

DOCUMENTACION Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL  
PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE CONCRETO DE CEMEX PREMEZCLADOS  
DE COLOMBIA S.A EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA.

ANDREA LIZETH RODRÍGUEZ MEJÍA

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

2016

DOCUMENTACION Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL  
PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE CONCRETO DE CEMEX PREMEZCLADOS  
DE COLOMBIA S.A EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA.

ANDREA LIZETH RODRÍGUEZ MEJÍA (2090354)

Tesis de grado en modalidad “Práctica empresarial” presentado como requisito  
para optar al título de ingeniero industrial.

Director

CARLOS EDUARDO DÍAZ BOHORQUEZ

Magister en Ingeniería Industrial

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

2016

## GRACIAS

*A DIOS, por iluminarme cada día.*

*A mis papás, por darme todo lo que necesité para ser quien soy.*

*A Cristian D, por llenar mis días de felicidad.*

*A Danny, por su apoyo, paciencia y amor.*

*A Laura, Leidy, Martín, Jhonatan, Vladi, y Diana por su compañía, consejos y  
colaboración.*

*A Saúl y Cemex, por su colaboración durante el proceso de vinculación a la vida  
laboral.*

*A la Universidad y el profesor Carlos Díaz por su asesoría durante el desarrollo  
durante el proyecto.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1. TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	16
2. GENERALIDADES .....	17
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	17
2.1.1 Reseña Histórica. ....	17
2.1.2 Perfil de la Compañía .....	18
2.1.3 Mapa de procesos.....	19
2.2 OBJETIVOS .....	19
2.2.1 Objetivo General. ....	19
2.2.2 Objetivos Específicos. ....	19
2.3 ALCANCE DEL PROYECTO.....	20
2.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	20
2.5 RESULTADOS ESPERADOS .....	21
3. MARCO TEÓRICO .....	22
3.1 MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS OPERATIVOS .....	22
3.2 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO .....	23
3.3 HERRAMIENTAS PARA MEJORAMIENTO DE PROCESOS.....	25
3.3.1 Diagrama de causa-efecto.....	25
3.3.2 Diagrama de flujo .....	25
3.3.3 Diagrama de operaciones.....	26
3.3.4 Diagrama de Pareto.....	26
3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	26
3.5 SERVICIO AL CLIENTE .....	27
3.6 GESTIÓN LOGISTICA .....	28
3.6.1 La cadena de suministro .....	28
3.6.2 Logística. ....	28
3.6.3 Logística comercial: la distribución física y los canales de comercialización. ....	29

3.6.4 Indicadores logísticos.....	31
3.7 PROBLEMA DE ASIGNACION.....	32
3.7.1 Problema de asignación.....	32
4. DIAGNÓSTICO.....	33
4.1 RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA.....	33
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	33
4.3 GENERACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	35
4.4 IDENTIFICACIÓN GENERAL DE CAUSAS QUE GENERAN.....	36
4.4.1 Equipo o Maquinaria.....	36
4.4.2 Recurso Humano.....	37
4.4.3 Medio.....	37
4.4.4 Recorrido.....	37
4.4.5 Métodos y procedimientos.....	37
4.4.6 Materia Prima.....	39
4.4.7 Obras.....	39
4.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	39
4.5.1 Identificación de factores que influyen en el proceso de distribución del concreto... ..	39
4.5.2 Hallazgos.....	40
5. PROPUESTA DE MEJORA: ACTUALIZACIÓN TIEMPOS DE CICLO Y MODELO MATEMÁTICO.....	46
5.1 TIEMPOS DE CICLO PROMEDIO PARA CADA ZONA.....	46
5.2 MODELO MATEMÁTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE PLANTAS Y PROGRAMACIÓN DE PEDIDOS.....	48
5.2.1 Metodología de programación.....	48
5.2.2 Formulación del modelo.....	49
5.2.3 Conclusiones del modelo.....	51
6. OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	52
6.1 SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICA.....	52
6.1.1 Pedidos entregados a tiempo.....	53
6.1.2 Pedidos entregados perfectos.....	53
6.1.3 Costo del proceso de distribución.....	54

6.1.4 Establecimiento del estado, umbral y rango de medición. ....	55
6.2 SISTEMAS GEOREFERENCIADORES EN EL MERCADO.....	57
6.2.1 Visatel de Colombia S.A.S.....	58
6.2.2 Rastreo.....	59
6.2.3 Ultra S.A. ....	60
6.2.4 Conclusiones del GPS. ....	61
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
7.1 CONCLUSIONES.....	63
7.2 RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	69

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla de cumplimiento de objetivos. ....	16
Tabla 2. Procesos que afecta cada factor (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014). ....	40
Tabla 3. Tiempos de producción, distribución y colocación (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).....	40
Tabla 4. Promedio de tiempo de ciclo, tiempo en obra y tiempo en recorrido (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).41	
Tabla 5. Porcentaje de tiempo de ciclo, tiempo en obra y tiempo en recorrido (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).41	
Tabla 6. Promedio de tiempo de demora (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014). ....	42
Tabla 7. Promedio de tiempo excedido en obra (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014). ....	43
Tabla 8. Frecuencia de factores identificados (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014). ....	43
Tabla 9. Factores controlables y no controlables por la compañía. ....	44
Tabla 10. Tiempo de ida desde cada planta a las zonas del Área Metropolitana de Bucaramanga (6 de noviembre de 2014).....	47
Tabla 11. Tiempo de ciclo de cada planta a las zonas del Área Metropolitana de Bucaramanga (6 de noviembre de 2014).....	47
Tabla 12. Indicador Pedidos entregados a tiempo.....	53
Tabla 13. Indicador pedidos entregados perfectos .....	54
Tabla 14. Indicador costo del proceso de distribución. ....	55
Tabla 15. Establecimiento del estado, umbral y rango de medición .....	56
Tabla 16. Registro de indicadores .....	56
Tabla 17. Características Sistemas georeferenciadores.....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de procesos.....	19
Figura 2.	Metodología del mejoramiento de los procesos operativos. ....	22
Figura 3.	AT1. Dispositivo de rastreo. ....	58
Figura 4.	Equipos de seguimiento y control de flota de Ultrack .....	61

## **LISTA DE ANEXOS (Carpeta adjunta)**

- ANEXO A.** Estructura de costos
- ANEXO B.** Paradas no programadas
- ANEXO C.** Fallas en la programación del personal
- ANEXO D.** Promedio tiempo ida real vs tiempo ida sugerido por el sistema
- ANEXO E.** Metros programados vs capacidad de producción
- ANEXO F.** Tiempo promedio de descargue
- ANEXO G.** Variación pedidos
- ANEXO H.** Restricciones del modelo
- ANEXO I.** Bloc de notas modelo matemático
- ANEXO J.** Propuesta Visatel de Colombia.
- ANEXO K.** Propuesta Rastreo Satelital de Colombia
- ANEXO L.** Propuesta Ultra.
- ANEXO M.** Carta cumplimiento de objetivos.

## RESUMEN

**TÍTULO:** DOCUMENTACION Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE CONCRETO DE CEMEX PREMEZCLADOS DE COLOMBIA S.A EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA.

**AUTOR:** ANDREA LIZETH RODRÍGUEZ MEJÍA

**PALABRAS CLAVES:** Diagnóstico, Mejoramiento de procesos, Estudio de Tiempos, Logística, Modelo Matemático de Asignación.

### **DESCRIPCIÓN:**

El proyecto realizado para el área Soluciones al Constructor de Cemex Premezclados de Colombia S.A. Fue desarrollado con el fin de identificar oportunidades de mejora en el proceso de distribución de concreto y dar opciones de solución a estas.

Se llevó a cabo una etapa de reconocimiento de la empresa, en el cual se identificaron las causas generales que afectan el incumplimiento en las entregas del producto en el día y la hora requerido por el cliente; a continuación, se seleccionaron las que corresponden al proceso de distribución y a través de investigación documental, entrevistas y observación directa a los diferentes entes que participan durante el desarrollo del mismo, se estableció un diagnóstico del proceso. A partir de los resultados obtenidos, se identificaron los factores controlables por parte de la empresa y se estructuraron tres propuestas de mejora para cada uno de estos, las cuales son: modelo matemático para la asignación de plantas y programación de pedidos, sistema de indicadores de gestión logística y estado del arte de tres sistemas georeferenciadores en el mercado.

Se presentaron las propuestas y se plantearon recomendaciones al área administrativa, de acuerdo al análisis del diagnóstico elaborado con el fin de evaluar la relación costo-beneficio y empezar su implementación.

---

\*Trabajo de grado modalidad práctica empresarial.

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, director del proyecto.

## ABSTRACT

**TITLE:** DOCUMENTATION AND DESIGN OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE DISTRIBUTION PROCESS OF CONCRETE OF CEMEX PREMEZCLADOS DE COLOMBIA S.A IN BUCARAMANGA AND METROPOLITAN AREA.

**AUTHOR:** ANDREA LIZETH RODRÍGUEZ MEJÍA

**KEY WORDS:** Diagnostic, Process Improvement, Study Times, Logistics, Mathematical model of allocation.

**DESCRIPTION:**

The Project was performed by the Builder Solutions Area of Cemex Premezclados de Colombia S.A. The main goal was to identify opportunities for improvement in process distribution of concrete and provide possible solutions.

This work performs a recognition stage in the company. It identified the general causes for failures in product delivery at day and time required by the customer. We selected the process distribution causes and later a diagnosis was established using a documental research, interviews and direct observation of different participants. Controllable factors by the company were identified using results, and then three improvements were proposed: Mathematical model for plant assignation and schedule orders, an indicator system for logistic management and finally a state of art for three Geo-referenced systems in the market.

According with the diagnostic analysis, the proposals and recommendations were presented to the administrative area, in order to evaluate the cost-benefit and start implementation.

---

\*Degree work of business practice mode.

\*\*Faculty of physical-mechanical Engineering, School of Industrial and Business Administration. Industrial Engineering. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Work's Director

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la mejora de procesos logísticos en las empresas es un factor clave que conlleva a disminuir los costos y a ser competitivos al mejorar el servicio al cliente y utilizar de manera eficiente los recursos; a través del registro de la información actual, la empresa puede competir bajo condiciones de tiempo y espacio reales, de modo que se cumpla de manera eficiente con los tiempos de entrega y las especificaciones del producto establecidas previamente por cada uno de ellos.

Cemex como compañía global con presencia en más de 50 países le brinda soluciones integrales a los constructores a través de productos de alta calidad y servicios confiables, tales como cemento, concreto premezclado, agregados y materiales para construcción, se encuentra en una actitud constante de mejoramiento de procesos administrativos, productivos, comerciales y logísticos para mantener su posición competitiva a nivel mundial.

Por otro lado, el plan de inversión en obras civiles sostenidas por el gobierno y los proyectos de infraestructura y vivienda impulsados por el sector privado han generado crecimiento económico y esto conlleva a que la demanda de productos para la construcción tales como concreto premezclado se haya aumentado y por ende se deban mejorar los procesos logísticos en el sector de la construcción.

Teniendo en cuenta lo anterior, la ejecución de este proyecto es de gran importancia para la mejora del servicio al cliente de la empresa, ya que a partir del estudio de los tiempos de ciclo y los factores que afectan cada uno de ellos, se pueden tomar acciones preventivas y correctivas para optimizar el proceso de distribución y de esta manera mejorar el servicio al cliente, aumentando sus ventas y posicionamiento frente a la competencia.

Este proyecto diseñó propuestas de mejora para la distribución del concreto y se llevó a cabo en cinco fases: conocimiento de la empresa, diagnóstico del proceso, identificación de factores que influyen en el proceso, diseño de propuestas de mejora y presentación de propuestas al área administrativa.

El modelo de asignación planteado se verificó a través de tres conjuntos de datos de la demanda, que corresponden a situaciones hipotéticas de pedidos programados y se encontraron resultados consistentes con los esperados en la programación que arroja. Por otro lado, si se presentan cambios, debido a demora en las obras, tráfico vehicular o modificación de pedidos, se podrán reprogramar los pedidos.

## 1. TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Tabla 1. Tabla de cumplimiento de objetivos.

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
Realizar un diagnóstico del procedimiento que se lleva a cabo para la distribución del concreto.	4. DIAGNÓSTICO
Identificar los factores que influyen en el proceso de distribución del concreto. evaluar su importancia y determinar los que son controlables.	4.5.1 Identificación de factores que influyen en el proceso de distribución del concreto.
Diseñar propuestas de mejora para los factores que sean controlables y cuantificar el costo de cada una de ellas.	5.1 Tiempos de ciclo actualizados para cada zona. 6.1 Sistema de indicadores de gestión logística. 6.2 Sistemas georeferenciadores en el mercado.
Diseño de un modelo matemático para la asignación de plantas a los pedidos y la programación de pedidos.	5.2 Modelo matemático para la asignación de plantas y programación de pedidos.
Socializar las propuestas al grupo directivo de la empresa CEMEX.	Anexo M: Carta cumplimiento de objetivos

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

#### **2.1.1 Reseña Histórica.**

En 1906 Cemex es fundada en la ciudad de Monterrey al norte de México con la planta Cementos Hidalgo y en sólo tres años duplica su capacidad. Con la unión de Cementos Hidalgo y Cementos Portland Monterrey se forma Cementos Mexicanos S.A. Cemex adquiere a Cementos Maya y Cemento Portland Maya en 1963 y 1973 respectivamente. En 1976 inicia su cotización en la Bolsa Mexicana de Valores y adquiere Cementos Guadalajara, razón por la cual se convierte en el principal productor de cemento en México. En 1986 Cemex consolida sus esfuerzos de exportación mediante coinversiones con empresas cementeras norteamericanas.

En los noventa Cemex inicia su expansión internacional en Europa con la adquisición de Valenciana y Sansón; en América con la adquisición de Vencemos (de Venezuela), Samper y Diamante (de Colombia), Cemento Bayano (de Panamá), Cementos Nacionales (de República Dominicana), Cementos del Pacífico (de Costa Rica) y Balcones (de Estados Unidos); en Asia con la adquisición de Rizal Cement (de Filipinas); y en África con la adquisición de Assiut Cement Company (de Egipto), lo que le permitió convertirse en la tercera cementera más grande del mundo.

En 2001 lanza Construrama, una red comercial de establecimientos de materiales para la construcción e inicia su servicio a clientes en línea, que les permite hacer pedidos, comprar productos y tener accesos a diversos servicios de forma electrónica.

### **2.1.2 Perfil de la Compañía**

CEMEX es una compañía global de materiales para la industria de la construcción que ofrece productos de alta calidad y servicios confiables a clientes y comunidades en más de 50 países, a la vez mantiene relaciones comerciales en aproximadamente 108 naciones. Trabajan por desarrollar y entregar las mejores soluciones en cemento, concreto y agregados para poder convertir las ideas en realidad.

Una compañía global líder en la industria

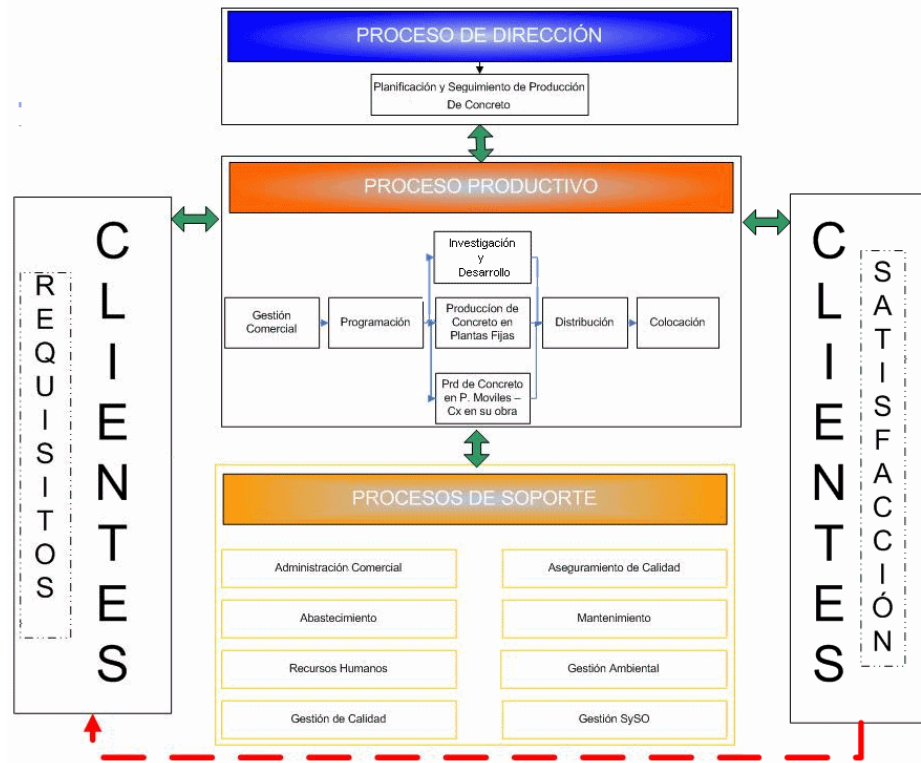
- Ventas anuales de \$15,230 millones de dólares.
- Uno de los principales productores de cemento del mundo.
- Líder mundial en concreto premezclado y uno de los mayores productores de agregados.
- Uno de los mayores comercializadores de cemento y Clinker del mundo
- Cerca de 43,000 empleados a nivel mundial<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Cemex Colombia. Perfil de la compañía. <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/PerfilCompania.aspx>. Consultado el 26 de septiembre de 2015.

### 2.1.3 Mapa de procesos

Figura 1. Mapa de procesos



Fuente: Norma Control de Cemex

## 2.2 OBJETIVOS

### 2.2.1 Objetivo General.

Realizar un estudio del proceso de distribución de concreto para determinar los factores que influyen en éste y diseñar propuestas para mejorar el proceso.

### 2.2.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico del procedimiento que se lleva a cabo para la distribución del concreto.
- Identificar los factores que influyen en el proceso de distribución del concreto. evaluar su importancia y determinar los que son controlables.

- Diseñar un modelo matemático para la asignación de plantas a los pedidos y la programación de pedidos.
- Diseñar propuestas de mejora para los factores que sean controlables y cuantificar el costo de cada una de ellas.
- Socializar las propuestas al grupo directivo de la empresa CEMEX.

### **2.3 ALCANCE DEL PROYECTO**

Con la realización de este proyecto se busca mejorar el proceso de distribución de concreto en Bucaramanga y su área metropolitana, ya que es de suma importancia para una empresa de carácter multinacional como Cemex ofrecer productos de calidad con un excelente servicio al cliente. A través de un modelo matemático para la asignación de las plantas y programación de los pedidos, se busca optimizar los recursos disponibles para los despachos; por otro lado, la implementación de indicadores logísticos, permite dar a conocer la situación actual de la empresa y a partir de esta, establecer objetivos a corto plazo que permitan mejorar de manera continua los procesos logísticos; por último, se presenta la propuesta de tres empresas que ofrecen sistemas georeferenciados, con el fin de evaluar la posibilidad de adquirir el que mejor se ajuste a la necesidad de Cemex para controlar el proceso de distribución de manera constante.

### **2.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

De acuerdo a la publicación *“Factores relevantes de calidad en el servicio del sector de concreto en el mercado de clientes pequeños y de hogar”*<sup>2</sup>, en la que se concluye que el factor más relevante para los clientes con respecto a la calidad en el servicio es la entrega del concreto en el día y la hora acordados, este proyecto se realiza para contribuir en la mejora del proceso de distribución, con el fin

---

<sup>2</sup> VERA M. Jorge. TRUJILLO L. Andrea. Factores relevantes de calidad en el servicio en el sector de concreto en el mercado de clientes pequeños y de hogar. Panorama Socioeconómico año 31, N° 46, p 14-28 (Julio 2013)

aumentar el indicador de cumplimiento de entregas de pedidos y de esta manera ofrecer un valor agregado a los clientes de Cemex.

De igual manera, cuando se realizan reuniones de resultados con los clientes no se tiene información real y actualizada de los acontecimientos presentados durante el proceso de distribución lo que conlleva a que no se pueda argumentar con datos históricos los problemas presentados.

Por estas razones, se desarrollará este proyecto dada su pertinencia práctica ya que contribuirá al mejoramiento del proceso logístico de la compañía.

## **2.5 RESULTADOS ESPERADOS**

La consecución de los objetivos propuestos tiene como propósito:

- Elaborar un diagnóstico actualizado del proceso de distribución de concreto que se realiza en Cemex en Bucaramanga y su área metropolitana.
- Evidenciar los factores que influyen en el proceso de distribución y jerarquizarlos según su importancia.
- Mostrar de manera organizada los tiempos de ciclo promedio para cada zona.
- Diseñar un modelo matemático para la asignación de las plantas a los pedidos y la programación de pedidos.
- Dar a conocer los diferentes sistemas georeferenciadores que se utilizan en el mercado para controlar el proceso de distribución.

### 3. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los conceptos que corresponden a la revisión bibliográfica consultada después de realizar el diagnóstico, estos conceptos constituyen el fundamento teórico del proyecto y en ellos se basa el desarrollo de la metodología.

#### 3.1 MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS OPERATIVOS

**Metodología de mejoramiento<sup>3</sup>:**

**Figura 2.** Metodología del mejoramiento de los procesos operativos.



Fuente: UNIVALLE. Herramientas para la mejora continua.

- **Identificación y registro:** Identificar la situación de no conformidad real (problema) u oportunidad de mejora en forma correcta y sin ambigüedades.

<sup>3</sup> UNIVALLE. Herramientas para la mejora continua  
[http://gicuv.univalle.edu.co/documentos/documentos\\_divulgacion\\_socializacion/material\\_divulgacion/Guia\\_de\\_Mejora\\_Continua.pdf](http://gicuv.univalle.edu.co/documentos/documentos_divulgacion_socializacion/material_divulgacion/Guia_de_Mejora_Continua.pdf). Consultado el 18 de noviembre de 2014.

- **Recopilación de información:** Investigar las características específicas de la situación identificada con una visión amplia y desde varios puntos de vista. Recopilar la información requerida sobre la situación detectada y mantener registro.
- **Análisis:** Determinar las posibles causas que están originando el problema. Plantear las hipótesis de las causas probables.
- **Elaboración del plan de acción:** Plantear las acciones correctivas, preventivas o de mejora que son consideradas viables teniendo en cuenta metodología, seguimiento y que darán respuesta a la situación identificada.
- **Ejecución del plan de acción:** Ejecutar las actividades definidas para la acción. La ejecución de la acciones debe llevarse a cabo de acuerdo a lo planeado.
- **Verificación:** Verificar la eficacia de la acción establecida. Monitorear el cumplimiento y evaluación de las acciones.
- **Estandarización:** Documentar los cambios originados por las acciones tomadas. Técnicas: procedimientos, documentación, carteleras, guías, boletines, entre otros.
- **Consolidación y conclusión:** Consolidar la información relativa a planes de acciones correctivas, preventivas y de mejora de todos los procesos de la organización, para preparar los informes correspondientes.

### 3.2 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO

Un diagnóstico tiene como misión detectar aquellos factores críticos (disfunciones), que generan situaciones no deseables y que repercuten de forma severa el margen bruto de la empresa<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> ANAYA TEJERO, Juan. POLANCO MARTÍN, Sonia. Innovación y mejora de los procesos logísticos. Madrid: ESIC, 2005.

Este debe detectar los factores endógenos que distorsionan el proceso logístico sugiriendo en consecuencia los aspectos que deben ser objeto de revisión o modificación.

Las etapas para realizar un diagnóstico logístico son:

a. Entrevista preliminar.

En esta etapa se fijan los objetivos del estudio directamente con los responsables de la empresa o área a estudiar, se debe contar con un calendario de acción.

b. Visita a las instalaciones

Es necesario conocer los procesos y así poder entender su funcionamiento, los recursos disponibles, el sistema de trabajo, el volumen de trabajo, etc. Cuando se realice este primer acercamiento, se contará con una visión global que permitirá la preparación de los cuestionarios para toma detallada de datos.

c. Recogida de datos

Una vez se definen los objetivos del diagnóstico, se visita las instalaciones conociendo a fondo el proceso y su sistema, con el fin de estructurar los cuestionarios para la toma de datos. Dichos cuestionarios proporcionarán información detallada para su posterior análisis.

d. Validación de datos

En esta etapa se realiza un resumen de los datos obtenidos, con objeto de comprobar la integridad de la información y consistencia de los datos.

e. Análisis

En el análisis se hace un estudio detallado con información cualitativa y cuantitativa de los datos recolectados.

f. Informe final

Esta etapa incluye las conclusiones del análisis.

### **3.3 HERRAMIENTAS PARA MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

A continuación se presenta cuatro herramientas útiles para el mejoramiento de procesos, en este caso para el mejoramiento del proceso de distribución en la empresa.<sup>5</sup>

#### **3.3.1 Diagrama de causa-efecto.**

El diagrama de causa-efecto ayuda a detectar los tipos de causas que influyen en un problema, para seleccionar las principales y jerarquizarlas. También es conocido como “espina de pescado” o Ishikawa en honor al Dr Kaoru Ishikawa.

Este diagrama consiste en una línea horizontal central que señala el efecto a atacar y unas líneas verticales con cierto grado de inclinación que representan las causas de este.<sup>6</sup>

#### **3.3.2 Diagrama de flujo.**

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo. Los diagramas de flujo ayudan en la comprensión de la operación de las estructuras de control.

Los diagramas se construyen utilizando símbolos de uso especial como son rectángulos, diamantes, óvalos y pequeños círculos, estos símbolos están conectados entre sí por flechas, conocidas como líneas de flujo.

---

<sup>5</sup> Anónimo. Herramientas para el análisis y mejora de los procesos. Artículo de internet <http://portal.funcionpublica.gob.mx:8080/wb3/work/sites/SFP/resources/LocalContent/1581/8/herramientas.pdf>. Consultado el 25 de Agosto de 2014.

<sup>6</sup> HITOSHI, Kume. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá: Grupo editorial Norma, 2002. P 27.

### **3.3.3 Diagrama de operaciones.**

Este diagrama muestra la secuencia de taller o en máquinas, inspecciones y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el arreglo final del producto. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto o pieza principal.

Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de operaciones muestra todos los traslados y retrasos que tiene un producto a través del proceso.

### **3.3.4 Diagrama de Pareto.**

El diagrama de Pareto permite identificar las causas de las pocas causas vitales que afectan un proceso, con el fin de eliminar casi todas las pérdidas. Se logra cuando se concentra en las causa particulares y se dejan de lado los defectos triviales. El diagrama de Pareto de causas, permite relacionar los resultados indeseables y se utiliza para averiguar cuál es el principal problema.<sup>7</sup>

Un proceso tiene innumerables variables que repercuten en el resultado, sin embargo, no todas las variables pueden ser controladas (por ejemplo el clima, el tipo de cambio, la inflación, etc.). Es importante describir las que sí son controlables.

## **3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS**

El estudio de tiempos es una actividad que permite establecer y estandarizar la duración del desarrollo de una determinada tarea a través del uso de una técnica

---

<sup>7</sup> HITOSHI, Kume. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá: Grupo editorial Norma, 2002. P 19.

de registro teniendo bajo consideración el efecto de la fatiga, demoras personales y demoras inevitables.

Entre los objetivos de la implementación de un estudio de tiempos dentro de una empresa se pueden encontrar la minimización del tiempo requerido para la ejecución de tareas, incremento de la productividad o reducción de los costos de producción lo que en general lleva a la eficiencia de los procesos productivos.<sup>8</sup>

Dentro de las técnicas más conocidas para el desarrollo de un estudio de tiempos se encuentran el estudio de tiempos de acuerdo a datos históricos, tiempos por cronometro, el estudio de tiempos predeterminados y el muestreo del trabajo. A continuación se expone información sobre la técnica de datos históricos, ya que esta es la utilizada en el desarrollo del proyecto.

- Datos históricos: a partir de datos históricos se puede realizar una estimación aproximada del tiempo que puede tomar el desarrollo de determinadas actividades.

### **3.5 SERVICIO AL CLIENTE**

El servicio al cliente se refiere específicamente a la cadena de actividades orientadas a la satisfacción de las ventas, que en general inicia con el ingreso del pedido y finalizan con la entrega del producto a los clientes, continuando en algunos casos como servicio o mantenimiento de equipos, u otros como soporte técnico<sup>9</sup>. Dentro de una amplia perspectiva corporativa, el servicio al cliente es considerado esencial en las estrategias de marketing. De acuerdo con Ballou, entre los elementos de servicio más importantes para el cliente están: entrega a

---

<sup>8</sup> ORTIZ R., Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1999. P 143.

<sup>9</sup> BALLOU, Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición, México: Pearson Education, 2004. P 92.

tiempo, rapidez de atención a un pedido, condición del producto y documentación precisa.

### **3.6 GESTIÓN LOGÍSTICA**

#### **3.6.1 La cadena de suministro**

Actualmente la globalización, las exigencias de los clientes, los desarrollos tecnológicos y el limitado ciclo de vida de los productos permiten diseñar sistemas avanzados de distribución cuyo objetivo finalmente es satisfacer las solicitudes del cliente.

Estos sistemas tienen por nombre *Cadenas de suministro*, y son todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción del cliente. La cadena de suministro incluye al proveedor, al fabricante, a los transportistas, almacenistas, vendedores y finalmente a los clientes y entre ellos debe haber un flujo constante de materias primas, productos e información con el fin de que el movimiento sea sincronizado y que cada una de las etapas de la cadena este totalmente integrada con las demás. El objetivo principal de administrar una cadena de suministro es maximizar el valor total generado, que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente menos el costo total de la cadena de suministro<sup>10</sup>.

#### **3.6.2 Logística.**

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicio, así como de la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. Tercera Edición, México: Pearson Education, 2008. Pag 26.

<sup>11</sup> BALLOU, Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición, México: Pearson Education, 2004. P 92.

La logística no es todo el proceso, es un complemento para el funcionamiento efectivo de la cadena de suministro, y tiene como propuesta de valor lograr la satisfacción del cliente al costo más bajo. Las áreas del trabajo logístico son: procesamiento de pedidos, inventario, transporte, almacenamiento, manejo de materiales, empaçado y la red de distribución<sup>12</sup>.

### **3.6.3 Logística comercial: la distribución física y los canales de comercialización.**

La distribución física existe para: “paliar las variaciones físicas que existen entre la demanda y la producción, ajustándolas en el espacio, tiempo y también en su rentabilidad”<sup>13</sup>. Es importante diferenciar que la distribución física traslada los productos y la distribución comercial transmite propiedad<sup>14</sup>. Sin embargo ambos objetivos se deben unir para satisfacer a los clientes en el lugar adecuado, en el momento preciso y a un costo mínimo, razón básica por la cual la logística de distribución y los canales de comercialización deben ser considerados en conjunto<sup>15</sup>.

La logística de distribución, es el conjunto de actividades que se ocupan del flujo de productos terminados (y del flujo de información asociado a él) desde el final del proceso de fabricación hasta que se encuentran en manos de los clientes<sup>16</sup>. Los canales de comercialización, son el conjunto de unidades organizacionales, instituciones o agencias internas y externas a la empresa, los cuales hacen posible que un producto esté disponible para un consumidor<sup>17</sup>. Éstas pueden

---

<sup>12</sup> BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J. y COOPER, M. Bixby. Administración y logística en la cadena de suministros. Segunda edición, México: McGraw-Hill, 2007, Ch7-Ch8.

<sup>13</sup> Pau I Cos, Jordi. (2001). Manual de logística integral. Buenos Aires: Díaz de Santos

<sup>14</sup> BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J. y COOPER, M. Bixby. Administración y logística en la cadena de suministros. Segunda edición, México: McGraw-Hill, 2007, Ch7-Ch8.

<sup>15</sup> Dornier, Philippe-Pierre; Ernst, Ricardo; Fender, Michel y Kouvelis, Panos. (1998). Global operations and logistics: text and cases. New York: John Wiley & Sons.

<sup>16</sup> Gutierrez Casas, Gil. (1998). Logística y distribución física. Madrid: Mc Graw Hill.

<sup>17</sup> Murphy, Paul Regis y Wood, Donald F. (2008). Contemporary logistics. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

incluir: comprar, vender, transportar, almacenar, financiar, promocionar, evaluar riesgos y proveer información de mercado entre otras<sup>18</sup>.

La distribución física es un elemento primordial de la logística, ya que es la parte del sistema logístico más relacionada con los clientes. Tiene gran relevancia ya que el hecho que el producto no esté en el tiempo solicitado en el punto acordado con el cliente, puede ocasionar que el cliente decida adquirir el producto con otra empresa, lo que genera pérdida de ventas y probablemente la fidelidad de los clientes a la marca<sup>19</sup>.

#### **a. Enfoques de la distribución física**

La logística de distribución plantea apreciaciones estratégicas a través de objetivos de cobertura de mercado, niveles de servicio y rentabilidades esperadas, los cuales han incentivado el desarrollo de diferentes técnicas de distribución que buscan optimizar estas variables<sup>20</sup>. Pau i Cos (2001) define las siguientes características del enfoque óptimo:

- i. *Cumplimiento total de los pedidos*: cantidades y productos.
- ii. *Momento oportuno*: fechas y horarios, sin rotura de stock con total cobertura de la demanda.
- iii. *En el lugar acordado*: punto de venta o punto de entrega
- iv. *Al mínimo costo*: costo variable y según el costo presupuestado.

La definición exitosa del enfoque dependerá además de las características del producto, el comportamiento de compra del consumidor, la estructura del canal y el grado de control necesario<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup> Lambert, Douglas M.; Stock, James R y Ellram, Lisa M. (1998). Fundamentals of logistics management. Singapore: Mc Graw Hill.

<sup>19</sup> Pau i Cos, Jordi. (2001). Manual de logística integral. Buenos Aires: Díaz de Santos

<sup>20</sup> Lambert, Douglas M.; Stock, James R y Ellram, Lisa M. (1998). Fundamentals of logistics management. Singapore: Mc Graw Hill.

<sup>21</sup> Lambert, Douglas M.; Stock, James R y Ellram, Lisa M. (1998). Fundamentals of logistics management. Singapore: Mc Graw Hill.

### 3.6.4 Indicadores logísticos.

Los indicadores logísticos evalúan la eficiencia y eficacia de la gestión logística, utilizando tecnología y manejo de la información que permitan un seguimiento de las operaciones y el cumplimiento de metas y objetivos, buscando una retroalimentación que facilite el mejoramiento de la cadena de abastecimiento.<sup>22</sup>

A continuación se presentan algunos indicadores estándar según la EAN/YCC The Global Language of Business:

Indicadores de servicio:

- a. Pedidos entregados a tiempo: Nivel de cumplimiento de la compañía para realizar la entrega de los pedidos, en la fecha o periodo de tiempo pactado con el cliente:

*%Pedidos entregados a tiempo*

$$= \frac{\text{No Pedidos entregados a tiempo en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$$

- b. Pedidos entregados completos: Nivel de cumplimiento de la compañía en la entrega de pedidos completos al cliente.

*%Pedidos entregados completos*

$$= \frac{\text{No Pedidos entregados completos en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$$

Se considera pedido completo cuando el producto que se entrega al cliente sea con las condiciones requeridas por este.

- c. Pedidos entregados perfectos: Mide la calidad total de los pedidos entregados por la compañía.

*%Pedidos entregados perfectos*

$$= \frac{\text{No Pedidos entregados perfectos en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$$

---

<sup>22</sup> Definición de indicadores logísticos según la IAC Colombia (Instituto Colombiano de codificación y automatización comercial)

Un pedido se considera perfecto cuando es entregado/recibido a tiempo y completo, la factura no presenta ningún error y la calidad del producto es excelente.

### 3.7 PROBLEMA DE ASIGNACION

El problema de distribución presentado en este proyecto se puede resolver a través del problema de asignación, el cual se describe a continuación.

#### 3.7.1 Problema de asignación.

El problema de asignación es un tipo especial de problema de programación lineal en el que los asignados son recursos que se destinan a la realización de tareas. La asignación de personas a trabajos es una aplicación común del problema de asignación. Sin embargo, los asignados no tienen que ser personas. También pueden ser maquinas, vehículos o plantas, o incluso periodos a los que se asignan tareas.<sup>23</sup>

Para que se ajuste a la definición de un problema de asignación, es necesario que este tipo de aplicaciones se formule de manera tal que se cumplan los siguientes supuestos.

- El número de asignados es igual al número de tareas. (Este número se denota por  $n$ ).
- A cada asignado se le asigna sólo *una* tarea.
- Cada tarea debe realizarla sólo *un* asignado.
- Existe un costo  $C_{ij}$  asociado con el asignado  $i$  que realiza la tarea  $j$ .
- El objetivo es determinar cómo deben hacerse las  $n$  asignaciones para minimizar los costos totales.

---

<sup>23</sup> HILLIER-LIEBERMAN. Investigación de operaciones, Capítulo 8 Problemas de transporte y asignación.

## 4. DIAGNÓSTICO

### 4.1 RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA

Actualmente Cemex cuenta con tres plantas productoras de concreto dos ubicadas en el sector de Papi quiero piña (Plantas Línea 1 y Línea 2), al sur de la ciudad de Bucaramanga y una en el sector de La Cemento (Planta Suratá), al norte de la ciudad; cada una de ellas tiene en promedio la capacidad de cargar 6 viajes por hora (cada viaje puede llevar mínimo 3 m<sup>3</sup> y máximo 8 m<sup>3</sup> del producto). Desde éstas se distribuye el concreto premezclado a las obras ubicadas en el municipio de Bucaramanga y su área metropolitana a través de vehículos propios. Se cuenta con 42 mixer<sup>24</sup> y 51 agentes de servicio (conductores), quienes se encargan de la distribución del producto según la programación de los pedidos.

De acuerdo a la estructura de costos, el costo de distribución del concreto por metro cúbico oscila entre el 12% y 13% del costo total (Anexo A: Estructura de costos).

### 4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El concreto premezclado está constituido por agregados, cemento y agua. Según las especificaciones del cliente, también pueden llevar uno o más aditivos para cambiar ciertas características como la ductilidad, durabilidad o tiempo de fraguado.

La mezcla de concreto es un producto altamente perecedero en estado fresco, que no puede ser almacenado y debe ser producido, transportado y mantenido en

---

<sup>24</sup> Mixer: Es el vehículo mezclador y transportador de concreto.

agitación para que pueda colocarse y compactarse dentro de la primera hora y media o hasta dos horas posteriores al mezclado.

Los pasos que se utilizan para la elaboración del concreto son:

### **Paso I: Recepción de materias primas**

- Se reciben las materias primas de los proveedores y el área de calidad realiza estudios físicos y químicos para su aprobación. Los agregados se reciben a granel y los aditivos a granel o en tambos.
- El cemento se recibe a granel en camiones tipo cisterna y se almacenan en los silos de las plantas de producción.

### **Paso II: Pesaje**

- Se vierten los agregados en el dosificador de agregados.
- Se bombea agua al recipiente de pesaje de agua.
- Se transporta el cemento desde el silo de cemento hasta el recipiente de pesaje a través del tornillo.
- Después del pesaje de los agregados, el agua y el cemento, estos son transportados a la mezcladora.

En la figura 1 se describe el mapa de procesos de la empresa, los procesos en los que se va a enfocar este proyecto son: el proceso de producción, distribución y colocación:

### **Paso III: Producción.**

- Cuando el agregado, agua y cemento se ponen en la mezcladora, comienza el proceso de mezclado y toma solo 8,5 minutos para producir el concreto premezclado.
- Si es necesario agregar aditivos, se hace durante este proceso.

- La masa uniforme que se forma se mezcla constantemente con giros de 10 a 12 revoluciones por minuto.
- Una vez producido el concreto, se carga a las Mixer para ser transportado a la obra.
- Posteriormente, se realiza el muestreo del concreto para verificar las características.

#### **Paso IV: Distribución:**

- Durante el transporte el concreto se sigue mezclando en la olla para que llegue en estado uniforme y óptimo.

#### **Paso V: Colocación:**

- El objetivo es colocar el concreto dentro de las formaletas o armazones sin generar segregación. Se efectúa de manera directa o a través de recipientes como tolvas, carritos propulsados, conductos o tubos de caída, bandas transportadoras o bombas.

### **4.3 GENERACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Las técnicas de recopilación de la información fueron:

- **Entrevista:** Se le aplicó al personal administrativo y operativo que pertenece al proceso de distribución. A través de esta, se obtuvo información completa y real, ya que se utilizaron preguntas abiertas, las cuales permitieron que cada entrevistado explicara de manera clara y precisa la razón de cada una de sus respuestas.
- **Observación directa:** Esta herramienta permitió crear una noción subjetiva del proceso de distribución que se realiza actualmente en Cemex. Esta técnica se llevó a cabo acompañando a cada participante en la parte del proceso que

intervenían y a través de charlas informales se identificaron algunos problemas que se afectan el funcionamiento.

- **Investigación documental:** Se realizó recolección de datos a través de las remisiones de cada pedido en las que se registran las horas de salida de la planta, llegada a la obra, salida de la obra y llegada a la planta, y las observaciones de los acontecimientos irregulares que se puedan presentar en cada viaje. De igual manera, a través de la “*Norma Control*” de la empresa se logró identificar las entradas y salidas que se deben tener en cuenta para dar inicio y fin al proceso.

Al finalizar la recolección de información, se organizó, con el fin de clasificar los datos y realizar un análisis posteriormente.

#### **4.4 IDENTIFICACIÓN GENERAL DE CAUSAS QUE GENERAN**

##### **Incumplimiento en las entregas**

Para identificar los factores que generan el incumplimiento en las entregas de pedidos, se utilizó el método Ishikawa o Espina de Pescado (Diagrama 1).

##### **4.4.1 Equipo o Maquinaria.**

El tiempo promedio establecido para producción es 16 horas diarias, es decir 416 horas al mes aproximadamente. Durante el tiempo del diagnóstico, el 10% se presentaron paradas no programadas. En el equipo móvil (Bombas o mixer) se presentó una vez por semana, y en las plantas de producción se presentaron seis veces al mes en línea 1 y una vez por mes en línea 2 y Suratá. (Anexo B: Paradas no programadas)

#### **4.4.2 Recurso Humano.**

Por cumplir las normas legales, al terminar la jornada no se cuenta con el personal necesario para atender los pedidos o se debe extender su jornada laboral. El 70% de los días, el personal excedió su jornada de trabajo, generando cansancio a los trabajadores y disminuyendo su normal desempeño. (Anexo C: Fallas en la programación del personal)

#### **4.4.3 Medio.**

Las plantas se encuentran al descubierto y por ende, cuando llueve se presentan alteraciones en la materia prima.

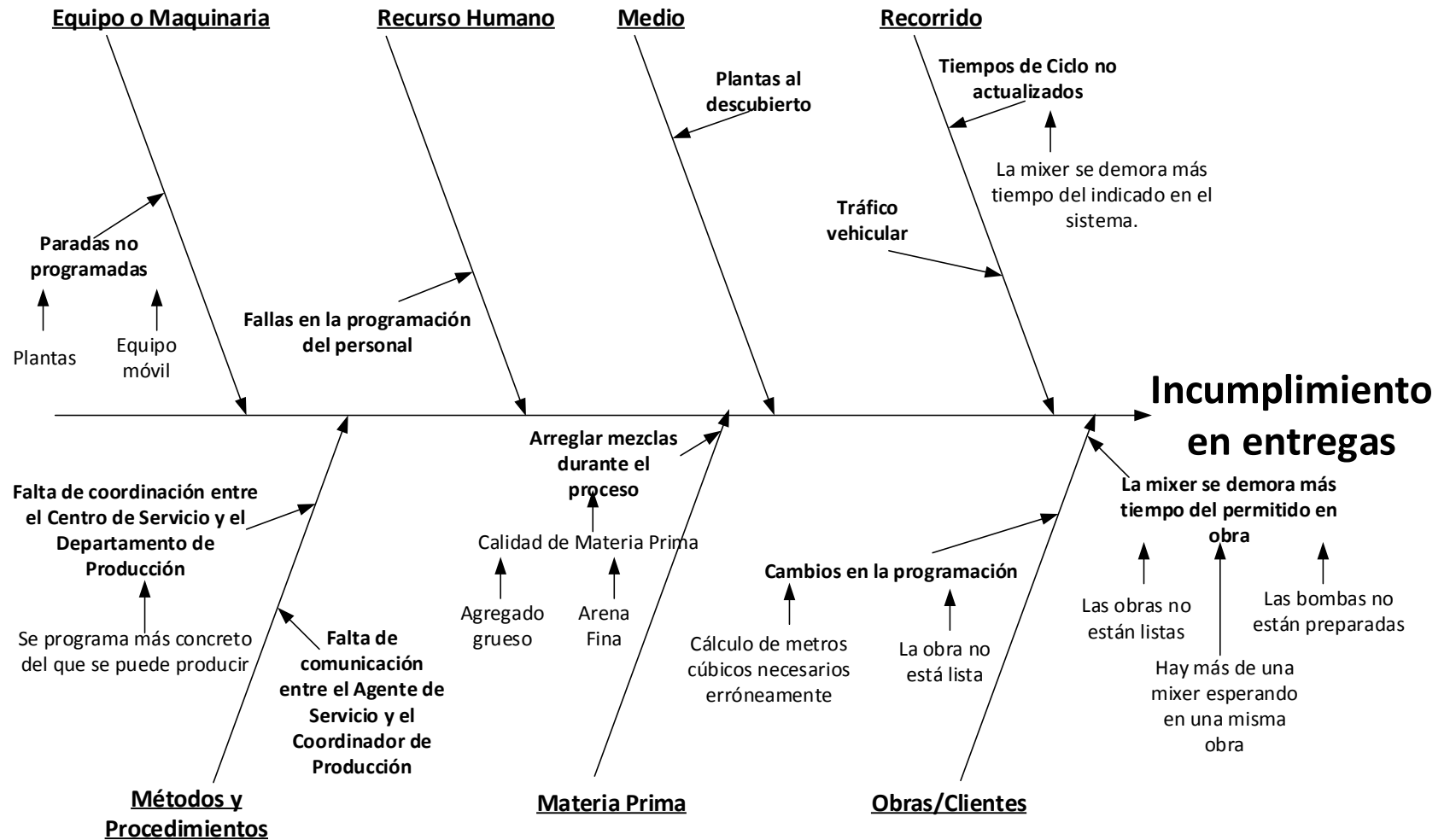
#### **4.4.4 Recorrido.**

En el sistema de información se encontró que el 90% de los tiempos de ciclo no se encuentran actualizados (Anexo D: Promedio tiempo ida real Vs Tiempo ida sugerido por el sistema), esto conlleva a que se realicen despachos a obras desde la planta que se encuentra a mayor distancia o que se inicie el cargue de la mixer a destiempo y desde ahí se inicie el retraso para entregar el pedido; por otra parte, el tráfico vehicular entre las plantas y el lugar de destino afecta directamente el tiempo de ciclo de distribución de cada pedido.

#### **4.4.5 Métodos y procedimientos.**

Se presenta falta de coordinación entre el centro de servicio y el departamento de producción. El 40% de las horas de cada día se alcanza a programar más concreto del que se puede entregar, debido a que no se tienen en cuenta los factores que influyen en el despacho de concreto (Anexo E: Metros programados Vs Capacidad de producción). Por otro lado, la falta de comunicación entre el agente de servicio y el coordinador de producción genera que dos mixer deban esperar en una misma obra, de esta información no se tiene registro, pero de acuerdo al Coordinador de producción se estima que ocurre el 30% de los viajes.

Diagrama 1. Diagrama causa-efecto: Incumplimiento en entregas.



#### **4.4.6 Materia Prima.**

Cemex Premezclados, certificada con la norma ISO 9001 y cumpliendo con el numeral 7.4 de esta, cuenta con cronogramas para evaluar a sus proveedores, quienes garantizan la calidad de la materia prima suministrada para la elaboración del producto. No se encuentra registro de las alteraciones de calidad de la materia prima, pero de acuerdo al laboratorista de calidad, se estima que el 3% de los viajes de agregado o arena presentan alteraciones granulométricas o de suciedad.

#### **4.4.7 Obras.**

Según datos históricos de la empresa, durante el descargue, el 32,9% de las veces las mixer se demoran más tiempo del aceptado (Una hora más o menos media) (Anexo F: Tiempo promedio de descarga). Por otro lado, el 39,4% de los pedidos se cancelan a última hora o se programan adicionales, porque se realiza el cálculo de metros cúbicos de manera errónea, no se alcanza a tener listo el elemento a fundir o el concreto no llega a tiempo y el personal encargado de fundir ha terminado su jornada laboral (Anexo G: Variación pedidos).

### **4.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

#### **4.5.1 Identificación de factores que influyen en el proceso de distribución del concreto.**

De las causas identificadas en el numeral 5.4, se seleccionaron las que generan mayor impacto en el proceso de distribución del concreto, en la tabla 2 se identifica el proceso al que afecta cada una de ellas y se resaltan aquellas que afectan directamente el proceso de distribución.

Tabla 2. Procesos que afecta cada factor (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Causa	Proceso afectado
Demoras en recorrido	Distribución
Demoras en el descargue del concreto	Distribución
Paradas no programadas del proceso de producción	Producción
Programación incorrecta de personal	Producción
Errores de comunicación entre el centro de servicio y el departamento de producción	Producción
Alteraciones de calidad en la Materia Prima	Producción

#### 4.5.2 Hallazgos.

A continuación se describen de manera específica la información de las causas que influyen en el proceso de distribución, encontrados a partir del consolidado de los datos históricos de 7281 viajes realizados en el tiempo de estudio.

- En la tabla 3 se puede observar que el tiempo de distribución y colocación, representa en promedio el 93,68% del tiempo de ciclo, el cual está conformado por la suma del tiempo de producción, distribución y colocación.

Tabla 3. Tiempos de producción, distribución y colocación (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Ítem	Tiempo	% de tiempo
Tiempo promedio de producción	0:08:30	6,32%
Tiempo promedio de distribución y colocación	2:05:55	93,68%
Tiempo promedio total	2:14:25	100

- De acuerdo a la información de la tabla 4, en promedio el tiempo de distribución es 02:05:55, del cual el tiempo promedio en obra es el 53,22% y el tiempo promedio por recorrido es el 46,78% (Tabla 6: Porcentaje de tiempo de ciclo, tiempo en obra y tiempo en recorrido).

Tabla 4. Promedio de tiempo de ciclo, tiempo en obra y tiempo en recorrido (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Ítem	Promedio de Tiempo ciclo	Promedio de Tiempo en obra	Promedio de Tiempo en recorrido total
Línea 1	2:04:52	1:08:17	0:56:35
Línea 2	1:59:48	1:06:25	0:53:23
Suratá	2:10:03	1:06:11	1:03:52
<b>Total general</b>	<b>2:05:55</b>	<b>1:07:01</b>	<b>0:58:54</b>

Tabla 5. Porcentaje de tiempo de ciclo, tiempo en obra y tiempo en recorrido (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Ítem	Tiempo	% de tiempo
Promedio de Tiempo en obra	1:07:01	53,22%
Promedio de Tiempo en recorrido total	0:58:54	46,78%
Promedio de Tiempo ciclo	2:05:55	100

- El tiempo promedio que se demora en llegar la mixer a la obra después de la hora programada es 00:47:13. El 80% de los 7281 viajes son realizados al 20% de las 153 obras, las cuales fueron tomadas para realizar el análisis correspondiente como se evidencia en la tabla 7.
- De las 153 obras, de acuerdo a la tabla 8 en el 13,73% las mixer exceden en promedio 00:25:32 el tiempo máximo permitido en obra, siendo este 01:30:00.
- Teniendo en cuenta la distancia de cada obra con respecto a la planta más cercana, el 28% del total de los viajes, las mixer exceden el tiempo promedio recorrido.

Para evaluar la importancia de cada uno de los factores que influyen en el incumplimiento de las entregas, se hizo un análisis a través de la herramienta diagrama de Pareto, en la tabla 9 se presentan las frecuencias con las que ocurre cada factor.

Tabla 6. Promedio de tiempo de demora (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Obras	Promedio de tiempo de demora	Viajes	% Frecuencia acumulada
CMO_CENTRO MEDICO Y ODONTOLOGICO	0:39:32	730	10,0
HOSPITAL INTERNACIONAL DE COLOMBIA	0:42:03	529	17,3
SACROMONTE FASE II	0:51:32	403	22,8
PANAMERICANA LIBRERÍA Y PAPELERÍA	0:46:25	349	27,6
CAMPO MADRID ETAPA 1	0:40:06	316	32,0
LA INMACULADA ETAPA 2	1:07:08	308	36,2
LA INMACULADA FASE 1	1:08:56	276	40,0
TORRE DEL VENTO	0:39:08	276	43,8
CAMPO MADRID ETAPA 2	0:28:30	252	47,2
CONJUNTO RESIDENCIAL BARANOA	0:54:06	235	50,5
ROSARIO II	0:46:09	215	53,4
VIAS SANTANDER EL PLAYON	1:27:09	212	56,3
EDIFICIO SAN FRANCISCO DE PAULA	0:42:33	174	58,7
BALCONES DE VIZCAYA	0:46:09	146	60,7
ARBORETO PARQUE RESIDENCIAL	0:31:08	141	62,7
RESERVA CAÑAVERAL CONDOMINIO CLUB	0:49:09	139	64,6
PROYECTO CONDOMINIO BELMARE	0:54:35	138	66,5
GIRONELA TORRE 3	0:55:15	132	68,3
SACROMONTE	0:53:14	117	69,9
EMBALSE RIO TONA	0:59:34	97	71,2
MADEIRA	0:49:07	96	72,5
TRIBECCA 2	0:45:06	89	73,8
TORRES DEL BICENTENARIO TORRE 4	0:49:08	81	74,9
INTERCAMBIADOR EL BOSQUE	0:40:32	74	75,9
CONCRETO RETIRADO SURATA	0:03:02	70	76,8
EDIFICIO QUINTA REAL	0:34:56	63	77,7
PUENTE VEHICULAR EL BOSQUE	0:55:43	62	78,6
CIUDADELA JORGE RIOS CORTES	0:30:08	60	79,4
VILLA MARCELA 2	0:59:07	60	80,2

Tabla 7. Promedio de tiempo excedido en obra (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Obra	Viajes	Promedio de Tiempo en obra	Tiempo promedio excedido
ALCANTARILLADO LOS SANTOS	12	1:33:33	0:03:33
BODEGA PASTAS GAVASSA	1	1:50:00	0:20:00
CABANA LA CIMA CASA 42	5	1:51:24	0:21:24
CANCHA LA JUVENTUD	4	2:10:45	0:40:45
CIUDADELA JORGE RIOS CORTES	60	1:38:09	0:08:09
CMO_CENTRO MEDICO Y ODONTOLOGICO	730	2:20:42	0:50:42
EDIFICIO ALTO ANGEL	1	1:51:00	0:21:00
EMBALSE RIO TONA	97	1:52:41	0:22:41
ESTABILIZACION VIA ZAPATOCA	32	3:06:48	1:36:48
GIRONELA TORRE 3	132	1:48:13	0:18:13
LUXE	1	2:02:00	0:32:00
OBRA SAN ANTONIO DEL CARRIZAL	21	1:38:06	0:08:06
PANAMERICANA LIBRERÍA Y PAPELERÍA	349	1:30:47	0:00:47
PISOS PLANTA ELECTRICA	4	1:47:30	0:17:30
PLACA COLORADOS	1	1:34:00	0:04:00
PLACA GUSTAVO NUEVA BOSCONIA	1	2:05:00	0:35:00
PLACA MASTER	1	1:35:00	0:05:00
PLACA TERRAZAS	1	1:34:00	0:04:00
PLAZA DE MERCADO PIEDECUESTA	6	3:19:40	1:49:40
PROYECTO ALVAREZ	2	1:30:30	0:00:30
TECNOFIJACIONES SIERRA COLINA	7	1:46:26	0:16:26
		1:55:32	0:25:32

Tabla 8. Frecuencia de factores identificados (Período de estudio: 6 de agosto de 2014 a 6 de noviembre de 2014).

Factor	Frecuencia	% de frecuencia relativa	% de frecuencia acumulada
Demoras en obra	2396	80,03	80,03
Demoras en recorrido	598	19,97	100,00
Total	2994	100	

Se puede observar que el factor que se presenta con mayor frecuencia son las demoras en el descargue del concreto. En la empresa no se cuenta con registro de esta información, a continuación se presenta un diagnóstico detallado de las causas de este según el coordinador de producción:

- El 60% de las veces, las obras aún no tienen el elemento listo (viga, zapata, placa, columna, entre otras).

- El 20% de las veces el armado de la tubería para las bombas no se encuentra listo para atender el bombeo en las obras
- El 20% de las veces hay más de una mixer esperando en la misma obra.

De igual manera, a continuación se presentan las causas de las demoras en el recorrido, según el coordinador de producción y los agentes de servicio.

- El 50% de las veces se presenta tráfico vehicular y debido a que no se cuenta con sistemas georeferenciadores, no se identifican las rutas óptima para llegar al cliente.
- El 30% de las veces la dirección que se encuentra en el sistema está errada.
- El 20% de las veces se despacha el concreto desde la planta no óptima, es decir, se presentan fallas en la asignación de los pedidos.

De acuerdo al diagrama 1, en la tabla 9 se mencionan las causas raíz de los procesos que afectan la distribución del concreto y se determinan las que son controlables por la compañía.

Tabla 9. Factores controlables y no controlables por la compañía.

Ítem	Controlable	No Controlable
Tiempos de ciclo no actualizados	X	
Tráfico Vehicular		X
Presencia de más de una mixer en la misma obra	X	
Las bombas no se encuentran disponibles		X
Las obras no están listas		X
Cambios en la programación		X

Teniendo en cuenta las causas controlables, en el numeral 6 se presentan las propuestas de mejora correspondientes al proyecto de grado, las cuales son:

- Actualización de los tiempos de ciclo para cada zona.
- Diseño de un modelo matemático para la asignación de plantas en la ciudad de Bucaramanga.
- Indicadores logísticos con el fin de controlar y mejorar el proceso.

- Estado del arte de sistemas georeferenciadores utilizados en el mercado.

## **5. PROPUESTA DE MEJORA: ACTUALIZACIÓN TIEMPOS DE CICLO Y MODELO MATEMÁTICO**

De acuerdo con el diagrama 1, en este ítem se presenta la actualización de los tiempos de ciclo y el planteamiento de un modelo matemático que permite asignar los pedidos a cada planta con el fin de atenuar las causas relacionadas con el Recurso Humano (fallas en la programación de personal), recorrido (tiempos de ciclo no actualizados) y métodos y procedimientos (Falta de programación entre el centro de servicios y el departamento de producción).

### **5.1 TIEMPOS DE CICLO PROMEDIO PARA CADA ZONA**

De acuerdo con el área comercial, se actualizaron los tiempos promedios para las 15 zonas de distribución de concreto que se tenían establecidas en Bucaramanga y su área metropolitana, y se incluyeron 3 zonas a las que se está despachando actualmente.

El estudio de tiempos, se realizó a través de datos históricos que se tenían registrados en las remisiones de cada viaje. Se creó la base de datos en un documento de Excel con los 7281 viajes realizados en el periodo de tiempo estudiado y a través de tablas dinámicas se obtuvo la información necesaria para actualizar los tiempos en cada zona.

En la tabla 10, se encuentran los valores promedio de los tiempos de ida despachando desde cada planta hasta cada zona establecida. De igual manera, con el fin de parametrizar franjas de tiempo para el modelo matemático se encuentran los valores aproximados a 20 minutos.

En la tabla 11, se encuentran los valores promedio de los tiempos de ciclo despachando desde cada planta hasta cada zona establecida. De igual manera, con el fin de parametrizar franjas de tiempo para el modelo matemático se encuentran los valores aproximados a 20 minutos.

Tabla 10. Tiempo de ida desde cada planta a las zonas del Área Metropolitana de Bucaramanga (6 de noviembre de 2014)

Zona	Ruta	Tprom (min) Línea 1 y Línea 2	Taprox (min) Línea 1 y Línea 2	Tprom (min) Suratá	Taprox (min) Suratá
Cañaveral	100001	29	20	380	380
Cenfer	100002	38	40	380	380
Chimitá	100003	33	40	41	40
Floridablanca	100004	25	20	50	60
Girón	100005	39	40	41	40
<b>Lebrija</b>	<b>100006</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>73</b>	<b>80</b>
Los Santos	100007	135	140	380	380
Norte	100008	36	40	27	20
Occidente	100009	36	40	36	40
Oriente	100010	36	40	42	40
Piedecuesta	100011	26	20	47	40
Playón	100012	99	100	81	80
Provenza	100013	29	20	41	40
Ruitoque	100014	41	40	380	380
Sur	100015	29	20	56	60
<b>Tona</b>	<b>100016</b>	<b>91</b>	<b>100</b>	<b>56</b>	<b>60</b>
<b>Zapatoca</b>	<b>100017</b>	<b>134</b>	<b>140</b>	<b>153</b>	<b>160</b>
Ruitoque Cond	100018	69	60	380	380

Tabla 11. Tiempo de ciclo de cada planta a las zonas del Área Metropolitana de Bucaramanga (6 de noviembre de 2014)

Zona	Ruta	Tprom (min) Línea 1 y Línea 2	Taprox (min) Línea 1 y Línea 2	Tprom (min) Suratá	Taprox (min) Suratá
Cañaveral	100001	110	120	820	820
Cenfer	100002	126	120	820	820
Chimitá	100003	118	120	212	220
Floridablanca	100004	104	100	154	160
Girón	100005	128	120	139	140
<b>Lebrija</b>	<b>100006</b>	<b>216</b>	<b>220</b>	<b>192</b>	<b>200</b>
Los Santos	100007	306	300	820	820
Norte	100008	125	120	114	120
Occidente	100009	130	140	137	140
Oriente	100010	126	120	137	140
Piedecuesta	100011	116	120	153	160
Playón	100012	259	260	217	220

Provenza	100013	122	120	135	140
Ruitoque	100014	135	140	820	820
Sur	100015	112	120	164	160
<b>Tona</b>	<b>100016</b>	<b>210</b>	<b>220</b>	<b>162</b>	<b>160</b>
<b>Zapatoca</b>	<b>100017</b>	<b>315</b>	<b>320</b>	<b>312</b>	<b>320</b>
Ruitoque Cond	100018	184	180	820	820

## 5.2 MODELO MATEMÁTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE PLANTAS Y PROGRAMACIÓN DE PEDIDOS

En este ítem se presenta el desarrollo del modelo para la asignación de plantas de acuerdo a la programación de pedidos.

En la primera parte se muestra la metodología de programación propuesta, teniendo en cuenta la bibliografía consultada, la experiencia laboral del tutor y la experiencia académica del director y del autor del proyecto.

### 5.2.1 Metodología de programación.

De acuerdo a la identificación de los factores que influyen en el proceso de distribución del concreto expuesto en el numeral 4.5.1, se planteó el modelo de asignación descrito en el numeral 5.2.2. Con la implementación de este, se busca.

- Disminuir los tiempos de recorrido de los vehículos, lo que implica una disminución en los costos de operación.
- Aumentar el nivel de cumplimiento de los pedidos programados.
- Aumentar la disponibilidad de equipos.
- Evitar demoras que afecten el cumplimiento de los demás pedidos.
- Controlar las jornadas laborales de los agentes de servicio.

Para la formulación del modelo, se tuvo en cuenta las 18 zonas descritas en el numeral 5.1 que tienen un tiempo de ida y vuelta asociado, sumado al tiempo de descargue que en promedio es 1 hora.

### 5.2.2 Formulación del modelo.

El planteamiento del modelo de asignación es el siguiente:

- **Objetivo:** Minimizar los tiempos.
- **Subíndices:**
  - $i = \textit{Plantas} \rightarrow i = 1, 2.$

La planta 1 corresponde a la unión de las plantas Línea 1 y Línea 2, se toma la decisión de unirlos porque su ubicación es la misma. La planta 2 corresponde a Surata.

- $j = \textit{Zonas} \rightarrow j = 1, 2, \dots, 18.$

De acuerdo a las zonas establecidas en el punto 5.1 se tienen 18 zonas en el área metropolitana de Bucaramanga.

- $t = \textit{Franjas de tiempo} \rightarrow t = 1, 2, \dots, 48.$

Se establecieron 48 franjas de tiempo, debido a que el horario de trabajo es desde las 06:00 horas hasta las 22:00 horas, y cada franja de tiempo hace referencia a 20 minutos, tiempo al cual se aproximó el promedio de los tiempos de ciclo.

- **Parámetros:**
  - $CP_i = \textit{Capacidad de producción de la planta } i.$

Teniendo en cuenta que la capacidad de la planta 1 es el doble de la capacidad establecida, la capacidad de la planta 1 es 4 viajes en cada franja de tiempo y la capacidad de la planta 2 es 2 viajes en cada franja de tiempo.

- $D_{jt} = \textit{Demanda de la zona } j \textit{ en el tiempo } t.$

Esta demanda varía todos los días y se tiene disponible a las 19:00 horas del día anterior. Está dada en cantidad de viajes.

○  $Tm_{ij}$  = *Tiempo de ida, descargue y vuelta de la planta i a la zona j.*

Este tiempo está dado en franjas de tiempo.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>1</b>	6	6	6	5	6	11	15	6	7	6	6	13	6	7	6	11	16	9
<b>2</b>	41	41	11	8	7	10	41	6	7	7	8	11	7	41	8	8	16	41

• **Variables:**

○  $X_{ijt}$  =

*Cantidad de viajes a realizar desde la planta i a la zona j en el tiempo t.*

○  $DV_{it}$  = *Disponibilidad de Vehículos en la planta i en el tiempo t.*

○  $DC_{it}$  = *Disponibilidad de Conductores en la planta i en el tiempo t.*

○  $u$  =

*Apertura de la planta 2 (será 1 si se abre la planta 2 y 0 si no se abre).*

○  $C_{it}$  = *Cantidad de conductores requeridos en la planta i en el tiempo t.*

○  $z$  = *Franjas de tiempo total*

• **Modelo Matemático:**

○ Minimizar TT

$$z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{18} \sum_{t=1}^{48} (Tm_{ij} * X_{ijt}) + 100000u$$

El modelo busca minimizar la sumatoria de los tiempos, los cuales son resultados del tiempo de ida, descarga y vuelta del vehículo desde la planta i hasta la zona j multiplicado por el número de viajes despachados en todas las franjas de tiempo. El segundo término de la expresión, incluye la variable binaria u que será 1 si se abre la planta 2 y 0 si no se abre y una penalización que busca que la planta 2 sólo sea abierta si es necesario y cumple con las restricciones mencionadas; será causada si se abre la planta 2.

- **Restricciones (Anexo H: Restricciones del modelo)**

- i. Apertura de la planta 2
- ii. Demanda
- iii. Disponibilidad de vehículos
- iv. Disponibilidad de conductores

### **5.2.3 Conclusiones del modelo**

El modelo matemático presentado en el numeral 5.2.2 se corrió con tres conjuntos de datos de demanda, que corresponden a una situación hipotética de pedidos programados. El programa Gams versión gratuita 24.5.3 no pudo dar solución, dado la complejidad del modelo; por lo que fue necesario correrlo en la versión 23.9.5, el cual dio respuesta en un tiempo de procesamiento de 0.016 segundos, lo que permite dar solución oportuna a un problema operacional de asignación de plantas. Se encontraron los siguientes resultados:

- El modelo arroja la programación que se llevará a cabo y de acuerdo con el tutor y el director, los resultados son consistentes con los resultados esperados. A partir del momento, el modelo entra en una etapa de validación en la empresa, con el fin de realizar las programaciones diarias de acuerdo con los pedidos reales de los clientes.
- En la medida en que se presenten cambios, debido a demora en las obras, tráfico vehicular o modificación de pedidos, se podrán reprogramar los pedidos en tiempo real.

En el anexo I se muestra el conjunto de datos planteados y los resultados que arrojó la programación del modelo.

## **6. OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA**

En este ítem se presenta un sistema de indicadores logísticos y el estado del arte de 3 empresas que ofrecen sistemas georeferenciadores, con el fin de atenuar las causas relacionadas con el recorrido (tiempos de ciclo no actualizados y tráfico vehicular) presentadas en el diagrama 1 y la falta de registro de la información registrado en la justificación.

### **6.1 SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICA**

A través de un sistema de indicadores se puede medir y controlar las variables significativas que afectan de manera positiva o negativa un proceso. Los indicadores de gestión permiten observar cada proceso e identificar las tendencias de cambio generadas, teniendo en cuenta los objetivos planteados.

Es fundamental lograr los objetivos planteados de manera eficiente, es decir entregar al cliente el producto solicitado, en el lugar y la hora pactada, con las características especificadas, la cantidad requerida y con la facturación correcta, empleando de manera óptima los recursos disponibles; para esto la implementación del modelo matemático descrito en el numeral 5.2 permite minimizar los tiempos de ciclo y por ende los costos del proceso de distribución, pero para poder conocer si se presentó una mejora significativa, es necesario medir y controlar el proceso.

A continuación se presentan los indicadores de gestión logística sugeridos para implementar en el proceso de distribución.

### 6.1.1 Pedidos entregados a tiempo.

Este indicador permite conocer cómo es el nivel de servicio que ofrece Cemex a sus clientes con respecto a la hora de entrega de sus productos. Para realizar los cálculos correspondientes se visualiza en SAP la hora de recepción establecida por el cliente y en el documento electrónico en el que se registran las horas a las que llega el producto a la obra, con el fin de determinar el porcentaje de pedidos que fueron despachados a tiempo.

La medición de esta información se llevará a cabo mensualmente con el fin de tomar las acciones correctivas necesarias para aumentarlo mes a mes.

En la tabla 12 se encuentra la información detallada de las características del indicador.

Tabla 12. Indicador Pedidos entregados a tiempo

	Nombre	Pedidos entregados a tiempo	
Objetivo	Conocer el nivel de efectividad en el cumplimiento de entrega del producto en la fecha y hora establecida con el cliente		
Definición	Nivel de cumplimiento de la compañía para realizar la entrega de los pedidos, en la fecha o periodo de tiempo pactado con el cliente		
Fórmula de cálculo	$\frac{\% \text{Pedidos entregados a tiempo}}{\text{No Pedidos entregados a tiempo en un periodo } X}$ = $\frac{\text{No total de pedidos entregados en un periodo } X}$	Unidades	%
Fuente de información	Numerador: Documento electrónico. Denominador: Sistema de información SAP		
Período de recopilación de datos	Mensual	Responsable	Coordinador de producción
Período de medición y análisis	Mensual	Responsable	Coordinador de producción

### 6.1.2 Pedidos entregados perfectos.

Este indicador permite conocer cómo es el nivel de servicio que ofrece Cemex a sus clientes con respecto a la entrega de sus productos completos, con las características especificadas, a la hora establecida, con la facturación correcta y la

calidad del producto es excelente. Para realizar los cálculos correspondientes se tiene en cuenta la información utilizada para el indicador descrito en el numeral 6.1.1, información suministrada por el centro de servicio y por el sistema de información SAP.

La medición de esta información se llevará a cabo mensualmente con el fin de tomar las acciones correctivas necesarias para aumentarlo mes a mes.

En la tabla 13 se encuentra la información detallada de las características del indicador.

Tabla 13. Indicador pedidos entregados perfectos

	Nombre	Pedidos entregados perfectos	
Objetivo	Conocer el nivel de efectividad en el cumplimiento de entrega del producto en la fecha y hora y con las condiciones establecidas con el cliente		
Definición	Nivel de cumplimiento de la compañía para realizar la entrega de los pedidos, con las condiciones del producto en la fecha y hora requeridas por el cliente		
Fórmula de cálculo	$\% \text{Pedidos entregados perfectos} = \frac{\text{No Pedidos entregados perfectos en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$	Unidades	%
Fuente de información	Numerador: Información registrada en los indicadores anteriores Denominador: Sistema de información SAP		
Período de recopulación de datos	Mensual	Responsable	Coordinador de producción
Período de medición y análisis	Mensual	Responsable	Coordinador de producción

### 6.1.3 Costo del proceso de distribución.

Este indicador permite conocer el porcentaje del costo de distribución del concreto sobre el costo total. Para realizar los cálculos correspondientes se tiene en cuenta la estructura de costos de la compañía.

La medición de esta información se llevará a cabo mensualmente con el fin de tomar las acciones correctivas necesarias para disminuirlo cada periodo.

En la tabla 14 se encuentra la información detallada de las características del indicador.

**Tabla 14. Indicador costo del proceso de distribución.**

	<b>Nombre</b>	Costo del proceso de distribución.	
<b>Objetivo</b>	Conocer el nivel de cumplimiento de entrega del producto establecido con el cliente		
<b>Definición</b>	Costo de distribución del concreto en Bucaramanga y su área metropolitana.		
<b>Fórmula de cálculo</b>	$\% \text{Costo de distribución} = \frac{\text{Costo de distribución}}{\text{Costo total}}$	<b>Unidades</b>	%
<b>Fuente de información</b>	Numerador: Estructura de costos Denominador: Estructura de costos		
<b>Período de recopilación de datos</b>	Mensual	<b>Responsable</b>	Jefe de operación
<b>Período de medición y análisis</b>	Mensual	<b>Responsable</b>	Jefe de operación

#### **6.1.4 Establecimiento del estado, umbral y rango de medición.**

En la tabla 15 se presenta el nombre del indicador, la fórmula con la que se calcula, el estado, el umbral y las posibles calificaciones que se obtienen según los resultados.

El estado del indicador, hace referencia al valor actual de este dentro de la compañía; teniendo en cuenta que en esta etapa se están proponiendo mejoras, el estado actual no aplica, porque no se tienen datos suficientes para calcular los valores.

El umbral del indicador, hace referencia al valor que se pretende alcanzar en el período de tiempo establecido; para determinarlo se tuvo en cuenta la experiencia de los trabajadores directamente relacionados con el proceso de distribución.

El rango de gestión del indicador se encuentra comprendido entre el valor mínimo y máximo que el indicador puede tomar.

**Tabla 15 Establecimiento del estado, umbral y rango de medición**

Indicador	Fórmula	Estado	Umbral	Mínimo	Máximo
<b>Pedidos entregados completos</b>	$\% \text{Pedidos entregados a tiempo} = \frac{\text{No Pedidos entregados a tiempo en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$	N/A	98 %	92%	100%
<b>Pedidos entregados perfectos</b>	$\% \text{Pedidos entregados perfectos} = \frac{\text{No Pedidos entregados perfectos en un período } X}{\text{No total de pedidos entregados en un período } X}$	N/A	96 %	92%	100%
<b>Costo del proceso de distribución</b>	$\% \text{Costo de distribución} = \frac{\text{Costo de distribución}}{\text{Costo total}}$	12,2 %	12 %	12,5 %	11,5 %

Se recomienda llevar el registro de los indicadores de forma electrónica en un formato como el presentado en la tabla 16, con el fin de tener fácil acceso a ellos e identificar los casos críticos para proponer mejoras al proceso en futuras oportunidades.

**Tabla 16. Registro de indicadores**

UMBRAL							
Indicador	Octubre	Noviembre	Diferencia Nov-Oct	Alerta	Diciembre	Diferencia Dic-Nov	Alerta
Pedidos entregados completos			Nov-Oct	1		Dic-Nov	1
Pedidos entregados perfectos			Nov-Oct	2		Dic-Nov	2
Costo del proceso de distribución			Nov-Oct	3		Dic-Nov	3
REAL							
Indicador	Octubre	Noviembre	Diferencia Nov-Oct	Alerta	Diciembre	Diferencia Dic-Nov	Alerta
Pedidos entregados completos			Nov-Oct	1		Dic-Nov	1
Pedidos			Nov-Oct	2		Dic-Nov	2

entregados perfectos							
Costo del proceso de distribución			Nov-Oct	3		Dic-Nov	3
<b>Indicador</b>	<b>Umbral</b>	<b>Real</b>	<b>Desviación</b>	<b>Alerta</b>			
Pedidos entregados completos				1			
Pedidos entregados perfectos				2			
Costo del proceso de distribución				3			

## 6.2 SISTEMAS GEOREFERENCIADORES EN EL MERCADO

Los sistemas georeferenciadores permiten conocer tiempos de desplazamiento, tiempos en la obra, rutas recorridas e informes de kilómetros recorridos, paradas con tiempo y ubicación, control de clientes visitados y control de entrada y salida de geocercas virtuales.

Además, permite identificar el conductor que maneja el vehículo, junto con su comportamiento, generando reportes automáticos al correo electrónico por excesos de velocidad, aceleradas y frenadas bruscas, tiempo de uso del vehículo y tiempo ralenti (tiempo en el que el vehículo se encuentra estacionado con el motor encendido).

Esta información ayuda a tomar de decisiones sobre la reprogramación de vehículos con datos reales y permite informar al cliente sobre el estado de su pedido en tiempo real. A continuación se presentan tres empresas que actualmente ofrecen el servicio de rastreo vehicular.

### 6.2.1 Visatel de Colombia S.A.S

Es una empresa que comercializa Productos basados en GSM / GPRS y GPS para locación segura y más rápida de mayor cobertura y de mínimo costo y el mejor desempeño, ideal para rastreo de flota (Camiones, Taxis, Rutas Escolares) y recuperación para empresas de seguros, etc. Emplean la cartografía de Google maps que la mantienen en permanente actualización. Para la flota de vehículos tienen el Atrack Ati. El AT1 (E) es el dispositivo de rastreo de vehículos más estable, con la flexibilidad del mecanismo de información personalizada para usuarios avanzados. En la figura 3 se visualiza este producto.

**Figura 3.** AT1. Dispositivo de rastreo.



Fuente: <http://visateldecolombia.com/atrack-at1.html>

Las características de este producto son:

- Antenas GPS y GSM.
- Tiempo real configurable seguimiento y registro por intervalo de tiempo, distancia, estado de encendido, la velocidad del vehículo o cambio de rumbo.
- GSM/GPRS Roaming configuración de preferencias.
- Antena GPS manipulado detección.

- Detección de aceleración (rotura Harsh y acelerar la medición).
- GPS/cuentakilómetros VSS.
- Encendido y el motor encendido/apagado de detección.
- Detección de exceso de velocidad.
- Usuario definido zonas Geofence.
- Control de horarios para todos los informes.
- Configuración de administración de energía configurable.

### **6.2.2 Rastreo**

Es una compañía colombiana de más de 10 años de experiencia en el área de la tecnología y soluciones satelitales. Esta empresa busca que las compañías tengan control absoluto y datos reales de lo que ocurre con sus bienes y que sin necesidad de estar en el momento, tengan la posibilidad de saber qué es lo que sucede en todo momento. Rastreo Colombia tiene un producto y servicio especial para flotas vehiculares. Rastreo instala un dispositivo de seguridad GPS que se instala de carácter oculto dentro de un botón de pánico instalado estratégicamente, un micrófono para la escucha interna dentro del vehículo y diferentes puertos que generan el control del vehículo remotamente.

La plataforma de rastreo ofrece:

- Posición exacta de su flota en tiempo real, a través de mapas digitales y fotos satelitales.
- Conocimiento de todo el trayecto del activo, con fecha, hora, velocidad y alertas.
- Visualización del estado del vehículo tales como: Encendido, apagado, en movimiento, parqueo o cualquiera de las combinaciones.
- Establecimiento GeoCercas en cualquier parte del territorio nacional dentro de las cuales le interese que circule el vehículo, o donde le interese que el vehículo no entre.

- Definición de paradas zonas de circulación permitidas y prohibidas.
- Avisos en caso de que se sobrepasa el límite de velocidad que se le establezca.
- Reportes históricos de las rutas, las veces que se han excedido la velocidad y de las alarmas generadas por los vehículos.
- Informes sobre si han estado utilizando el vehículo sin autorización.
- Sensor de temperatura dentro del vehículo.
- Comunicación visual y sonora dentro del vehículo.

### **6.2.3 Ultra S.A.**

Es una empresa Colombiana constituida en el año 1984. Por más de 28 años se ha dedicado a ofrecer soluciones para el sector automotriz, desarrollando sistemas electrónicos de seguridad los cuales han sido implementados en las diferentes ensambladoras de vehículos de Colombia y el Pacto Andino. Ultrack es la división que ofrece soluciones integrales en logística.

Específicamente Ultrack Flotas es la especialidad para la administración y el control de flotas de vehículos. Los sistemas satelitales de seguimiento y gestión de flotas ULTRACK ofrecen soluciones de seguridad, monitoreo y control de variables de la operación de las flotas de vehículos, maquinaria industrial, tráileres, contenedores y personas. El objetivo principal de estos sistemas consiste en utilizar potentes herramientas de información para optimizar los recursos y la operación logística de transporte de una empresa, incrementando la eficiencia y la productividad del negocio. Permite gestionar las siguientes variables:

- Ubicación
- Rutas
- Velocidad
- Control de encendido de los vehículos
- Kilometraje recorrido

- Temperatura de carga
- Perfil de manejo de los conductores

Las características generales que manejan los equipos de Ultrack son:

- Tecnología GSP/GPRS
- Permite integrar accesorios como terminales de datos, sensores de temperatura, medidores de combustible, sensor de aceleración/accidentes, etc.
- Batería de respaldo.
- Bajo consumo de energía.
- Memoria para almacenar información en caso de perder cobertura GPRS.
- Identificación de conductores, botón de pánico, entre otras.

En la figura 4 se muestran los equipos que hacen parte de Ultrack para el seguimiento y control de la flota

**Figura 4.** Equipos de seguimiento y control de flota de Ultrack



Fuente: <http://www.ultrack.com.co/web/portfolio/ultrack-flotas/>

#### 6.2.4 Conclusiones del GPS.

De acuerdo al estado del arte, las tres empresas que se averiguaron ofrecen a través de los sistemas georeferenciadores, servicios que permiten conocer la

ubicación real y a tiempo del vehículo, generar informes, tener datos de los recorridos y manejo del vehículo por parte de los conductores.

En la tabla 17 se puede observar un cuadro comparativo entre las empresas consultadas, teniendo en cuenta el costo de implementación, de mantenimiento y las características que ofrece. La información reportada en el cuadro, se puede observar de manera detallada en las cotizaciones de Visatel (Anexo J), Rastreo (Anexo K) y Ultra (Anexo L).

Se recomienda realizar una evaluación con el fin de adquirir el que mejor se ajuste a la necesidad de la compañía, teniendo en cuenta la relación costo/beneficio.

Tabla 17. Características Sistemas georeferenciadores.

Características	Visatel	Rastreo				Ultra
	Único	Básico	Medio	Alto	Full	Único
Plan	Único	Básico	Medio	Alto	Full	Único
Botón de pánico	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Reporte por tiempo	3 min	5 min	2 min	90 seg	60 seg	5 min
Consulta vía web	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado
Llamadas a central de monitoreo	N/A	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	N/A
Informes históricos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Plataforma Dispositivos Móviles	No	Si	Si	Si	Si	No
Informes estadísticos	Si	No	Si	Si	Si	Si
CERCAS VIRTUALES (Entrada y salida en zonas no permitidas)	Si	No	Si	Si	Si	Si
Horas de uso	Si	No	Si	Si	Si	Si
Velocidad Promedio	Si	No	Si	Si	Si	Si
Usuarios temporales	No	No	No	Si	Si	No
Consulta desde celular	Si	No	No	Si	Si	No
Alarmas en la página/e-mail	Si	No	No	Si	Si	Si
Apagado remoto	Si	No	No	No	Si	Si
Reporte de encendido y apagado	Si	No	No	No	Si	No
Promedio kilómetros recorridos	Si	No	No	No	Si	Si
Sensor de combustible	Si	No	No	No	Si	Si
Identificador del conductor	Si	No	No	No	No	No
Unidad GPS+Instalación	\$ 390.000	\$ 419.000	\$ 419.000	\$ 419.000	\$ 419.000	\$ 441.000
Servicio mensual	\$ 39.000	\$ 49.000	\$ 66.000	\$ 76.000	\$ 86.000	\$ 50.000

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- El diagrama causa-efecto (Espina de pescado) elaborado en la fase de diagnóstico, permitió identificar las causas que generaban el incumplimiento en las entregas del producto a los clientes y determinar las principales opciones de mejora. Para esto es importante contar con información real con el fin de realizar los análisis correspondientes y diseñar las propuestas de mejora ajustadas al contexto de la empresa
- De acuerdo con el diagnóstico realizado, se identificó que los principales problemas en el proceso de distribución de concreto se encontraban en las demoras en el recorrido y en el descargue del producto; y que los tiempos de ciclo (tiempos de recorrido más tiempo de cargue y descargue) no se encuentran actualizados porque no se tiene una herramienta que permita documentarlos, por ende ante cualquier reclamación de los clientes no se cuenta con información disponible para presentar.
- La asignación manual de los pedidos programados ha generado demoras e inconformidad en los clientes debido a que se incumple con las horas establecidas para la entrega del producto, generando aumento de tiempo ocioso y horas extras de los empleados y herramientas dispuestas para la colocación del concreto y estos sobrecostos deben ser asumidos por los clientes.
- Se diseñó un modelo de asignación teniendo en cuenta los tiempos de ciclo y recorrido actualizados, el cual permite conocer en cada planta la programación

requerida, la disponibilidad de vehículos y conductores, los conductores que se deben citar en cada franja de tiempo y si se debe abrir o no la planta de Suratá.

- Se establecieron tres indicadores logísticos con el fin de controlar y mejorar el proceso de distribución de manera permanente y con información actualizada.
- Se presentó la comparación de tres empresas que ofrecen sistemas georeferenciadores, que permiten conocer la ubicación real y a tiempo del vehículo; y a través de los informes que se pueden generar, tener datos de los recorridos y manejo del vehículo por parte de los conductores.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- De acuerdo con los beneficios y características de los sistemas georeferenciadores expuestos en el numeral 6.2 es importante que se evalúe la posibilidad de adquirir el que mejor le convenga a la empresa, teniendo en cuenta la relación costo beneficio, con el fin de aumentar el control sobre los vehículos y tener información en tiempo real de las vías por las que transitan.
- Se recomienda la implementación de un poka yoke en el sistema SAP para que al darle viaje a una mixer, se deban ingresar las horas del viaje anterior de llegada a la obra, salida de la obra y llegada a la planta, con el fin de tener información actualizada para hacer más eficiente el modelo matemático planteado y en caso de presentarse un reclamo tener información real y con fechas cercanas a la mano.
- Se sugiere la adquisición del software GAMS o WINQSB, ya que son especializados para solucionar problemas de asignación como el expuesto en el proyecto y la versión gratuita no fue capaz de correr el programa. De igual manera, es indispensable la capacitación en el uso de estos.

- Se recomienda evaluar la posibilidad de cobrar un costo adicional por tiempo de demora en las obras, con el fin de crear una relación ganar-ganar, para establecer en la prestación de servicio un tiempo de descargue que beneficie a Cemex y sus clientes.
- Se sugiere evaluar la posibilidad de cobrar un costo adicional por modificación del pedido, ya que de acuerdo al diagnóstico realizado, las constantes modificaciones generan fallas en la programación del personal y materias primas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANAYA TEJERO, Julio Juan. POLANCO MARIN, Sonia. Innovación y mejora de procesos logísticos. Madrid. Editorial ESIC; 2005.

ANONIMO. Herramientas para el análisis y mejora de los procesos. Artículo de internet <http://portal.funcionpublica.gob.mx:8080/wb3/work/sites/SFP/resources/LocalContent/1581/8/herramientas.pdf>. Consultado el 25 de agosto de 2014.

ARBONES MALISANI, Eduardo. La Empresa Eficiente: Aprovechamiento, producción y distribución física. Editorial Alfaomega.

ARIAS ALVAREZ, Joao Fernando. Mejoramiento de los procesos logísticos de la empresa Copservir Ltda. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

BALLOU, Ronald H. LOGÍSTICA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO. Parte IV, Estrategia de inventario. Quinta edición. Prentice Hall. México. 2004. Páginas 286-541.

BOWERSOX, Donald J. CLOSS, David J. y COOPER, M Bixby. Administración y Logística en la Cadena de Suministros. Segunda Edición. México. Mc Graw-Hill, 2007.

Cemex Colombia. Perfil de la compañía. <http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/PerfilCompania.aspx>. Consultado el 26 de septiembre de 2015.

CHASE, Richard. AQUILANO, Nicholas. Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. Mc Graw Hill. Duodécima Edición. 2009.

CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación. Tercera Edición, México: Pearson Education, 2008.

DIEZ DE CASTRO, Enrique. DISTRIBUCIÓN COMERCIAL. Parte III, Funciones de distribución. Segunda Edición. Mc Graw Hill. España. 1997. Páginas 216-256.

GARCÉS RAMÍREZ, CARLOS DUVÁN. Modelo de entregas directas para la reducción de costos logísticos de distribución en empresas de consumo masivo. Aplicación en una empresa piloto de Caldas. Proyecto de grado. Facultad de administración. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

GOMEZ ACOSTA, M.I. ACEVEDO SUAREZ, J.A. et. Al, La Logística Moderna en la Empresa. Volumen I. Editora LOGICUBA. La Habana. 2007.

GOMEZ ROSALES, María Margarita. PINZON MARIÑO, Carolina. RUIZ OJEDA, Dayana. SAAIBI SERRANO, Silvia Juliana. Mejoramiento de los procesos logísticos de Comertex S.A. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

HAKSPIEL RODRIGUEZ, María Alejandra. Mejoramiento del proceso logístico de despacho para materiales para la empresa Carbones del Cerrejón Limited. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

HILLIER LIEBERMAN. Investigación de operaciones. Séptima Edición, Mc Graw Hill. 2002.

MADRID CARDENAS, Leonardo. PACHECO LOPEZ, Silvia Inés. Mejoramiento del sistema logístico de la Distribuidora CHP Materiales para Construcción S.A. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

OROZCO PEREZ, Nathalia Lorena. Análisis y Mejoramiento del Proceso de Asignación de Equipos de Workover pertenecientes al gasto en pozos productores con fallas en el campo Casabe Alianza Ecopetrol-Schlumberger. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

ORTIZ, Néstor Raúl. Análisis y Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Publicaciones UIS.

PARRA FUENTES, María Liliana. Mejoramiento del Sistema Logístico en el supermercado Despensa Popular. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

RANGEL ALVAREZ, Víctor. SIERRA SANCHEZ, William Andrés. Mejoramiento de la cadena de suministro de Prevesa SAS. Proyecto de grado. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

TAHA, Hamdy A. Investigación de operaciones. Séptima Edición, México: Pearson Education. 2004.

UNIVALLE. Herramientas para la mejora continúa  
[http://gicuv.univalle.edu.co/documentos/documentos\\_divulgacion\\_socializacion/material\\_divulgacion/Guia\\_de\\_Mejora\\_Continua.pdf](http://gicuv.univalle.edu.co/documentos/documentos_divulgacion_socializacion/material_divulgacion/Guia_de_Mejora_Continua.pdf). Consultado el 18 de noviembre de 2014.

VERA M. Jorge. TRUJILLO L. Andrea. Factores relevantes de calidad en el servicio en el sector de concreto en el mercado de clientes pequeños y de hogar. Panorama Socioeconómico año 31, N° 46, p 14-28 (Julio 2013).

## ANEXOS