estar compuestas por un elevado número de empresas con diferentes objetivos a cumplir, por lo que las gestiones de sus procesos son dispares. Otra característica importante a destacar dentro de las CS de materiales de construcción es que, dentro de la gama de materiales que intervienen, existe una relación estrecha entre los productos, lo que provoca que la afectación en una refleje dificultades en las restantes y por tanto es vital realizar mejoras en la planificación de sus producciones en función del cliente final.

La Cadena de Suministro de Materiales de la construcción no está exenta de la problemática planteada y por tanto no responde ni eficaz ni eficientemente a las necesidades que le plantean las políticas públicas para la construcción de viviendas y mejora del fondo habitacional en Cuba y particularmente en Cienfuegos.

A partir de la situación problemática expuesta con anterioridad se evidencia la necesidad de dar un aporte teórico y metodológico al proceso de planificación del PLPVMC, de ahí que se plantee el siguiente **problema científico**: ¿Cómo mejorar la planificación de los flujos de materiales de la construcción en función de la demanda para el Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de Construcción (PLPVMC) en la provincia de Cienfuegos?

Para dar respuesta a este problema se formulan los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Diseñar un modelo matemático de optimización de los flujos de materiales de construcción básicos necesarios para el Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de Construcción (PLPVMC) en la provincia de Cienfuegos.

**Objetivos específicos:**

1. Demostrar la importancia del enfoque a cadenas de suministro en los procesos de planeación estratégica
2. Diagnosticar la CS de materiales de la construcción perteneciente al programa local de producción y ventas de materiales de la construcción.
3. Diseñar un modelo de programación lineal para la mejora de los flujos de materiales de construcción en la cadena de suministro.

**Idea a defender:**

A partir de una caracterización y diagnóstico detallado de la CS de materiales de la construcción es posible diseñar un modelo de programación lineal que de respuesta a las necesidades de planeación que contribuya a una mayor satisfacción del cliente.

Para dar respuesta a los objetivos antes expuestos el trabajo queda estructurado de la siguiente forma:

**Capítulo I:** Marco Teórico-Referencial. En el mismo se realiza una revisión bibliográfica acerca de la gestión de las cadenas de suministro, haciéndose énfasis en los términos y definiciones referentes al tema.

**Capítulo II:** Se realiza una caracterización del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de Construcción (PLPVMC). Como aspecto relevante de este capítulo se presenta la propuesta del diseño para la optimización de los flujos de materiales de construcción, teniendo en cuenta un grupo de criterios dados por diferentes autores y tomando en consideración el enfoque a cadena de suministro. Se describen además técnicas y herramientas a utilizar en cada una de las etapas del modelo matemático diseñado.



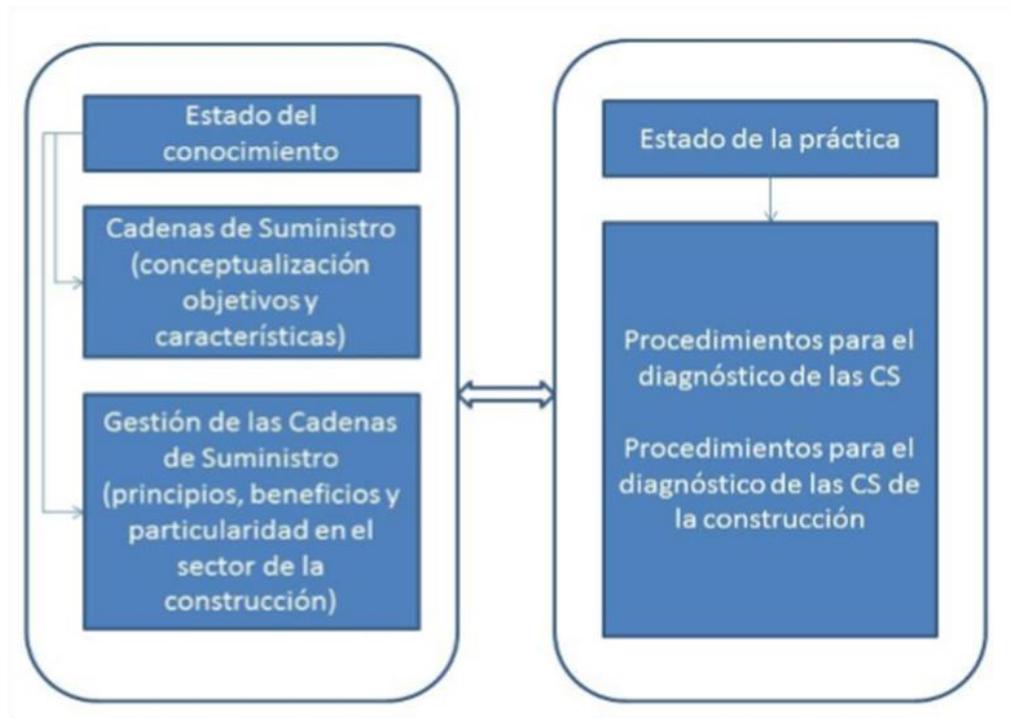
## **Capítulo I: Marco Teórico – Referencial de las Cadenas de Suministro.**

### **Introducción**

El presente capítulo proyecta una revisión bibliográfica sobre los aspectos fundamentales de Cadenas de Suministro, según los criterios de diferentes autores el análisis de concepciones y elementos relacionados con dicho tema. Con el fin de representar la forma en que siguen una secuencia lógica y la interrelación de cada uno de ellos se puede observar el hilo conductor elaborado En la Figura 1.

### **Figura 1:**

*Hilo conductor de la investigación*



**Nota:** Elaboración Propia

#### **1.1. Conceptualización de las Cadenas de Suministro (CS)**

Una cadena de suministro es el conjunto de actividades, instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso de venta de un producto en su totalidad. Esto es, desde la búsqueda de materias primas, su posterior transformación y hasta la fabricación, transporte y entrega al consumidor final. En otras palabras, la cadena de suministro es una función

estratégica y logística que involucra todas las operaciones que son indispensables para que una mercancía logre llegar al cliente final en óptimas condiciones.

En los trabajos de Forrester, el concepto de cadena de suministro se comienza a ver claramente cuando sugirió que el éxito de las empresas dependía de la interacción entre los flujos de información, materiales, pedidos, dinero, mano de obra y equipos. A su vez declaró que la comprensión y control de estos flujos es el trabajo principal de la gestión (Forrester, 1961).

El concepto ha ido evolucionando a lo largo de los años, en el que diversos autores han planteado sus propias definiciones:

- Conjunto de empresas interrelacionadas por flujos de materiales, de información financieros, donde cada una pretende añadir valor al producto, bien o servicio, (Hartmut & Stadler, 2005).
- (Mentzere tal., 2001), la define como el conjunto de tres o más entidades (pueden ser organizaciones o personas) que están directamente involucradas en los procesos y flujos aguas arriba y aguas debajo de productos, servicios, finanzas y/o información, desde una fuente hasta un consumidor.
- (J. R. Stock & Lambert, 2001) definen la cadena de suministro como la integración de las funciones principales del negocio desde el usuario final a través de proveedores originales que ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados.
- Según (Companys, 2005) la cadena de suministro (SC) es una red de organizaciones interrelacionadas que intervienen en diferentes fases del proceso productivo mediante actividades que pretenden añadir valor, desde el punto de vista del cliente, al producto, bien o servicio.
- La cadena de suministro es una red que consta de nodos y enlaces nodo como un establecimiento que es un agente que tiene la capacidad de tomar decisiones y maximizar su propio beneficio dentro de los parámetros en los que opera (Carter, Rogers, & Choi, 2015).

En resumen, cuando se habla de CS invariablemente se hace referencia a la integración de las funciones principales de un negocio desde los proveedores originales hasta los clientes, donde cada uno añade valor al producto a través de la coordinación de los flujos logísticos.

“La Cadena de suministro es un subsistema dentro del sistema organizacional que abarca la planificación de las actividades involucradas en la búsqueda, obtención y transformación de los productos. En esencia, la Cadena de suministro integra la oferta y la demanda tanto dentro



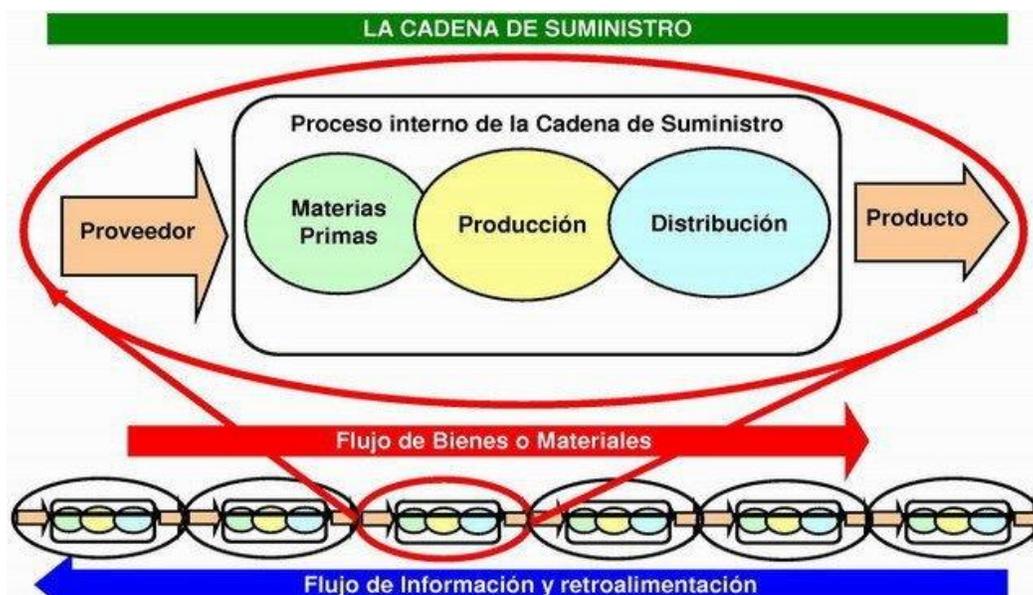
como fuera de la empresa. Por ello se habla de “cliente interno”, y de demanda y oferta interna, para establecer los pasos y acciones específicos en la cadena productiva. Se trata de una función de integración que liga las funciones y los procesos del negocio para convertirlo en un modelo de negocio coherente y de alto rendimiento.

A diferencia de los conceptos clásicos de input/output, en las Cadenas de suministro los flujos se entrelazan. Hay flujos de entrada/salida en cada eslabón, y también cada eslabón es tanto insumo como producto final para otros. Es normal que en estos intercambios participen numerosas empresas que buscan maximizar sus beneficios dentro de su esfera de interés.

Cada empresa suele tener un gran conocimiento sobre lo que compete a su propio proceso o juego en el campo de su esfera productiva (su propio eslabón dentro de la cadena). Pero la gran mayoría desconoce completamente lo que hacen los otros eslabones de la cadena.” Esto asegura (Moreno, 2010, p. 1)

## Figura 2:

*Flujo de las cadenas de suministros.*



**Nota:** <http://www.elblogsalmon.com>

## **Objetivo de las cadenas de suministros.**

La cadena de suministro tiene como objetivo principal satisfacer las necesidades del cliente final de la mejor manera posible, incluyendo entregar los bienes y servicios a tiempo, evitar las pérdidas o mermas innecesarias, optimizar los tiempos de distribución, manejo adecuado de inventarios y almacenes, establecer canales de comunicación y coordinación adecuados, hacer frente a cambios imprevistos en la demanda, oferta u otras condiciones.

## **La cadena de suministro consta de tres elementos básicos:**

**Suministro:** Se refiere a las actividades necesarias para obtener y entregar las materias primas para la producción.

**Fabricación:** Es el proceso en donde se transforman las materias primas para conseguir un producto o servicio distinto.

**Distribución:** Se encarga de hacer llegar los productos o servicios a los consumidores finales a través de una red de transporte, locales comerciales y bodegas.

## **Actividades en la cadena**

La cadena de suministro no siempre es la misma, su forma y las actividades que incluye dependen del bien o servicio que estemos analizando. En algunas situaciones se requerirá de determinadas operaciones de producción, compra o distribución. Pero a veces se exigirán solo algunos de estos procesos. En cualquier caso, independientemente de la forma específica de la cadena de suministro, existen ciertas actividades que son comunes y necesarias para optimizar el resultado final. Estas son: Planificación, Administración de existencias, Procesamiento de órdenes de compra, Traslados y despacho, Seguimiento y control de imprevistos, Servicio al cliente, Administración de garantías, Procesamiento de pagos.

Dentro de cada organización existe una cadena de suministro diferente dependiendo del giro de la empresa. Existen tres tipos de empresa: industriales, comercializadoras y de servicios; las empresas de servicios cuentan con cadenas de suministros muy cortas, en el caso de las empresas industriales, estas tienen cadenas de suministro con mucha logística dependiendo de la materia prima que utilizan, las líneas de producción con que cuentan y los segmentos de mercado a los que van dirigidos sus productos y las empresas comercializadoras, por ejemplo, tienen muy poco uso de stock por lo que sus cadenas de suministro son menos elaboradas.



Todas las funciones que participan en dicha cadena están destinadas a la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente.

Fundamentalmente una CS básica, según (Sadler, 2007) comprende:

1. una empresa focal, que forma de bienes o servicios para un conjunto de consumidores,
2. una amplia gama de proveedores de materias primas y componentes, distribuidores, que entregan los productos a los consumidores, y modos de transporte que se mueven los productos entre cada ubicación en la cadena.

Sin embargo (Carter e tal., 2015) diferencian las cadenas de suministro productiva en cadena de suministro física y la cadena de suministro de apoyo. Las cadenas de suministro físicas se asemejan a las tradicionales. Un nodo en la cadena de suministro físico es un agente con ubicación física permanente, donde ocurren actividades que adicionan forma, lugar y/o utilidad en el tiempo, representándose generalmente dos enlaces que conectan los nodos de la cadena de suministro física: el movimiento de la información y el movimiento de las finanzas (designando tanto la información y el financiamiento con la misma línea de trazos).

Cada cadena de suministro es única. Estas se diferencian entre sí de algún modo de otras cadenas. No obstante, según (Sadler, 2007) los componentes principales de las mismas son: movimientos físicos, el flujo de información, coordinación de la gestión y el liderazgo de la cadena. La primera tarea es crear un flujo de información entre los socios de la cadena para que el flujo físico se lleve a cabo exactamente como es requerido. La segunda tarea es una serie de movimientos físicos: partes contratantes, la fabricación del producto acabado y su entrega al cliente. La tercera tarea es la gestión de las cadenas, y la cuarta tarea es el liderazgo de la cadena.

Según (J. R. Stock & Lambert, 2001) dentro de las CS se pueden encontrar a dos tipos de miembros: los miembros primarios y los de soporte. Los miembros primarios son aquellas compañías o empresas autónomas que realizan actividades para satisfacer y los miembros de

soporte son aquellas empresas que proveen recursos a los miembros primarios para que estos puedan cumplir con sus actividades.

La CS cuenta con tres elementos los procesos, los componentes y la estructura, los procesos se refieren a las actividades que se realizan por los miembros dentro de la cadena, los componentes se refieren a la integración y el manejo que debe existir entre los procesos y la estructura se refiere a los miembros con los que existe una unión entre los procesos (J. R. Stock & Lambert, 2001).

Las cadenas de suministro con frecuencia no son lineales, son redes que no duran para siempre: se forman, trabajan por un tiempo y luego cambian su configuración. Por la importancia que toma su diseño Sadler, (2007) plantea tres elementos:

1. Contenido: procesos que abarcan, la información y las operaciones físicas, que son herramientas para obtener una estrategia cliente– satisfacción.
2. Procesos: es el método por el que una estrategia de la cadena de suministro será construido, dependerá de un grupo de directivos y la aprobación obtenida para los planes de acción resultantes.
3. Implementación: depende de la forma en que los planes de acción se operacionalizan secuencialmente a través de todas las empresas y los trabajadores necesarios. Esto implica procesos de cambio múltiples de organización, gestión de proyectos y la perseverancia.

En la CS existen distintas tipologías de relaciones, las cuales pueden ir desde relaciones estrictamente comerciales hasta la integración vertical (Lamber, Emmelhainz, & Gardner, 1996).

## 1.2. Clasificación de las Cadenas de Suministro.

La cadena de suministro es un conjunto de elementos que trabajan para la fabricación y/o entrega de un producto o servicio a un consumidor final. Estos elementos corresponden a las distintas empresas participantes dentro del proceso, ya sean extractores/productores de materias primas, empresas de transformación o manufactureras, empresas de transporte y distribución, empresas comercializadoras y los propios clientes finales quienes son los que requieren de dicho producto o servicio, a los cuales se busca satisfacer mediante todo el proceso realizado por la cadena pero para ello, ante tanta diversidad, hay distintos tipos de cadenas de suministro. Se pueden clasificar en:

- **Directa:** Consiste en una compañía, un suministrador y un cliente involucrados en las diferentes áreas de la empresa tanto integrando los productos, servicios, finanzas e información, es decir, relacionados con todos los niveles de la cadena.



- **Tradicional:** Entre tantos tipos de cadenas de suministro, esta es utilizada principalmente por pequeñas empresas o por empresas que no requieran un funcionamiento muy complejo o un gran control de su producción, ya que las decisiones son tomadas de forma independiente por las personas involucradas dentro del proceso de fabricación. Este tipo de cadenas de suministro puede provocar un descontrol en las decisiones conllevando así un mal funcionamiento de los procesos de producción. Es por esto, que solo funciona para empresas que no deben lidiar con grandes cantidades ni de materia primas ni de producto acabado, y que tienen un proceso de fabricación tradicional en el que no se necesita un flujo de información continua.

- **Extendida:** Incluye a los suministradores de los proveedores inmediatos y a los clientes inmediatos, todos involucrados en los flujos que relacionan productos, servicios, finanzas e informaciones. Es decir, debe existir una colaboración entre los eslabones involucrados en este objetivo. Proveedores, productores, distribuidores y puntos de venta deben establecer una comunicación adecuada y realizar esfuerzos de colaboración para sincronizar la oferta y la demanda.

- **Compartida:** En este, es uno de los tipos de cadenas de suministro donde las decisiones son compartidas, ya que las personas implicadas en la fabricación del producto también toman sus decisiones individualmente, pero cuentan con una base de datos definida en la cual se puede compartir información, permitiendo tener acceso a ésta a las decisiones que se van tomando durante el proceso.

- **Sincronizada:** En esta cadena se encuentran todas las fases de la fabricación del producto sincronizadas, es decir, se hace un seguimiento desde la entrada de materias primas hasta la llegada del producto al almacén como producto terminado y listo para su envío o venta.

- **Compleja:** Incluye a todas las organizaciones involucradas en todas las interacciones tanto de productos, servicios, finanzas e información desde el último suministrador hasta el último cliente.

Existen distintas clasificaciones de cadenas de suministro (Jurburg & Martín, 2012) dependiendo de su composición plantea que se pueden identificar tres tipos de cadenas: la directa, que involucra a la compañía, sus proveedores y sus clientes; la extendida, que involucra también al proveedor del proveedor y al cliente del cliente; y la última, que involucra a todas las

entidades aguas arriba y aguas debajo de la empresa; mientras que Huang, Li, & Mahajan, (2002) las han categorizado teniendo en cuenta su desempeño en tres clases:

- LSC (lean supply chain): La reducción de los tiempos de preparación y cambio de formato permiten el trabajo rentable en pequeñas series.
- ASC (agile supply chain): se orienta a responder a mercados aleatorios. Intentan alcanzar suministros rápidos y flexibilidad en los lead-times.
- HSC (hybrid supply chain): Según Huang et al. (2002), partiendo de productos genéricos posponen su diferenciación hasta el montaje final (montaje bajo pedido). La demanda puede ser prevista con precisión.

### 1.3. Características de las Cadenas de Suministro.

Las principales características de una buena cadena de suministro son: simplicidad, seguridad, sinergia y simbiosis.

**Simplicidad:** Software intuitivo y potente. La tecnología en la que se apoya la cadena de suministro debe ser tan potente como simple e intuitiva. El objetivo es que los usuarios comprendan y aprendan su manejo con rapidez. Esto es especialmente útil en empresas donde la rotación es elevada, ya que permite a cada nuevo profesional familiarizarse con la herramienta en poco tiempo.

**Seguridad:** Encriptación de datos sensibles. La seguridad es vital cuando se manejan datos sensibles de clientes e información confidencial de la compañía. El software basado en sistemas blockchain, cada vez más utilizado en logística, encripta la información que se comparte evitando accesos no autorizados.

**Sinergia:** Mayor agilidad trabajando unidos. Involucrar a todos los participantes de la cadena de suministro logra mayores niveles de agilidad en los procesos. En este sentido, se genera un beneficio para todos los actores, desde proveedores y distribuidores hasta clientes, pasando por el personal encargado de la logística.

**Simbiosis:** Unir fuerzas en la misma dirección. Un proceso en el que los actores de la red logística se benefician mutuamente es lo que se entiende como simbiosis. Unir fuerzas para trabajar en una misma dirección aumenta las ventajas competitivas de todos los participantes. Así pues, una de las características de la cadena de suministro es que funcione como un todo, con la colaboración y la comunicación como principales herramientas operativas.



**En sentido general las CS presentan las siguientes características:**

- Son dinámica se implican un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas.
- El cliente es parte primordial. El propósito fundamental es el de satisfacer las necesidades del cliente.
- Una CS típica puede abarcar varias etapas que incluyen: clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, proveedores de componentes y materias primas. Cada etapa se conecta a través del flujo de productos, información y fondos.
- No es necesario que cada una de las etapas esté presente en la cadena de suministro.
- El diseño apropiado de la cadena de suministro depende de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

Muchas CS carecen de un desempeño adecuado debido, entre otros aspectos, a la falta de integración, coordinación y racionalidad en sus procesos, por carecer de técnicas de gestión logística que faciliten su diseño y gestión, obviando integraciones necesarias entre sus elementos, además de que no se encuentra definido el despliegue adecuado de los objetivos estratégicos de la organización a través de los procesos en la cadena de suministro, por lo que se desconoce su contribución al rumbo estratégico de la entidad y dificulta el análisis y control del cumplimiento de dichos objetivos así como la toma de decisiones (Díaz Curbelo & Marrero Delgado, 2014).

#### **1.4 Gestión de Cadenas de Suministro.**

La gestión de la cadena de suministro (SCM) es la supervisión de los materiales, la información y las finanzas a medida que avanzan en un proceso desde las materias primas y la producción, hasta la logística de distribución a mayoristas, minoristas y al consumidor.

La gestión de la cadena de suministro (SCM, por sus siglas en inglés) se refiere a la optimización de la creación y el flujo de un producto desde el abastecimiento de la materia prima hasta la producción, la logística y la entrega al cliente final.

SCM abarca la planificación y ejecución integradas de los procesos necesarios para gestionar el movimiento de materiales, información y capital financiero en actividades que incluyen, en general, planificación de la demanda, abastecimiento, producción, gestión de inventario y almacenamiento, transporte (o logística) y devolución en exceso o defectuoso productos. La gestión de la cadena de suministro se basa en la estrategia empresarial, el software especializado y la colaboración para funcionar.

Debido a que es una empresa tan amplia y compleja, cada socio, desde los proveedores hasta los fabricantes y más allá, debe comunicarse y trabajar juntos para crear eficiencias, administrar el riesgo y adaptarse rápidamente al cambio.

Además, la sostenibilidad de la cadena de suministro, que cubre cuestiones ambientales, sociales y legales, además de las adquisiciones sostenibles, y el concepto estrechamente relacionado de responsabilidad social corporativa, que evalúa el efecto de una empresa en el medio ambiente y el bienestar social son áreas de gran preocupación para las empresas de hoy.

#### **1.4.1. Beneficios de la gestión de la cadena de suministro**

La gestión de la cadena de suministro genera una serie de beneficios que se traducen en mayores beneficios, una mejor imagen de marca y una mayor ventaja competitiva como la mejor capacidad para predecir y satisfacer la demanda de los clientes, mejor visibilidad de la cadena de suministro, gestión de riesgos y capacidades predictivas, menos ineficiencias de proceso y menos desperdicio de producto, mejoras en la calidad, mayor sostenibilidad, tanto desde el punto de vista social como medioambiental, gastos generales más bajos, mejoras en el flujo de caja y logística más eficiente.

#### **1.4.2. Etapas de la gestión de la cadena de suministro**

La gestión de la cadena de suministro se puede categorizar ampliamente en cinco pasos o áreas:

-Plan. Mediante el uso de funciones de gestión de materiales y análisis de la cadena de suministro en los sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP), las organizaciones crean planes estratégicos para satisfacer la demanda de productos de los clientes y evitar un efecto látigo.

-Fuente. Las organizaciones identifican y seleccionan proveedores que pueden suministrar materiales de una manera simplificada y eficiente de acuerdo con los acuerdos. La colaboración en la cadena de suministro comienza en esta etapa y es importante en todo el proceso de gestión de la cadena de suministro.



-Fabricar. En esta etapa se fabrican los productos. Incluye programar la producción, las pruebas, garantizar que se sigan los requisitos de cumplimiento, el embalaje, el almacenamiento y la liberación. Es probable que estén involucradas varias máquinas, especialmente para las empresas más grandes, y estas utilizan cada vez más tecnologías como internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA) para trabajar de manera más eficiente.

-Entregar. La etapa de entrega pertenece a la logística y se enfoca en hacer llegar los productos terminados a los consumidores, en cualquier forma de transporte que se necesite. A medida que el efecto Amazon ha crecido, especialmente como resultado del COVID-19, se hace más hincapié en la entrega a domicilio. Ahora también se hace mayor hincapié en los líderes de la cadena de suministro que trabajan más de cerca con el servicio al cliente. Los sistemas de gestión de inventario y gestión de almacenes son especialmente cruciales en esta etapa.

-Regreso. La etapa de devolución incluye todas las devoluciones de productos, incluidos los productos defectuosos y los productos que ya no serán compatibles. Esta etapa también incluye elementos de otras etapas, incluida la gestión de inventario y transporte

### **1.4.3. Flujos principales de la cadena de suministro**

Se puede dividir en tres flujos principales, flujo de productos, flujo de información y flujo financiero.

El flujo de productos comprende el movimiento de mercancías desde los proveedores a los clientes, así como las devoluciones realizadas por éstos, o las necesidades de servicio. El flujo de información conlleva la comunicación de pedidos y la actualización de la información sobre los estados de entrega. El flujo financiero está integrado por las condiciones de crédito, los calendarios de pago y las disposiciones de consignación y titularidad.

Una adecuada gestión dentro de la cadena de suministro debe ir perfilada hacia la entrega de productos de alta calidad, al precio justo y en el lugar correcto. Lograrlo implica que proveedores, fabricantes y vendedores, apliquen constantemente reingeniería en sus procesos funcionales y se implementen estrategias de colaboración a lo largo de la cadena de suministro (Birendra, Srinivasan, & Xiaohang, 2007).

La SCM es una nueva etapa en el desarrollo de la logística y más que una oportunidad es un reto para el desarrollo gerencial de la empresa; a partir de esta nueva forma de gestión aparecen diversas definiciones:

- En (Mentzer et al., 2001) se muestra a la gestión de la cadena como la sistemática y estratégica coordinación de las tradicionales funciones de la empresa (Marketing, Ventas, I+D, Pronósticos, Producción, Compras, Logística, Sistemas de información, Finanzas y Servicio al cliente) y de las tácticas desarrolladas a lo largo de esas funciones, dentro de una empresa en particular y los restantes involucrados a lo largo de toda la cadena, con el propósito de mejorar la performance en el largo plazo tanto de las empresas individuales así como de la cadena en su conjunto.
- Para (Hartmut Stadler, 2005), la SCM es la tarea de integrar diferentes organizaciones a lo largo de toda la cadena coordinando el flujo de materiales, información y finanzas de forma que satisfaga la demanda de los clientes incrementando la competitividad de toda la cadena (Ribas Vila & Companys Pascual, 2006; H. Stadler & Kilger).

A nivel de la cadena de suministro debe coordinarse la actividad de todos sus participantes de forma tal que se logren resultados eficientes y efectivos a nivel global en cuanto a las variables siguientes mostradas en la tabla 1.

**Tabla 1:**

*Variables de coordinación.*

Capacidades	Demanda	Inventarios
Disponibilidad	Ciclos o plazos	Costos
Precios	Puntualidad de las entregas	Tecnología
Servicio al cliente	Diseño del producto o servicio	Calidad
Inversiones	Volúmenes de las entregas	Fiabilidad
Financiamiento energético	Retorno de medios unitarizadores	Consumo
Pagos y cobros	Retorno de productos rechazados	Importaciones

. **Nota:** *Elaboración propia.*



Desde el punto de vista intraorganizacional, SCM significa integrar la logística con la producción. A veces incluye también la integración de la gestión del flujo de cobros y pagos y parte del proyecto del producto (diseño para la cadena de suministro).

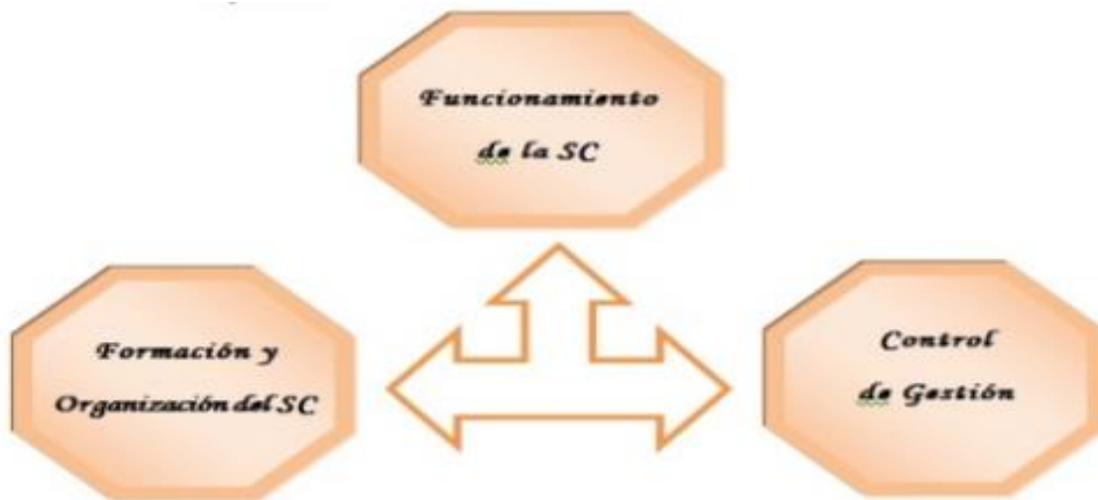
En el ámbito inter-organizacional engloba también: la selección y la organización de los asociados, la colaboración y el compartimiento de información.

Según A. J. U. R. José A. Acevedo Suárez, Martha I. Gómez Acosta, (2001) como se observa en la figura 3 la SCM debe verse en tres planos los que se explican a continuación:

- **En el plano estratégico** debe prestarse atención a la formación y organización de la cadena de suministro, para lo cual se utilizan herramientas de gestión tales como: gestión de alianzas, modelación general de la organización (MGO), la gestión de proyectos, el diseño de sistemas de información y las comunicaciones, y otras herramientas.
- **En el plano operativo** debe gestionarse el eficiente funcionamiento de la cadena de suministro utilizando herramientas tales como: planes conjuntos, técnicas gerenciales, gestión de la colaboración, y otras.
- **El control de gestión** debe aportar la retroalimentación para guiar la debida orientación en la gestión operativa y aportar los elementos imprescindibles para indicar la necesidad y dirección de los cambios estratégicos en la conformación y organización de la cadena de suministro. Las principales herramientas a utilizar son: registro y análisis de indicadores globales de la cadena, y benchmarking. En este último aspecto se destaca el sistema SCOR (Supply Chain Operations Reference Model), el cual constituye una asociación de empresas a escala mundial que permite realizar benchmarking entre ellas y difundir las mejores prácticas con relación a la integración de la cadena de suministro.

**Figura 3:**

*Campo de acción de la gestión de la cadena de suministros.*



**Instrumentos Básicos:**

- Alianza
- SIC Integrado
- MGO
- Gestión de proyecto
- Colaboración
- Técnicas Generales
- Planes Conjuntos
- Indicadores Globales
- Benchmarking
- SCOR

**Nota:** Elaboración propia. Tomado de: Acevedo Suarez, J.A; Urquiaga Rodríguez, A. J. & Gómez Acosta, M. I (2001), (A. J. U. R. José A. Acevedo Suárez, Martha I. Gómez Acosta, 2001).

La gestión de la cadena de suministro juega un papel importante a la hora de facilitar la mejor calidad y servicio, pero para conseguirlo requiere de coordinación entre las distintas empresas que la componen y dentro de cada una de ellas. La disponibilidad actual de herramientas ligadas a los sistemas de información proporciona a las empresas mayores oportunidades para relacionarse con sus socios. En una cadena de suministro ideal, toda la información sería compartida rápidamente a lo largo de la misma, de modo que se mejorarían tanto los costes de inventario como el servicio al consumidor. La eficiencia de la cadena de suministro

está relacionada con la calidad de la información intercambiada entre los componentes de la cadena y la frecuencia con que lo hacen. La coordinación de los procesos en la cadena de suministro requiere del intercambio de información entre sus componentes, para lo que es

necesaria una actitud de colaboración entre los mismos. El punto central en la gestión de la cadena de suministro es la reducción de la incertidumbre en la toma de decisiones de las organizaciones que la conforman.



### **1.5 Principios para la gestión de las cadenas de suministro.**

Los principios clave de la gestión de la cadena de suministro son adaptar la Cadena de Suministro a las necesidades del cliente, personalizar la red logística, alinear la planeación de la demanda en toda la Cadena de Suministro, diferenciar los productos cerca al cliente, realizar outsourcing estratégicamente, desarrollar IT que ayude a la toma de decisiones multinivel y adoptar indicadores de servicio y financieros.

1. Adapta la Cadena de Suministro a las necesidades del cliente; tanto los empresarios como los profesionales de la cadena de suministros son capacitados para enfocarse en las necesidades de los clientes. Y para entender mejor a los cliente, hay que dividirlos en diferentes categorías, a esto se le llama segmentación.

La forma más básica de segmentar es el análisis ABC que agrupa a los clientes basándose en el volumen de ventas y rentabilidad. La segmentación también puede hacer por producto, industria y vía de comercialización.

Anteriormente Anderson D.L., Britt, F. y Favre, D.J (1997) sugerían que el cliente se segmentara basado en las necesidades de servicio, concretamente, en “necesidades de ventas y comercialización” y “necesidades de cumplimiento de orden”.

2. Personalizar la red logística; cuando se segmente al cliente basándose en las necesidades de servicio, podría necesitar adaptar diferentes redes logísticas para atender a los diferentes segmentos.

3. Alinear la planeación de la demanda en toda la Cadena de Suministro; a los profesionales de la cadena de suministro se les enseña a compartir datos de la demanda con los socios comerciales con el fin de no tener un stock innecesario. Existe una investigación muy interesante publicada por Williams and Waller 2011, donde se menciona que si realiza el pronóstico de la demanda basado en el Nivel de SKU del cliente, usando sus propios datos históricos de pedidos, es más preciso que el usar datos de Punto de Venta (POS por sus siglas en inglés) que obtiene de los minoristas y si realiza el pronóstico de la demanda basado en el nivel de SKU de la tienda, usando datos de POS que obtiene de sus minoristas, es más preciso que usar sus propios datos históricos de pedidos. Lo que nos lleva a que la ausencia de compartir los datos de la demanda no es necesariamente malo

pero cuando se obtienen los datos de la demanda de los socios comerciales, se debe usar de la forma correcta.

4. Diferenciar los productos cerca al cliente; Mantener los componentes y ensamblarlos solo hasta después de que el cliente hace el pedido con el fin de incrementar la variedad de productos. Este principio aún sigue siendo válido pero hay otro principio que también se debe considerar: Estandarización.

“Estandarización” está en la polaridad opuesta a “Diferenciación”. Por ejemplo, algunos fabricantes de cosméticos formulan productos y eligen que el envasado y etiquetado cumpla con las regulaciones de varios países en Asia. De esta forma solo tienen un SKU que puede ser vendido en 15 países en lugar de hacer 1 SKU por país. Mediante la estandarización adecuada del producto, pueden bajar los costos drásticamente debido a la economía en escala.

5. Realizar outsourcing estratégicamente; este principio resiste el paso del tiempo. En resumen, no hacer outsourcing de su principal competencia.

6. Desarrollar IT que ayude a la toma de decisiones multinivel; un proyecto IT no debe hacerse de forma aislada, la reingeniería de procesos de negocios debe hacerse antes del proyecto de IT debido a que tendrás plena comprensión acerca de las deficiencias del proceso y con lo cuál se podrá determinar que tipo de tecnología es la que realmente necesitas.

7. Adoptar indicadores de servicio y financieros; Anderson D.L., Britt, F. y Favre, D.J (1997) sugerían que el sistema de costes por actividades (ABC por sus siglas en inglés) podría implementarse para determinar la rentabilidad de los clientes. Sin embargo, hay un giro importante en el concepto ABC.

En 1987, Robert Kaplan y W. Bruns definieron el concepto de costes por actividades en su libro “Accounting and Management: A Field Study Perspective”, sin embargo, el (15 de septiembre de 2003), Robert Kaplan dijo que es difícil mantener el modelo ABC que refleje los cambios en actividades, procesos, productos y clientes e introdujo el concepto llamado “Costes por actividades y tiempo” (Time Driven Activity Based Costing).

Para hacer que el enfoque de Cadenas de Suministro funcione, debe haber confianza en la calidad de todas las etapas de la cadena. La calidad no sólo se aplica a los productos sino también al servicio. Fiabilidad y consistencia son especialmente importantes cuando los inventarios han de ser reducidos. Invirtiendo en tecnología de información pueden mejorarse las comunicaciones y se presentan mayores oportunidades de hacer mejoras (FUMERO).



Estas nuevas oportunidades son:

- Abarcar mayores distancias geográficas.
- Tener unas redes complejas con múltiples niveles de inventario y muchos clientes.
- Tener amplia variedad de productos.
- Tener una inversión en inventario reducida.

Se pueden identificar una serie de beneficios teóricos que se obtienen al implantar SCM y que provienen de una mejora en la eficiencia del proceso, estos son:

- 1. Una reducción del nivel de inventarios en todo el canal** (Cooper & Ellram, 1993); (Christopher, 1998; Beamon, 1999; Lambert & Cooper, 2000; Otto & Kotzab, 2003). Esta reducción es consecuencia de la mayor coordinación entre las organizaciones a la hora de ajustarlas producciones a la demanda. La adopción de una filosofía de SCM implica la gestión de la totalidad de inventarios del canal, concentrando los esfuerzos en la reducción de aquellos que son superfluos y arrastrando, en la medida de lo posible, el mayor volumen físico de productos almacenados hacia los eslabones primarios de la cadena (Lambert & Cooper, 2000). Cuanto más atrás en la cadena se encuentren los inventarios, menor será el coste global de su mantenimiento.
- 2. Una reducción en costos totales en la cadena de aprovisionamiento** (Cavinato, 1991; Shrank & Govindarajan, 1992; New, 2004; Christopher, 1998; Lambert & Cooper, 2000). Esta reducción es consecuencia del menor volumen de inventarios que implica un menor coste de almacenamiento.
- 3. Inversión en capital y también de la mayor productividad laboral.** (Portal Rueda, n. d.)
- 4. Un horizonte temporal de largo plazo** (Cavinato, 1991; Cooper & Ellram, 1993; Christopher, 1998). Las relaciones de coordinación entre los miembros de la cadena

bajo una óptica de SCM se asientan sobre la confianza y compromiso, ello permite pasar a contratos menos detallados.

5. **Contratos menos costosos de redactar** reduciendo los costes de transacción y la posibilidad de comportamientos oportunistas. Adicionalmente, permite el reparto de riesgos y recompensas a través de una estrecha relación en el canal (Cooper & Ellram, 1993; Shin, Collier, & Wilson, 2000).
6. **Una disminución del tiempo del ciclo del producto desde las materias primas de origen al producto terminado que llega al consumidor** (Cooper & Ellram, 1993; Christopher, 1998; Mentzer et al., 2001). El tiempo necesario se ve reducido gracias a la gestión más eficiente de inventarios y el flujo de información de los elementos de la cadena de aprovisionamiento. Finalmente, se produce una mejora en el servicio al cliente gracias al aumento en la flexibilidad productiva, una reducción en los activos necesarios y un menor coste de suministro (Christopher, 1998; Tan Kannan; Handfield, & Ghosh, 1999) señalan a la gestión de las relaciones con los clientes como un importante componente en las prácticas de SCM.

La integración de los procesos clave de negocio entre los socios en una industria con objeto de añadir valor al cliente, une estrechamente elementos consecutivos de la cadena de valor desde los proveedores primarios pasando por los productores y llegando al cliente final haciendo los procesos más eficientes y los servicios diferenciados (Arend & Wisner, 2005).

## **1.6 Cadena de Suministro en el Sector de la Construcción.**

El sector de la construcción tiene la peculiaridad de que la cadena de suministro se establece de forma única para cada proyecto. En cada uno intervienen varias empresas especializadas en diferentes aspectos del proceso de construcción, desde el diseño hasta implantar un plan de mantenimiento después de terminar el proyecto. Se requiere la cooperación de todas las empresas que intervienen en la cadena de suministro de un proyecto de construcción, para lograr lo que busca el cliente actual: la personalización del proyecto. En la cadena de suministro de un proyecto de construcción intervienen diversos agentes: la empresa que realiza el diseño, la empresa promotora, la constructora, que puede actuar o no como contratista general de otras empresas especializadas o subcontratistas –empresas proveedoras y profesionales-; la empresa fabricante, las empresas distribuidoras de materiales de construcción, etc.

Se trata de una cadena de suministro muy larga, dispersa y fragmentada, con muchos subcontratistas involucrados. Además, suele ser inestable pues, a menudo, la relación de la empresa



contratista con los proveedores especializados es corta, los niveles de conocimientos compartidos son bajos, así como el compromiso entre ambas partes. Para paliar la inestabilidad de la cadena de suministro de un proyecto de construcción, es necesario contar con una buena gestión de proveedores por parte de las empresas contratistas que facilite el día a día de la actividad, así como fomentar la colaboración con sus proveedores en diferentes aspectos: la automatización e integración de los procesos de compra, de gestión del almacén y pagos a proveedores, con otros procesos llevados a cabo por la empresa contratista.

También puede contribuir a fortalecer la cadena de suministro que las empresas que se relacionan en ella compartan información de gestión durante el proceso de compra, negociación, recepción de productos y generación de pedidos y facturas. En esta relación y otras que se establecen entre otros socios de la cadena de suministro, por ejemplo, entre la empresa promotora y la constructora, o entre las empresas distribuidoras y los fabricantes, se hace necesaria la colaboración entre esas empresas. El potente desarrollo tecnológico ofrece en la actualidad diferentes modalidades de colaboración entre socios de la cadena de suministro, que se configura no como una cadena lineal sino como una cadena de suministro extendida.

La Gestión de la Cadena de Suministro es una metodología muy utilizada en diversos sectores industriales. Dadas las características productivas particulares del sector de la construcción, en este sector la cadena de suministro se configurará para cada proyecto constructivo en particular.

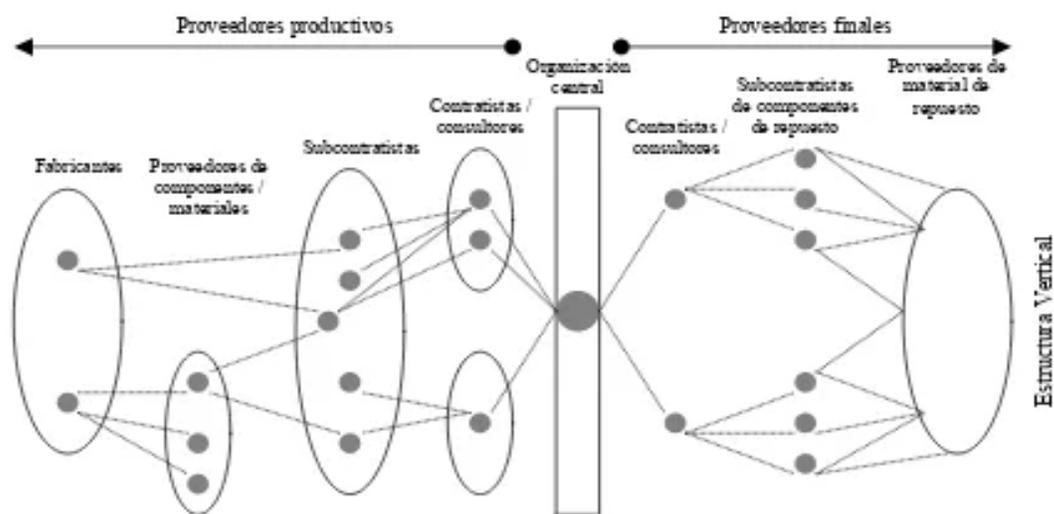
London y Kenley (2000) proponen un método para describir cadenas de suministro en la construcción, considerando éstas en términos de las empresas involucradas y de las características y relaciones estructurales y de comportamiento de las mismas. El criterio principal para establecer las relaciones y la estructura es la identificación inicial de cada proyecto concreto.

Las tres claves del modelo son: proyecto, empresas participantes y relaciones entre ellas. Cada proyecto implicará la demanda por parte de la organización del cliente de una infraestructura o elemento constructivo concreto. Según este modelo, el cliente (promotor o propiedad), como organización central, es el equivalente al fabricante principal en los modelos tradicionales de cadena de suministro en el sector del automóvil. De esta forma, cambia la visión asumida por muchos autores de que el contratista principal es el equivalente al fabricante principal. Este modelo tiene una mayor lógica, ya que en términos de longevidad, riesgo financiero, inicio de la cadena de

suministro y control potencial de la misma, el cliente es el socio clave de la cadena de suministro en la construcción. Fabricantes Proveedores de componentes / materiales Subcontratistas Contratistas / Consultores Organización Central Contratistas / Consultores Subcontratistas Proveedores Proveedores productivos Proveedores finales ESTRUCTURA HORIZONTAL ESTRUCTURA VERTICAL. En la Figura 1.4 se observa la estructura de una cadena de suministro de la construcción, en la cual se considera al cliente como la organización central o de demanda, entendiendo siempre como cliente al promotor o a la propiedad.

**Figura 4.**

*Estructura de una Cadena de Suministro en la Construcción (London y Kenley,2000).*



El sector de la construcción está pasando actualmente por procesos de internacionalización y/o especialización de sus unidades productivas, debiendo ser su tendencia la de convertir sus cadenas productivas en auténticas “cadenas virtuales”, en las que se incluyan los proveedores y subcontratas como parte de las mismas, dándose un proceso de creación de conocimiento conjunto. En unas relaciones puramente comerciales entre empresas, el conocimiento se transfiere entre las empresas que participan en un proyecto constructivo a través de intermediarios. En cambio, en una alianza exitosa, las relaciones se transforman, a través de inversiones en activos relacionales específicos, recombinación de capacidades y rutinas, desarrollos de know-how distintivos, estableciendo experiencias y prácticas comunes y desarrollando un nuevo lenguaje común, que facilite la cooperación. Todos estos mecanismos favorecen la transferencia y recombinación de conocimiento y de aprendizaje (Ciborra y Andreu, 2001). La interconexión entre distintas empresas no ocurre de forma inmediata, sino que deben darse una serie de condiciones, concernientes a las



infraestructuras de las mismas, a la compatibilidad de recursos y de sistemas de datos, a las estructuras organizativas, etc.

La cadena de suministro en el sector de la construcción es posiblemente uno de los sistemas logísticos y productivos de mayor antigüedad y con un desarrollo e implantación más extensa a lo largo de todo nuestro planeta. Según (Capó Vicedo et al, 2005, p.30)

el sector de la construcción está pasando actualmente por procesos de internacionalización y especialización de sus unidades productivas, debiendo ser su tendencia la de convertir sus cadenas productivas en auténticas “cadenas virtuales”, en las que se incluyan los proveedores y subcontratas como parte de las mismas.

El sector de la construcción se puede caracterizar por empresas que manejan muchos proyectos en diferentes zonas geográficas al mismo tiempo y que a su vez tienen invertidas grandes cantidades de dinero en dichos proyectos. Este cambio geográfico es uno de los principales factores que hace de los diferentes proyectos de construcción tanto inmobiliaria como de infraestructura sean únicos e irrepetibles según Rey Román et al. (2005).

### **1.7 Modelos/Procedimientos para el diagnóstico de las Cadenas de Suministro.**

El modelo SCOR tiene como objetivo identificar, medir, reorganizar y mejorar los procesos de la cadena de suministro, una de sus desventajas es que SCOR es un modelo que se basa en el benchmarking, no se puede aplicar satisfactoriamente por el recelo a compartir información.

El objetivo del modelo SIDISC Metodología teórica- práctica para el diagrama de la CS, como desventaja está basado en una serie de cuestionarios para el diagnóstico de sus diferentes fases que fue imposible obtener debido a que en el artículo de cual se estudia el modelo solo se hace referencia a los instrumentos y no cuenta con los mismos.

La Metodología de la CEPAL de la Cadena de Valor se basa en Fortalecer la cadena de valor a través del diseño de estrategias participativas a nivel de actores.

El Modelo de Referencia de la LOGESPRO permite e diagnósticodel estado de las cadenas de suministro, se encuentra estructurado en 15 módulos.

El Modelo de Capacidad de maduración engloba diferentes etapas mediante las cuales una CS pasa de un contexto inmaduro a uno maduro en cuanto a la comprensión y gestión de sus procesos.

Modelo de Diseño de Nodos de Integración en las Cadenas de Suministro, es la herramienta para diseñar los nodos de integración a partir de los parámetros e indicadores que se emplean, para la formalización de las relaciones entre actores en un contrato, además posibilita identificar el nodo de integración que será diseñado.

### **1.8 Modelos/Procedimientos para el diagnóstico de las Cadenas de Suministro en el Sector de la Construcción.**

Lo que se conoce como “lean supply chain management model for construction” propuesto por P.E.D. Love et al., 2004 habla de un modelo de integración para la gestión de la cadena de suministro de la construcción. Los citados autores comentan que iniciativas como estas son a menudo usadas en conjunción con las prácticas tradicionales de dirección y control de proyectos en la cadena de suministro, dando como resultado una sensación de mejora que está limitada a nivel de su proceso Vrijhoef y Koskela, (2000). Más todavía, procesos basados en el T.Q.M. no han sido puestos en práctica como filosofía en las organizaciones de construcción, quizá porque muchas compañías no tienen las habilidades y la experiencia requeridas para utilizar de forma efectiva las herramientas y técnicas necesarias para mejorar la cadena de suministro de la construcción Love y Sohal, (2002). Más que aplicar iniciativas específicas en la gestión de la cadena de suministro de forma fragmentada y orientada a sosegar problemas, el propósito de este modelo es realizar un acercamiento a las necesidades y soluciones de la gestión de la cadena de suministro de la construcción de forma global. Con este modelo se pretende integrar el diseño y los procesos constructivos y presentar un modelo para su discusión.

Love P.E.D. et al. (2004) mantienen en su modelo que la separación del diseño y los procesos de producción en proyectos han sido altamente criticados durante los últimos 50 años (ejemplo: Simon Report, 1944; Banwell 1964; Latham 1994; y Egan 1998). Consecuentemente, puede aparecer finalmente lo que se llama un puente para superar este “gap”, creando el modelo que los autores proponen, donde la relación cara a cara entre las varias fases del proyecto se integra de forma circular y única. Love et al., (2002), esta organización involucrada con el proyecto es a la vez cliente y proveedor, y debe considerarse de ambas maneras, de esta



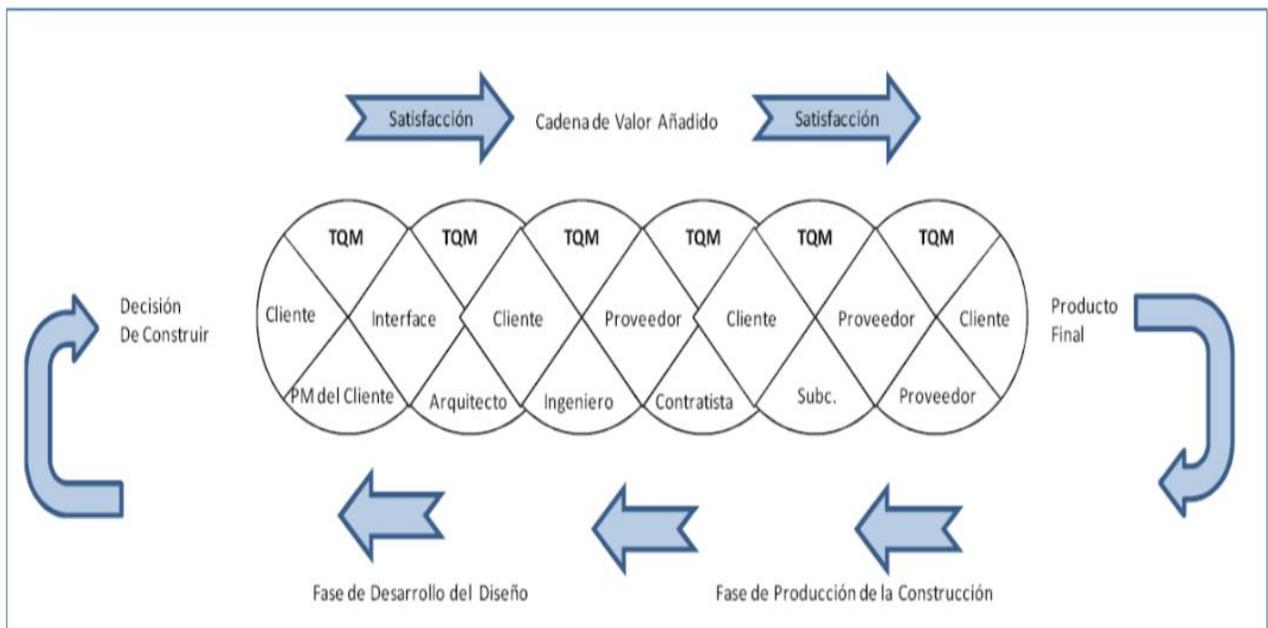
## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

forma pueden ir dando y creando valor a través de la cadena de suministro, ver Figura 5. Interface de relación cliente proveedor en un proyecto de cadena de suministro P.E.D. Love et

al., (2004). En el fondo, y de acuerdo con lo expresado por Lamming (1996), el valor debe darse más por las personas en la atención en el proceso que porque sea un coste.

### Figura. 5:

*Interface de relación cliente proveedor en un proyecto de cadena de suministro*



**Nota:** P.E.D. Love et al., (2004).

Para mejorar la comunicación y minimizar las barreras de los flujos de información en los proyectos, Love et al., (1998), proponen que la tradicional forma de estructurar los proyectos, usada en procesos de procuración, debe ser reemplazada por una estructura horizontal basada en un equipo multidisciplinar. Esto implica que los individuos y los grupos trabajan juntos de forma continuada en vez de secuencialmente, para diseñar y desarrollar los

productos y los procesos, así como para identificar o innovar en los materiales y equipos necesarios para el proceso productivo.

A continuación se muestran en la Anexo 1 un resumen de los modelos, así como sus objetivos y desventajas. Ninguno de los modelos expuestos se ajusta al objeto de estudio de la investigación, por lo que se hace necesario la elaboración de un procedimiento para el diagnóstico de la cadena de suministro de objeto de estudio.

## **Conclusiones del Capítulo I.**

Se arriban a las siguientes conclusiones al concluir el presente capítulo

1. La cadena productiva es un conjunto estructurado de procesos de producción que tiene en común un mismo mercado y en el que las características tecnológicas de cada eslabón afectan la eficiencia y productividad de la producción en su conjunto, su gestión integrada resulta un desafío y una necesidad con el fin de que resulten competitivas y logren altos niveles de satisfacción en los clientes finales.
2. Las cadenas de suministro en el ámbito de la construcción de viviendas son complejas y altamente fragmentadas por lo que se necesitan esfuerzos comunes en su gestión eficiente. Es importante lograr una buena coordinación entre los actores, debido a que su integración es altamente compleja.
3. La carencia de procedimientos que orienten la planificación de la CS usando técnicas avanzadas como parte de las prácticas cotidianas en las organizaciones, es evidenciada mediante la literatura consultada sobre gestión de las cadenas de suministro en el sector de la construcción nivel internacional y nacional lo que trae consigo ineficiencias y el incumplimiento de la demanda.



## **Capítulo II: Diseño de un modelo para la optimización de los flujos de la cadena de suministro de materiales de construcción.**

### **Introducción**

En el proceso de planificación y gestión, enfocadas a una CS, la etapa del diagnóstico o análisis representa el elemento principal debido a que a partir del mismo se generan muchos de los insumos para la planificación estratégica de dicha cadena y además se construyen las bases para su proceso de articulación e integración. En el presente capítulo se realiza un diseño para la optimización de los flujos de materiales de construcción de las cadenas de suministro.

### **2.1. Caracterización del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción (PLPVMC) en la Provincia de Cienfuegos.**

En el año 2007 la provincia de Cienfuegos ante la compleja situación en su fondo habitacional y constructivo en general; y de los cuantiosos daños provocados por un prolongado período de impactos de fenómenos meteorológicos en el territorio ( LILY 1996, MICHELLE 2001, DENNIS 2005, FAY, GUSTAV, IKE) con más de 118 475 viviendas afectadas entre derrumbes totales, parciales y techos dañados; comienza lo que en un inicio se llamó Programa de Fortalecimiento de los centros de producción local de materiales de construcción, con el objetivo de incrementar los niveles constructivos estatales y por esfuerzo propio de la población ante el aumento de la demanda de los mismos.

En sus inicios el programa se centra básicamente en reorganizar el sistema de industria local que se desarrollaba en todos los municipios del territorio y algunos organismos. Luego en el año 2009 se crea el Grupo Provincial de la Producción Local de Materiales.

En el cuarto trimestre del 2011, se crea dentro del MICONS, por Resolución del Ministro de la Construcción el Grupo Nacional de la Producción Local de Materiales y Venta a la Población, como parte de la implementación de los lineamientos de la política económica y social emanados del VI Congreso del PCC, encargado de rectorar, planificar, organizar, controlar y evaluar el cumplimiento de las políticas aprobadas para el sector de la construcción, relacionadas con el Programa de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción.

Este grupo tiene como objetivo promover un movimiento coherente dirigido a lograr la autonomía municipal en la producción de materiales de construcción para la vivienda y el desarrollo local en un Programa tan complejo y abarcador que requiere realizar un trabajo integrador donde participan activamente, además del Ministerio de la Construcción (MICONS), el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), Sideromecánica (SIME), Industria Ligera (MINIL), Ministerio de Comercio Interior (MINCIN), Ministerio de Transporte (MITRANS), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y otros ministerios y entidades, productores estatales y no estatales, comercializadores y el pueblo en general, debiendo armonizar los elementos anteriores de modo que subordinados a los CAP y los CAM y bajo la Dirección y rectoría del MICONS, logre el funcionamiento del Sistema de Trabajo inicialmente propuesto como el ABC a partir de la implementación de sus 21 subprogramas en cada territorio.

### **2.1.1 Caracterización de la gestión del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción.**

El principal objetivo del programa es que el territorio disponga de suficientes materiales de construcción buenos y baratos logrando más temprano que tarde su autonomía (autarquía), esto indica que tienen que ser capaces de asegurar un crecimiento sistemático del mismo en relación con las proyecciones indicadas por el país. Por ello los materiales de construcción que tendrán disponibles los municipios serán los que ellos produzcan con su propia base productiva, los cuales hay que dirigirlos un 80% a la venta a la población y un 20% para el mantenimiento, reparación y construcción de las obras sociales planificadas.

Una vez identificados los diferentes elementos que intervienen en el programa se procede a la descripción de los mismos:

El PLPVMC es coordinado por los CAM en conjunto con los Grupos Municipales del MICONS. Las unidades productoras que pueden ser empresas estatales, sociedades, cooperativas o cuenta propias, los cuales recibe créditos del Banco. La ENIA certifica la calidad de sus producciones, el CTDMC emite el documento de idoneidad técnica (DITEC); en el caso de las cooperativas o cuenta propias intervienen el MTSS y la ONAT procurando las licencias de trabajo para los mismos. Para algunas empresas estatales el MININT representa un proveedor de fuerza de trabajo (reclusos) a las mismas.

La producción que realiza el programa está representada por 7 grupos de productos que suman 118 surtidos, ellos encuentran representatividad en los diferentes municipios de la provincia (tabla 2). La producción terminada presenta tres destinos diferentes, una parte se vende en el mercado oferta

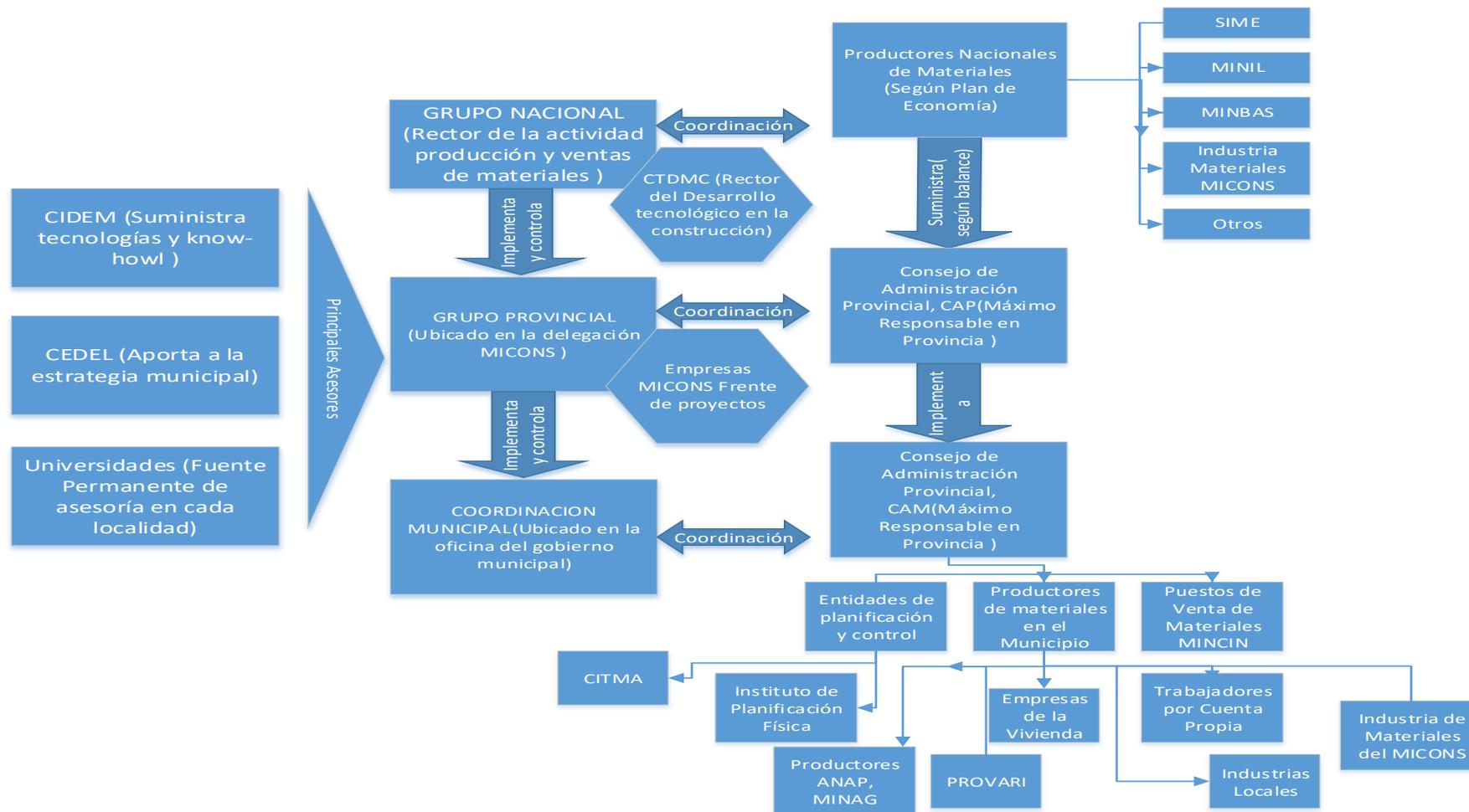


## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

y demanda, y la otra va al MINCIN. El 95% de las producciones que vende el MINCIN va destinada a la población cuya distribución se desglosa en un 20% para los programas estatales y el resto para la construcción por esfuerzo propio; el restante 5 % de las producciones destinadas al MINCIN van a los Órganos Locales del Poder Popular (OLPP).

**Figura 6:**

*Organigrama del Programa Local Producción y Ventas de Materiales de la Construcción*



**Nota:** Elaboración propia.



El sistema de trabajo bajo del programa (denominado ABECÉ) cuenta en su funcionamiento con de 21 subprogramas a desarrollar en cada municipio, los cuales se encuentran en las clasificaciones de subprogramas de producción y subprogramas de apoyo, dentro de estos subprogramas se encuentran el de pared, cubiertas y de pisos como elementos más demandados dentro de dicha producción, los cuales se muestran a continuación:

- SUBPROGRAMAS DE PRODUCCIÓN
  1. Subprograma Elementos para pared
  2. Subprograma Elementos para cubiertas
  3. Subprograma Elementos para pisos

**Tabla 2:**

*Actores del Programa Local Producción y Ventas de Materiales de la Construcción.*

Ministerio de la Construcción	MICONS
Consejos de la Administración	CAP- CAM
Industria Materiales de la Construcción	IMC
Unidad Territorial de Inspección de la Construcción	UTIEC
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas	ENIA
Ministerio de Comercio Interior	MINCIN
Dirección Provincial de Economía y Planificación	DPEP
Dirección Provincial de Planificación Física	DPPF
Oficina Nacional de Estadística e Información	ONEI
Unidades Inversionistas de la Vivienda	UMIV/ UPIV
Empresa Provincial de Mantenimiento Constructivo	EPMC
Ministerio de la Agricultura	MINAGRI

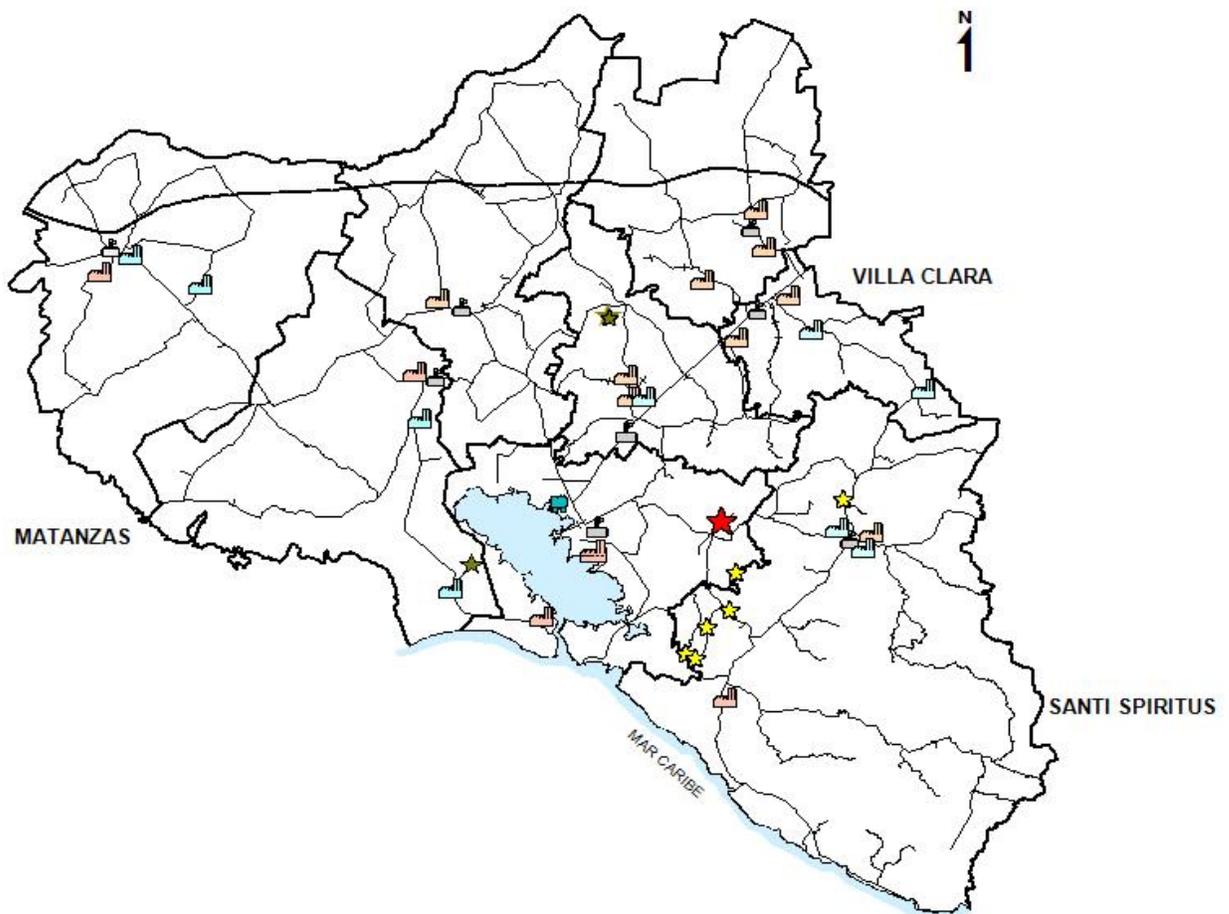
**Fuente:** Elaboración propia.

- SUBPROGRAMAS DE APOYO
  4. Subprograma Comercialización y ventas
  5. Subprograma Promoción y divulgación
  6. Subprograma Capacitación
  7. Subprograma Aseguramiento y control de calidad
  8. Subprograma Transportaciones.
  9. Subprograma Evaluación
  10. Subprograma Desarrollo Tecnológico
  11. Subprograma Estadística e información

## 2.1.2 Caracterización de la cadena de suministro de materiales de la construcción en Cienfuegos

**Figura 7:**

*Mapa del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción de la Provincia de Cienfuegos.*





## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

### LEYENDA

- . — Límite provincial
- ..... Límite municipal
- Autopista nacional
- Carreteras
  
- ★ Fábrica de cemento
- ★ Trituradora de piedras
- ★ Lavadora o cernidora de arena
- 🏭 Centros de producción variada (MINAGRI)
- 🏭 Centros de producción variada (MTTO)
- 🏪 Centros de comercialización
- 🏪 ACINOX Cienfuegos

**Nota:** Elaboración propia

La cadena de suministro del PLPVMC se encuentra conformada por varias empresas encontradas en la misma provincia, unas en diferentes municipios o localidades, otras con su sede en el municipio Cienfuegos y varias UEB a lo largo de la provincia.

Una de ellas y no menos importante es la Planta de Cementos Karl Marx, la mayor fábrica de cemento de Cuba y una de las de más capacidad de Latinoamérica la cual se encuentra ubicada en la finca El Guabairo en el centro sur inaugurada en el año 1980, en aquel entonces contaba con tres líneas de producción, con una capacidad total de 1 500 000 toneladas anuales de Clinker, pasados los años, exactamente en el 2001, surge de Empresa Mixta Cementos Cienfuegos S.A desarrollándose un proceso de modernización mediante equipamiento de fabricación alemana con molinos de bolas, hornos rotativos y precalentador de 4 etapas, se moderniza una línea que sustituye a otra, toda la planta se automatiza permitiendo aumentar la eficacia al máximo, al mismo tiempo que se instala equipamiento para la descarga y carga de barcos para la exportación.

Con estas nuevas maquinarias es capaz de producir 1.5 millones de ton de clinker (material que unido al yeso conforma el cemento) y cemento de una manera más segura, limpia y eficiente,

llegando a finalizar en el año 2008 con una producción de 1 016 000 toneladas de Clinker, todo un record desde su fundación en 1980.

Cementos Cienfuegos S.A es la encargada de la modernización, rehabilitación, optimización, operación, mantenimiento, ampliación de la capacidad y explotación de la planta, la explotación, extracción, transporte y proceso industrial de los minerales de calizas, margas, tobas, limonitas y areniscas ubicados en los yacimientos autorizados en las concesiones mineras que se transferirán o que posteriormente se otorguen, así como la producción, exportación almacenamiento, transporte terrestre y marítimo, distribución, comercialización de clinker, cemento, aditivos de cemento y modificantes especiales de cemento, su misión es producir y exportar clinker y cemento, garantizando la sostenibilidad de la empresa, el entorno y la sociedad, tratando de lograr ser productora y exportadora líder de Cuba y El Caribe a través del uso eficiente de recursos energéticos, co-procesamiento de desechos, el desarrollo de las personas y la innovación de productos.

Otra de las empresas involucradas en este programa es la Empresa Provincial de Mantenimiento y Construcción la cual surge en 1977 a raíz de que en aquella época casi todos los centros poseían sus propias brigadas de mantenimiento y construcción y se hizo necesario aunarlas en una entidad que asumiera estas funciones a nivel provincial, está inscrita en el Registro Estatal de Empresas y Unidades Presupuestadas (REUP) de la Oficina Nacional de Estadísticas desde ese mismo año pues fue en el que se crearon los Órganos del Poder Popular y aparecieron las estructuras de la esfera de construcciones para ese organismo, por lo tanto posee subordinación al Consejo de la Administración y por ende local, todas sus funciones y atribuciones correspondiente al marco jurídico y administrativo son ejecutadas a través de la consultoría jurídica.

La sede provincial se encuentra situada en el municipio de Cienfuegos cerca de parque Villuendas, además de poseer diversas UEB en todos los municipios de la provincia. Su objeto social consiste, entre otras acciones, en brindar servicios de construcción civil y montaje de nuevas obras, edificaciones e instalaciones, de demolición, desmontaje, remodelación, restauración, reconstrucción y rehabilitación de edificaciones, instalaciones y otros objetos existentes, así como la reparación y mantenimiento constructivo.

La empresa también comercializa materiales de construcción y elementos para la construcción, tanto producidos como adquiridos y ofrece prestaciones técnico – profesionales de proyección, diseño e ingeniería aplicados a la construcción e integrados de ingeniería para inversiones y obras, siempre aplicando alternativas en el proceso productivo que garanticen los parámetros técnicos y de calidad dirigidos hacia las necesidades de los clientes tratando de ubicar a la Organización en los niveles más altos de eficiencia económica y financiera.



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

Tenemos también la Empresa de Materiales de Construcción de Cienfuegos la cual sita en calle 63 Km 3, Pueblo Griffó en Cienfuegos, es una empresa industrial, su actividad fundamental es producir y comercializar materiales para la construcción de forma mayorista para toda la provincia y alcance a todo el país y entregarle a las empresas constructoras los materiales para construir sus obras tanto de arquitectura, ingeniería u obras industriales.

Está compuesta por diferentes unidades alrededor de la provincia, estas unidades son: la UEB Combinado de Áridos Arimao se dedica a la producción de arena lavada y cernida, además de bloques de diferentes formatos, UEB Combinado de Hormigón Cienfuegos produce losetas hidráulicas de diferentes variedades y formato, elementos de terrazo de diferentes formatos, baldosas de terrazo de diferentes variedades y dimensiones, variados surtidos de hormigón, carpintería genérica y la UEB Combinado de Áridos de Arriete es la encargada de la producción de piedra triturada de diferentes granulometrías, este producto se obtiene a partir de la explotación minera, trituración y clasificación de la masa de rocas.

La tecnología es adecuada de acuerdo a las existentes en el país, esta cuenta en Arriete por ejemplo con un molino, zaranda y alimentador de tecnología china además de los equipos rusos más antiguos que se conservan por el debido mantenimiento y cuidado que le ofrecen sus trabajadores, gracias a esta tecnología el centro produce 60 metros cúbicos de piedra de hormigón, granito, macadán, polvo de piedra y gravilla.

Por otro lado tenemos a ACINOX Comercial, empresa amparada por la Resolución No. 575 del 2017 emitida por el Ministerio del Comercio Exterior y la Inversión extranjera y certificada por la Cámara de comercio de la República de Cuba con más de 30 años en el negocio de la exportación y la importación de los productos y servicios, situada en calle 35 No. 5803 entre 58 y 60 en el municipio de Cienfuegos.

Es la encargada de promover en el mercado externo las exportaciones de productos y servicios de las empresas del sector industrial, priorizando las del Ministerio de Industrias como una fuente básica de ingreso de divisas al país, garantizando la transportación marítima de los productos, y otras necesidades afines a estos servicios.

Una empresa que garantiza las importaciones solicitadas por las industrias del país, extendiendo los servicios de importación a otros sectores de la economía priorizando el mercado mayorista de metales, realiza ventas mayoristas asistidas a empresas estatales y otras formas de gestión no estatal, con prioridad en los productos del acero, soportada en una fuerte gestión de ventas apoyada en las infocomunicaciones. Sus principales servicios son la exportación e importación, garantizando con esto las exportaciones que ofertan las Plantas Productoras de país y las importaciones de las materias primas, materiales, maquinarias, equipos y otros insumos necesarios en la explotación y mantenimiento de las Plantas Productoras y extiende estos servicios a otros consumidores nacionales, incluyendo la asesoría y asistencia técnica para sus aplicaciones. Además de importar metales para plantas y programas del país, mercado mayorista, vivienda, alimentación, zafra azucarera, programa del agua y energético.

Dentro de sus productos tenemos palanquillas de acero al carbono, electrodo 6030, 6012 y 7018, barra corrugada de acero.

ACINOX ha alcanzado altos niveles de productos del acero, conductores eléctricos y telefónicos, así como otras producciones y servicios lo que ha permitido mejorar la situación financiera de la organización y con ello el aseguramiento de los insumos a las plantas y a la red comercial.

Todas estas empresas como bien descrito está anteriormente guardan una estrecha relación entre ellas y ninguna es más importante que la otra por tener una y cada una de ellas su destacada misión dentro del PLPVMC. No es menos cierto que no todas se encuentran lo más cercanamente posible, pero gracias a la estrecha relación que poseen es muy importante tener en cuenta que para su ágil desarrollo y buena efectividad hay que desarrollar una buena organización dentro de cada empresa teniendo una estrecha coordinación y comunicación, elementos claves que fallan en determinadas ocasiones.

Las distancias entre centros se muestran en el Anexo No.1: Tabla 3. Matriz de distancia entre los nodos de la Cadena de Suministro.

### **2.1.3 Caracterización de los productos.**

Las empresas enmarcadas dentro del PLPVMC tienen además de otras funciones junto con sus respectivos centros de producción el encargo de ser capaz de producir los productos de vital importancia para este programa como son los elementos de pared, piso y techo con la eficiencia y calidad requerida.

**Elementos pared:** De todos estos productos se encuentran los bloques de hormigón con una dimensión de 10x20x40 cm, para ser capaz de producir una unidad de este son necesarios



determinados insumos que intervienen en el costo final del producto como son 0.0020 toneladas de cemento P-350 a granel, necesitamos además 0.0040 metros cúbicos de arena, 0.0050 metros cúbicos de granito molido de piedra de hormigón, se necesita además aceite aislante 3-3 0.0020 litros, 0.0007 metros cúbicos de agua y un consumo de electricidad de 0.0300 kilowatts. Son capaces de producir hasta 576832 unidades con un costo total de 2473.00 por unidad.

Otro elemento es el bloque de hormigón con la dimensión 15x20x40 cm el cual necesita para su producción 0.0025 toneladas de cemento P-350 a granel, 0.0050 metros cúbicos de arena beneficiada, 0.0020 litros de aceite aislante, 0.0070 metros cúbicos de granito molido de piedra de hormigón, 0.0007 metros cúbicos de agua y 0.0300 kilowatts de electricidad. Para este elemento son capaces de producir 135251 unidades para un costo de producción por unidad de 2473.00.

Dentro de los bloques de hormigón también se encuentra el de 20x20x40 cm de dimensión con una utilización de insumos de 0.0034 toneladas de cemento P-350, 0.0053 metros cúbicos de arena beneficiada, 0.0030 litros de aceite aislante 3-3, del granito molido de piedra de hormigón 0.0076 metros cúbicos, 0.0012 metros cúbicos de agua y 0.0356 kilowatts de electricidad con una capacidad productiva para este de 288000 con un costo total por unidad de 2473.00.

Los costos para cada insumo de los elementos pared se pueden apreciar en la tabla 4.

**Elementos de techo:** Como son las viguetas de 100 cm de largo, con una cantidad de insumos a utilizar de 0.0081 toneladas de cemento P-350, 0.0140 metros cúbicos de arena beneficiada de río, 0.0800 litros de aceite aislante 3-3, 0.2200 kilogramos de alambroón 6.5 mm de diámetro, 0.0011 toneladas de barra de acero de 3/8", 0.006 barra de acero 5/8", 0.0180 metros cúbicos de gravilla de 10-19 mm de piedra de hormigón molida, 0.0280 metros cúbicos de electrodo 4mm, 0.0370 metros cúbicos de agua y 0.0200 kilowatts de energía eléctrica. Estas viguetas tienen un costo por unidad de 32356.52, y existe una capacidad de producción de esta de 8 unidades.

Teniendo las viguetas no pueden faltar las plaquetas para este caso de 58x88x4 cm de diámetro con 6.5 mm, el material a utilizar para su conformación es de 0.0114 toneladas de cemento P-350, 0.0140 metros cúbicos de arena beneficiada de río, 0.1000 litros de aceite aislante 3-3, 1.0700 kilogramos de alambroón 6.5 mm de diámetro, 0.0150 metros cúbicos de gravilla 10-19mm, 0.0500 kilogramos de electrodo 4mm, 0.0320 metros cúbicos de agua y 0.0700 kilowatts de

energía eléctrica. Estas viguetas tienen una capacidad productiva de 1 con un costo para una unidad de 2363.36.

Y finalmente las plaquetas de techo de 58x88x4 cm con 10 mm y una materia prima a utilizar de 0.0114 toneladas de cemento P-350, 0.0140 metros cúbicos de arena beneficiada de río, aceite aislante de 0.1000 litros, 0.0028 toneladas de barras de acero 3/8", 0.0150 metros cúbicos de gravilla 10-19mm de piedra de hormigón molida, 0.0500 kilogramos de electrodo 4mm, 0.320 metros cúbicos de agua y 0.0300 kilowatts de energía eléctrica, con un costo por unidad de 17261.48 y una capacidad de producción de 41 unidades.

Los costos para cada insumo de los elementos de techo se pueden apreciar en la tabla 5.

**Elementos de piso:** Se encuentran también dentro de estos productos de gran importancia, los cuales entre ellos tenemos la losa hexagonal para patios con 60x60x5 cm de dimensión con un empleo de materia prima de 0.0085 toneladas cemento P-350, 0.0120 metros cúbicos de arena beneficiada, 0.0900 litros aceite aislante 3-3, 0.0130 metros cúbicos de gravilla 10-19, 0.1250 metros cúbicos de agua y 0.0300 kilowatts de electricidad con una capacidad de producción de 2883 unidades para un costo total por unidad de 2146.67.

Se encuentra también en la rama de productos la losa de granito de 25x25x2.5 cm de longitud con una cantidad de insumos a utilizar de 0.0011 toneladas de cemento P-350, 0.0156 litros de aceite aislante 3-3, 0.0012 metros cúbicos de granito 5-10 mm, 0.0094 metros cúbicos de agua y sin gasto en el consumo de electricidad. Esta tiene una capacidad de producción de 290 unidades con un costo por unidad de 2551.69.

Ubicados dentro de estos también se encuentra la losa de granito de dimensión 30x30x2.5 cm, con un consumo de 0.0016 toneladas de cemento P-350, 0.0224 litros de aceite aislante 3-3, granito molido de piedra de hormigón 0.0017 metros cúbicos, 0.0140 metros cúbicos de agua, y 0.0005 kilowatts de electricidad, con una capacidad de producción de 288 para un importe de 2151.69 por unidad.

Otra losa de granito es la 40x40x2.5 cm con una necesidad de 0.0029 toneladas de cemento P-350, 0.0400 litros de aceite aislante 3-3, 0.0031 metros cúbicos de granito molido de piedra de hormigón, 0.0240 metros cúbicos de agua y 0.0500 kilowatts de electricidad, con un costo total por unidad de 2160.69 siendo capaz de producir 1478 unidades.

Existen dentro de la producción las losas rústicas de granito de 40x40x2.5 cm con un consumo de materia prima de 0.0029 toneladas de cemento P-350, 0.0400 litros de aceite aislante 3-3,



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

0.0031 metros cúbicos de granito, 0.0240 metros cúbicos de agua con una capacidad de producción de 590 para un costo por unidad de 2464.98.

Podemos encontrar las losas de colores de una dimensión de 25x25x2.5 cm elaboradas con un gasto de materia prima de 0.0007 toneladas de cemento P-350, 0.0002 metros cúbicos de arena sílice, 0.0040 litros de combustible diésel, 0.0006 toneladas de cemento blanco, 0.0021 metros cúbicos de polvo de piedra, 0.0012 metros cúbicos de agua, 0.860 kilowatts de electricidad, 0.0500 kilogramos de pigmento y 0.0050 litros de aceite linaza, esta posee un costo por unidad de 5787.11, con una capacidad de producción de 518550 unidades.

Y por último en los elementos de piso también están las losas hidráulicas jaspeadas de 20x20x2.5 cm con una utilización de insumos de 0.0007 toneladas de cemento P-350, 0.0002 metros cúbicos de arena sílice, 0.0040 litros de combustible diésel, 0.0006 toneladas de cemento blanco, 0.0021 metros cúbicos de polvo de piedra, 0.0010 metros cúbicos de agua, 0.0860 kilowatts de energía eléctrica, 0.0050 litros de aceite linaza, y 0.500 kilogramos de pigmento, con una capacidad de producción de 520750, para un costo por unidad de 5787.11. Los costos para cada insumo de los elementos de piso se pueden apreciar en la tabla 6.

A continuación, se encuentran los costos totales de cada elemento del Programa de Producción de la Cadena de Suministro, pared, piso y techo, desagregados cada uno por insumos.

**Tabla: 4.***Costos para cada insumo de los elementos pared.*

PRODUCTO	Costo/ elemento pared									COSTO TOTAL
	ELECTRICIDAD (KW)	AGUA (MM3)	CEMENTO (TON)	TRANSPORTACION DEL CEMENTO	ARENA (M3)	TRANSPORTACION DE LA ARENA	PIEDRA (granito) (M3)	TRANSPORTACION DEL GRANITO	ACEITE (LTS)	
Bloques hormigón de 100 x 200 x 400	2.08	5.50	1652.96	117.82	145.08	176.23	150.10	176.23	47.00	2473.00
Bloques hormigón de 150 x 200 x 400	2.08	5.50	1652.96	117.82	145.08	176.23	150.10	176.23	47.00	2473.00
Bloques hormigón de 200 x 200 x 400	2.08	5.50	1652.96	117.82	145.08	176.23	150.10	176.23	47.00	2473.00

Nota: Elaboración Propia

**Tabla: 5.***Costos totales desagregados por insumo de los elementos de techo. Nota: Elaboración Propia*

PRODUCTO	Índices de consumo/ elementos de techo													COSTO TOTAL
	ELECTRICIDAD (KW)	AGUA (MM3)	CEMENTO (TON)	TRANSPORTACION DEL CEMENTO	ARENA (M3)	TRANSPORTACION DE LA ARENA	ACEITE (LTS)	ALAMBRO 6.5 MM	ACERO (TON)	GRAVILLA (M3)	ELECTRODO (KG)	ACERO 3/8 (TON)	ACERO 5/8 (TON)	
Vigueta largo 100cm	2.08	5.50	1652.96	117.82	188.57	176.23	47.00	13.00	0.00	157.13	176.23	14910.00	14910.00	32356.52
Plaquetas de techo (58x88x4cm) con 6.5mm	2.08	5.50	1652.96	117.82	188.57	176.23	47.00	13.00	0.00	157.13	3.07	0.00	0.00	2363.36
Plaquetas de techo (58x88x4cm) con 10mm	3.20	5.50	1652.96	117.82	188.57	176.23	47.00	0.00	0.00	157.13	3.07	14910.00	0.00	17261.48



Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

**Tabla: 6.**  
Costos por unidad de cada insumo de los elementos de piso.

PRODUCTO	Costo/ elemento piso													
	ELECTRICIDAD (KW)	AGUA (MM3)	CEMENTO (TON)	TRANSPORTACION DEL CEMENTO	ARENA (M3)	TRANSPORTACION DE LA ARENA	PIEDRA (granito) (M3)	TRANSPORTACION DEL GRANITO	ACEITE (LTS)	CEMENTO BLANCO	COMBUSTIBLE DIESEL	PIGMENTO	POLVO DE PIEDRA	COSTO TOTAL
Losetas hidraulicas jaspeadas de (250x250x25)	2.08	5.50	1652.96	117.82	188.57	176.23	0.00	0.00	47.00	3386.45	25.00	25.00	160.50	5787.11
Losas de colores de (250x250x25)	2.08	5.50	1652.96	117.82	188.57	176.23	0.00	0.00	47.00	3386.45	25.00	25.00	160.50	5787.11
Losas rusticas de granito (40x40x2.5cm)	0.00	5.50	1652.96	117.82	145.08	173.26	150.10	173.26	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2464.98
Losa de granito de (40x40x2.5cm)	2.08	5.50	1652.96	117.82	0.00	0.00	159.10	176.23	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2160.69
Losa de granito de (30x30x2.5cm)	2.08	5.50	1652.96	117.82	0.00	0.00	150.10	176.23	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2151.69
Losa granito de (25x25x2.5cm)	2.08	5.50	1652.96	117.82	0.00	0.00	150.10	176.23	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2151.69
Losa hexagonal para patios (60x60x5 cm)	2.08	5.50	1652.96	117.82	145.08	176.23	0.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2146.67

Nota: Elaboración Propia

## 2.1.4 Principales deficiencias detectadas en la Cadena de Suministro

Para continuar se define un grupo de expertos para listar las principales deficiencias en la CS y determinar sus causas. Para ello se va a realizar un árbol de la realidad actual, la cual constituye una herramienta que utiliza las relaciones de causa efecto para encontrar un problema subyacente.

- El primer paso es determinar el grupo de expertos para la preparación

Para realizar un diagnóstico adecuado se requiere de una preparación previa en la que a nivel local y nacional se deben desarrollar actividades de concientización y capacitación para técnicos y decisores de los cuales sus entidades intervienen de una u otra forma en los eslabones de la cadena. Es importante que los mismos se sientan con sentido de pertenencia debido a la importancia del tema. Deben conocer las características del enfoque, las acciones a realizar, así como los objetivos, de manera que se puedan garantizar las condiciones necesarias para el ejercicio de análisis participativo: conducen

- Los especialistas e instituciones que intervienen en los eslabones de la cadena que conducen técnica y metodológicamente el proceso deben movilizarse, motivarse y comprometerse.
- Los actores de la cadena deben comprender el enfoque, visualizar intereses comunes, establecer un diálogo constructivo y afianzar un clima de confianza que los consolide como equipo.
- Los decisores deben comprender la complejidad y utilidad del análisis que se pretende realizar y garantizar su apoyo político-institucional al proceso.
- Los actores de la cadena deben organizarse y formalizar un sistema de trabajo.

No se recomienda iniciar el proceso de análisis sin una adecuada sensibilización y organización de los actores. Si se quiere que la cadena reconozca y apoye la validez de los resultados del diagnóstico, se debe lograr que todos compartan la relevancia e importancia que tiene el análisis que se pretende realizar.

Es usual encontrarse con algunas resistencias durante la preparación y organización para iniciar el diagnóstico. En la medida que los diferentes actores de la cadena y los decisores entienden la peculiaridad que aporta estudiar las problemáticas existentes desde el enfoque de



cadena, estas resistencias se hacen manejables y se logra el apoyo y compromiso de todos. Las acciones e instrumentos que pueden utilizarse para esta etapa son múltiples y dependen sobre todo del objetivo que persiguen:

- En el caso de la sensibilización de los decisores, es importante adaptar los mensajes sobre la utilidad del enfoque de la cadena y escoger cuidadosamente los espacios más adecuados para transmitirlo. Si se tienen en cuenta las dificultades para convocar a este tipo de actores a talleres, conferencia o encuentros; se sugiere aprovechar los espacios institucionales existentes, como Consejos Técnicos Asesores, Consejos de la administración, reuniones temáticas y rendiciones de cuentas; para colocar en sus agendas los puntos específicos que contribuyan a sensibilizarlo sobre el enfoque.
- En el caso de especialista y técnicos, se pueden convocar talleres y encuentros de intercambio en los cuales se garantice la participación de todos los eslabones de la cadena. Tales espacios pueden tener propósitos formativos, sobre conceptos básicos que homogenicen conocimientos, o de sensibilización, que utilicen conferencias introductorias y dinámicas de grupo, para facilitar la socialización entre actores de diferentes instituciones y eslabones.

A pesar de haber ubicado estas acciones en la etapa preparatoria, para el caso de los decisores, la sensibilización debe ser permanente. Puede realizarse mediante acciones que informen sobre los avances del proceso.

Una adecuada preparación y sensibilización de todos los actores permite identificar y responsabilizar a aquellos que podrán asumir funciones y responsabilidades más directas en el desarrollo del proceso de análisis. Debe recordarse que la naturaleza participativa del diagnóstico exige que, con el oportuno asesoramiento, sean los propios actores de la cadena los que lo protagonicen. Se sugiere conformar un equipo interdisciplinario y representativo de la cadena que establezca su propio sistema de organización y planificación del trabajo. La composición, la estabilidad y el reconocimiento externo de este equipo son un elemento decisivo para el éxito del proceso.

- **Selección del personal**

Este paso completa el proceso de organización comenzando en la etapa preparatoria, para dejar conformado el equipo técnico territorial que coordinara el análisis. Es importante que este equipo sea multidisciplinario y expresión de los actores de los diferentes eslabones de la cadena (ejemplo: producción, servicios, etc.).

La conformación y composición del equipo técnico depende del contexto en el cual se desarrolla el proceso, y debe basarse, fundamentalmente, en la voluntariedad e interés de las personas que lo integran. Aunque el compromiso institucional es importante y puede ser de gran apoyo, el equipo no puede conformarse solamente mediante la designación de un representante por las instituciones, ya que se requiere un compromiso individual muy fuerte y sostenido.

Los facilitadores del proceso pueden tener en cuenta los siguientes criterios y requisitos que son importantes para el éxito del trabajo en equipo. Fuente : (Cortés e Iglesias, 2005)

- Dimensión:** El equipo no puede ser ni muy reducido, porque no garantizaría la adecuada representatividad (de intereses y experticia), ni muy amplio, porque dificultaría su gestión y operatividad. Se recomienda un equipo ampliado (de 15 a 20 personas) del cual seleccionar un núcleo más estrecho (5 a 10 personas) que lidere y coordine el trabajo.
- Composición:** El equipo puede variar mucho según el contexto y la cadena, pero se recomienda los siguientes requisitos mínimos:
  1. Representación de todos los eslabones de la cadena y de algunos servicios y entidades reguladoras claves.
  2. Representatividad de los territorios en los cuales se desarrolla el análisis.
  3. Perfil técnico o especialista y no político o de directivo de sus integrantes.
  4. Experticia interdisciplinaria en los aspectos propuestos en la metodología del diagnóstico (ejemplo: economía, mercado, ambiente).
- Liderazgo:** El líder del equipo cumple con una función coordinadora y facilitadora y no de dirección, por lo cual su selección no debe basarse en factores jerárquicos o de responsabilidad institucional, sino en las capacidades técnicas y relacionales que el grupo le reconoce.



- Institucionalidad: A pesar del carácter voluntario y participativo de su conformación, el equipo (y cada uno de sus integrantes) debe obtener un reconocimiento de su función por parte de las instituciones del territorio.

Para determinar la cantidad de expertos que se necesita se utiliza el método Delphi, que cuenta con cuatro características clave: anonimato, iteración, retroalimentación controlada y agregación estadística de un grupo de respuestas.

Se recomienda que el número de expertos varíe entre 7 y 15. La expresión que se utiliza para realizar el cálculo es:

Donde:

p- Proporción de error que se comete al hacer estimaciones con n expertos.

k- Constante que depende del nivel de significación estadístico, los más utilizados se muestran próximamente.

i-Precisión del experimento ( $i \leq 12\%$ ).

#### Valores de K de acuerdo con el nivel de significación estadística

$1-\alpha$	$k$
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

- **Conformación del equipo de trabajo**

Como forma de demostrar que el personal que conforma el equipo de trabajo es calificado se aplica el método de validación de expertos, a través del cual se reflejan los coeficientes de competencia del grupo.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra en el Anexo 1 y la fórmula siguiente:

$$K \text{ comp.} = \frac{1}{2} (Kc + Ka)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

Ka: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la Tabla 7.

**Tabla 7:**

*Tabla patrón para el cálculo de Ka*

<b>Fuentes de Argumentación</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teórico realizado por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores extranjeros que conoce	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

. **Nota:** (Cortés e Iglesias, 2005).

Dados los coeficientes Kc y Ka se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia K como siguiendo los criterios siguientes:

La competencia del experto es ALTA si  $K \text{ comp} > 0.8$

La competencia del experto es MEDIA si  $0.5 < K \text{ comp} \leq 0.8$

La competencia del experto es BAJA si  $K \text{ comp} \leq 0.5$

Una vez calculados el coeficiente de conocimiento y el coeficiente de argumentación se establece si el equipo de trabajo se encuentra preparado.

- **Capacitación al equipo de trabajo.**

En este paso se pretende realizar una capacitación al equipo de trabajo con el objetivo de que sus miembros conozcan y entiendan de manera colectiva los principales elementos



relacionados con los servicios, calidad de los servicios, modelos para la gestión de la cadena de suministros y la medición del desempeño de la cadena, así como las herramientas a utilizar.

Este paso facilita la correcta ejecución para la gestión de la cadena y aporta elementos a los miembros del equipo de trabajo contribuyendo a su preparación.

- **Información a todos los niveles de los objetivos del estudio**

Dado las características diferenciales de los sectores, se debe lograr una participación activa de los trabajadores, puesto que ellos son los actores de los procesos que se desarrollan en la organización. Muchos de ellos tienen contacto directo con los clientes, de manera que pueden aportar criterios de mejora efectivas que contribuyan a elevar el nivel de calidad.

Se debe realizar una asamblea con los trabajadores de las entidades implicadas, donde se explique la necesidad de su participación activa en el mismo, buscando compromiso y contribución con su desarrollo exitoso. Se les da a conocer los objetivos que se persiguen, los que pueden rediseñarse o ampliarse a partir de la retroalimentación.

### **Conformación del ARA**

Para comenzar el diagnóstico se deben listar al menos 10 síntomas, que fueron obtenidos del banco de problemas de las empresas las listas de amenazas y debilidades declaradas en la estrategia de la empresa, la caracterización de la cadena realizada y el consenso de los miembros del equipo de trabajo. Puede ocurrir que falten algunos, lo cual no resulta relevante pues ello se corrige en el próximo paso de trabajo. Estos problemas son denominados efectos indeseables (EFI), dado que generalmente constituyen síntomas de algún problema real oculto. Estos síntomas, problemas o EFI fueron:

1. Alta descapitalización de unidades productivas
2. No existe una distribución de los suministros a los centros de producción en función de la realización de acciones constructivas
3. El aseguramiento a los centros de producción es ineficiente
4. Incumplimiento en los planes de venta

5. No existe una oferta balanceada para todos los productos
6. Escaso abastecimiento de los productos más demandados en las comercializadoras
7. La población se encuentra insatisfecha con los productos demandados
8. Inexistencia de una coordinación en cuanto al abastecimiento de los materiales necesarios para la realización de acciones constructivas
9. El abastecimiento a las comercializadoras no se realiza teniendo en cuenta los productos que se demandan en tipo y cantidades
10. Se desconocen las demandas de los productos necesarios en las comercializadoras
11. No existe una correspondencia entre los que se oferta en las comercializadoras y las licencias de construcción aprobadas
12. El cumplimiento de los planes económicos se hace en función de los valores y no por volúmenes, surtidos y calidad, o sea, los resultados económicos predominan sobre los sociales (las decisiones responden a eficacia y no a efectividad)
13. La oferta es insuficiente con relación a la demanda
14. Los planes de surtido están definidos por el programa nacional sobre la base de sus capacidades y no de sus demandas
15. Los productos vendidos no presentan la calidad requerida
16. La construcción o reparación de viviendas se atrasa debido a la falta de materiales

## **1. Elaboración del árbol de la realidad actual**

El árbol de la realidad actual (ARA) evalúa la red de relaciones de causa-efecto entre los EFI, con el objetivo de detectar el problema raíz (problemas medulares), mediante la certificación de la causalidad en el paso correspondiente (Goldratt, et al., 1992). Toda entidad en el árbol que no aparece como resultado de otra y cada punto de entrada al árbol, es una causa raíz. Siempre es posible construir un ARA claro y lógico, en el cual cuando menos una de las causas raíz llevan a la mayoría de los EFI. Generalmente durante la construcción del ARA se identifican nuevos EFI que no fueron detectados en el paso de trabajo anterior, constituyendo todos ellos el diagnóstico estratégico que se desea realizar.

El ARA para diagnosticar la CS de materiales de la construcción arroja que los problemas fundamentales de los clientes están dados por los problemas de desabastecimiento en los puntos de ventas y comercializadoras de materiales de construcción, en gran parte debido a la descapitalización de los centros de producción y a la falta de información de la demanda según tipo de surtido y cantidades demandadas de cada uno. .



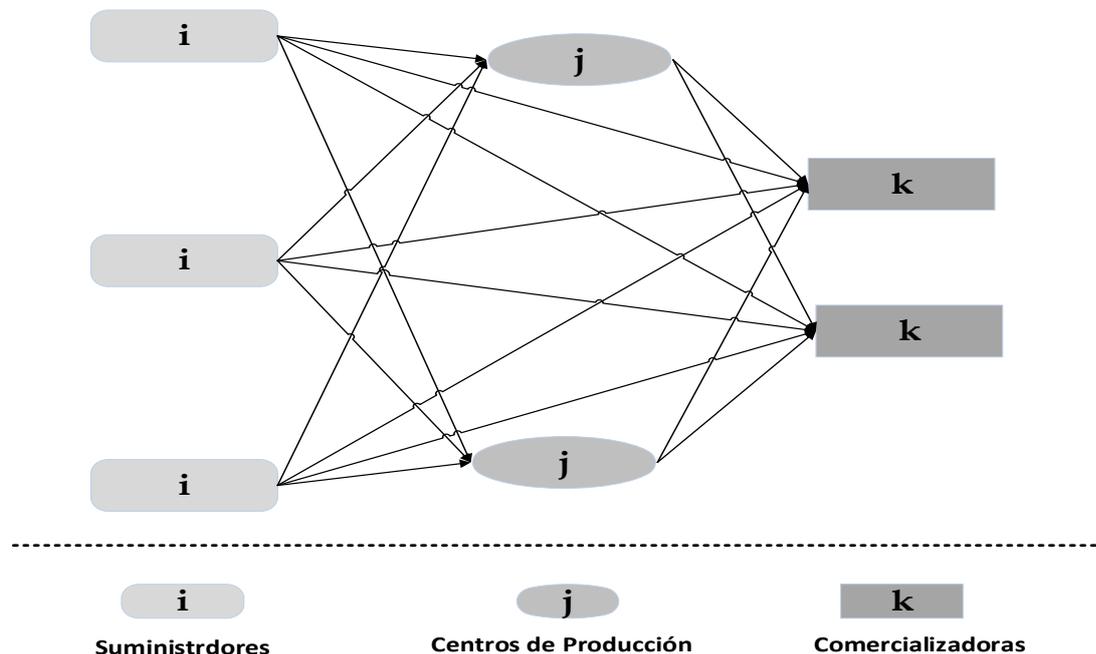
Como resultado de lo anterior se evidencia una falta de coordinación en cuanto al abastecimiento de los materiales necesarios para la realización de acciones constructivas que repercute en los resultados económicos de la CS, de ahí la necesidad de una herramienta para la determinación de una óptima organización y distribución de los flujos de materiales de construcción

## 2.2 Diseño del modelo de optimización de los flujos

El problema de diseño de la cadena de suministro para los materiales de construcción consiste en determinar en los centros suministradores, los centros de producción y las comercializadoras las cantidades necesarias que permitan cumplir con la demanda, optimizando los costos de operaciones y transporte. El rediseño comprende decisiones similares partiendo de una red logística existente, la cual contiene los elementos mostrados en la Figura 9.

**Figura 9:**

Red logística de la cadena de suministro de materiales de la construcción.



**Nota:** Elaboración Propia.

La generación de materias primas y el suministro de productos de la industria nacional para garantizar la demanda se transportan de los *i* suministradores los *j* centros de producción o a



las  $k$  comercializadoras. La producción realizada en  $j$  se distribuye a las  $k$  comercializadoras. Esto fundamenta la formulación del problema, que se expresa como:

Sean:

Los  $p$  tipos de materiales de construcción diferentes a producir y distribuir, presentan localizaciones  $(i, j, k)$  conocidas, al igual que los medios de transporte  $m$  y sus capacidades, la producción y la demanda de materiales que son los productos a producir presentan condiciones de incertidumbre.

Para dar respuesta al problema formulado se desarrolla un modelo de optimización que describe la CS para la producción y distribución de múltiples productos. Como todo modelo constituye una representación aproximada de la realidad, pero capaz de explicar el funcionamiento de la misma, siempre deben ser considerados un conjunto de supuestos, que para el caso analizado son los siguientes:

- i. El modelo contempla múltiples productos.
- ii. La localización de las fuentes de materias primas, centros de producción y comercializadoras es conocida.
- iii. Las capacidades de explotación de los yacimientos son finitas
- iv. Las capacidades de producción no es la misma para todos los centros, estas son finitas y conocidas
- v. La producción y la demanda de los materiales de construcción son conocidas y tienen comportamiento determinístico.
- vi. Todos los centros de producción producen los mismos productos (genéricos).
- vii. La cantidad y capacidad de los medios potenciales son conocidas
- viii. No se permiten flujos de elementos del mismo eslabón.
- ix. No se permiten flujos en retroceso
- x. Los costos fijos y variables de explotación de los yacimientos, la producción y la distribución son conocidos y determinísticos.
- xi. La demanda municipal de materiales de construcción se concentra en los municipios.
- xii. A pesar de que en algunas ocasiones los clientes recogen el producto en los centros de producción el modelo contempla que para todos los casos el producto se entrega en las comercializadoras.

## Descripción del modelo:

La descripción del modelo contiene una serie de elementos que se dividen en: conjuntos, variables de decisión, parámetros, funciones objetivo y restricciones, que se explican a continuación:

### Índices y conjuntos

- I:** conjunto de suministradores ( $i=1, 2, \dots, I$ )
- J:** conjunto de centros de producción ( $j=1, 2, \dots, J$ )
- K:** conjunto de entidades comercializadoras ( $k=1, 2, \dots, K$ )
- H:** conjunto de modalidades de construcción de nuevas viviendas ( $h=1, 2, \dots, H$ )
- G:** conjunto de modalidades de acciones constructivas ( $g=1, 2, \dots, G$ )
- M:** conjunto de municipios ( $m=1, 2, \dots, M$ )
- P:** conjunto de productos a producir y comercializar ( $p=1, 2, \dots, P$ )

**P** puede clasificarse en matrices primas  $P^{MP}$  y productor final  $P^F$ , una materia prima también puede pertenecer al conjunto de productos finales.

### Parámetros

- $c_{ip}$ :** capacidad del suministrador  $i$  de abastecer el producto  $p$
- $c_{jp}$ :** capacidad del centro de producción  $j$  de producir el producto  $p$  ( $p \in P^F$ )
- $s_{pj}$ :** cantidad de producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) producido por el centro de producción  $j$
- $d_{pk}$ :** demanda del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en el municipio  $m$
- $d_{pm}$ :** demanda del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en el municipio  $m$
- $v_{ik}$ :** distancia entre el suministrador  $i$  y la comercializadora  $k$
- $v_{ij}$ :** distancia entre el suministrador  $i$  y el centro de producción  $j$
- $v_{jk}$ :** distancia entre el centro de producción  $j$  y la comercializadora  $k$
- $u_{pj}$ :** costo unitario del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en el centro de producción  $j$
- $u_{pk}$ :** costo unitario del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en la comercializadora  $k$
- $t_{pij}$ :** costo unitario de transportar el producto  $p$  ( $p \in P^{MP}$ ) desde el suministrador  $i$  hasta el centro de producción  $j$
- $t_{pjk}$ :** costo unitario de transportar el producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) desde el centro de producción  $j$  hasta la comercializadora  $k$
- $t_{pik}$ :** costo unitario de transportar el producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) desde el suministrador  $i$  hasta la suministradora  $k$
- $z_{pj}$ :** consumo del producto  $p$  ( $p \in P^{MP}$ ) en el centro de producción  $j$
- $l_{pj}$ :** cantidad de producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) a producir en el mismo  $j$
- $r_{pk}$ :** ingreso por vender en una unidad de producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en la comercializadora  $k$
- $\delta_{pg}$ :** índice de consumo del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en la acción constructiva  $g$
- $\mu_{ph}$ :** índice de consumismo del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en la nueva vivienda  $h$
- $\beta_{pj}$ :** índice de consumo del producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) en el centro de producción  $j$  para una unidad del producto  $p$  ( $p \in P^F$ )
- $DN_{gm}$ :** demanda de las acciones constructivas  $g$  a realizarse en el municipio  $m$
- $DA_{hm}$ :** demanda de las nuevas viviendas  $h$  a construirse en el municipio  $m$



### Variables

- $X_{ijp}$ : cantidad de producto  $p$  ( $p \in P^{MP}$ ) a transportar entre suministrador  $i$  y el centro de producción  $j$
- $Y_{ikp}$ : cantidad de producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) a transportar entre el suministrador  $i$  y la comercializadora  $k$
- $Q_{jkp}$ : cantidad de producto  $p$  ( $p \in P^F$ ) a transportar entre el centro de producción  $j$  y la comercializadora  $k$
- $AC_{jm}$ : cantidad de acciones constructivas  $j$  a realizar en el municipio  $m$
- $NV_{hm}$ : cantidad de nuevas viviendas  $h$  a construir en el municipio  $m$

### Restricciones

Las ecuaciones 1 y 2 garantizan que ningún flujo tome valores por encima de las cantidades posibles a suministrar o que hayan entrado al centro de producción o la comercializadora.

$$\sum_i X_{ijp} + \sum_i Y_{ikp} \leq c_{ip} \quad \forall i, p \in P^F \quad (1)$$

$$\sum_j Q_{jkp} \leq X_{ijp} \quad \forall j, p \in P^{MP} \quad (2)$$

La expresión 3 asegura que no se excedan las capacidades de los centros de producción. Las capacidades de producción no es la misma para todos los centros, estas son finita y conocida.

$$\sum_j Q_{jkp} \leq c_{jp} \quad \forall p \in P^F \quad (3)$$

Las ecuaciones 4 y 5 determinan que los flujos hacia las comercializadoras no excedan su demanda.

$$\sum_i Y_{ikp} \leq d_{pk} \quad \forall p \in P^F \quad (4)$$

$$\sum_j Q_{jkp} \leq d_{pk} \quad \forall p \in P^F \quad (5)$$

La ecuación 6 modela el consumo de materias primas a partir de la lista de productos.

$$\sum_j \beta_{p^{MP} p^F} * X_{ijp^{MP}} = \sum_j Q_{jkp^F} \quad \forall p \in P^F \quad (6)$$

Las ecuaciones 7 y 8 permiten modelar el consumo de los productos de forma que se garantice un balance en la producción, o sea, que se logren producciones proporcionales a la demanda de acciones constructivas y las viviendas nuevas.

$$\sum_r (\alpha_{ph} * Y_{ikP^F} + \alpha_{ph} * Q_{jkP^F}) = \sum_k NV_{lm} \quad \forall k \quad (7)$$

$$\sum_k (\delta_{pg} * Y_{ikP^F} + \delta_{pg} * Q_{jkP^F}) = \sum_k AC_{gm} \quad \forall k \quad (8)$$

La fórmula 9 indica que la demanda en los municipios es igual a la demanda de su respectivo centro de distribución.

$$d_{pk} = d_{pm} \quad \forall p \in P^F \quad (9)$$

La expresión 10 determina que la demanda de acciones constructivas y nuevas viviendas de los municipios será igual a la demanda de productos en las comercializadoras de los respectivos municipios.

$$\sum_m DN_{gm} + \sum_m AC_{lm} = d_{pk} \quad (10)$$

### **Función Objetivo**

La ecuación 11 representa la función objetivo del modelo, a partir de ella se maximizan las utilidades de la CS a partir de los ingresos en las ventas, los costos de transportación y los costos unitarios de los productos en las comercializadoras.

$$\begin{aligned} \text{Max } f1 (W_p): & \sum_p r_p * [\sum_k Y_{ikp} + \sum_k Q_{jkp}] - [\sum_p \sum_i t_{pij} * v_{ij} * X_{ijp} + \sum_p \sum_j t_{pjk} * v_{jk} * Q_{jkp} + \\ & \sum_p \sum_k t_{pik} * v_{ik} * Y_{ikp}] - \sum_p u_{pk} * [\sum_k Y_{ikp} + \sum_k Q_{jkp}] \end{aligned} \quad (11)$$

Este modelo permite organizar los flujos de manera que se logre la planificación de la producción de materiales de la construcción que cumpla con las demandas de construcción de nuevas viviendas y acciones constructivas. Además, permite obtener la planificación de los recursos demandados a la producción nacional. Es posible también planificar con el modelo varios escenarios.

Al término del presente Capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:

### **Conclusiones del Capítulo II.**

1. La caracterización del PLPVMC desde su gestión y la cadena de suministro contribuye con la información necesaria para la elaboración de un diagnóstico oportuno, así como para las propuestas de soluciones.
2. Se diagnostica a través del uso de herramientas relacionales como el Árbol de la Realidad Actual, el cual se realiza a partir de los análisis de expertos, dando como principal problema la falta de coordinación de la cadena de suministro en función de la demanda.



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

3. Se propone el diseño de un modelo de programación lineal que permita la planificación de los flujos en la CS, además permite la planificación de la producción de las empresas de la cadena, la planificación de las capacidades productivas y la planificación del presupuesto.

## **Conclusiones Generales**

Al concluir la investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El análisis de la literatura confirma la necesidad de la elaboración de herramientas complejas que contribuya a la planificación colaborativa e integrada de las cadenas de suministro, específicamente de los materiales de la construcción.
2. Se confirma en la caracterización y diagnóstico de la cadena de suministro de materiales de la construcción en Cienfuegos, problemas de gestión y problema la falta de coordinación de sus eslabones en función de la demanda de construcción de nuevas viviendas y acciones constructivas.
3. Se propone el diseño de un modelo de programación lineal que permite la optimización de los flujos materiales en la cadena de suministro de materiales de la construcción, además, contribuye a la planificación coordinada de las producciones y transportes en la cadena de suministro entre otras decisiones tácticas.



### **Recomendaciones**

1. Poner en práctica el modelo diseñado para las principales brechas del diagnóstico de la cadena de suministro de los principales elementos de materiales de la construcción.
2. Ampliar el estudio para los restantes productos del Programa Local de Producción y Ventas de Materiales de la Construcción de la provincia de Cienfuegos considerando como fuente de retroalimentación el modelo de programación lineal para la planificación de los elementos.
3. Extender la aplicación del modelo a otros Programas Local de Producción de Materiales de la Construcción a nivel nacional de modo que se pueda perfeccionar la gestión del programa en todas las provincias, incluyendo regiones cercanas.

## Referencias

Acevedo Urquiaga, A. J. (2013). Modelo de Gestión Colaborativa del Flujo Logístico. (Tesis de Grado)\_Universidad Tecnológica de La Habana\_CUJAE.

ACEVEDO, J. A.; GÓMEZ, M. I.; URQUIAGA, A. J. (2001) Estudio de la filosofía gerencial en las empresas cubanas. *Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich*, vol. 3, Edición especial, pp. 16-19.

Arango-Serna, M. D., et al. (2013). Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros. *Dyna* **80** (181): 71-80.

Arguello, B. A. T., et al. (2017). La colaboración en la cadena de suministros: una revisión al estado del arte. *INVENTUM* **12** (22): 84-98.

Aviv, Y. (2007). On the benefits of collaborative forecasting partnerships between retailers and manufacturers. *Management Science* **53**(5): 777-794.

Azcona, J. P. (2014). Modelo Fuzzy de determinación del valor unitario de edificación destinada a vivienda con fines catastrales. *CT: Catastro*(82): 7-34.

Barrios García, J. A. and J. E. Rodríguez Hernández (2004). User cost changes, unemployment and home-ownership: Evidence from Spain. *Urban Studies* **41**(3): 563-578.

Bautista-Santos, H., et al. (2015). Modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas. *Dyna* **82**(193): 145-154.

Benton, W. and M. Maloni (2005). The influence of power driven buyer/seller relationships on supply chain satisfaction. *Journal of Operations Management* **23**(1): 1-22.

Calderón, J. (2015). Programas de vivienda social nueva y mercados de suelo urbano en el Perú. *EURE* **41**(122): 27-47.

Capó Vicedo, J., Expósito Langa, M., & Tomás Miquel, J. (2005). La importancia de la gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la construcción. *Información Tecnológica*, 18 (1): 127- 136.

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642007000100017&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642007000100017&script=sci_arttext)

Cárdenas, M., et al. (2004). Determinantes de la actividad edificadora en Colombia. Fedesarrollo.

Carter, C., et al. (2015). Toward the Theory of the Supply Chain. *Journal of Supply Chain Management* **51**(2).

Castellanos Bonilla, D. H. (2010). Determinantes del precio de las viviendas: Un análisis econométrico para Colombia Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Industrial de Santander: 80.



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

Colom, M. C. and M. Cruz Molés (2003). Movilidad, tenencia y demanda de vivienda en España, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.

Cooper, M. C., et al. (1997). Supply chain management: more than a new name for logistics. *The international journal of logistics management* **8**(1): 1-14.

Coyula, M. (2014). ¿Cómo será La Habana? *Revista Bimestre Cubana* **115**: 22-33.

Cuenca, L., et al. (2013). Structural elements of coordination mechanisms in collaborative planning processes and their assessment through maturity models: Application to a ceramic tile company. *Computers in Industry* **64**(8): 898-911.

Chen, L., et al. (2017). Supply chain collaboration for sustainability: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*, Pearson UK.

Christopher, M. and D. Towill (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International journal of physical distribution & logistics management* **31**(4): 235-246.

Domínguez, J., et al. (2017). Financiamiento del mercado de vivienda en América Latina y el Caribe. B. I. d. Desarrollo, Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas: 4 -22.

Ellram, L. M. and M. C. Cooper (2014). Supply Chain Management: It's All About the Journey, Not the Destination. *Journal of Supply Chain Management* **50**(1): 8-20.

Eriksson, P. E. (2015). Partnering in engineering projects: Four dimensions of supply chain integration. *Journal of Purchasing and Supply Management* **21**(1): 38-50.

Figueroa Vidal, C. (2013). Hábitat, desarrollo local y la gestión universitaria del conocimiento y la innovación. *Rev digital GUCID* **3**.

Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*, Portland (OR): Productivity Press

Fulford, R. and C. Standing (2014). Construction industry productivity and the potential for collaborative practice. *International journal of project management* **32**(2): 315-326.

Galindo, N. and A. Ortiz (2013). Demanda de vivienda nueva no vis en las tres principales ciudades de Colombia. *Dimensión Empresarial* **11**(1): 33-44.

Gavidia, B., et al. (2016). Análisis de la demanda de vivienda y su relación con el ingreso familiar de los habitantes de la provincia de chimborazo cantón riobamba durante el año 2014, Riobamba. (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Chimborazo.

Gobillon, L. and D. LeBlanc (2002). The impact of borrowing constraints on mobility and tenure choice, INSEE.

Gómez-Acosta, M. I., et al. (2013). Caracterización de la Logística y las Redes de Valor en empresas cubanas en Perfeccionamiento Empresarial. *Ingeniería Industrial* **34**(2): 212-226.

Gómez Acosta, M. and J. Acevedo Suárez (2012). Procedimiento para el análisis y rediseño de cadenas de suministro alimentarias. Aplicación al caso de Cuba. Las redes de cadenas de valor alimentarias en el siglo XXI: Retos y oportunidades internacionales. En Briz, J. y Felipe, ID eds. Editorial Agrícola.

Goodman, A. C. (1995). A dynamic equilibrium model of housing demand and mobility with transactions costs. *Journal of Housing Economics* **4**(4): 307-327.

Heckman, J. (1979). Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica* **47**(1): 153- 161.

Jung, V., et al. (2018). Drivers and Resistors for Supply Chain Collaboration. *Operations Research Proceedings*. Springer.

Jurburg, D., &Tanco, M. (2012). Diagnóstico de las cadenas de suministro de empresas uruguayas.

Kenny, G. (1999). Modelling the demand and supply sides of the housing market: evidence from Ireland<sup>1</sup>. *Economic Modelling* **16**(3): 389-409.

Khoudour-Castéras, D. (2007). ¿Por qué emigran los colombianos? Un análisis departamental basado en el censo de 2005. *Revista de economía institucional* **9**(16).

Lamberte., D. M., &Stoc, J. (2005). *Strategic Logistics Management*.

León, A. M. and M. C. E. Serrano (2011). Familias de Cali con migrantes internacionales: El antes y el ahora. *Sociedad y Economía* (17): 69-87.

Lopez, C., et al. (1998). El comportamiento de los precios de la vivienda en las regiones españolas: principales determinantes. *Euro-American Association of Economic Development, Working paper* **34**.

Martínez Curbelo, G., et al. (2017). Perfeccionamiento de la gestión del Programa de Producción Local de Materiales de la Construcción en la provincia de Cienfuegos. *Universidad y Sociedad* **9**(2): 18- 27.

Martínez Curbelo, G., et al. (2018). La gestión de las cadenas de suministro en Cienfuegos. *Dimensión Empresarial* **16**(1): 61-77.



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

Matamoros Tuma, M. (2016). Problemas actuales del diseño de interiores de la vivienda social en Cuba. *Arquitectura y Urbanismo* **37**(1).

M.Beamon, B. (1999). Designing the Green Supply Chain. *Junio 2005, (12)*, 332-342.

Mejía, J. L. (2009). Apuntes sobre las políticas culturales en América Latina, 1987-2009. *Pensamiento Iberoamericano* **4**: 105-129.

Mentzer, J. T., et al. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics* **22**(2): 1-25.

Michalski, M. and J. L. Montes Botella (2016). Influencias de las asimetrías en la colaboración y la integración en la gestión de la cadena de suministro. *Series De Documentos De Trabajo De La Fundación SEPI*.

Mohammad, M. F., et al. (2014). Challenges in the integration of supply chains in IBS project environment in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **153**: 44-54.

Montoya-Torres, J. and D. Ortiz (2011). Análisis del concepto de la colaboración en la cadena de suministro: Una revisión de la literatura científica. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development. Medellín, Colombia.

Cuba. Partido Comunista de Cuba (2017). Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021. Partido Comunista de Cuba.

Pérez, R. A. (2016). Problemas en la gestión de la cadena de suministro en las pymes de la construcción: una revisión de la literatura. (Tesis de Maestría) Universidad Politécnica de Valencia.

Ramanathan, U. (2012). Supply chain collaboration for improved forecast accuracy of promotional sales. *International Journal of Operations & Production Management* **32**(6): 676-695.

Ramanathan, U., et al. (2014). The role of collaboration in the UK green supply chains: an exploratory study of the perspectives of suppliers, logistics and retailers. *Journal of Cleaner Production* **70**: 231-241.

Rapaport, C. (1997). Housing demand and community choice: an empirical analysis. *Journal of Urban Economics* **42**(2): 243-260.

Rey, G. (2013). Los retos del hábitat social en Cuba. *Boletín de la Comisión Cultura, Ciudad y Arquitectura*: 57-79.

Reyes Vintimilla, P. A. (2015). Análisis económico de la industria de la construcción residencial y su impacto en la generación de empleo en el cantón Cuenca, periodo: 2001-2012, Universidad del Azuay.

Ribas Vila, I., & Companys Pascual, R. (2006). Estado del arte de la Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministro: Contexto Determinista e Incierto.

Roa, M. G. (2010). Inversión de remesas procedentes de España en hogares con experiencia migratoria en Cali y Palmira-Colombia. VI congreso sobre migraciones en España. Coords. Antonio Izquierdo y Belén Fernández.

Rodríguez Gascón, Y. (2015). Manual de Buenas Prácticas. Herramientas para el cálculo del presupuesto de viviendas, mano de obra y materiales, en el esfuerzo propio en el contexto de Hábitat 2. (Tesis de Grado) Ingeniería Civil, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas: 79.

Rodríguez Hernández, J. (2006). Análisis de las decisiones de tenencia y demanda de vivienda en España. (Tesis Doctoral) Universidad de la Laguna.

Rodríguez Peláez, E. (2011). Crisis financiera y crisis económica. Cuadernos de formación. Colaboración **8**(11).

Safa, M., et al. (2014). Supplier selection process in an integrated construction materials management model. *Automation in Construction* **48**: 64-73.

Salas-Navarro, K., et al. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *Ingeniare* **25**(2): 226-337.

Sepulveda Rojas, J. and Y. Frein (2008). Coordination and demand uncertainty in supply chains. *Production Planning and Control* **19**(7): 712-721.

Thunberg, M. and F. Persson (2014). Using the SCOR model's performance measurements to improve construction logistics. *Production Planning & Control* **25**(13-14): 1065-1078.

Vila Ribas, I., et al. (2006). Modelos para la planificación colaborativa en la cadena de suministro: contexto determinista e incierto. X Congreso de Ingeniería de Organización.

Vila, I. R., et al. (2006). Modelos para la planificación colaborativa en la cadena de suministro: contexto determinista e incierto. X Congreso de Ingeniería de Organización.

Vivienda, D. P. d. I. (2018). Informe de vivienda al cierre de 2017. D. P. d. Vivienda.



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

Anexos:

Tabla 3:  
Matriz de distancia entre los nodos de la Cadena de Suministro

	Cienfuegos NUMANCIA( JUNCO SUR)	CEN	R. Palmira	Espartaco	Camarones	Altamira	Cruces	Mal Tiempo	Potreriillo	Lajas	Caracas	Rodas	Abreus
Cienfuegos NUMANCIA( JUNCO SUR)	0	46.6	16.1	22.5	35.2	22.1	32.9	37.1	47.8	42.1	36.6	30.4	30.5
CEN	46.6	0	50.2	56.7	69.4	56.2	67	71.2	84.2	76.3	70.8	49.7	35.3
R. Palmira	16.1	50.2	0	6.45	19.2	6.02	16.8	21	33.9	26.1	20.5	30.7	30.8
Espartaco	22.5	56.7	6.45	0	13.1	12	10.7	14.9	27.8	20	14.4	37.1	37.3
Camarones	35.2	69.4	19.2	13.1	0	24.7	13.4	17.6	30.6	22.7	17.2	49.9	50.6
Altamira	22.1	56.2	6.02	12	24.7	0	22.3	26.5	39.5	31.6	26.1	38.9	39
Cruces	32.9	67	16.8	10.7	13.4	22.3	0	4.22	17.2	11.7	3.8	47.4	47.6
Mal Tiempo	37.1	71.2	21	14.9	17.6	26.5	4.22	0	18.7	12.9	7.35	51.6	51.8
Potreriillo	47.8	84.2	33.9	27.8	30.6	39.5	17.2	18.7	0	26.5	21	64.6	64.8
Lajas	42.1	76.3	26.1	20	22.7	31.6	11.7	12.9	26.5	0	5.58	42.2	52.3
Caracas	36.6	70.8	20.5	14.4	17.2	26.1	3.8	7.35	21	5.58	0	47.4	51.4
Rodas	30.4	49.7	30.7	37.1	49.9	38.9	47.4	51.6	64.6	42.2	47.4	0	14.6
Abreus	30.5	35.3	30.8	37.3	50.6	39	47.6	51.8	64.8	52.3	51.4	14.6	0
Constancia	27.7	29.6	30.4	36.8	49.5	36.2	47.3	51.3	64.3	58	50.9	20.9	5.7
Jraguá	36	12.9	38.6	45	53.4	44.4	55.3	59.5	72.5	64.6	59.1	38.9	24
Aguada	58.9	60.7	61.5	67.9	81.7	64.8	76.6	82.4	95.4	67.7	72.9	40.2	38.8
Primero de Mayo	53.1	55	55.8	62.2	75	61.6	72.5	76.7	89.7	78	83.3	34.5	33.1
Cumanayagua	31.5	70.7	35.3	41.7	54.5	41.1	33.9	35.4	16.9	43.2	37.7	53.7	53.7
EMA	32.4	71.6	36.1	42.6	55.3	42	34.8	36.3	17.8	44.1	38.6	54.6	54.6
Sierrita	36.2	77.3	46.6	53.1	47.4	52.5	58.5	60.3	41.8	72.7	62.4	60.2	60.2



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

Cítricos Arimao	30.3	69.5	27.1	40.5	53.3	40.9	31.7	34.2	18.1	44.4	38.9	52.5	52.5
Guabairo (fca cemento)	17.9	57.1	26.5	32.9	27.3	32.3	42.5	47.4	34.1	47.7	42.2	40.1	40.1
Zona Industrial (acero)	11.7	36.8	14.6	21	33.8	20.5	31.3	35.6	48.6	40.7	35.2	24.5	24.5
Siguaney	152	186	137	131	133	142	120	123	124	125	124	157	167
R. Cienfuegos	4.3	44.5	13.9	20.3	32.9	19.7	30.5	34.7	45.2	39.8	34.3	27.3	28.2
R. Cruces	33.3	67.4	17.2	11.1	13.8	22.7	0.4	4.03	17.6	11.3	3.4	47.8	48
R. Lajas	44	78.2	28	21.9	24.6	33.5	13.6	14.8	28.4	1.9	7.4	44.1	54.2
R. Cumanayagua	31.2	70.4	35	41.4	54.2	40.8	33.6	35.1	16.6	42.9	37.4	53.4	53.4
R. Abreu	31	35.8	31.3	37.8	51.1	39.5	48.1	52.3	65.3	52.8	51.9	15.1	0.5
R.Rodas	31.4	50.7	31.7	38.1	50.9	39.9	48.4	52.6	65.6	43.2	48.4	1	15.6
R. Aguada	61	61.8	62.6	69	82.8	65.9	77.7	83.5	96.5	68.8	74	41.3	39.9
500 Guaos	19.9	59.1	28.5	34.9	29.3	34.3	44.5	49.4	31.8	45.4	40	42.1	42.1
Canal Cyagua	37.1	74.1	39.7	40.2	48.9	45.7	29.6	31.1	12.6	38.9	33.3	58	58.9
Arriete	28.3	61.6	12.8	18.6	31.4	6.66	29	33.2	46.1	38.2	32.7	27.2	38
Arimao Martinas	29.9	69.9	35.4	41.9	59.6	41.4	52.2	56.4	44.3	61.5	56	53.8	54.7
La macana													

	Constancia	Juraguá	Aguada	Primero de Mayo	Cumanayagua	EMA	Sierrita	Cítricos Arimao	Guabairo (fca cemento)	Zona Industrial (acero)	Siguaney	R. Cienfuegos	R. Palmira	R. Cruces
<b>Cienfuegos NUMANCIA( JUNCO SUR)</b>	27.7	36	58.9	53.1	31.5	32.4	36.2	30.3	17.9	11.7	152	4.3	16.1	33.3
<b>CEN</b>	29.6	12.9	60.7	55	70.7	71.6	77.3	69.5	57.1	36.8	186	44.5	50.2	67.4

R. Palmira	30.4	38.6	61.5	55.8	35.3	36.1	46.6	27.1	26.5	14.6	137	13.9	0	17.2
Espartaco	36.8	45	67.9	62.2	41.7	42.6	53.1	40.5	32.9	21	131	20.3	6.45	11.1
Camarones	49.5	53.4	81.7	75	54.5	55.3	47.4	53.3	27.3	33.8	133	32.9	19.2	13.8
Altamira	36.2	44.4	64.8	61.6	41.1	42	52.5	40.9	32.3	20.5	142	19.7	6.02	22.7
Cruces	47.3	55.3	76.6	72.5	33.9	34.8	58.5	31.7	42.5	31.3	120	30.5	16.8	0.4
Mal Tiempo	51.3	59.5	82.4	76.7	35.4	36.3	60.3	34.2	47.4	35.6	123	34.7	21	4.03
Potrerrillo	64.3	72.5	95.4	89.7	16.9	17.8	41.8	18.1	34.1	48.6	124	45.2	33.9	17.6
Lajas	58	64.6	67.7	78	43.2	44.1	72.7	44.4	47.7	40.7	125	39.8	26.1	11.3
Caracas	50.9	59.1	72.9	83.3	37.7	38.6	62.4	38.9	42.2	35.2	124	34.3	20.5	3.4
Rodas	20.9	38.9	40.2	34.5	53.7	54.6	60.2	52.5	40.1	24.5	157	27.3	30.7	47.8
Abreus	5.7	24	38.8	33.1	53.7	54.6	60.2	52.5	40.1	24.5	167	28.2	30.8	48
Constancia	0	17.9	40.8	35.1	50.9	51.8	57.4	49.7	37.3	17	173	24.7	30.4	47.7
Juraguá	17.9	0	49	43.3	59.1	60	65.6	57.9	45.5	25.2	175	32.9	38.6	55.7
Aguada	40.8	49	0	10.5	82	82.9	88.6	80.8	68.4	48.1	183	55.8	61.5	77
Primero de Mayo	35.1	43.3	10.5	0	76.3	77.2	82.9	75.1	62.7	42.4	193	50.1	55.8	72.9
Cumanayagua	50.9	59.1	82	76.3	0	0.9	25.5	1.2	17.7	35.4	130	28.9	35.3	34.3
EMA	51.8	60	82.9	77.2	0.9	0	26.4	2.1	18.6	36.3	129.1	29.8	36.1	35.2
Sierrita	57.4	65.6	88.6	82.9	25.5	26.4	0	24.3	24.3	41.6	148	35.5	46.6	58.9
Cítricos Arimao	49.7	57.9	80.8	75.1	1.2	2.1	24.3	0	10.8	28.1	152	28.2	27.1	45.5
Guabairo (fca cemento)	37.3	45.5	68.4	62.7	17.7	18.6	24.3	10.8	0	21.5	158	15.3	26.5	42.9
Zona Industrial (acero)	17	25.2	48.1	42.4	35.4	36.3	41.6	28.1	21.5	0	151	8.93	14.6	31.7
Siguaney	173	175	183	193	130	129.1	148	152	158	151	0	151	137	120.4
R. Cienfuegos	24.7	32.9	55.8	50.1	28.9	29.8	35.5	28.2	15.3	8.93	151	0	13.9	30.9
													0	
R. Cruces	47.7	55.7	77	72.9	34.3	35.2	58.9	45.5	42.9	31.7	120.4	30.9	17.2	0
R. Lajas	59.9	66.5	69.6	79.9	45.1	46	74.6	56.3	49.6	42.6	126.9		28	



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos

<b>R. Cumanayagua</b>	50.6	58.8	81.7	76	0.3	1.2	25.2	0.7	17.4	35.1	130.3		35	
<b>R. Abreu</b>	6.2	24.5	39.3	33.6	54.2	55.1	60.7	47.2	40.6	25	167.5		31.3	
<b>R.Rodas</b>	21.9	39.9	39.2	33.5	54.7	55.6	61.2	47.8	41.1	25.5	158		31.7	
<b>R. Aguada</b>	41.9	50.1	1.1	11.6	83.1	84	89.7	76.2	67.5	49.2	184.1		62.6	
<b>500 Guaos</b>	39.3	47.5	70.4	64.7	15.4	16.3	22	8.5	6	23.5	160	17.3	28.5	40.7
<b>Canal Cyagua</b>	55.4	63.6	86.5	80.8	5.16	6	30.1	6.26	22.3	39.6	135		39.7	
<b>Arriete</b>	42.8	51.1	60.5	61.7	47.7	48.6	54.3	46.5	39	27.1	155	26.4	12.8	
<b>Arimao Martinas</b>	51.1	59.3	82.3	76.5	28	28.9	11.2	26.8	18.1	35.4	162	29.2	35.4	
<b>La macana</b>														

	R. Lajas	R. Cumanayagua	R. Abreu	R.Rodas	R. Aguada	500 Guaos	Canal Cyagua	Arriete	Arimao Martinas	La macana
<b>Cienfuegos NUMANCIA( JUNCO SUR)</b>	44	31.2	31	31.4	61	19.9	37.1	28.3	29.9	
<b>CEN</b>	78.2	70.4	35.8	50.7	61.8	59.1	74.1	61.6	69.9	
<b>R. Palmira</b>	28	35	31.3	31.7	62.6	28.5	39.7	12.8	35.4	
<b>Espartaco</b>	21.9	41.4	37.8	38.1	69	34.9	40.2	18.6	41.9	
<b>Camarones</b>	24.6	54.2	51.1	50.9	82.8	29.3	48.9	31.4	59.6	
<b>Altamira</b>	33.5	40.8	39.5	39.9	65.9	34.3	45.7	6.66	41.4	
<b>Cruces</b>	13.6	33.6	48.1	48.4	77.7	44.5	29.6	29	52.2	
<b>Mal Tiempo</b>	14.8	35.1	52.3	52.6	83.5	49.4	31.1	33.2	56.4	
<b>Potreriillo</b>	28.4	16.6	65.3	65.6	96.5	31.8	12.6	46.1	44.3	
<b>Lajas</b>	1.9	42.9	52.8	43.2	68.8	45.4	38.9	38.2	61.5	
<b>Caracas</b>	7.4	37.4	51.9	48.4	74	40	33.3	32.7	56	
<b>Rodas</b>	44.1	53.4	15.1	1	41.3	42.1	58	27.2	53.8	

Abreus	54.2	53.4	0.5	15.6	39.9	42.1	58.9	38	54.7	
Constancia	59.9	50.6	6.2	21.9	41.9	39.3	55.4	42.8	51.1	
Juraguá	66.5	58.8	24.5	39.9	50.1	47.5	63.6	51.1	59.3	
Aguada	69.6	81.7	39.3	39.2	1.1	70.4	86.5	60.5	82.3	
Primero de Mayo	79.9	76	33.6	33.5	11.6	64.7	80.8	61.7	76.5	
Cumanayagua	45.1	0.3	54.2	54.7	83.1	15.4	5.16	47.7	28	
EMA	46	1.2	55.1	55.6	84	16.3	6	48.6	28.9	
Sierrita	74.6	25.2	60.7	61.2	89.7	22	30.1	54.3	11.2	
Cítricos Arimao	56.3	0.7	47.2	47.8	76.2	8.5	6.26	46.5	26.8	
Guabairo (fca cemento)	49.6	17.4	40.6	41.1	67.5	6	22.3	39	18.1	
Zona Industrial (acero)	42.6	35.1	25	25.5	49.2	23.5	39.6	27.1	35.4	
Siguaney	126.9	130.3	167.5	158	184.1	160	135	155	162	
R. Cienfuegos					56.9	17.3				
R. Cruces	11.3	33.2								
R. Lajas	0									
R. Cumanayagua		0								
R. Abreu			0							
R. Rodas				0						
R. Aguada					0					
500 Guaos	47.2	13.9		41.9	71.3	0				
Canal Cyagua							0			
Arriete								0		
Arimao Martinas									0	
La macana										0



## Optimización de los flujos de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos