

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN  
DE HORMIGÓN PREMEZCLADO EN READY MIX**

Proyecto de Grado para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial

**POR: VLADIMIR MARINO ADUVIRI**

**TUTOR: ING. M.SC. OSWALDO FERNANDO TERÁN M.**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**Marzo, 2019**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de Grado:

**OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN  
DE HORMIGÓN PREMEZCLADO EN READY MIX**

Presentado por: Univ. Vladimir Marino Aduviri

Para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Nota numeral:.....

Nota literal:.....

Ha sido:.....

Director de la Carrera de Ingeniería Industrial:

Ing. M. Sc. Franz Zenteno Benitez .....

Tutor: Ing. M. Sc. Oswaldo F. Terán Modregón .....

Tribunal: Ing. Miguel Yucra Rojas .....

Tribunal: Ing. Mónica Lino Humerez .....

Tribunal: Ing. Anaceli Espada Silva .....

Tribunal: Ing. Félix Orellana Sánchez .....

## **DEDICATORIA**

Que sea para la Gloria de Dios el poder alcanzar esta meta en mi vida.

También dedico este trabajo a mi mamá Eusebia Aduviri Vda. de Marino, que a través de su ejemplo me ha enseñado que: “Querer es Poder”.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por un día más de vida, por enseñarme a vivir y andar en este camino, todo lo bueno que vaya a lograr Señor, sea para tu honra y gloria.

A Jesús por acompañarme siempre, por interceder ante Dios todo poderoso y ayudarme a crecer.

A mi maravillosa madre por todo el sacrificio, este logro, es fruto de sus largas horas de trabajo y constante amor maternal. Gracias de corazón.

A mi padre (Q.E.P.D), por enseñarme la importancia de la lectura, con su ejemplo.

A mi hermana, por siempre irradiar, esa luz de esperanza en los caminos que quiero seguir, gracias porque a través de tu camino pude construir el mío.

A mis apreciados docentes, para mí fue un honor cursar sus materias, cada uno formó aristas de mi vida profesional y doy gracias por todos sus buenos consejos y algo que deben saber es que siempre recuerdo sus clases, porque son la base para resolver una serie de requerimientos y problemas en el día a día de mi trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. M. Sc. Oswaldo Terán Modregón por el apoyo y paciencia durante la elaboración, culminación y defensa de este Proyecto de Grado.

A Paul, más que un compañero de trabajo, mi sensei, en el ámbito profesional, alguien que siempre hace más de lo que se necesita. Gracias por tu amistad y ejemplo.

Agradecer por la guía y el constante apoyo profesional de Hercilia y Carola.

A Ready Mix, por la confianza en el desarrollo de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. ANÁLISIS DE CAUSAS DEL PROBLEMA.....	5
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	6
1.5. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.7. META DEL PROYECTO .....	7
1.8. JUSTIFICACIÓN .....	7
1.8.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA SOCIAL.....	7
1.8.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	8
1.8.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA .....	8
1.8.4. JUSTIFICACIÓN LEGAL .....	9
1.9. ALCANCE.....	9
CAPITULO 2. LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN.....	10
2.1. PROCESOS DE MEJORA CONTINUA .....	10
2.1.1. REINGENIERIA DE PROCESOS.....	10
2.1.1.1. PRINCIPIOS DE LA REINGENIERÍA .....	10
2.1.1.2. PAUTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	13
2.1.2. INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	13
2.1.2.1. DIAGRAMAS DE PROCESO.....	14
2.1.2.2. CURSOGRAMA SINÓPTICO .....	16
2.1.2.3. CURSOGRAMA ANALÍTICO .....	17
2.2. LOGÍSTICA .....	18
2.2.1. CADENA DE SUMINISTROS.....	20
2.2.2. CADENA DE ABASTECIMIENTO .....	20
2.2.3. ELEMENTOS DE LA CADENA LOGÍSTICA .....	20
2.2.4. ANÁLISIS DE LA CADENA LOGÍSTICA.....	21

2.2.5. ACTIVIDADES LOGÍSTICAS .....	22
2.2.6. FACTORES FOCO DE LA LOGÍSTICA.....	23
2.2.6.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	23
2.2.7. LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA .....	25
2.2.7.1. CARACTERIZACIÓN DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA.....	25
2.2.7.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TRANSPORTE TERRESTRE.....	25
2.2.7.3. COSTOS DEL TRANSPORTE DE CARGA .....	26
2.2.7.4. INDICADORES DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN ...	27
2.2.7.4.1. INDICADORES DE UTILIZACIÓN.....	27
2.2.7.4.2. INDICADORES DE RENDIMIENTO .....	28
2.2.7.4.3. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD .....	29
2.3. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN .....	29
2.3.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN APLICADOS AL TRANSPORTE Y LA DISTRIBUCIÓN .....	29
2.3.1.1. SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE (TMS) .....	30
2.3.1.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN (DMS, GIS y YMS) .....	32
2.3.1.3. SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN SATELITAL (GPS).....	33
2.3.1.3.1. PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y SISTEMAS.....	34
2.3.1.3.1.1. CONECTIVIDAD .....	34
2.3.1.3.1.2. SISTEMA CELULAR GSM/GPRS .....	34
2.3.1.3.1.3. CARTOGRAFÍA.....	34
2.3.1.3.1.4. SERVIDORES DE SISTEMA .....	35
2.3.1.3.1.5. SOFTWARE DE MONITOREO Y GESTIÓN.....	35
CAPITULO 3. LA EMPRESA.....	36
3.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....	36
3.2. MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA.....	37
3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA EMPRESA .....	38
3.3.1 RECEPCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL.....	38
3.3.2 PROGRAMACIÓN DE DESPACHO.....	38
3.3.3 DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO.....	38
3.3.4 PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN .....	38

3.3.5	CARGUÍO DE VOLQUETES .....	39
3.3.6	PRODUCCIÓN CARGUÍO DE MIXER .....	39
3.3.7	ENTREGA DE PRODUCTO EN OBRA.....	39
3.4.	PRODUCTOS DE LA EMPRESA.....	39
3.5.	MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	41
3.5.1.	CEMENTO .....	41
3.5.2.	AGREGADO .....	42
3.5.3.	AGUA43	
3.5.4.	ADITIVOS Y FIBRA.....	44
3.6.	MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA.....	44
3.7.	INFRAESTRUCTURA .....	47
3.8.	CAPACIDAD INSTALADA Y UTILIZADA .....	49
3.9.	DESARROLLO DE REGISTROS DE INFORMACIÓN .....	50
3.9.1.	CURSOGRAMA SINÓPTICO DEL PROCESO.....	50
3.9.2.	CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO.....	57
3.10.	FLUJO DE INFORMACIÓN DEL PROCESO .....	63
3.11.	ANÁLISIS DEL PRODUCTO.....	65
3.11.1.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO .....	65
3.11.2.	ANÁLISIS FUNCIONAL .....	65
3.11.3.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	65
3.11.4.	ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO.....	66
3.11.5.	ANÁLISIS TECNOLÓGICO.....	66
3.11.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	68
3.11.7.	ANÁLISIS COMPARATIVO .....	68
3.11.8.	ANÁLISIS RELACIONAL.....	70
3.11.9.	ANÁLISIS HISTÓRICO.....	70
3.11.10.	ANÁLISIS DEL CLIENTE.....	71
3.11.10.1.	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS CLIENTES .....	71
3.11.11.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	73
CAPITULO 4.	PROPUESTA DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN .....	76
4.1.	REDISEÑO DE PROCESOS .....	76

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL CICLO DEL CAMIÓN MIXER.....	76
4.1.2. FLUJO DE INFORMACIÓN PROPUESTO .....	78
4.1.3. CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO.....	79
4.2. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA.....	84
4.2.1. ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL .....	84
4.2.1.1. CICLO DEL ESTADO DEL CAMIÓN MIXER .....	84
4.2.1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PEDIDO DE DESPACHO .....	85
4.2.1.3. DATOS REQUERIDOS PARA MONITOREO .....	85
4.2.1.4. ALERTAS.....	86
4.2.1.5. INFORMES .....	87
4.2.1.6. CANTIDAD DE CAMIONES MIXER A MONITOREAR .....	88
4.2.1.7. USUARIOS DEL SISTEMA.....	88
4.2.1.8. INDICADORES DEL PROCESO.....	89
4.2.1.8.1. EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN.....	89
4.2.1.8.2. PUNTUALIDAD DE ENTREGAS.....	90
4.2.2. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA.....	91
4.2.3. SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN DEL PROCESO.....	92
CAPITULO 5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	93
5.1. INTRODUCCIÓN .....	93
5.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA .....	93
5.2.1. CONTROL DE PROCESOS .....	93
5.2.2. SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL.....	93
5.2.3. CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN.....	94
5.3. EVALUACIÓN CUANTITATIVA .....	94
5.3.1. EVALUACIÓN DE REGISTROS DE INFORMACIÓN.....	94
5.3.2. CÁLCULO DE INDICES DE PRODUCTIVIDAD .....	96
5.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	98
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	100
6.1. CONCLUSIONES .....	100
6.2. RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	105
ANEXOS .....	107
ANEXO A: ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	107
ANEXO B: SOFTWARE DE MONITOREO Y GESTIÓN .....	108
ANEXO B: PRONÓSTICO CANTIDAD PROGRAMADA Y DESPACHADA.....	109
ANEXO C: CUADRO DE INVERSIÓN.....	113
ANEXO D: FLUJO DE FONDOS PROYECTADO .....	114

## INDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1-1 RELACIÓN CAUSA-EFECTO .....	5
DIAGRAMA 2-1 EJEMPLO CURSOGRAMA SINÓPTICO.....	17
DIAGRAMA 2-2 EJEMPLO CURSOGRAMA ANALÍTICO (OPERARIO) .....	18
DIAGRAMA 3-1 CURSOGRAMA SINÓPTICO - SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1 .....	53
DIAGRAMA 3-2 CURSOGRAMA SINÓPTICO - SISTEMA DE PRODUCCIÓN 2 .....	54
DIAGRAMA 3-3 CURSOGRAMA SINÓPTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 3.....	55
DIAGRAMA 3-4 CURSOGRAMA SINÓPTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 4.....	56
DIAGRAMA 3-5 CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4.....	59
DIAGRAMA 3-6 CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4.....	60
DIAGRAMA 3-7CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1 .....	61
DIAGRAMA 3-8 CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1 .....	62
DIAGRAMA 4-1 CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4.....	80
DIAGRAMA 4-2 CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO– PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4.....	81
DIAGRAMA 4-3 CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1.....	82
DIAGRAMA 4-4 CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1 .....	83

## INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3-1 DESPACHOS (M3) – GESTIÓN 2017.....	75
GRÁFICO 5-1 EJECUCION DE LA PROGRAMACIÓN – GESTIÓN 2017.....	96
GRÁFICO 5-2 EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN – PROYECTADA (ABRIL-DIC 2018.....	97
GRÁFICO 5-3 EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN PROYECTADA Y META PLANTEADA.....	98



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 PRINCIPIOS DE LA REINGENIERÍA.....	12
FIGURA 2-2 MISIÓN LOGÍSTICA.....	19
FIGURA 2-3 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA CADENA LOGÍSTICA.....	21
FIGURA 2-4 CADENA DE VALOR.....	23
FIGURA 2-5 COSTOS DE TRANSPORTE.....	27
FIGURA 3-1 ALMACENAMIENTO DE CEMENTO.....	41
FIGURA 3-2 ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS.....	43
FIGURA 3-3 PISCINAS DE DECANTACIÓN Y FILTRACIÓN.....	43
FIGURA 3-4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL (READY MIX LA PAZ).....	46
FIGURA 3-5 INFRAESTRUCTURA DE PLANTA.....	48
FIGURA 3-6 BOMBA Y TUBERÍA PARA BOMBEO.....	49
FIGURA 3-7 FLUJO DE INFORMACIÓN - PRODUCCIÓN Y DESPACHO.....	64
FIGURA 4-1 CICLO DEL CAMIÓN MIXER.....	77
FIGURA 4-2 FLUJO DE INFORMACIÓN PROPUESTO.....	78

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 2-1 SIMBOLOS PARA DIAGRAMAS DE PROCESO .....	15
CUADRO 2-2 INDICADORES DE UTILIZACIÓN .....	28
CUADRO 2-3 INDICADORES DE RENDIMIENTO .....	28
CUADRO 2-4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD .....	29
CUADRO 3-1 MANO DE OBRA DIRECTA .....	44
CUADRO 3-2 MANO DE OBRA INDIRECTA .....	45
CUADRO 3-3 PERSONAL DE ADMINISTRACIÓN .....	45
CUADRO 3-4 CAPACIDAD INSTALADA EN M3 POR MES .....	49
CUADRO 3-5 PRECIO DEL PRODUCTO.....	68
CUADRO 3-6 ANÁLISIS COMPARATIVO MASA ROCA-HORMIGÓN.....	69
CUADRO 3-7 ANÁLISIS COMPARATIVO ACERO-HORMIGÓN .....	69
CUADRO 3-8 PROGRAMACIÓN DE DESPACHOS (M3) - GESTIÓN 2017.....	74
CUADRO 3-9 DESPACHOS (M3) - GESTIÓN 2017 .....	74
CUADRO 4-1 ESTADOS POR COLOR.....	84
CUADRO 4-2 INFORMES A GENERAR .....	87
CUADRO 4-3 PERIODICIDAD DE INFORMES .....	87
CUADRO 4-4 CAMIONES MIXER A MONITOREAR .....	88
CUADRO 4-5 USUARIOS DEL SISTEMA .....	89
CUADRO 4-6 REQUERIMIENTO TECNOLÓGICO .....	92
CUADRO 5-1 COMPARACIÓN DEL CURSOGRAMA ANALÍTICO – SISTEMAS 2, 3 y 4 .....	95
CUADRO 5-2 COMPARACIÓN DEL CURSOGRAMA ANALÍTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1.....	95
CUADRO 5-3 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	99

## RESUMEN

El presente proyecto de grado tiene como objetivo optimizar el proceso de distribución de hormigón premezclado que permitirá a Ready Mix incrementar el volumen de producto terminado entregado a sus clientes. Esto se logró mediante el rediseño, control y seguimiento en línea de su logística distribución para contar con la información del desempeño del proceso para la toma inmediata de decisiones.

En la situación sin proyecto la empresa no cuenta con las herramientas para controlar en tiempo real del desarrollo de la logística de distribución del hormigón premezclado y la información del mismo era obtenida después de la ejecución del proceso. Esta falta de control generó incumplimientos de la programación diaria de despachos a causa de tiempos prolongados en la entrega del producto al cliente, esta razón motiva a Ready Mix a buscar una solución que permita optimizar su proceso logístico.

Se estudió y analizó cada una de las actividades logísticas del proceso y características de demanda del producto, encontrando oportunidades de mejora, gracias al establecimiento de puntos de control en la logística de salida (distribución).

Considerando que el proceso en estudio se desarrolla fuera del alcance físico de la planta (por la entrega del hormigón hacia distintas obras de construcción dentro del área urbana), se diseña una solución tecnológica que comprende un software de monitoreo y gestión, alimentado por datos del proceso ejecutado por el camión mixer y enviada en tiempo real por un dispositivo GPS. Este diseño más que brindar una posición geográfica, convierte los datos en estados del ciclo del camión mixer, definidos por las actividades logísticas. Además brinda alertas ante desviaciones del proceso, para control en línea o análisis de históricos.

Esta tecnología aplicada a la logística de distribución permitirá el incremento del volumen de hormigón despachado y entregado al cliente, en un 13% más que en la situación sin proyecto, es decir de 80% de cumplimiento a 93% de cumplimiento a nivel nacional.

## ABSTRAC

The objective of this degree project is to optimize the distribution process of ready-mix concrete that will allow Ready Mix to increase the volume of finished product delivered to its customers. This was achieved through the redesign, control and online monitoring of their logistics distribution to have information on the performance of the process for immediate decision making.

In the situation without a project, the company does not have the tools to control in real time the development of the distribution logistics of ready-mixed concrete and the information of it was obtained after the development of the process. This lack of control generated breaches of the daily schedule of shipments because of extended times in the delivery of the product to the client, this reason motivates Ready Mix to find a solution that allows optimizing its logistics process.

We studied and analyzed each of the logistics activities of the process and product demand characteristics, finding opportunities for improvement, thanks to the establishment of control points in the logistics of output (distribution).

Considering that the process being studied is outside the physical scope of the plant (by delivering the concrete to different construction works within the urban area), a technological solution is designed that includes monitoring and management software, fed by data from the process executed by the truck mixer and sent in real time by a GPS device. This design, rather than providing a geographical position, converts the data into states of the truck mixer cycle, defined by logistic activities. It also provides alerts for deviations from the process, for online control or historical analysis.

This technology applied to distribution logistics will allow the increase in the volume of concrete dispatched and delivered to the customer, by 13% more than in the situation without a project, that is, from 80% compliance to 93% compliance at the national

## GLOSARIO

**PROCESO DE DISTRIBUCIÓN:** Conjunto de actividades y la planeación necesarias para mover el producto desde el final de una línea de producción hasta el consumidor final.

**OPTIMIZAR:** Acciones para el logro del mejor resultado basado en recursos disponibles y restricciones.

**REDISEÑO:** Observación y documentación del diseño actual para generar cambios fundamentados en el análisis y logro de resultados.

**EN TIEMPO REAL:** Para procesamiento de datos, es un sistema que está al día, brindando los resultados del objeto de monitoreo para la toma inmediata de decisiones.

**TIEMPOS DE ENTREGA:** Periodo necesario para llevar a cabo una actividad.

**PUNTOS DE CONTROL:** Eventos o actividades que deben ser monitoreados para medir el desempeño de un proceso.

**HORMIGÓN:** Denominado también concreto, es una mezcla de cemento, agregados (áridos), agua y aditivos que generan una reacción química produciendo un material adherente y de consistencia pétreo.

**SOLUCIÓN TECNOLÓGICA:** Resultado final soportado en la tecnología.

**SOFTWARE DE MONITOREO Y GESTIÓN:** Software dedicado y desarrollado para captar datos de un proceso (industrial, servicio, etc.) y responder a necesidades del negocio convirtiéndola en información vital para la toma de decisiones.

## **INTRODUCCIÓN**

El proceso de innovación de las empresas requiere continuos esfuerzos, al implementar herramientas integradas a la gestión de la cadena de suministro, que faciliten el aumento de la capacidad competitiva y de la capacidad para generar valor agregado a sus productos y procesos para mejorar constantemente el servicio al cliente. La implementación de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en la cadena logística de las empresas, constituye una aplicación a la vanguardia de las tecnologías de la información que hoy por hoy se están empleando para controlar en tiempo real el transporte y la distribución de carga, de esta manera poder contribuir a la misión de la logística, logrando que el producto requerido se encuentre en la cantidad solicitada, en el lugar demandado, en un tiempo específico y al costo mínimo. Estas tecnologías son bastantes efectivas para el mejoramiento de la utilización de los recursos de transporte, entre sus beneficios se encuentran la reducción del tiempo de trayecto de los viajes, del kilometraje en los vehículos, la disminución de los costos y el mejoramiento en las entregas a los clientes.

Los problemas del proceso logístico de distribución del hormigón premezclado en Ready Mix, son: El nivel de comunicación que se tiene con los operarios (conductor del camión mixer), las falencias de estas comunicaciones generan lead times prolongados y en consecuencia retrasos en la entrega del hormigón y retrasos en la preparación de la obra para el vaciado, esto generado por sus clientes, entre otros.

En este trabajo se desarrollará la solución tecnológica que permita controlar, en tiempo real, el proceso logístico de distribución del hormigón premezclado en Ready Mix, para incrementar los volúmenes de hormigón entregados al cliente. El estudio de proceso, permitirá identificar los puntos críticos de mejora y de control, que enviarán información en tiempo real, para la toma de decisión operativa.

## **CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Ready Mix es una marca de SOBOCE S.A. que cuenta con plantas hormigoneras en La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Tarija y Oruro.

El hormigón premezclado es dosificado en las plantas, puede ser mezclado en las mismas o en camiones mezcladores (camión mixer) durante el transporte hacia obra. Es un producto perecedero de alto grado, su tiempo de fraguado es de 2 a 3 horas, dependiendo de la región (temperatura y la humedad), por tal motivo es importante analizar su proceso de distribución con el fin de optimizarlo y controlar aquellas variables que puedan afectar la entrega de hormigón en tiempo y calidad (resistencia).

Es por eso que el equipo de producción y logístico de Ready Mix a nivel nacional, necesita realizar mejoras en el control de la ubicación y movimientos, en tiempo real, de su flota de camiones mixer, primordialmente, durante la distribución de hormigón premezclado a sus clientes, con el objetivo de incrementar el volumen de metros cúbicos de hormigón entregado por día a nivel nacional.

Las características metropolitanas de cada ciudad, el clima, la temperatura, el nivel de tecnología en las plantas, entre otros, afectan el ciclo de vida del hormigón, por lo que para evitar pérdidas del producto e incrementar el valor agregado hacia el cliente, es necesario realizar un análisis de causas de los problemas que se presentan diariamente.

La necesidad descrita anteriormente y la búsqueda de mejores resultados, han provocado que la Subgerencia Nacional de Tecnología y Procesos en coordinación con la Gerencia Nacional de Hormigones, Áridos y Prefabricados, decidan realizar una revisión y análisis

del proceso logístico de distribución de hormigón premezclado, para presentar una solución tecnológica, a los problemas descritos.

## **1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Se han identificado los siguientes problemas:

- Se tienen fallas en el cumplimiento de la programación diaria de despachos.
- Con frecuencia se tienen entregas impuntuales en algunas obras, por demoras del camión mixer en otra obra.
- El conductor del camión mixer, demora más en volver a planta que en llegar a obra, generalmente esto se da en las últimas horas de la jornada de trabajo.
- No se cuenta con el historial de rutas que sigue el camión mixer durante la entrega del hormigón premezclado y el retorno a planta.
- Algunos clientes no cumplen con las condiciones necesarias en obra para el vaciado del hormigón, lo que genera aglomeraciones de camiones mixer en obra y por consiguiente retrasos en las entregas programadas.
- Para el tiempo en el cual el camión sale de planta y se dirige hacia obra, se cuenta con un sistema de radio frecuencia, para la comunicación con el conductor del mixer, actualmente está medio de comunicación no es efectivo.
- No se cuenta con alertas de desempeño del proceso de distribución logística.
- No se cuenta con una herramienta para tomar decisiones en tiempo real, que permita minimizar el impacto de los retrasos en obra o en ruta y poder.
- El control de tiempos durante el despacho del hormigón es manual y a responsabilidad del conductor del camión mixer, por lo que no es posible contrastar esta información.
- Elevada carga administrativa propensa a errores en la transcripción de la información de las hojas de despacho, para tener el historial de viajes de los camiones mixers por entrega.

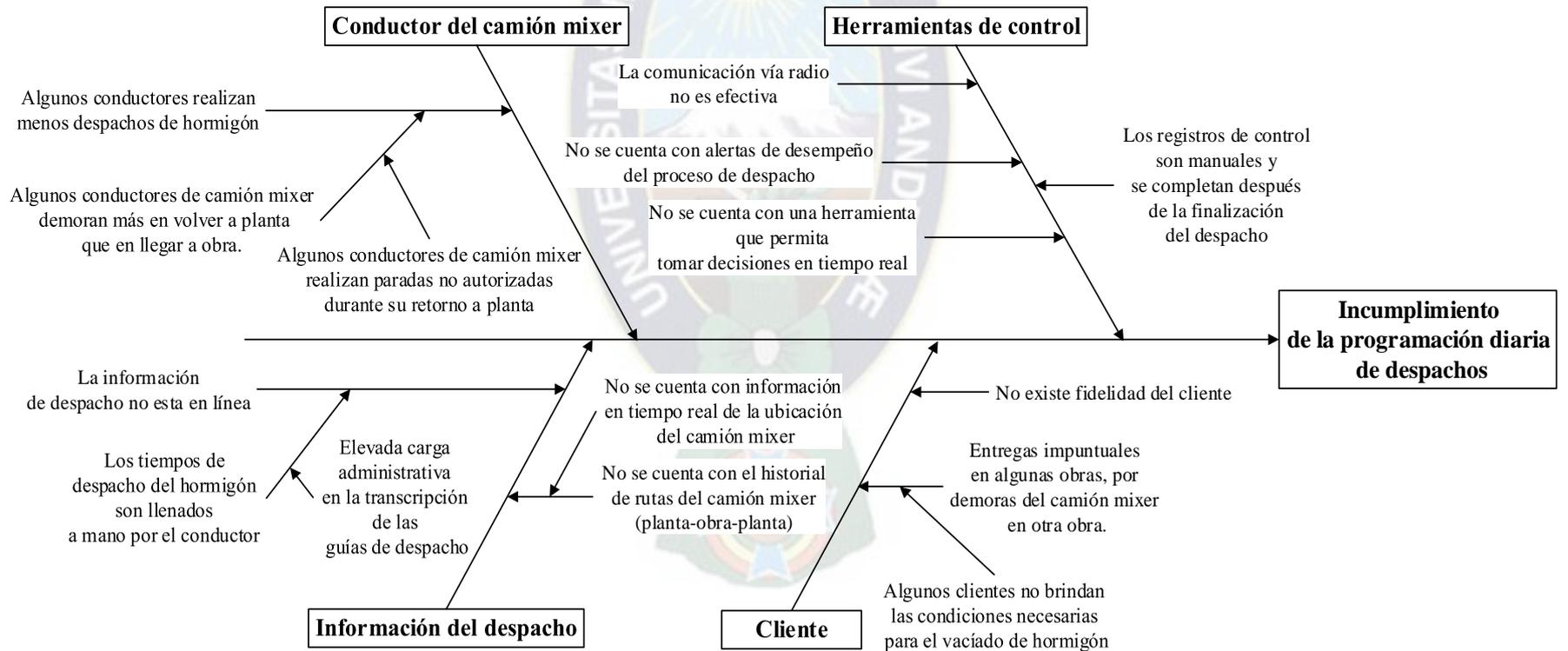
- Existen conductores que realizan menos despachos de hormigón premezclado que otros.
- La información de despacho no está en línea.
- Algunos conductores, realizan paradas no autorizadas durante la ruta obra a planta



### 1.3. ANÁLISIS DE CAUSAS DEL PROBLEMA

Basado en la identificación de problemas realizaremos una relación causa-efecto.

**DIAGRAMA 1-1 RELACIÓN CAUSA-EFECTO**



**FUENTE:** Elaboración con base en reuniones con Coordinadores de Logística de Ready Mix.

#### 1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Existen incumplimientos del proceso logístico de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix, los mismos se deben a lead time prolongados generados por diferentes causas. Por lo que para la solución del problema se deberá:

- a) Analizar y rediseñar el proceso logístico de distribución de hormigón.
- b) Analizar la logística de distribución del hormigón premezclado.
- c) Establecer la solución tecnológica para el control en tiempo real del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix y toma oportuna de decisiones.

**Unidad de Análisis:** Proceso Logístico de Distribución de hormigón premezclado de Ready Mix

**Espacio:** Ready Mix

**Variable Dependiente:** Lead Time de distribución de hormigón premezclado

**Variable Independiente:** Herramientas y métodos de control

#### 1.5. OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de distribución de hormigón premezclado en la empresa Ready Mix para mejorar el indicador del cumplimiento de la programación de despachos.

## **1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos específicos son:

- Identificar las variables del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix.
- Analizar la situación actual del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix.
- Establecer la solución tecnológica para el control del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix, mejorando las herramientas de control.
- Establecer la valoración económica del proyecto.

## **1.7. META DEL PROYECTO**

Con la realización del proyecto se ha definido alcanzar una meta del 93% en el cumplimiento de la programación de despachos.

## **1.8. JUSTIFICACIÓN**

Se tiene las siguientes justificaciones:

### **1.8.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA SOCIAL**

El proyecto de grado permitirá a Ready Mix generar incrementos en los ingresos por venta siendo que estos dependen del volumen de hormigón despachado y

entregado al cliente, que será mayor al reducir el lead time de distribución de hormigón premezclado.

Socialmente, el proyecto de grado, permitirá evitar congestiones vehiculares en zonas de mayor tráfico, en las cuales el camión mixer está obligado a estacionarse ante retrasos del cliente en el vacío de estructuras de su obra civil.

### **1.8.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

El diseño de la investigación tiene las siguientes características:

- El proceso de investigación será formal y estructurada.
- El análisis de datos será cuantitativo.
- El diseño es conclusivo.
- Los resultados generados, serán entradas para la toma de decisiones.

Basado en las características es una investigación Conclusiva y Causal.

### **1.8.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

El proyecto de grado permitirá la aplicación de herramientas de mejora continua, evaluación de proyectos y análisis de procesos de distribución logísticos revisadas en los cursos de la carrera de Ingeniería Industrial.

Además de esta aplicación el proyecto permitirá identificar los riesgos y ventajas que este tipo de análisis produce.

#### **1.8.4. JUSTIFICACIÓN LEGAL**

Desde el ámbito de SOBOCE S.A. se justifica la realización del proyecto porque la empresa promueve la mejora continua de sus procesos.

#### **1.9. ALCANCE**

El proyecto se realizara en la marca industrial Ready Mix cuyo alcance es a nivel nacional en las ciudades capitales de Bolivia, como ser La Paz, Santa Cruz, Cochabamba y Tarija. El estudio no comprende las plantas con instalación temporal como ser la Planta Ready Mix instalada por la Rehabilitación de la Autopista La Paz – El Alto.



## **CAPITULO 2. LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN**

### **2.1. PROCESOS DE MEJORA CONTINUA**

#### **2.1.1. REINGENIERIA DE PROCESOS**

“El replanteamiento fundamental y el rediseño radical de los procesos de negocio para lograr mejoras impresionantes en medidas críticas y contemporáneas del diseño, tales como costo, calidad, servicio y rapidez” (Hammer, citado por Chase, Jacob y Aquilano, 2005).

##### **2.1.1.1. PRINCIPIOS DE LA REINGENIERÍA**

Los principios de la reingeniería (Hammer, citado por Chase et al., 2005), son:

- a) *Organización con enfoque en resultados y no en actividades*: Se refiere a establecer pasos coordinados para alcanzar resultados, esto genera mayor rapidez y productividad
- b) *Los usuarios finales del resultado del proceso son los que deben realizar el trabajo*: El trabajo deber realizarse donde tenga más sentido realizarlo, sea dentro o fuera de la organización. Por ejemplo, un cliente podría llenar de forma personal sus datos, un proveedor podría administrar los inventarios de la empresa, una empresa de contabilidad podría llevar a cabo la contabilidad de la empresa.
- c) *Fusionar el procesamiento de la información con el trabajo que produce la información*: Significa que los responsables de recopilar la información deben ser los directos responsables de su procesamiento, de esta manera se evitan revisiones de información en otro punto del proceso.

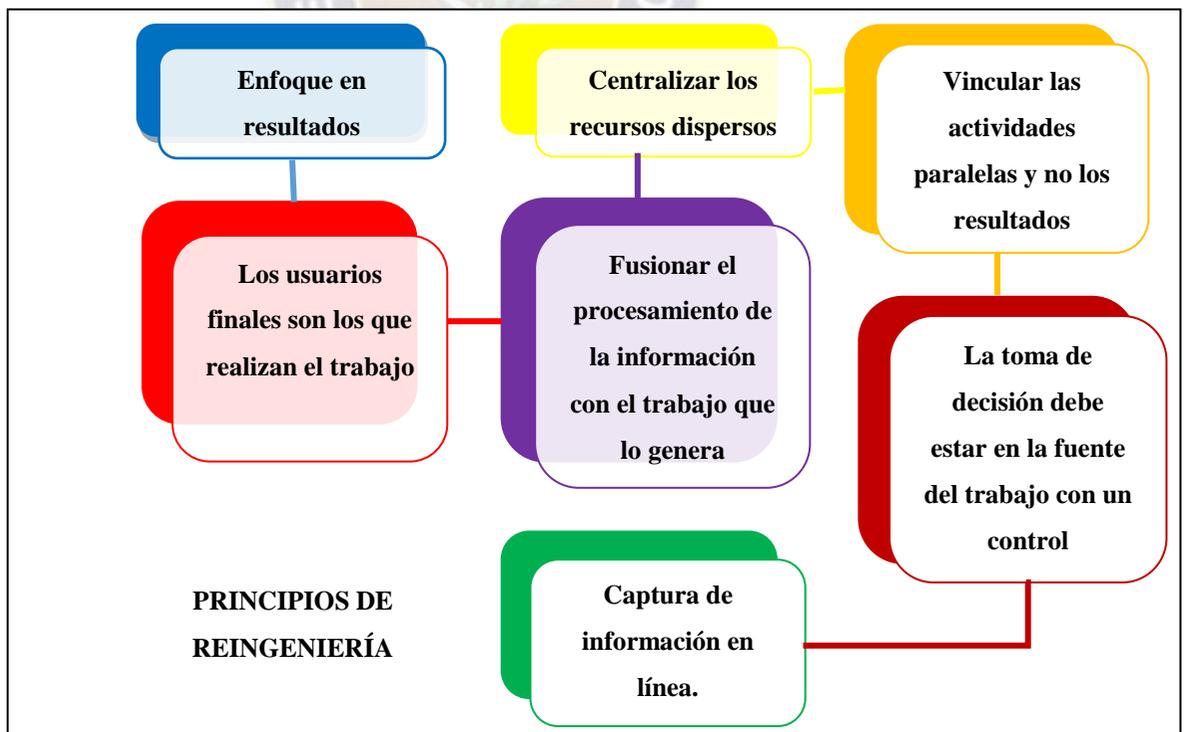
- d) *Centralizar conceptualmente los recursos dispersos*: Esto proporciona economías de escala, las tecnologías de la información hacen realidad las operaciones híbridas centralizadas/descentralizadas. Por ejemplo en un grupo corporativo, tener un único punto de compras.
- e) *Evitar integrar resultados buscar la vinculación paralela de las actividades*: Se deben establecer comunicación en línea entre las actividades paralelas de tal forma de buscar un resultado que evite el reproceso del trabajo, costos de reprocesos y demoras innecesarias.
- f) *Colocar el punto de decisión en donde se desempeña el trabajo e incluir el control en el proceso*: No se puede transferir la toma de decisión a otro punto donde no se está desarrollando el trabajo, sin embargo esto debe estar apoyado en el control del proceso, de tal forma que las decisiones tomadas no generen desviaciones en el proceso.
- g) *La captura de la información se hace sólo una vez y en la fuente*: La información debe recopilarse en línea, en el momento preciso y desde el punto donde se ha generado, así se evitan entrada de datos erróneos o correcciones a las entradas realizadas.

Rother y Shook (1999), en sus técnicas de transformación de procesos comparten los principios anteriormente mencionados, dando énfasis en los siguientes aspectos:

- a) *Adaptar el ciclo de producción a la demanda*: Referida a generar cambios en el ritmo de producción con el fin de vincular su desempeño con la demanda de mercado. Este enfoque comparte la orientación hacia el cumplimiento de objetivos y búsqueda de resultados.

- b) *Transformar procesos separados a flujos continuos*: Referida a la agrupación de actividades con características similar de tal forma de buscar el flujo continuo del proceso. Entre menos actividades separadas es menor el número de defectos generados en el proceso.
- c) *Control del proceso*: Referida a la asignación de un punto de control dentro del proceso transformado, este control deberá responder a la demanda, es decir a la obtención de los resultados del proceso.
- d) *Flujo de información del proceso*: Referida a la consolidación de la información en tiempo real del proceso para una toma de decisión oportuna.

**FIGURA 2-1 PRINCIPIOS DE LA REINGENIERÍA**



FUENTE: Elaboración con base en Hammer (1993, citado por Chase et al., 2005).

### **2.1.1.2. PAUTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN**

Chase, et al. (2005) basado en un estudio general de implementaciones de la reingeniería se ha desarrollado tres pautas administrativas que se aplican:

- a) *Codificación de la reingeniería a través del entendimiento por todo el personal involucrado*: La codificación proporciona los pasos y responsables para la implementación de las reingeniería.
- b) *Metas claras y retroalimentación continua uniforme*: La reingeniería implementada debe perseguir el cumplimiento de metas y estas deben ser comunicadas a todo nivel de la organización, de esta manera se consigue el compromiso del personal.
- c) *Elevada participación de los ejecutivos*. La reingeniería busca de forma paralela la participación continua de los ejecutivos, no solo en las definiciones y exigencia de resultados sino en la participación del proceso de reingeniería.

Complementando estas pautas de implementación Womack y Jones (2003) indican la necesidad de un agente del cambio que pueda promover el mismo, con conocimiento adecuado y capaz de introducir rápidamente modificaciones drásticas en las tareas que día a día se van realizando, posteriormente este efecto de cambio debe ser promovido progresivamente al conjunto de la empresa y sus procedimientos.

### **2.1.2. INGENIERÍA DE MÉTODOS**

“La ingeniería de métodos es un escrutinio minucioso y sistemático de todas las operaciones directas e indirectas, para encontrar mejoras que faciliten la realización del trabajo y permitir que se lleve a cabo en menos tiempo, con menor inversión por unidad” (Niegel y Freivalds, 2004)

Según Niebel y Friedvalds, (2004), el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento de la eficiencia y productividad, en los siguientes aspectos:

- Análisis minucioso del proceso de producción, para rediseñar procesos con mejoras económicas.
- Enfoque del estudio del proceso en la eliminación de actividades ineficientes y de aquellas que generan demoras.
- Reducir el tiempo requerido para la ejecución de operaciones del proceso de producción.
- Proporcionar productos finales de mayor calidad.
- Reducir costos, etc.

#### **2.1.2.1. DIAGRAMAS DE PROCESO**

Niebel y Freivalds (2004) indican que los diagramas de procesos tienen por finalidad representar en forma gráfica los hechos e informaciones pertenecientes a los mismos, que permiten plasmar la información de producción para identificar las variables críticas del contenido del trabajo.

Los símbolos y significados son detallados a continuación:

- *Operación*: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Cualquier material que tenga un cambio físico o químico en alguna actividad es considerada como operación.

- *Inspección*: Representa la verificación de la cantidad, la calidad o ambas.
- *Transporte*: Indica el movimiento de trabajadores, materiales y equipo de un punto a otro.
- *Espera*: Indica demora en el desarrollo de los hechos, por ejemplo el trabajo detenido entre dos operaciones, la espera de un material en un punto no definido como almacenamiento.
- *Almacenamiento*: Indica el depósito de un objeto bajo vigilancia en una almacén donde se lo recibe o entrega.

**CUADRO 2-1 SIMBOLOS PARA DIAGRAMAS DE PROCESO**

SÍMBOLO	ITEM	FUNCIÓN
	Operación	Se usa para indicar una operación como aserrar, ranurar, perforar, taladrar, escoplar y lijar. En su concepto, por productividad, se utiliza para referirse a cualquier acción tendiente a aumentar el valor de las materias primas.
	Inspección	Se usa para todas las tareas relacionadas con el examen o comprobación de la calidad del trabajo, independiente si se lleva a cabo por un trabajador o un grupo de trabajadores.
	Transporte	Indica transporte o movimiento de materias primas desde una estación de trabajo a otra. Fundamentalmente, el símbolo significa que el material ha salido de un puesto de trabajo a otro, representando a su vez una transferencia de responsabilidades entre los trabajadores.
	Demora	Este símbolo indica que se está a la espera de materias primas: PROVISIONAL, ó también indica demora en el desarrollo del tipo de producción que se ha instaurado por fabricación: O ESPERA.
	Almacenamiento	Un triángulo derecho indica almacenamiento de producto terminado; un triángulo invertido indica almacenamiento de materia prima.

FUENTE: Extraído de [www.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com)

### 2.1.2.2. CURSOGRAMA SINÓPTICO

Niebel y Freivalds (2004) lo denomina también diagrama de curso de proceso, porque muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a estudio. Es un diagrama que representa en forma general el cómo suceden las principales operaciones e inspecciones de un proceso productivo. En este diagrama solamente se incluyen las operaciones e inspecciones.

Según Kanawaly (1996), para la elaboración del cursograma se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Se debe identificar la línea principal, es decir aquel material al cual se realiza la mayor cantidad de operaciones e inspecciones y que es representativo para la obtención del producto final.
- Se deben numerar las operaciones e inspecciones de forma independiente, de derecha a izquierda y desde la línea principal hacia las secundarias. La numeración debe terminar en la línea principal.

## DIAGRAMA 2-1 EJEMPLO CURSOGRAMA SINÓPTICO



Resumen

Evento	Número
Operaciones	13
Inspecciones	6

FUENTE: Elaboración con base en base a Niebel y Freivalds (2004)

### 2.1.2.3. CURSOGRAMA ANALÍTICO

El cursograma analítico o denominado también diagrama de flujo del proceso, muestra las operaciones, inspecciones, demoras, traslados y almacenamientos según lo planteado por Kanwaly (1996). Se puede basar en tres opciones:

- Cursograma de operario: Que registra todo lo que lleva a cabo el operario.
- Cursograma de material: Registra todas las acciones que se le hacen la material.

- Cursograma de equipo: Se registra todo el trabajo que se realiza desde la óptica del equipo (cómo se usa el equipo)

## DIAGRAMA 2-2 EJEMPLO CURSOGRAMA ANALÍTICO (OPERARIO)

 		READYMIX EL ALTO							
		Cursograma analítico: Operario/Equipo							
		Resumen							
		Actividad:	Actual	Propuesto	Economía				
Diagrama N° 1 Hoja N° 1 de 2		Operación	5						
Objeto de Estudio: Operario y Mixer		Transporte	11						
Subproceso: Producción de mezclado Producción carguío mixer Entrega de producto en obra		Inspeccion	0						
		Demora	8						
		Almacenamiento	0						
Metodo: Actual		Operacion-Inspeccion	0						
Lugar: Planta-Ruta-Obra-Planta		Distancia:	32.50						
Equipo: Mixer 08- Operador Mixer 08		Tiempo (min)	121.13						
Compuesto por: Vladimir Marino Aduviri	Fecha:	Costo Mano de Obra							
	7/11/2017	Costo Material							
Aprobado por: Cesar Fernandez- Supervisor de Planta	Fecha:	Total Capital							
	7/11/2017								
Descripcion del Metodo	○	⇒	□	◇	▽	⊗	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
Esperan en planta							0	3.00	Inicia a las 08:56
Ingresan a zona de carga de hormigón							4	1.00	
Cargan hormigón premezclado							0	4.00	
Salen de la zona de carga							2	0.50	
Esperan la finalización del ensayo de calidad							0	10.00	
Reciben la confirmación de calidad							0	0.50	

FUENTE: Elaboración con base en base a Niebel y Freivalds (2004)

## 2.2. LOGÍSTICA

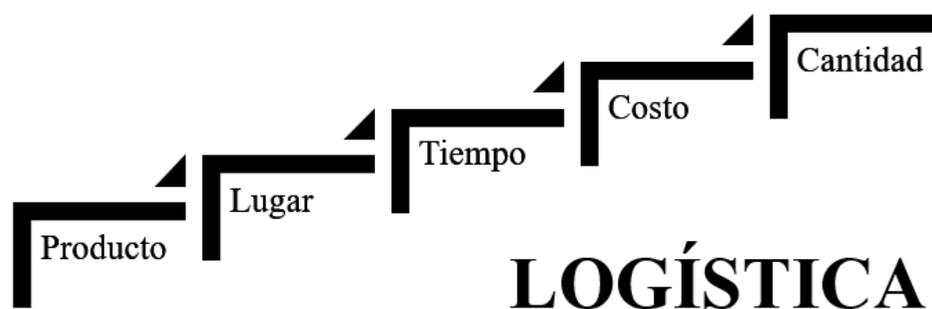
La palabra logística proviene etimológicamente del griego *logistikos*, que significan “el que sabe calcular” (Frías, 2012).

Según Frías (2012) la misión logística considera el producto, cantidad, lugar, tiempo y costo: El *producto* debe encontrarse en el *lugar y tiempo* en el que se solicite a un mínimo *costo* y en la *cantidad* requerida, para lograr su misión, la logística, requiere evolucionar en:

- Infraestructura, para lograr flexibilidad para el desplazamiento de carga, satisfaciendo el nivel de servicio y el costo del mismo.
- Sistemas, para crear procesos que suministren información en tiempo real y conectividad entre los diferentes eslabones, que agilicen el proceso de toma de decisión.
- Recursos humanos, para lograr la planeación, diseño, ejecución y éxito de las estrategias logísticas.

La continua evolución de la infraestructura, sistemas y recursos humanos, contribuye a la generación de valor a la cadena de valor empresarial, esta administración tiene como objetivo el de generar un flujo integral y eficiente de bienes, servicios e información en cada uno de sus eslabones (Frías, 2012).

**FIGURA 2-2 MISIÓN LOGÍSTICA**



FUENTE: Elaboración con base en basado en Frías (2012).

Logística es la acción del colectivo laboral dirigida a garantizar las actividades de diseño y dirección de los flujos de material, informativo y financiero, desde sus fuentes de origen hasta sus destinos finales, que deben ejecutarse de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos y lugar demandados, con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente (Ballou, 2004)

### **2.2.1. CADENA DE SUMINISTROS**

La cadena de suministros es la secuencia de proveedores que contribuyen a la creación y entrega de una mercancía o un servicio a un cliente final. La cadena de suministro de una empresa se nutre desde las áreas de abastos hasta las de atención y servicio post ventas. Considera a todas aquellas actividades relacionadas con los materiales: compra, almacenamiento, producción, distribución y entrega a clientes; Estas actividades son planificadas y ejecutadas según el nivel de servicio que se desea entregar como empresa (Carro y Gonzales, 2015).

### **2.2.2. CADENA DE ABASTECIMIENTO**

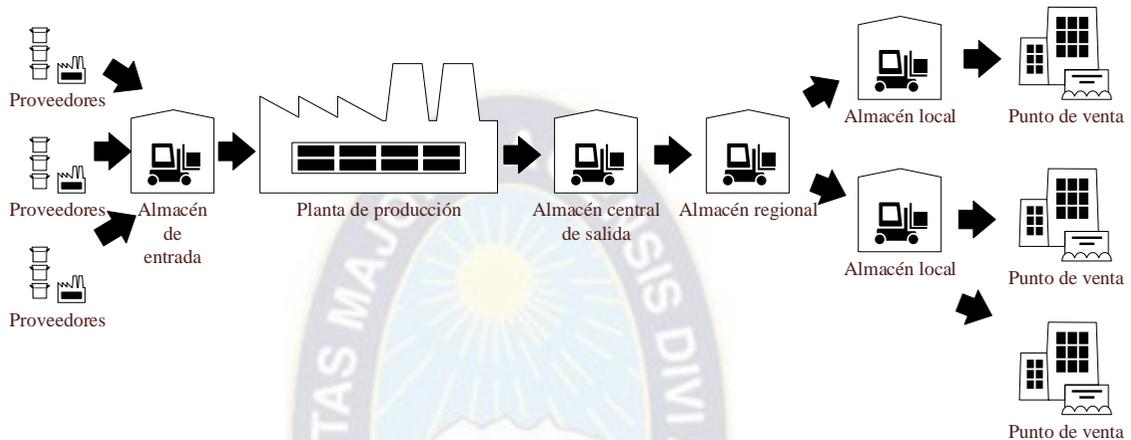
Según Carro et al., (2015), la cadena de abastecimiento es la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales de negocios y de las tácticas de estas funciones dentro de una compañía particular a través de actividades dentro de la cadena abastecedora.

### **2.2.3. ELEMENTOS DE LA CADENA LOGÍSTICA**

Una cadena logística tiene básicamente como elementos los proveedores, los almacenes de entrada, los centros de producción, el almacén central de salida, almacenes regionales, locales y puntos de venta. Además se considera parte de esta cadena, los sistemas de

transporte, los clientes, materias primas, inventarios intermedios y toda la información que circula entre todos los elementos en ambas direcciones (Carro et al, 2015).

**FIGURA 2-3 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA CADENA LOGÍSTICA**



Fuente: Elaboración con base en Carro et al, (2015).

#### **2.2.4. ANÁLISIS DE LA CADENA LOGÍSTICA**

Según Frías (2012), para el análisis de la cadena logística se debe tener en cuenta:

- a) *Conocer al cliente:* Es necesario analizar todos los datos de los clientes como ser sus datos básicos, sus características comunes, sus medios de compra, sus expectativas y el grado de satisfacción de sus necesidades, entre otros. Así también se debe realizar el análisis de los potenciales clientes.
- b) *Conocer el producto:* Es necesario analizar todos los productos que se ofrecen, sus características, su disponibilidad, su contribución al porcentaje de ingresos, su ciclo de vida entre otros.
- c) *Entender el flujo de información:* Es necesario analizar la información necesaria para la toma de decisión, precautelando el buen desempeño del proceso, además

se debe identificar la información que cada etapa necesita para el logro del objetivo proceso, entre otros.

- d) *Comprender el proceso*: Es necesario identificar los tipos de procesos que existen en la cadena logística, analizando su flujo y sus estrategias.

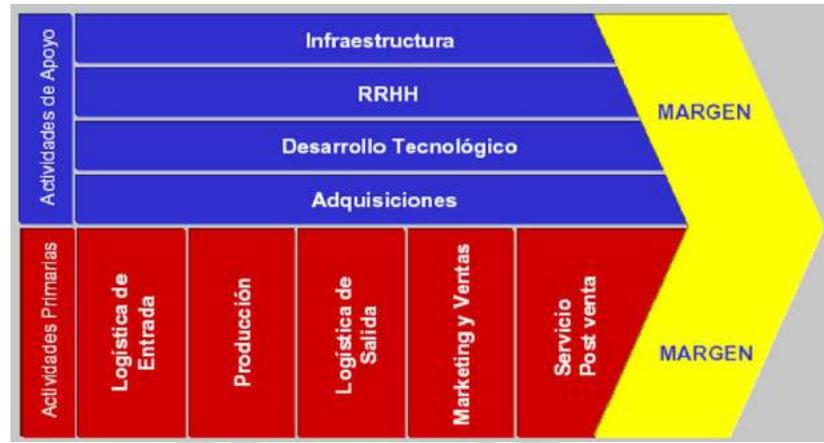
### **2.2.5. ACTIVIDADES LOGÍSTICAS**

Según Carro et al., (2015) las organizaciones empresariales centran sus actividades logísticas en tres áreas:

- a) *Proceso de aprovisionamiento*, agrupa las actividades de la gestión de materiales entre los puntos de adquisición y las plantas de producción que los posean.
- b) *Proceso de producción*, agrupa las operaciones de fabricación de las plantas.
- c) *Proceso de distribución*, agrupa las actividades de la gestión de materiales entre las plantas de producción y los puntos de consumo.

Estas áreas están descritas en la cadena de valor

**FIGURA 2-4 CADENA DE VALOR**



Fuente: Extraído de “Introducción-Logística”, Cadena de Valor de Porter.

### **2.2.6. FACTORES FOCO DE LA LOGÍSTICA**

Casanovas y Cuatrecasas (2003) manifiestan los factores foco de la logística son los que movilizan a la organización hacia una nueva posición estratégica de una gestión integrada.

Estos factores son:

- Sistemas de información
- Gerencia de Inventarios
- Relaciones entre actores de la red

#### **2.2.6.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN**

Los sistemas de información son considerados como el factor clave de crecimiento y desarrollo de la logística, principalmente en cuanto a su integración, de forma paralela internet ayuda a la gestión de los negocios y la interacción de las diferentes actividades logísticas. Un paso más adelante, en vías de desarrollo, son el comercio en la red, la distribución a domicilio, generada por el business-to-consumer (B2C), en horario no laboral (Effy, 2008).

Goldratt (1990), sostiene que los sistemas de información deben responder a necesidades del negocio para la toma inmediata de decisiones, estos no deben ser almacenadores de datos, su flexibilidad se caracteriza por la amplitud de respuesta que brinda al negocio.

#### **2.2.6.2. GERENCIA DE INVENTARIOS**

Es la parte de la cadena logística responsable del almacenamiento del producto, cuyo objetivo es minimizar la manipulación de productos, las operaciones de movimiento y depósito y maximizar la flexibilidad de las operaciones (Goldratt, 1990). El gerenciamiento de inventarios impacta en:

- a) Satisfacción de clientes impacientes.
- b) Reducción de inventarios a través de la red logística.
- c) Reducción de trabajos.
- d) Alta calidad en producto.
- e) Menor estructura de personal.
- f) Mejora de la comunicación.
- g) Procesos cortos de planificación.
- h) Mayor cooperación entre funciones logísticas.

#### **2.2.6.3. RELACIONES ENTRE ACTORES DE LA RED**

Según Casanovas y Cuatrecasas (2003), en la actualidad este factor es el de menor desarrollo, con altas probabilidades de ruptura, desconfianza entre nodos de la red logística (genera acumulación de inventarios), con métricas individualizadas y no colectivizadas, con orientación al precio y con falta de estrategia grupal.

La creación de nuevos modelos de negocio, requiere la integración de varias firmas para brindar un producto o servicio que brinde una nueva experiencia para el consumidor final,

las alianzas estratégicas generan ahorros importantes dentro de la red logística (Pralad y Krishnan, 2009).

### **2.2.7. LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

Mora, (2015), sostiene que el transporte de carga como función logística, permite dinamizar el flujo de productos y representa el 45% y 50% de los costos logísticos totales de una empresa, debido a esto es un generador de valor para la organización contribuyendo a la optimización de la logística de aprovisionamiento y distribución, por lo tanto, el transporte de carga tradicional y la distribución, está dedicada al transporte físico de mercancías cuyo principal diferenciador es el flete.

#### **2.2.7.1. CARACTERIZACIÓN DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

La función del transporte de carga se encarga de las actividades relacionadas con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino a un costo y con una seguridad y nivel de servicio requeridos (Mora, 2015). La gestión del transporte involucra la participación en los planes estratégicos y tácticos de la empresa.

En el transporte de carga se utiliza el término de tiempo de transporte referido al periodo comprendido desde que la mercancía está dispuesta para su carga, hasta que es descargado en el lugar de destino, por lo tanto incluye los tiempos de espera, tiempo de carga y descarga, etc. (Frías, 2012).

#### **2.2.7.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TRANSPORTE TERRESTRE**

Mora, (2015) señala las siguientes ventajas y desventajas:

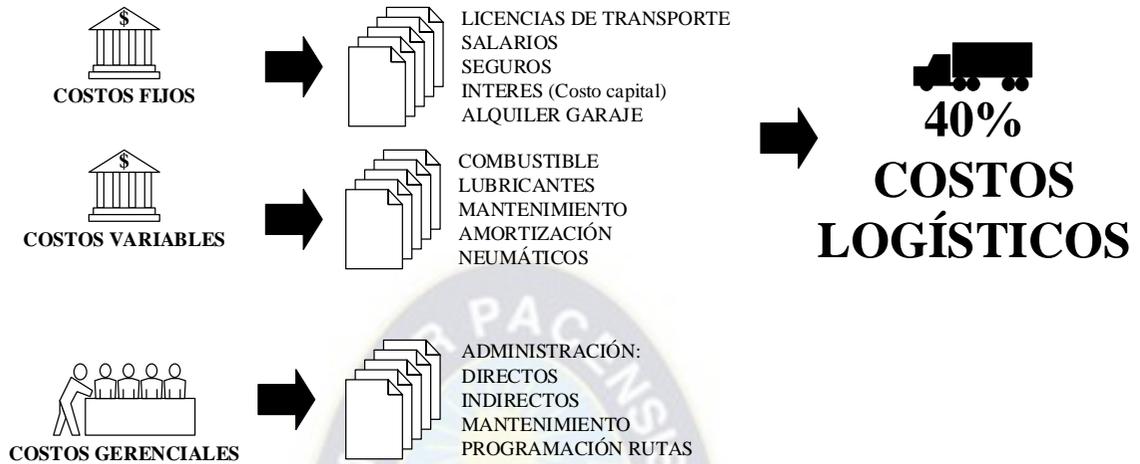
- Las ventajas del transporte terrestre son: *Versatilidad*, facilita el ingreso y salida a instalaciones de los despachadores y de los recepcionadores; *Accesibilidad*, por la cantidad y calidad de vías tiene mayor transitabilidad; *Prontitud*, permite mayor flexibilidad para fijar los tiempos de salida y llegada y *Seguridad*, permite un control más directo de la carga.
- Las desventajas del transporte terrestre son: *Capacidad*, tiene una menor capacidad de transporte; *Distancia*, a mayor distancia se tiene mayor desventaja; *Congestión*, a mayor embotellamiento se genera mayor desventaja y *Regulación*, referida por la falta de una adecuada norma de tránsito.

### **2.2.7.3. COSTOS DEL TRANSPORTE DE CARGA**

Mora, (2015) señala que las flotas de transporte, generan dos costos fijos y variables: Los costos fijos están relacionados con el salario de conductores, pago de impuestos, seguros, intereses por la inversión (valor del vehículo), depreciaciones (si es lineal), alquileres de garajes, cuotas de administración; Los costos variables están compuestos por consumo de combustible, neumáticos, lubricantes, mantenimiento, viáticos del conductor en ruta, peajes.

De este análisis de costes se deriva el estudio del número de kilómetros o viajes que tiene que realizar el vehículo para generar beneficios. Según la CEPAL, (2010) también se genera el coste de parada por inactividad y el coste de un menor rendimiento.

**FIGURA 2-5 COSTOS DE TRANSPORTE**



Fuente: Elaboración con base en Mora (2015)

#### **2.2.7.4. INDICADORES DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN**

Mora, (2015) sostiene que los indicadores de gestión sirven para medir, controlar y soportar la toma de decisiones en las actividades logísticas a lo largo de la cadena de abastecimiento, estos indicadores brindan información útil y de valor. Los indicadores de la logística están basados en transporte, información, organización, eficacia, optimización y eficiencia.

##### **2.2.7.4.1. INDICADORES DE UTILIZACIÓN**

Se define como el cociente entre la capacidad utilizada y la disponible, por ejemplo:

## CUADRO 2-2 INDICADORES DE UTILIZACIÓN

Tipo de indicador
Horas de trabajo conduciendo/horas de trabajo totales
Distancia recorrida cargado/ Distancia total recorrida
Horas de trabajo cargado o descargado/ Horas de trabajo
Horas de trabajo utilizadas/ Horas de trabajo totales
Horas de funcionamiento del vehículo/ Capacidad cúbica por vehículo
Carga en peso por vehículo/ Capacidad en peso por vehículo
Número de días por mes en servicio/ Días disponibles

Fuente: Extraído de Mora, (2015).

### 2.2.7.4.2. INDICADORES DE RENDIMIENTO

Se define como el cociente entre la capacidad utilizada y la disponible, por ejemplo:

## CUADRO 2-3 INDICADORES DE RENDIMIENTO

Tipo de indicador
Peso real cargado por hora/ peso estándar cargado por hora
Horas estándar de trabajo realizado/ Horas reales de trabajo utilizadas.
Costos reales/ Costos presupuestados
Distancia recorrida/ Distancia estándar recorrida
Uso real de combustible por hora/ Uso estándar de combustible por hora
Horas reales por viaje/ Horas estándar por viaje
Horas estándar de trabajo realizado/ Horas reales de parada

Fuente: Extraído de Mora, (2015).

### **2.2.7.4.3. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD**

Se define como el cociente entre valores reales de producción y recursos empleados, por ejemplo:

**CUADRO 2-4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD**

<b>Tipo de indicador</b>
Vehículos cargados/ Hora de trabajo de carga
Peso cargado/ Horas de trabajo de carga
Unidades cargadas/ Horas de trabajo de carga
Toneladas por kilómetro transportadas/ Horas de viaje
Distancia recorrida/ Horas de viaje
Distancia recorrida/ Consumo de combustible
Paradas realizadas/ Horas empleadas en paradas

Fuente: Extraído de Mora, (2015).

## **2.3. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN**

Las tecnologías de la información aplicados al transporte y distribución son las siguientes:

### **2.3.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN APLICADOS AL TRANSPORTE Y LA DISTRIBUCIÓN**

Effy, (2008) sostiene que los sistemas de información, ayudan a gestionar la información que se genera en la cadena logística, creando y manteniendo una base de datos estadística e informativa. Los elementos de la información son:

- La información es el conjunto de datos intercambiados y compartidos por el emisor y receptor, su transmisión depende de las capacidades del emisor y el receptor, así también del medio.
- El emisor es el ente del que sale la información, su objetivo es hacer llegar la misma hacia el receptor.
- El receptor es el ente que recibe la información, normalmente un receptor puede ser al mismo tiempo emisor, de forma que puede haber un intercambio bidireccional de información (funciones alternadas).
- El medio es el sistema físico por el cual circula la información.

#### **2.3.1.1. SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE (TMS)**

Un sistema de administración de transporte (transportation management system, por sus siglas en inglés:TMS), permite controlar la operación y costo del transporte de forma integral, diariamente brinda información para visualizar, racionalizar, simplificar y controlar toda la operación.

Esta solución tecnológica busca identificar y controlar los costos inherentes a cada operación, midiendo su desempeño, simulando modelos de fletes, monitoreando eventos de carga y descarga de vehículos. Rastreado emisiones de documentos asociados y manifiestos de carga, así como tasa o tarifas, también es posible soportar estudios para el dimensionamiento de la flota y su renovación, así como la gerencia y administración de la misma y por medio de interfaces externas de un vehículo con tecnología GPS (Mora, 2015).

Según Mora, (2015) las funciones que el TMS puede aportar son:

- Costos de mantenimiento y de operación.
- Control de fletes a terceros, mediante el registro de embarques, cálculo de provisiones de flete y de la emisión de prefacturas.
- Facturación de fletes a través del registro de tasas y tarifas, requisición de transporte, registros de notas físicas, emisión de conocimientos y manifiestos de carga y emisión de facturas de cobro a los clientes.
- Operación a través del rastreo de las cargas, control de transbordo y entrega, tráfico, liberación de embarque, ordenes de transporte, registro de eventos y gestión del transportador.
- Planeación a través de la administración de rutas, cálculo de dimensionamiento de recursos, la renovación de la flota, la capacidad y análisis de otras variables.
- Seguimiento a través de la transmisión de datos en tiempo real, con rastreadores GPS, códigos de barra, etc.

Según Mora, (2015) los beneficios del TMS son:

- Reducción de costos de transporte a causa de una mejor planeación.
- Mejoras en el control de la operación a través del uso de la herramienta.
- Mejoras en la consolidación de cargas, a través de la capacidad analítica de la herramienta.
- Incremento en los niveles de servicio, por la utilización de resultado analíticos de la herramienta.
- Mejoras en la eficiencia de los procesos, eliminando las desviaciones generadas por los procesos manuales y reduciendo los costos de administración del transporte.
- Monitoreo del desempeño de los proveedores de servicios de transporte, con esta información se podrían generar mejores escenarios para la negociación de tarifas de transportes.

### 2.3.1.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN (DMS, GIS y YMS)

Effy, (2008) sostiene que un *sistema de gestión de distribución (distribution management system, DMS)*, permite recolectar, organizar, visualizar y analizar, en tiempo real toda la información del proceso de distribución. Con esta aplicación se puede planificar y ejecutar las operaciones de distribución, con el objetivo de aumentar la eficiencia y optimizar los flujos de productos.

Los sistemas DMS pueden interactuar con otros sistemas como el GPS, CIS o RFID, de esta manera se integraría el proceso de distribución con su entorno de forma global.

Un *sistema de información geográfica (geographical information system, GIS)*, permite la integración de hardware, software y datos geográficos. Permitiendo la captura, almacenamiento, manipulación, análisis y despliegue de la información geográfica. Es un sistema de navegación por satélite, que permite determinar en cualquier momento la posición de una persona, objeto o vehículo, con una precisión de hasta centímetros (GPS diferencial) o de pocos metros. Con esta información se pueden crear consultas interactivas y analizar la información espacial (Effy, 2008).

Effy, (2008) sostiene que un *sistema de administración de patios (yard management system, YMS)*, es una aplicación que administra y controla los movimientos de vehículos, inventarios y recursos humanos en el área de un centro de distribución. Este sistema permite:

- La realización de operaciones cross-docking.
- Minimiza costos en parqueos y plataforma de maniobras.
- Optimiza el número de vehículos disponibles.

### **2.3.1.3. SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN SATELITAL (GPS)**

Este sistema fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, está conformado por 24 satélites puestos en órbita a 20200 Km sobre el planeta Tierra. Para determinar la posición el sistema utiliza la triangulación, es decir el dispositivo GPS capta las señales de 3 satélites como mínimo, determinando hora de envío y recepción de señales, por el cual se consigue la posición relativa respecto a los satélites, además con el dato de coordenadas o posición de los mismos determina la posición absoluta (Huerta, Mangiaterra y Noguera, 2005). Este sistema está compuesto por tres segmentos:

- Segmento espacial, determinado por los 24 satélites puestos en órbita.
- Segmento de control, determinado por la estación de control, por cinco estaciones de monitoreo y por tres estaciones terrenas.
- Segmento de usuario, determinado por los receptores físicos que proporcionan posición, altitud, velocidad y tiempo.

Según Huerta, et al., (2005) las ventajas que ofrece este sistema son:

- Rastreo y ubicación de línea de los vehículos.
- Control y trazabilidad de las rutas.
- Bloqueo automático de puertas y apagado automático de motores.
- Manejo adecuado de indicadores de gestión (velocidades, consumos y tiempos).

Según Huerta, et al., (2005) las desventajas asociadas son:

- Hurto de mercancías a causa de infiltración no autorizadas al sistema de monitoreo.
- Desviación en la determinación de coordenadas (10 metros aproximadamente).

- Tiempo de actualización de la posición, a causa del nivel de servicio de internet.
- Áreas geográficas sin cobertura.

#### **2.3.1.3.1. PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y SISTEMAS**

Effy, (2008) identifica como plataforma tecnológica y de sistemas los siguientes elementos:

##### **2.3.1.3.1.1. CONECTIVIDAD**

Internet es el medio utilizado para la comunicación y acceso a la información entre el sistema celular (servidor GPRS de los proveedores de GSM), los servidores del servicio de GPS y también entre las computadoras del cliente en el centro de monitoreo para el acceso a los software de gestión (Effy, 2008).

##### **2.3.1.3.1.2. SISTEMA CELULAR GSM/GPRS**

Es el medio de comunicación que utilizan los dispositivos instalados en los vehículos para enviar su información (ubicación geográfica, velocidad, etc.) hacia servidores. La cobertura geográfica de estos sistemas son los que determinan la posibilidad de poder tener información “on line” de los vehículos en cualquier momento (Effy, 2008).

##### **2.3.1.3.1.3. CARTOGRAFÍA**

La cartografía basada en mapas digitales, contiene información georeferenciada de todas las capitales del mundo a nivel de calles, avenidas, barrio. Así como de carreteras troncales, carreteras secundarias, caminos, pueblos, ríos y vías férreas. También se pueden utilizar cartografías más especializadas de forma que se tenga mayor exactitud al determinar la ubicación de algún vehículo. Como información complementaria, la

ubicación de los vehículos se los puede visualizar en imágenes de Google Earth con actualización de los equipos (vehículos) on line (Effy, 2008).

#### **2.3.1.3.1.4. SERVIDORES DE SISTEMA**

Según Effy, (2008) los servidores son los equipos que contienen y soportan los software de gestión y monitoreo con lo que cuenta la plataforma de rastreo, además de recibir, guardar, procesar y enviar toda la información generada desde los vehículos. Por temas de resguardo de la seguridad de la información, estos servidores son instalados en un DATA CENTER propio y especializado, lo que garantiza la confiabilidad y la continuidad de la información.

#### **2.3.1.3.1.5. SOFTWARE DE MONITOREO Y GESTIÓN**

Los softwares de monitoreo facilitan el manejo de la información recolectada, permite una óptima fiscalización a los trabajos programados, recibir alertas y generar información muy detallada acerca de los vehículos monitoreados. Los software de reporte generan reportes históricos e indicadores de desempeño (Effy, 2008).

De forma relacionada Aranibar, (2013) hace referencia a una solución organizacional y administrativa, cuyo soporte es la tecnología de la información, generada a partir de un requerimiento de automatización a la cual la denomina “sistema de información gerencial”.

## **CAPITULO 3. LA EMPRESA**

### **3.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

Ready Mix S.A. es una marca de la Sociedad Boliviana de Cemento S.A. SOBOCE S.A. que fue fundada el 24 de septiembre de 1925, iniciando actividades de producción de cemento en febrero de 1928. Desde entonces SOBOCE S.A. ha mantenido niveles de crecimiento significativos que le han permitido consolidarse como la primera industria de cemento en Bolivia (SOBOCE, 2018).

Las principales actividades de SOBOCE S.A. son la producción y comercialización de cemento y hormigón premezclado, para lo cual se dedica también a la explotación de yacimientos mineros relacionados con las materias primas que utiliza como caliza, arcillas, yeso, óxido de hierro, puzolana y áridos.

A partir del año 1996, se realizan ventas a la empresa Ready Mix S.A. de la cual SOBOCE era accionista, aspecto que permitió competir en un segmento diferente del mercado: hormigón pre mezclado. Posteriormente, en febrero del año 2001 se concreta la fusión por absorción de Ready Mix llegando a pertenecer al mismo grupo económico.

Ready Mix actualmente, cuenta con ocho plantas instaladas en las ciudades principales:

- La Paz (Villa Fátima, El Alto y Kellumani).
- Cochabamba (Kilómetro 7).
- Santa Cruz (Parque Industrial y Warnes).
- Oruro
- Tarija (Parque Industrial).

### **3.2. MISIÓN Y VISIÓN DE LA EMPRESA**

La misión y la visión de la empresa son:

#### **Misión**

“Satisfacer con excelencia las necesidades de nuestros clientes con productos y servicios asociados al cemento y sus aplicaciones, siendo para ellos la primera opción del mercado” (SOBOCE, 2018).

Comprometiéndonos a:

- Realizar nuestras actividades en estricto cumplimiento a la normativa legal, ambiental y contribuir al bienestar de las comunidades donde desarrollamos nuestras operaciones.
- Promover para nuestro personal un ambiente de trabajo seguro donde pueda desarrollarse integralmente y sea reconocido por su desempeño.
- Desarrollar relaciones duraderas y de mutuo beneficio con nuestros clientes y proveedores.
- Maximizar la generación de valor para nuestros accionistas.

#### **Visión**

Ser líderes en los mercados en los que participamos; ser la empresa más eficiente y competitiva de la industria. Contar con un equipo humano competente y comprometido (SOBOCE, 2018).

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA EMPRESA**

Las actividades de la empresa son:

#### **3.3.1 RECEPCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL**

Se cuenta con proveedores internos y externos de toda la materia prima utilizada en el proceso de producción de hormigón.

#### **3.3.2 PROGRAMACIÓN DE DESPACHO**

Se programa de acuerdo a solicitud del cliente mediante el área comercial. Se mide la producción diaria en base a las capacidades por cada planta (equipo, mano de obra, materia prima)

#### **3.3.3 DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO**

En base a la receta por el tipo de producto, se realiza la dosificación para la producción de hormigón. Esta dosificación tiene como principal información el control de humedad del agregado.

#### **3.3.4 PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN**

En base a la receta por el tipo de producto, se realiza la mezcla para la producción de hormigón, solo en planta Ready Mix El Alto, se realiza la mezcla automática en las demás plantas la mezcla se realiza en los camiones mixers.

### **3.3.5 CARGUÍO DE VOLQUETES**

El carguío de volquetes se realiza únicamente en aquellos pedidos de cliente donde la entrega del hormigón se realiza en planta y la mezcla se realiza en planta.

### **3.3.6 PRODUCCIÓN CARGUÍO DE MIXER**

Es un proceso en la que se realiza la producción de hormigón para que luego éste, pueda ser transportado mediante camiones mixers a obra. En este proceso se vacía la mezcla de agregados, cemento, agua y aditivo a la betonera del camión mixer, quien realiza el mezclado. Este proceso presenta algunos tiempos muertos por espera de los camiones mixers al momento de la carga del hormigón en planta

### **3.3.7 ENTREGA DE PRODUCTO EN OBRA**

Este proceso inicia desde la salida del hormigón de planta, hasta la recepción del mismo en obra, incluye todas las tareas de verificación de resistencia del hormigón, de verificación por parte del cliente y descarga del hormigón en obra. Es un proceso que no está en control directo, y el que tiene mayores tiempos muertos.

## **3.4. PRODUCTOS DE LA EMPRESA**

El hormigón es un material resultante de la mezcla de cemento, agregados, agua, aditivos y/o adiciones, mismo que mediante una reacción química adhiere consistencia pétreo.

El hormigón premezclado Ready Mix se comercializa en las ciudades de La Paz, El Alto, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz y Tarija. Ready Mix ofrece a su clientela diferentes tipos de hormigón premezclado, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Hormigón de cualquier resistencia
- Hormigón de Alta Resistencia
- Hormigón bombeable
- Hormigón con características especiales
- Hormigón para pavimento rígido
- Relleno Fluido
- Hormigón auto compactante

El hormigón Ready Mix se entrega en Planta o en obra de acuerdo con el requerimiento del cliente.

Ready Mix, produce dos tipos de hormigones:

- *Hormigones especiales*, Son comercializados, con ensayos previos o usando aditivos impermeabilizantes, plastificantes u otras adiciones. Por ejemplo: Hormigón texturizado, autocompactante, relleno fluido y de alta resistencia.
- *Hormigones de regular producción*, Son los hormigones que pueden ser despachados sin necesidad de ensayos previos, debido a que se comercializan con mayor frecuencia. Sin embargo como evidencia de la resistencia del hormigón se realizan extracciones de muestra en planta para las correspondientes pruebas.

Las ventajas del uso de hormigón premezclado Ready Mix, son:

- Certificación integrada de SOBOCE S.A. ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001
- Materia prima de alta resistencia
- Producto elaborado bajo estrictos estándares de calidad
- Atención personalizada
- Ahorro en personal

- Ahorro en tiempo de ejecución
- Asesoramiento técnico
- Informe de ensayo de muestras

### **3.5. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

Las materias primas e insumos necesarios para la producción del hormigón son:

#### **3.5.1. CEMENTO**

La provisión de cemento es realizada a través de camiones graneleros y es controlada mediante las órdenes de despacho, que son recepcionadas por el Ayudante de Planta. Es almacenado en planta en silos verticales. Solo para el caso de la Planta de Cochabamba se reciben bolsas Big Bag de cemento.

Los proveedores de cemento según la regional son: Planta Viacha, Planta Warnes, Planta El Puente y Planta Emisa.

**FIGURA 3-1 ALMACENAMIENTO DE CEMENTO**



Fuente: Planta Ready Mix El Alto

### 3.5.2. AGREGADO

Para la producción de hormigón se utilizan tres tipos de agregados: Agregados áridos, agregado fino y agregado grueso. Los agregados o áridos son materiales pétreos de diferente tamaño o gradación. Para la producción de hormigón los agregados deben ser durables, limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimiento de arcilla y de otros materiales finos que afecten la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Si se presentarán áridos susceptibles a resquebrajarse no son útiles para el hormigón.

El agregado fino se emplea para mejorar las propiedades de la mezcla plástica, facilitar el acabado, obtener uniformidad e impedir la segregación. Este agregado es sometido a pruebas de tamiz: Tamiz 9.5 mm, tamiz 4.75 mm y finalmente el tamiz 200 (75 micrómetros).

Los agregados gruesos consisten en una grava o combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantes mayores a 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. El agregado grueso predominante es retenido en un tamiz de 4.75 mm (No 4).

Estas materias primas se caracterizan por su tamaño y humedad. En La Paz y Santa Cruz, se cuenta con proveedores internos como ser Áridos San Roque y Áridos Abapó respectivamente a nivel nacional también se cuentan con proveedores externos. Los áridos más utilizados son:

- Gravilla de  $\frac{3}{4}$  (chancada y rodada)
- Arena
- Grava de  $\frac{1}{2}$
- Grava de 1

Estos agregados son almacenados en los patios de las plantas al aire libre, por lote se realiza el control de impurezas mediante la prueba del tamiz 200, y diariamente se toma datos de la humedad del agregado.

**FIGURA 3-2 ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS**



Fuente: Planta Ready Mix Cochabamba

### 3.5.3. AGUA

El agua es almacena en tanque de almacenamiento, aprovisionada mediante camiones cisternas, piscinas de decantación y filtración o pozos perforados.

**FIGURA 3-3 PISCINAS DE DECANTACIÓN Y FILTRACIÓN**



Fuente: Planta Ready Mix Villa Fátima

### 3.5.4. ADITIVOS Y FIBRA

Los aditivos son sustancias o productos cuya incorporación tiene como objetivo modificar las propiedades físicas y químicas en estado fresco y endurecido. Estos pueden presentarse en estados sólido (polvo) o líquido.

El aprovisionamiento de aditivos se realiza con proveedores externos, solo para el caso de la producción de pavimento se utiliza la fibra.

### 3.6. MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA

La mano de obra directa se dedica a las siguientes actividades:

**CUADRO 3-1 MANO DE OBRA DIRECTA**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Todas las actividades como supervisor	Supervisor de Planta	3
Recepción y acopio de material	Operador de equipo pesado	4
	Ayudante de planta	6
Dosificación del producto	Operador de planta	4
Producción de mezclado		
Producción Carguío de mixer	Operador de Mixer	27
Entrega de producto en obra	Operador de bomba	4
	Ayudantes de bomba	13

Fuente: Elaboración con base en información de Ready Mix

El cuadro muestra las actividades de mayor importancia dentro del proceso productivo y la participación de los operadores en determinada actividad.

La mano de obra indirecta está conformada por aquellas actividades de supervisión:

### CUADRO 3-2 MANO DE OBRA INDIRECTA

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD
Aprovisionamiento de materias primas	Encargado de materias primas	1
Producción de mezclado	Supervisor de Planta	3
Programación de despacho	Coordinador de Logística	1
	Asistente de logística	1
Entrega de producto en obra	Supervisor de vaciados	1
Control de Calidad	Técnico de Calidad	1
Mantenimiento	Supervisor de Mantenimiento	1
	Encargado de Mantenimiento	1
	Mecánico	1
	Ayudante Mecánico	1

Fuente: Elaboración con base en información de Ready Mix

Finalmente se tiene el personal de administración responsable de las actividades de gestión del negocio.

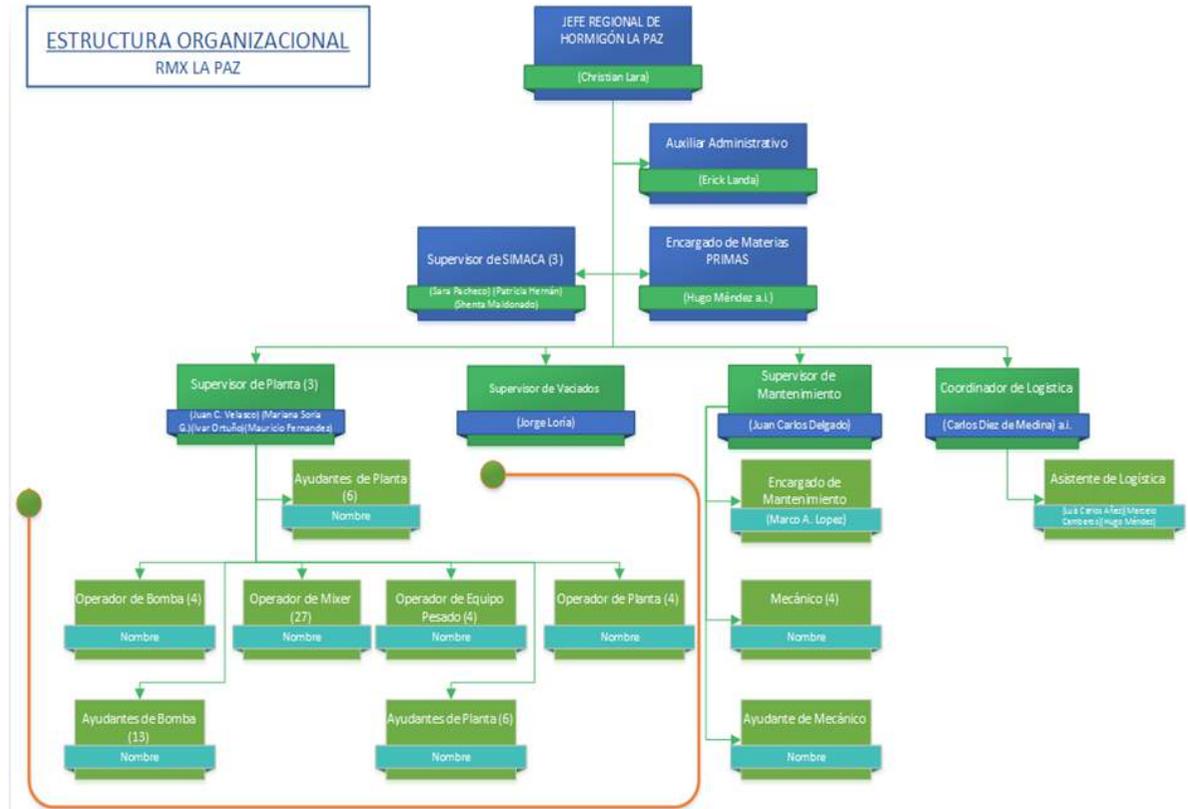
### CUADRO 3-3 PERSONAL DE ADMINISTRACIÓN

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD
Gestión del negocio de hormigones, áridos y prefabricados	Gerente Nacional de Hormigones, Áridos y Prefabricados	1
Gestión del negocio de hormigones	Subgerente Nacional de Hormigones	1
Gestión del negocio de hormigones a nivel regional	Jefe Regional de Hormigones	1

Fuente: Elaboración con base en información de Ready Mix

El organigrama de la empresa es el siguiente:

**FIGURA 3-4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL (READY MIX LA PAZ)**



Fuente: Elaboración con base en información de Recursos Humanos de SOBOCE S.A.

**Nota:** El organigrama es representativo en cuanto a cantidad de personas sin embargo en cuanto a cargos en las demás regionales se tiene una estructura similar. Por resguardo de información de la empresa no se brinda más detalle de la estructura organizacional en las demás regionales.

### 3.7. INFRAESTRUCTURA

Las plantas están conformadas por:

- Equipo pesado (Pala mecánica): La pala mecánica es utilizada para el transporte de agregados desde los patios de almacenamiento hacia los buzones de alimentación.
- Buzones de alimentación de agregados: Estos buzones son llenados por la pala mecánica, existen compartimentos por tipo de agregado.
- Buzones de pesaje de agregados: Son buzones donde el agregado alimentado pasa a un pesaje, según dosificación.
- Silos de cemento: Cada planta cuenta con un silo donde se almacena el cemento, el mismo es transportado al proceso de producción a través de un sistema de tornillo.
- Bandas transportadoras: Son banda que transportan de un punto a otro el cemento o los agregados.
- Panel de control de planta: El panel de control se encarga del abrir y cerrar de compartimentos para el pesaje de agregados y cemento, según dosificación, esta última es cargada al software de planta mediante tarjetas de dosificación. Por último este panel de control se encarga de la descarga de agregados y cemento a la betonera del camión mixer. También controla las válvulas de agua y aditivo.
- Tanques de almacenamiento de agua, piscinas o pozos de agua: Almacenan el agua y la misma es transportada a través de un sistema de tuberías hacia el proceso de producción, esta agua es descargada según el panel de control.
- Tanques de almacenamiento de aditivo: Son tanques en menor proporción que los tanques de almacenamiento de agua, se cuenta también con un sistema de tuberías que envía el aditivo al proceso de producción de igual forma controlado con el panel de control.

- Mezcladora automática: Solo se cuenta con mezcladora automática en la Planta Ready Mix El Alto.
- Camión Mixer: Se cuenta con camiones mixers que se encargan de la mezcla del hormigón.

### **FIGURA 3-5 INFRAESTRUCTURA DE PLANTA**



Fuente: Planta Ready Mix Cochabamba

- Equipos de bombeo: Son unidades que se emplean en obra que a través de un sistema de tuberías, logran transportar el hormigón hacia diferentes ubicaciones.
- Camiones transportadores de bomba y tuberías de bombeo: Son vehículos que transportan la bomba a través de un acople y cargan las tuberías para el bombeo de hormigón.

**FIGURA 3-6 BOMBA Y TUBERÍA PARA BOMBEO**



Fuente: Visita a obra, Cochabamba

### 3.8. CAPACIDAD INSTALADA Y UTILIZADA

Las plantas cuentan con las siguientes capacidades instaladas y utilizadas (promedio gestión 20017):

**CUADRO 3-4 CAPACIDAD INSTALADA EN M3 POR MES**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CAPACIDAD INSTALADA</b>	<b>CAPACIDAD UTILIZADA</b>
RMX VF	Ready Mix Villa Fátima	3398	2673
RMX EA	Ready Mix El Alto	5039	4011
RMX KL	Ready Mix Kellumani	3472	2760
RMX CB	Ready Mix Cochabamba	10454	9285
RMX TJ	Ready Mix Tarija	4426	3743
RMX PI	Ready Mix Parque Industrial	5773	4046
RMX WR	Ready Mix Warnes	5840	3956
RMX OR	Ready Mix Oruro	4504	3755

Fuente: Elaboración con base en datos de Gerencia Nacional de Ready Mix

### **3.9. DESARROLLO DE REGISTROS DE INFORMACIÓN**

#### **3.9.1. CURSOGRAMA SINÓPTICO DEL PROCESO**

La producción y despacho de hormigón premezclado a nivel nacional se realiza bajo tres sistemas de producción:

- a) *Sistema de producción 1*: Es realizado por plantas que cuenta con una mezcladora automática, posteriormente el hormigón premezclado es descargado en la betonera del camión mixer. Adicionalmente la recepción de cemento se realiza a través de camiones graneleros (Ver Diagrama 3-1 ).
- b) *Sistema de producción 2*: Es realizado por plantas que no cuentan con una mezcladora automática, por lo que los agregados, cemento, aditivo y agua son descargados en la betonera del camión mixer, que por medio de su rotación mecánica facilita la mezcla del hormigón. Adicionalmente la recepción de cemento se realiza a través de camiones graneleros (Ver Diagrama 3-2).
- c) *Sistema de producción 3*: Es realizado por plantas que no cuentan con una mezcladora automática, por lo que los agregados, cemento, aditivo y agua son descargados en la betonera del camión mixer, que por medio de su rotación mecánica facilita la mezcla del hormigón. Adicionalmente la recepción de cemento se realiza a través de bolsas big bag, cuyo peso de ingreso a planta es controlado a través de un pesaje con una romana industrial (Ver Diagrama 3-3).
- d) *Sistema de producción 4*: Es realizado por plantas que no cuentan con una mezcladora automática, por lo que los agregados, cemento, aditivo y agua son descargados en la betonera del camión mixer, que por medio de su rotación mecánica facilita la mezcla del hormigón. Adicionalmente la recepción de

cemento se realiza en bolsas de 50 kg, cuyo control de ingreso se realiza por conteo (Ver Diagrama 3-4).

Basado en las visitas realizadas a nivel nacional el proceso de producción y despacho es similar, variando únicamente según los sistemas de producción.

Como se puede apreciar en el Diagrama 3-1 Cursograma sinóptico - sistema de producción 1, el proceso se inicia con la recepción de agregados, estos son transportados a planta por volquetas cuya capacidad es cubicada. Un ayudante de planta se encarga de verificar que la volqueta haya sido correctamente cargado, para esto verifica que la carga de agregado llegue al nivel del cubicaje de la volqueta.

Los agregados son acopiados en el patio de planta que sirve como almacén, el responsable de control de calidad, extrae una muestra por cada tipo de agregado que será utilizado durante el día para producción y realiza pruebas de calidad, controlando la variación de la humedad y pureza del agregado. Con estos resultados se realizan las tarjetas de dosificación por cada tipo de hormigón que será producido durante el día.

El operador del equipo pesado carga los agregados al buzón de alimentación, posteriormente son transportados por una banda que los deposita en buzones específicos, en los cuales son pesados según la tarjeta de dosificación.

La tarjeta de dosificación es introducida al panel de control de la planta y por este medio se realiza la carga de agregados, cemento, aditivo y agua a la mezcladora, esta última descarga el hormigón en los camiones mixers, y de este último, se procede a realizar el control denominado prueba del cono de abrams, que consiste en medir la fluidez del hormigón.

Una vez finalizado la prueba del cono de abrams el resultado es registrado en la guía de despacho y basado en el resultado se procede con el visto bueno para que el hormigón pueda ser entregado al cliente.

Si el resultado fuera incorrecto, se procede con la corrección del producto, sin embargo esto es muy poco probable, porque el proceso de producción es asegurado en el control de humedad e impurezas.

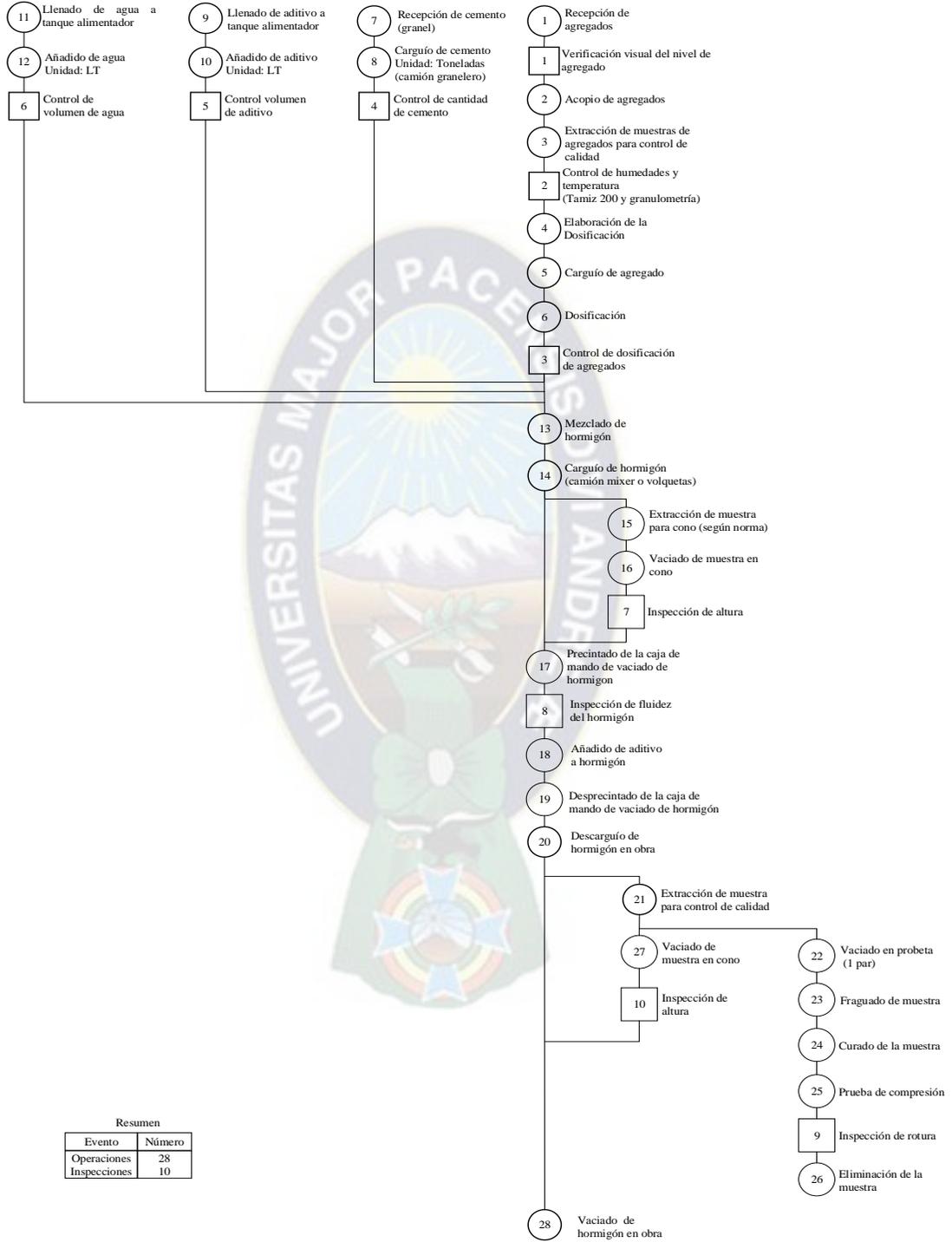
Una vez se cuente con el visto bueno, se procede al precintado de la caja de mando de la betonera, esto evita posibles pérdidas de hormigón durante la ruta hacia obra. Cuando el camión llega a la obra, espera el visto bueno del cliente para realizar la descarga. Mientras tanto el personal de control de calidad, se encarga de controlar de forma visual la fluidez del hormigón al interior de la betonera.

Cuando el cliente da el visto bueno, se procede al desprecintado de la caja de mando de la betonera en presencia del cliente, se realizan los acoples necesarios con la bomba y se procede a la descarga. Al mismo tiempo se realiza una nueva prueba del cono de abrams y se registra el resultado en la guía de despacho, posteriormente se extrae hormigón para depositarlo en unos recipientes cilíndricos, estas muestras serán curadas y utilizadas para las pruebas de resistencia del hormigón.

Es necesario resaltar que las muestras que se extraen evidencian el tipo de hormigón que el cliente solicitó, esto se realiza mediante pruebas de compresión y de torsión. Las pruebas son realizadas después de un proceso de correcto curado de las muestras, además es realizado a solicitud de los clientes y según se lo requiera en presencia de ellos, este procedimiento es realizado por personal de Asesoría Técnica de la empresa.

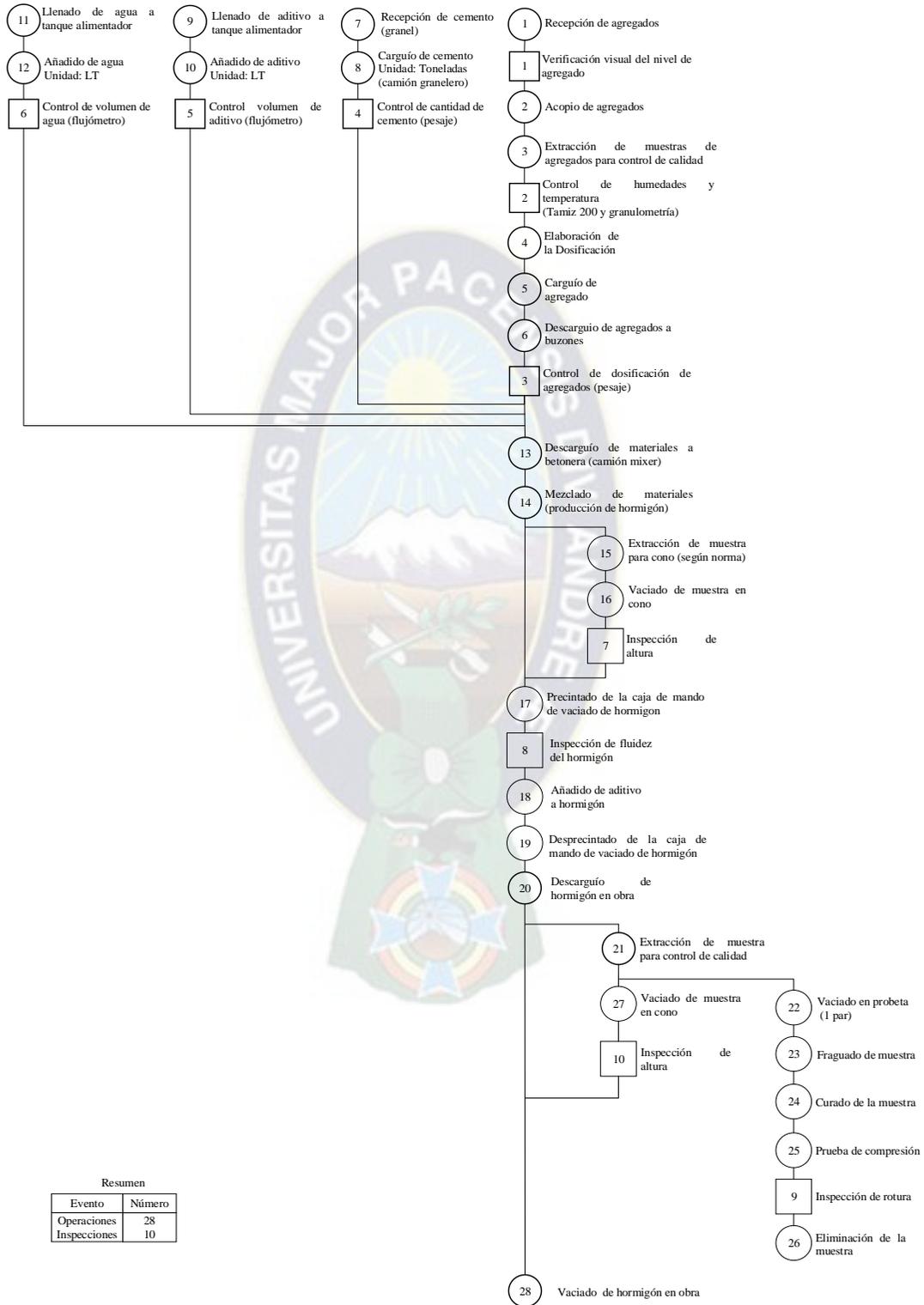
Concluido el vaciado de hormigón se procede a entregar la guía de despacho al cliente y unas copias son devueltas firmadas, para el respaldo del producto entregado.

### DIAGRAMA 3-1 CURSOGRAMA SINÓPTICO - SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1



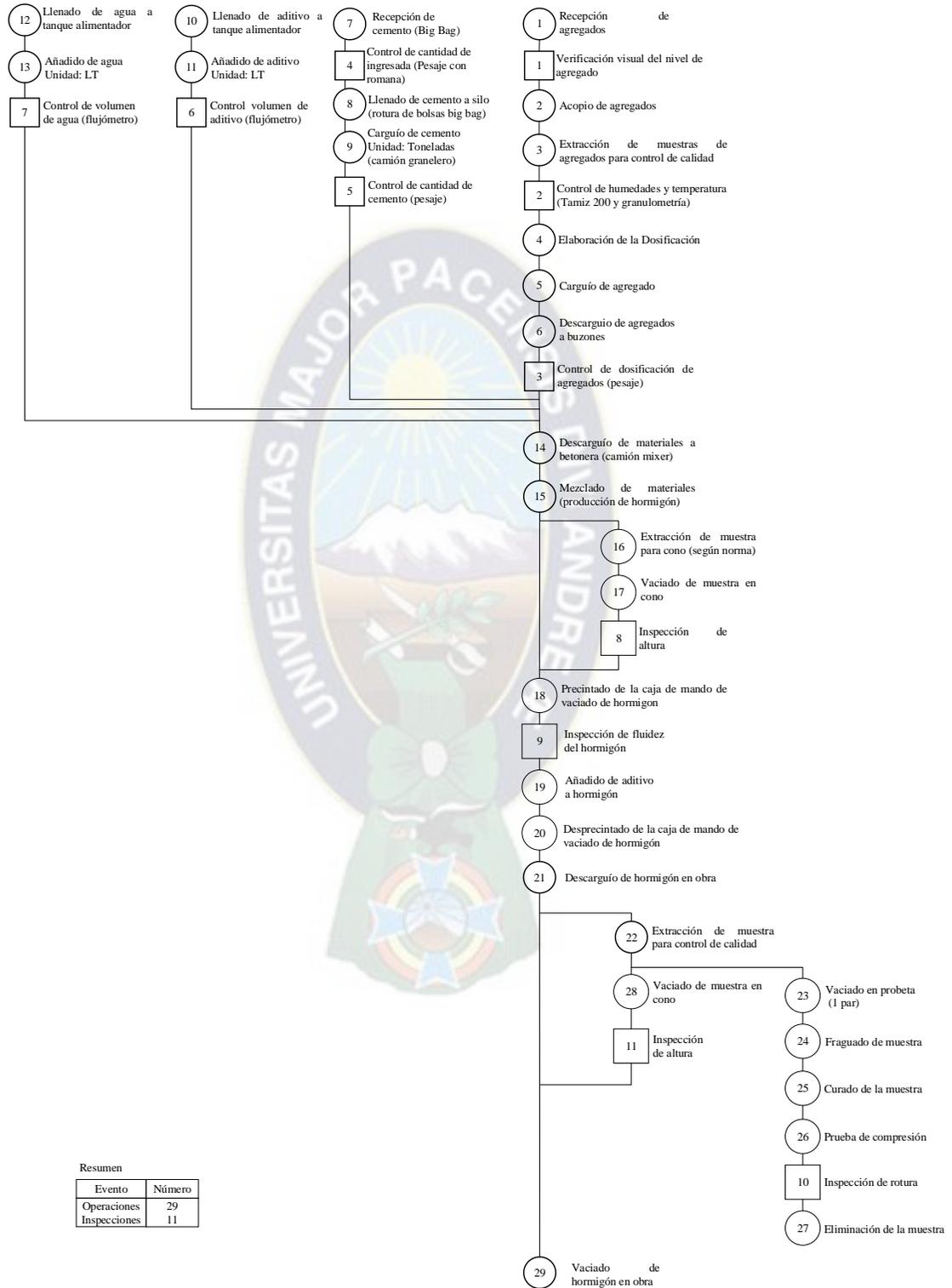
Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas Ready Mix

**DIAGRAMA 3-2 CURSograma SINÓPTICO - SISTEMA DE PRODUCCIÓN 2**



Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas Ready Mix

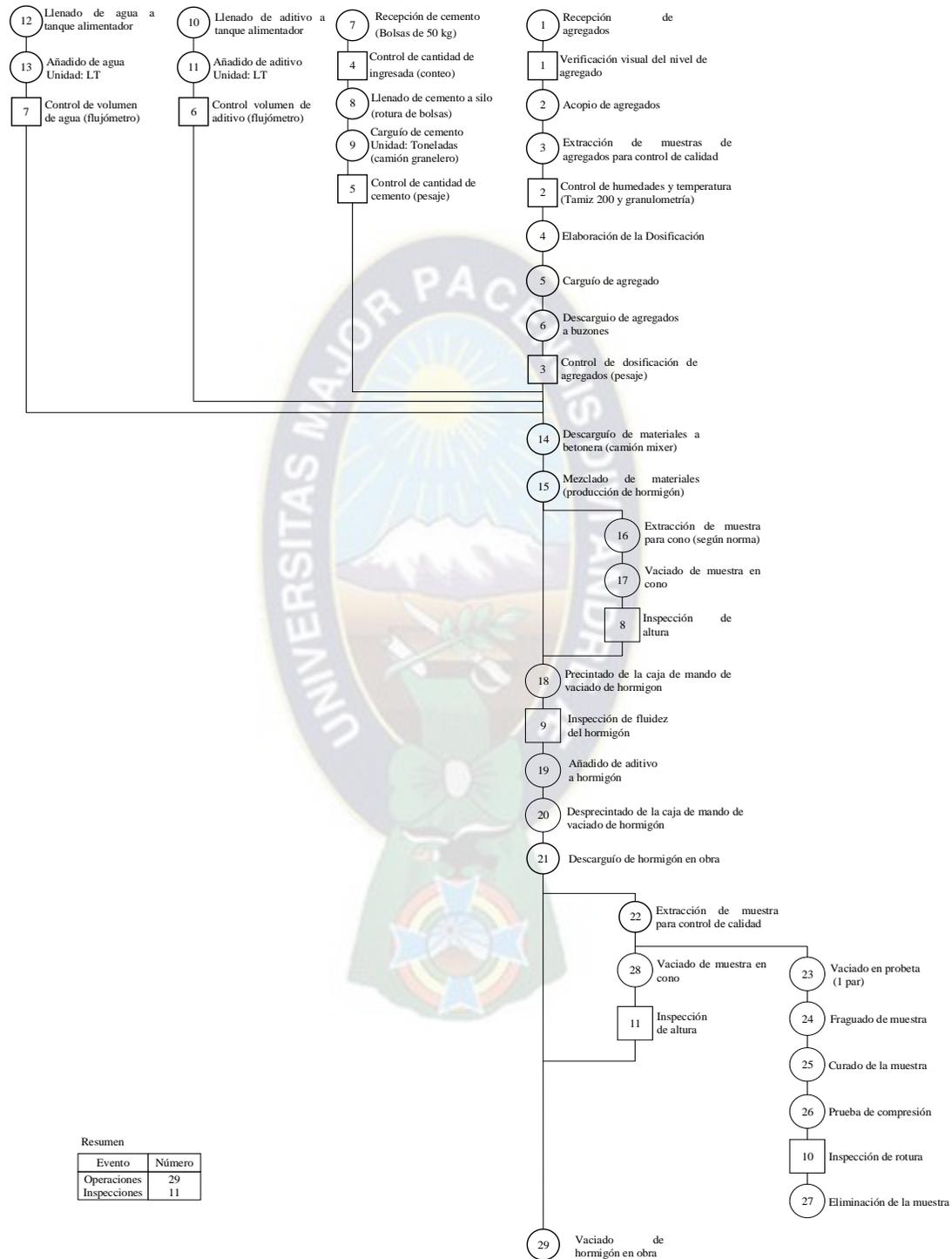
**DIAGRAMA 3-3 CURSograma SINÓPTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 3**



Resumen	
Evento	Número
Operaciones	29
Inspecciones	11

Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas de Ready Mix

### DIAGRAMA 3-4 CURSograma SINÓPTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 4



Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas Ready Mix

### 3.9.2. CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO

Considerando los resultados del análisis de causas del problema se realizará el cursograma analítico en los siguientes subprocesos:

- *Producción de mezclado*: En base a la receta por el tipo de producto, se realiza la mezcla para la producción de hormigón, solo en planta Ready Mix El Alto, se realiza la mezcla automática en las demás plantas la mezcla se realiza en los camiones mixers.
- *Producción carguío mixer*: Es un subproceso en la que se realiza la producción de hormigón para que luego éste, pueda ser transportado mediante camiones mixers a obra. En este proceso se vacía la mezcla de agregados, cemento, agua y aditivo a la betonera del camión mixer, quien realiza el mezclado. Este proceso presenta algunos tiempos muertos por espera de los camiones mixers al momento de la carga del hormigón en planta
- *Entrega de producto en obra*: Este subproceso inicia desde la salida del hormigón de planta, hasta la recepción del mismo en obra, incluye todas las tareas de verificación de resistencia del hormigón, de verificación por parte del cliente y descarga del hormigón en obra. Es un proceso que no está en control directo, y el que tiene mayores tiempos muertos.

Por las particularidades tecnológicas de las plantas, solo en dos plantas se realiza el mezclado del hormigón por una mezcladora automática (8 M3 por batch) en la mayoría este mezclado es realizado en las betoneras del camión mixer. Las principales demoras se generan a partir de este proceso.

Como se puede apreciar en el Diagrama 3-5 Cursograma Analítico – Producción y Despacho de Hormigón – Sistemas 2, 3 y 4, el proceso inicia con el camión mixer esperando a que otro camión finalice el carguío y mezclado de hormigón, posteriormente el camión ingresa a una etapa de carga de materiales y un pre mezclado, ya que también se aprovecha de forma paralela el tiempo que el camión esta en ruta para realizar el mezclado del hormigón. Es necesario resaltar que durante el tiempo de carga y mezclado la betonera gira en sentido horario.

Posteriormente el camión y el conductor esperan el tiempo necesario para que el operador de control de calidad realice el ensayo, posterior precintado y entrega de la guía de despacho al conducto, al finalizar estas tareas, el camión deja la planta y se moviliza con dirección a la obra. En este tiempo de ruta, el único medio de comunicación con el camión es a través de radio frecuencia (handie). Cuando el camión llega a obra en ocasiones tiene que esperar que otro camión finalice la descarga de hormigón o que la obra del cliente presente las condiciones necesarias para el vaciado de hormigón.

A continuación el camión se retira de obra, sin embargo en la ruta obra a planta, el conductor demora más en volver que en ir, esto afecta a la programación diaria y al cumplimiento del despacho diario.

Estos tiempos del camión no pueden ser controlados y analizados debido a que no se cuenta con un historial por camión, el impacto de estas demoras y otras es reflejado en el volumen de hormigón despachado.

Además en la operativa diaria se ha observado la falta de respuesta de conductores del camión mixer, al llamado de la radio, lo que demuestra también que no se tiene un control directo de estos subprocesos.

**DIAGRAMA 3-5 CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4**

 		<b>READYMIX COCHABAMBA</b>							
		<i>Cursograma analítico: Operario/Equipo</i>							
		<b>Resumen</b>							
		<i>Actividad:</i>	<i>Actual</i>	<i>Propuesto</i>	<i>Economía</i>				
<i>Diagrama N° 1 Hoja N° 1 de 2</i>		<i>Operación</i>	5						
<i>Objeto de Estudio: Operario y Mixer</i>		<i>Transporte</i>	11						
<i>Subproceso: Producción de mezclado</i>		<i>Inspeccion</i>	0						
<i>Producción carguío mixer</i>		<i>Demora</i>	8						
<i>Entrega de producto en obra</i>		<i>Almacenamiento</i>	0						
<i>Metodo: Actual /Equipo</i>		<i>Operacion-Inspeccion</i>	0						
<i>Lugar: Planta-Ruta-Obra-Planta</i>		<i>Distancia:</i>	46.00						
<i>Equipo: Mixer 31- Operador Mixer 31</i>		<i>Tiempo (min)</i>	175.68						
<i>Compuesto por: Vladimir Marino Aduviri</i>	<i>Fecha:</i>	<i>Costo Mano de Obra</i>							
	24/11/2017	<i>Costo Material</i>							
<i>Aprobado por: Jorge Loria - Supervisor de Planta</i>	<i>Fecha:</i>	<i>Total Capital</i>							
	30/11/2017								
<i>Descripcion del Metodo</i>	○	⇒	□	D	▽	◻	<i>Distancia (m)</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Esperan en planta</i>							0	6.00	<i>Inicia a las 10:18</i>
<i>Ingresan a zona de carga de hormigón</i>							8	1.00	
<i>Mezclan agregados, cemento, agua y aditivo</i>							0	15.00	<i>Paralelamente se carga materiales (10 min)</i>
<i>Salen de la zona de carga</i>							3	0.50	
<i>Van a la zona de control de calidad</i>							4	0.50	
<i>Esperan la finalización del ensayo de calidad</i>							0	8.00	
<i>Reciben la confirmación de calidad</i>							0	0.50	
<i>Esperan el precintado de la caja de mando de la betonera.</i>							0	0.17	
<i>Salen de planta</i>							15	0.67	
<i>Se dirigen a la obra definida</i>								38.00	<i>La distancia es variable según ubicación</i>
<i>Llegan a la obra</i>							2	1.00	
<i>Esperan confirmación del cliente para realizar el vaciado de hormigón</i>							0	20.00	<i>al mismo tiempo inicia la adición de agua y aditivo (3 min)</i>
<b>SUBTOTAL</b>	1	6	0	5	0	0	32	91.34	

Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas Ready Mix.



**DIAGRAMA 3-7CURSOGRAMA ANALÍTICO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1**

 		<b>READYMIX EL ALTO</b>								
		Cursograma analítico: Operario/Equipo								
		<b>Resumen</b>								
		Actividad:	Actual	Propuesto	Economía					
<b>Diagrama N° 1 Hoja N° 1 de 2</b>		Operación	5							
<b>Objeto de Estudio: Operario y Mixer</b>		Transporte	11							
<b>Subproceso: Producción de mezclado</b>		Inspeccion	0							
<b>Producción carguío mixer</b>		Demora	8							
<b>Entrega de producto en obra</b>		Almacenamiento	0							
<b>Metodo: Actual /</b>		Operacion-Inspeccion	0							
<b>Lugar: Planta-Ruta-Obra-Planta</b>		<b>Distancia:</b>	32.50							
<b>Equipo: Mixer 08- Operador Mixer 08</b>		<b>Tiempo (min)</b>	121.13							
<b>Compuesto por:</b> Vladimir Marino Aduviri	<b>Fecha:</b>	<b>Costo Mano de Obra</b>								
	07/11/2017	<b>Costo Material</b>								
<b>Aprobado por:</b> Cesar Fernandez- Supervisor de Planta	<b>Fecha:</b>	<b>Total Capital</b>								
	07/11/2017									
Descripcion del Metodo		○	⇒	□	D	▽	◻	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
Esperan en planta								0	3.00	Inicia a las 08:56
Ingresan a zona de carga de hormigón								4	1.00	
Cargan hormigón premezclado								0	4.00	
Salen de la zona de carga								2	0.50	
Esperan la finalización del ensayo de calidad								0	10.00	
Reciben la confirmación de calidad								0	0.50	
Esperan el precintado de la caja de mando de la betonera.								0	0.50	
Salen de planta								2	0.50	
Se dirigen a la obra definida									20.00	La distancia es variable según ubicación
Llegan a la obra								0.5	0.50	
Esperan confirmación del cliente para realizar el vaciado de hormigón								0	15.00	Sin necesidad de adición de aditivo y agua
<b>SUBTOTAL</b>		1	6	0	5	0	0	8.5	55.50	

Fuente: Elaboración con base en observación de campo en plantas Ready Mix.



### **3.10. FLUJO DE INFORMACIÓN DEL PROCESO**

La verificación en obra, realizada por el Supervisor de Vaciado, es el punto de inicio del flujo de información de los subprocesos de producción de mezclado, producción carguío mixer y entrega de producto en obra.

El tipo de hormigón, la cantidad, la frecuencia de envío, la ubicación es información transmitida al Coordinador de Logística, quien basado en la disponibilidad de camiones y unidades de bombeo, define la programación diaria de despachos.

La programación es enviada al Supervisor de Planta y al responsable de Asesoría Técnica, quien basado en los ensayos de los agregados, genera la tarjeta de dosificación.

La tarjeta de dosificación, es cargada por el operador de planta al panel de control de dosificación.

Toda la información generada es impresa en el Guía de Despacho, en la que se adiciona las horas de: carga, salida de planta, llegada a obra, inicio de descarga, fin de descarga, salida de obra y llegada a planta.

La hora de carga es llegada automáticamente por el panel de control, las otras horas son llenadas por el operador del camión mixer y el responsable en planta o en obra de Asesoría Técnica.

La información completa y final de los subprocesos reflejada en la Guía de Despacho es entregada al Coordinador de Logística, una vez que el operador del camión mixer retorne a planta.

**FIGURA 3-7 FLUJO DE INFORMACIÓN - PRODUCCIÓN Y DESPACHO**

1. Verificación de obras para vaciado de hormigón



2. Programar despachos



3. Generar tarjeta de dosificación



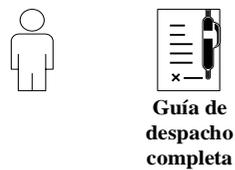
4. Cargar tarjeta de dosificación



5. Generar guía de despacho



6. Completar y entregar guía de despacho



Fuente: Elaboración con base en observación en Planta Ready Mix

### **3.11. ANÁLISIS DEL PRODUCTO**

#### **3.11.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO**

El hormigón como masa seca, plástica, blanda, fluida o líquida adquiere la forma que lo contiene, al cabo de unas horas se torna rígida y comienza adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en un material mecánicamente resistente.

#### **3.11.2. ANÁLISIS FUNCIONAL**

El hormigón de Ready Mix, es un producto de uso industrial para la construcción, al que se le dan diferentes formas según las necesidades del cliente, sus principales funciones son:

- a) Soportar cargas a flexión y choques térmicos bruscos, utilizado en vías, carreteras y autopistas.
- b) Soportar esfuerzos de compresión, utilizado en pilotes en las obras o las columnas iniciales que están bajo tierra.

#### **3.11.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

El hormigón es una mezcla de cemento, agua y agregados a los cuales se adiciona aditivo. Al mezclar estos componentes se introduce de manera simultánea un quinto componente representado por el aire.

Esta mezcla se realiza en un proceso llamado hidratación, las partículas de cemento reaccionan químicamente con el agua y el hormigón se endurece y se adquiere resistencia como material sólido.

Además de la mezcla de los materiales propios del hormigón, es necesario un refuerzo de acero para construir estructuras sólidas y se utiliza una cimbra (generalmente de madera) para que contenga al hormigón cuando esta es una masa plástica (semilíquida).

#### **3.11.4. ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO**

La principal propiedad mecánica del hormigón es la resistencia a la compresión, la rotura del hormigón está delimitada por la tracción transversal, relevada en fisuras paralelas a la compresión uniaxial.

A largo plazo:

- a) La fluencia genera deformaciones iniciales, que se multiplican considerablemente.
- b) La retracción (encogimiento), al no ser libre, genera fisuras, que se incrementan una vez acabada la construcción.

#### **3.11.5. ANÁLISIS TECNOLÓGICO**

Los materiales necesarios para la producción de hormigón son:

- a) Cemento portland: El cemento es un compuesto formado por la calcinación de material arcilloso, compuesto principalmente por sílice y alúmina, y materias básicas como la caliza.

El cemento define el tiempo de fraguado, que es el tiempo en la cual masa de cemento mantiene la fluidez y fluidez necesaria entre el mezclado y el primer endurecimiento.

El cemento también define la velocidad de hidratación del hormigón, a mayor finura del cemento es mayor la superficie específica, por lo tanto el desarrollo de resistencia del hormigón aumenta.

El calor de hidratación del cemento, afecta a la fluidez del hormigón además acelera el fraguado y por consiguiente se pierde agua, esta pérdida genera agrietamientos y posible disminución de resistencia.

- b) Agua: El agua proporciona fluidez a la mezcla, facilita el transporte y colocación en obra. Además reacciona con el cemento, para formar materiales de mayor resistencia.
- c) Agregados: Brindan a la mezcla una baja retracción de fraguado y reduce los costos del hormigón.

Los agregados de mayor tamaño generan pérdidas por rebote, afectando los costos del material y su colocación.

Las arenas afectan a la fluidez del hormigón.

- d) Aditivo: Los aditivos permiten modificar las características y propiedades del material, en estado fresco y endurecido, estos aditivos están categorizados en:
  - Reductores de agua: Permite reducir un 5% la cantidad de agua con consistencia similar a la de referencia.

- Retardadores: Demoran el proceso de fraguado del hormigón.
- Aceleradores: Agilizan el desarrollo de las resistencias.
- Reductores de agua y retardadores
- Reductores de agua y aceleradores
- Reductores de agua de alto rango: Reducen un 15% la cantidad de agua con consistencia similar a la de referencia.
- Reductores de agua de alto rango y retardadores.
- Reductores de agua de alto rango y aceleradores.

### 3.11.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

El precio de mercado del producto es:

**CUADRO 3-5 PRECIO DEL PRODUCTO**

Producto	Precio por m <sup>3</sup> (Bolivianos)
B21-20-08	700
B25-20-08	800

Fuente: Gerencia de Readymix

Considerando un margen aproximado del 15%, el precio del producto cubre los costos de producción y distribución.

### 3.11.7. ANÁLISIS COMPARATIVO

Otros productos que cumplen las mismas funciones son:

- a) Masa Roca: Es un microconcreto, que conserva las cualidades adhesivas y coagulantes del hormigón.

**CUADRO 3-6 ANÁLISIS COMPARATIVO MASA ROCA-HORMIGÓN**

<b>Masa roca</b>	<b>Hormigón</b>
Resistencia a la compresión después de 28 días: 460 Kilogramos por centímetro cuadrado	Resistencia a la compresión después de 28 días: 100 Kilogramos por centímetro cuadrado
No requiere de cimbras	Requiere cimbras
No requiere de elementos impermeabilizantes.	Requiere de elementos impermeabilizantes

FUENTE: Excelsior.com.mx

- b) Acero: En 1887 se inició la construcción de edificios con uno de 12 plantas en Chicago – Estados Unidos. Posteriormente en 1931 se construye en Nueva York, el Empire State Building de 85 plantas y 379 metros de altura.

**CUADRO 3-7 ANÁLISIS COMPARATIVO ACERO-HORMIGÓN**

<b>Acero</b>	<b>Hormigón</b>
Reducido peso	Elevado peso
Facilidad de montaje y transporte	Requiere de bombeo para el colocado y transporte con capacidad limitada.
Ventajas en la prefabricación	Desventajas en la prefabricación
Elimina tiempos de encofrado y fraguado	Requiere tiempos de encofrado y fraguado
Resistencia a los esfuerzos de tracción	Resistencia a los esfuerzos de compresión
Elevado costo de construcción	Reduce los costos de construcción
Corrosivo	No es corrosivo

FUENTE: caminos.udc.es

### **3.11.8. ANÁLISIS RELACIONAL**

El hormigón en combinación con el acero, en una estructura tipo armadura, se ocupa de resistir las tracciones, aumentando su resistencia. Si el acero es pretensado, las fuerzas internas, convierten las tracciones en compresiones, de esta manera el hormigón no se fisura.

Al ser alcalino, el hormigón protege el acero de las corrosiones y por el tipo de recubrimiento protege al acero de incendios.

### **3.11.9. ANÁLISIS HISTÓRICO**

El uso del hormigón se remonta al inicio de la historia, por la necesidad de materiales aglutinantes, como la arcilla para adherir rocas y formar estructuras para viviendas, dicha aplicación fue hecha por las primeras generaciones de humanos, por lo tanto no podemos definir una fecha exacta de la invención de los métodos para la utilización del hormigón.

Como referencia lo más adecuado del empleo de materiales cementantes fue en la construcción de las pirámides del GIZEH, donde se utilizó una mezcla de mortero de yeso calcinado y arena, para adherir bloques de 40 pisos.

Posteriormente los griegos y romanos realizaron mezclas de pasta de caliza calcinada, agua y arena, para unir estructuras de ladrillo y piedra. Con la adición de piedras y pedazos de lozas rotas se conforma el primer tipo de concreto conocido.

Otros tipos de materiales cementantes se pueden apreciar en ciudades indígenas como Machi Picchu en Perú y Aztecas en México.

Durante la edad media solo se realizaron morteros débiles basados en cal y mezcla con arena y agua.

En 1824, Joseph Aspdin calcinó en un horno tres partes de piedra caliza por una de arcilla, posteriormente lo molió y pulverizó, con lo cual obtuvo la patente del cemento Portland en honor a la región donde obtuvo las piedras.

Isaac Jhonson, perfeccionó lo desarrollado por Aspdin, obteniendo el Clinker, basado en una mezcla quemada de arcilla y caliza.

En 1900, se inicia la producción de cemento en Inglaterra y varias partes de Europa, esto buscando satisfacer la necesidad de crecimiento de las grandes ciudades.

### **3.11.10. ANÁLISIS DEL CLIENTE**

#### **3.11.10.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS CLIENTES**

Se ha identificado la siguiente clasificación de cliente:

- a) **Personas naturales:** Son clientes cuya necesidad es el aseguramiento de resistencia de elementos estructurales utilizados en la construcción de viviendas o departamentos. Estos clientes no cuentan con líneas de crédito, realizan el pago al contado y su relación comercial con Ready Mix concluye una vez se acabe los vaciados para la obra gruesa de la construcción y se entreguen los resultados de calidad del producto, por lo que no son clientes frecuentes.

Este tipo de clientes, son de gran mayoría pero esporádicos, algunos carecen de asesoramiento profesional en la materia, por lo que se brinda un servicio adicional

principalmente para velar la calidad del fraguado del hormigón y la resistencia final del producto.

Los volúmenes de hormigón acumulados por cliente, no son de gran magnitud, sin embargo esto cambia a mayor número de clientes captados por mes.

- b) **Personas jurídicas no dedicadas el sector de la construcción:** Son clientes dedicados al sector de la manufactura y servicios.

Los clientes dedicados a la manufactura y servicios, son empresas, cuya necesidad del producto es para la ampliación o mejora de su infraestructura empresarial, en la mayoría de los casos no cuentan con líneas de créditos, ya que también su relación comercial concluye una vez se culmine la obra, y se entreguen los resultados de calidad del producto. Sin embargo este tipo de clientes si cuentan con asesoramientos en la materia de construcción.

Los volúmenes acumulados por cliente, no son de gran magnitud.

- c) **Personas jurídicas dedicadas el sector de la construcción:** Son empresas constructoras.

Los clientes dedicados al sector de la construcción, son empresas que forman una alianza, con el objetivo de velar por la calidad y resistencia final de los elementos estructurales. Según su frecuencia de compra y cumplimiento de pago, este grupo si cuenta con líneas de crédito.

Son clientes que dan un estricto seguimiento a las pruebas de ensayo del hormigón según sea la edad del producto.

Son clientes que tienen un significativo volumen acumulado de hormigón.

- d) **Instituciones gubernamentales:** Son clientes que tienen todo el respaldo financiero de las instituciones a quienes representan, sean municipales, departamentales o gubernamentales. Estos clientes demandan la atención en la construcción de obras de gran magnitud.

Según sea el caso este tipo de clientes, cuentan con líneas de créditos y según sea el proyecto Ready Mix presentan garantías de cumplimientos.

Son clientes que son esporádicos, pero cuyo volumen acumulado de hormigón es elevado.

Para estos tipos de clientes, basado en la magnitud de la obra, se define la instalación o no de plantas de hormigón in situ, para el despacho.

### **3.11.11. ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

El Cuadro 3-8 Programación de despachos – Gestión 2017, expone el volumen de metros cúbicos programados para el despacho por planta de la gestión industrial 2017.

Basado en la entrevista a las Jefaturas Regionales de Hormigón, el nivel de cumplimiento de la programación de despachos es en promedio a nivel nacional del 80% (Ver CUADRO 3 - 9 DESPACHOS (M3) - GESTIÓN 2017. Este nivel de cumplimiento se debe a los tiempos de espera que no están siendo gestionados, estos tiempos se deben a problemas internos (demoras en el ciclo de camión mixer) y problemas externos (demoras generadas por el cliente).

**CUADRO 3-8 PROGRAMACIÓN DE DESPACHOS (M3) - GESTIÓN 2017**

GESTIÓN	MES	RMX VF	RMX EA	RMX KL	RMX CB	RMX TJ	RMX PI	RMX WR	RMX OR	TOTAL
2017	Abril	3372	3926	3955	9073	4972	4505	5783.5	4459.5	40046
2017	Mayo	3828	3755	4129	9449	5934	4308	6564	5062	43029
2017	Junio	3608.5	2793	4222	8002	5308	3205.5	6187.5	4771	38097.5
2017	Julio	3984	2859.5	6383	8562.5	8025	3280	6832	5269	45195
2017	Agosto	4013.5	6612.5	1094	13149	1375	7587	6882	5306.5	46019.5
2017	Septiembre	2746.5	6308	3208.5	11159	4033	7238	4709.5	3631	43033.5
2017	Octubre	2862	7341	4601.5	12559	5784.5	8423.5	4908	3780	50259.5
2017	Noviembre	2193	7530.5	4717.5	11922	5930	8640	3761	2900	47594
2017	Diciembre	3848	6365	2625	12638	3300	7303	6599	5098	47776
2018	Enero	4103.5	4227	1837.5	10252	2310	4736	7036	5425.5	39927.5
2018	Febrero	3567	4513	2020	10149.5	2540	5179	6272	4836	39076.5
2018	Marzo	2650.5	4242	2865.5	8531.5	3603	4867	4544	3504	34807.5
<b>TOTAL</b>		40776.5	60472.5	41658.5	125446.5	53114.5	69272	70078.5	54042.5	514861.5

Fuente: Elaboración con base en datos Ready Mix

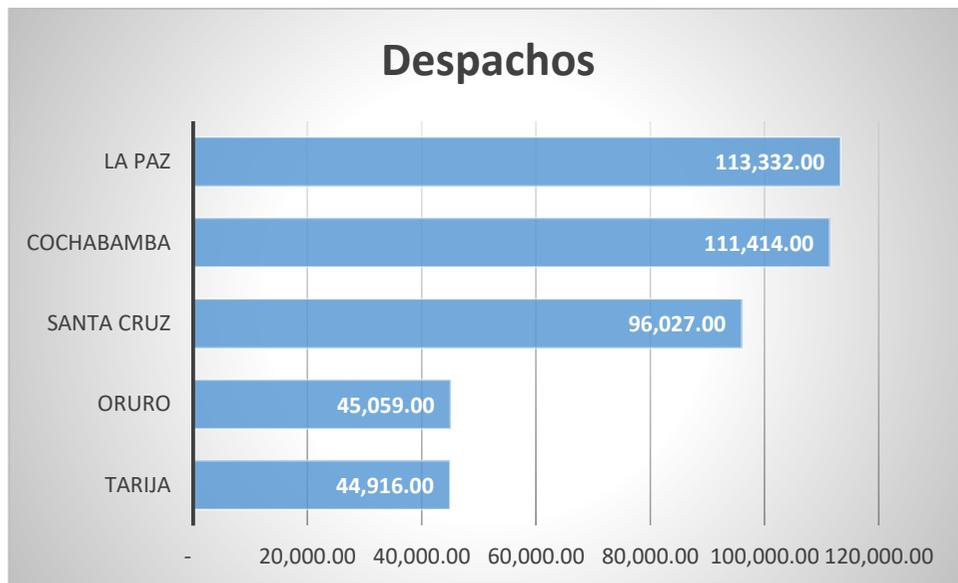
**CUADRO 3-9 DESPACHOS (M3) - GESTIÓN 2017**

Gestión	Mes	RMX VF	RMX EA	RMX KL	RMX CB	RMX TJ	RMX PI	RMX WR	RMX OR	TOTAL
2017	Abril	2700	3100	3164	8166	4226	3154	4048	3791	32349
2017	Mayo	3000	3000	3100	8500	5000	3106	4595	4100	34401
2017	Junio	2800	2234	3400	7100	4512	2430	4100	4500	31076
2017	Julio	3200	2300	5100	7000	6800	2296	4782	4200	35678
2017	Agosto	3050	5000	875	11834	1169	5311	4187	4511	35937
2017	Septiembre	2300	5046	2500	10043	3500	5076	3297	3086	34848
2017	Octubre	2100	6050	3681	11303	4500	5896	3500	3213	40243
2017	Noviembre	1690	6000	3774	10000	5041	6408	2600	2465	37978
2017	Diciembre	3000	5100	2100	11400	2805	5000	4600	4333	38338
2018	Enero	3280	3300	1500	9100	2000	3315	4240	4162	30897
2018	Febrero	2854	3610	1630	9200	2300	3265	4340	3900	31099
2018	Marzo	2100	3394	2300	7768	3063	3300	3181	2798	27904
<b>TOTAL</b>		32074	48134	33124	111414	44916	48557	47470	45059	<b>410748</b>

Fuente: Elaboración con base en datos Ready Mix

La programación y atención de los despachos indica que la regional que mayores volúmenes de hormigón despacha es La Paz, seguida de Santa Cruz, Cochabamba, Oruro y Tarija.

**GRÁFICO 3-1 DESPACHOS (M3) – GESTIÓN 2017**



Fuente: Elaboración con base en datos de Ready Mix

## **CAPITULO 4. PROPUESTA DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN**

### **4.1. REDISEÑO DE PROCESOS**

El rediseño del proceso logístico de distribución considero lo siguiente:

#### **4.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL CICLO DEL CAMIÓN MIXER**

Considerando el cursograma analítico actual se requieren puntos de control durante la producción y distribución de hormigón, por lo que se puede identificar las siguientes etapas a controlar en el ciclo del camión mixer:

- a) Cargando:** Es el tiempo de carga de hormigón en el Camión Mixer, para el caso en que haya sido mezclado automáticamente; Para el caso en que los materiales son mezclados en la betonera, este tiempo inicia desde que se descargan los materiales, por lo que para ambos casos este tiempo inicia cuando el camión mixer se posiciona en el punto de descarga de hormigón o materiales y concluye cuando el camión mixer abandona la planta.

En este tiempo se debe considerar el tiempo en el cual se extrae en planta una muestra de hormigón para efectos de control de calidad (ensayo de cono de abrams). Este evento es marcado por el giro en sentido horario de la tolva.

- b) A obra** Es el tiempo de transporte del Camión Mixer desde la planta hacia obra, cargado de Hormigón. Durante este lapso de tiempo la tolva continúa girando en sentido horario.

- c) **En obra:** Es el tiempo de espera antes de iniciar el descarguío de hormigón en obra (generados por los preparativos en obra para la descarga del hormigón o espera al tiempo de descarga de otro Camión Mixer).
- d) **Descargando:** Es el tiempo en que el Camión Mixer inicia la descarga del Hormigón. El tiempo de descarga es marcado cuando la tolva gira en sentido anti-horario, en ocasiones es necesario mezclar nuevamente el hormigón en la tolva del Camión Mixer, para esto se gira la tolva en sentido horario por un menor lapso de tiempo, finalizando este tiempo se reinicia el descarguío.
- Para este tiempo se debe considerar los eventos mencionados anteriormente y deben ser incluidos en el tiempo de descarga.
- e) **A planta:** Es el tiempo en que el Camión Mixer retorna a la planta. En este tiempo se debe considerar el tiempo en el cual se lava la tolva (aprox. 5 minutos).

**FIGURA 4-1 CICLO DEL CAMION MIXER**



Fuente: Elaboración con base en proceso de Ready Mix

#### 4.1.2. FLUJO DE INFORMACIÓN PROPUESTO

Considerando la identificación del ciclo del camión mixer, el análisis de la cadena logística, la misión logística y la aplicación tecnológica, se propone transmitir en tiempo real toda la información que se genera en la distribución del hormigón premezclado.

Esta información será transmitida mediante el GPS, la misma será recolectada en un software de monitoreo y gestión, para la toma de decisiones en tiempo real del proceso.

La información estará disponible en tiempo real y se almacenará para su posterior análisis.

**FIGURA 4-2 FLUJO DE INFORMACIÓN PROPUESTO**



Fuente: Elaboración con base en el diseño propuesto

### **4.1.3. CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO**

El cursograma analítico según el método actual, demostró:

- a) La existencia de demoras antes de efectuar la carga de hormigón premezclado o de materiales para la mezcla.
- b) La existencia de espera, en obra, antes de realizar la descarga del hormigón.
- c) La demora durante el recorrido de obra a planta.

El cursograma analítico propone controlar las demoras en planta, de tal forma, de realizar una mejor programación para evitar colas en planta antes del estado de carga del camión.

También plantea el control de los tiempos de espera en obra, este tiempo se genera por causa del cliente, cuando este justifica su retraso a causa de demoras en la preparación de la obra para el vaciado del hormigón.

El principal ahorro en tiempo es propuesto por el tiempo de recorrido de obra a planta, este tiempo debería ser igual al tiempo de ruta de planta a obra, sin embargo, en este recorrido los conductores, presentaban mayores tiempos debido a que los mismos realizaban paradas no autorizadas con el fin de generar mayores horas extras o de reducir la cantidad de vueltas que realizaban.

Con la aplicación tecnológica se controlará los anteriores tiempos mencionados además de se brindará alertas de paradas no autorizadas y se registrarán sus tiempos.

**DIAGRAMA 4-1 CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMAS 2, 3 y 4**

 		<b>READYMIX EL ALTO</b>							
		<i>Cursograma analítico: Operario/Equipo</i>							
		<b>Resumen</b>							
		<i>Actividad:</i>	<i>Actual</i>	<i>Propuesto</i>	<i>Economía</i>				
<i>Diagrama N° 1 Hoja N° 1 de 2</i>		<i>Operación</i>	5						
<i>Objeto de Estudio: Operario y Mixer</i>		<i>Transporte</i>	10						
<i>Subproceso: Producción de mezclado</i>		<i>Inspeccion</i>	0						
<i>Producción carguío mixer</i>		<i>Demora</i>	7						
<i>Entrega de producto en obra</i>		<i>Almacenamiento</i>	0						
<i>Metodo: /Propuesto</i>		<i>Operacion-Inspeccion</i>	0						
<i>Lugar: Planta-Ruta-Obra-Planta</i>		<i>Distancia:</i>	32.50						
<i>Equipo: Mixer 08- Operador Mixer 08</i>		<i>Tiempo (min)</i>	97.13						
<i>Compuesto por: Vladimir Marino Aduviri</i>		<i>Fecha:</i>	<i>Costo Mano de Obra</i>						
		07/11/2017	<i>Costo Material</i>						
<i>Aprobado por: Cesar Fernandez- Supervisor de Planta</i>		<i>Fecha:</i>	<i>Total Capital</i>						
		07/11/2017							
<i>Descripcion del Metodo</i>							<i>Distancia (m)</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Observaciones</i>
<i>Ingresan a zona de carga de hormigón</i>							4	1.00	<i>Inicia a las 10:15</i>
<i>Cargan hormigón premezclado</i>							0	4.00	
<i>Salen de la zona de carga</i>							2	0.50	
<i>Esperan la finalización del ensayo de calidad</i>							0	10.00	
<i>Reciben la confirmación de calidad</i>							0	0.50	
<i>Esperan el precintado de la caja de mando de la betonera.</i>							0	0.50	
<i>Salen de planta</i>							2	0.50	
<i>Se dirigen a la obra definida</i>								20.00	<i>La distancia es variable según ubicación</i>
<i>Llegan a la obra</i>							0.5	0.50	
<i>Esperan confirmación del cliente para realizar el vaciado de hormigón</i>							0	4.00	<i>Sin necesidad de adición de aditivo y agua</i>
<b>SUBTOTAL</b>	1	5	0	4	0	0	8.5	41.50	

Fuente: Elaboración con base en datos del Diagrama 3 – 5 y análisis de mejora



**DIAGRAMA 4-3 CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO – PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE HORMIGÓN – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1**

 		READYMIX COCHABAMBA								
		Cursograma analítico:		Operario/Equipo						
		Resumen								
		Actividad:	Actual	Propuesto	Economía					
Diagrama N° 1 Hoja N° 1 de 2		Operación	5							
Objeto de Estudio: Operario y Mixer		Transporte	11							
Subproceso: Producción de mezclado Producción carguío mixer Entrega de producto en obra		Inspeccion	0							
		Demora	7							
		Almacenamiento	0							
Metodo: /Propuesto		Opreracion-Inspeccion	0							
Lugar: Planta-Ruta-Obra-Planta		Distancia:	46.00							
Equipo: Mixer 31- Operador Mixer 31		Tiempo (min)	132.68							
Compuesto por: Vladimir Marino Aduviri	Fecha:	Costo Mano de Obra								
	24/11/2017	Costo Material								
Aprobado por: Jorge Loria - Supervisor de Planta	Fecha:	Total Capital								
	30/11/2017									
Descripcion del Metodo		○	⇒	□	D	▽	◻	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
Ingresan a zona de carga de hormigón			●					8	1.00	Inicia a las 11:00
Mezclan agregados, cemento, agua y aditivo		●						0	15.00	Paralelamente se carga materiales (10 min)
Salen de la zona de carga			●					3	0.50	
Van a la zona de control de calidad			●					4	0.50	
Esperan la finalización del ensayo de calidad					●			0	8.00	
Reciben la confirmación de calidad					●			0	0.50	
Esperan el precintado de la caja de mando de la betonera.					●			0	0.17	
Salen de planta			●					15	0.67	
Se dirigen a la obra definida			●						38.00	La distancia es variable según ubicación
Llegan a la obra			●					2	1.00	
Esperan confirmación del cliente para realizar el vaciado de hormigón					●			0	5.00	al mismo tiempo inicia la adición de agua y aditivo (3 min)
<b>SUBTOTAL</b>		1	6	0	4	0	0	32	70.34	

Fuente: Elaboración con base en datos del Diagrama 3 – 7 y análisis de mejora



## 4.2. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Considerando los puntos de control requeridos en el ciclo del camión mixer, a nivel tecnológico se propone las siguientes mejoras:

- Implementación de una solución que permita la recolección, transmisión y exposición de la información en tiempo real del ciclo del camión mixer.
- Establecer alertas que nos permitan controlar en tiempo real aquellas desviaciones en el proceso de distribución de hormigón premezclado.

### 4.2.1. ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL

#### 4.2.1.1. CICLO DEL ESTADO DEL CAMIÓN MIXER

Se deberá contar con el dato en tiempo real del estado del ciclo del camión en planta, durante su recorrido, en obra, durante su descargue y de retorno a la planta, además de una visualización en pantalla por colores.

Esta visualización deberá ser reflejada en un panel de control.

**CUADRO 4-1 ESTADOS POR COLOR**

No.	Estado del Ciclo del Camión Mixer	Color
1	Cargando	Color 1
2	A obra	Color 2
3	En obra	Color 3
4	Descargando	Color 4
5	A planta	Color 5

Fuente: Elaboración con base en requerimiento de Ready Mix

#### 4.2.1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PEDIDO DE DESPACHO

Cada ciclo del camión mixer debe estar relacionado con el pedido del cliente los principales datos que se debe contener son:

- Código y descripción del hormigón.
- Cantidad despachada
- Fecha
- Código y nombre del cliente
- Obra y dirección.

#### 4.2.1.3. DATOS REQUERIDOS PARA MONITOREO

Se requieren los siguientes eventos a monitorear:

- a) **Ubicación:** Se requiere conocer la ubicación geográfica del Camión Mixer en tiempo real.
- b) **Velocidad:** Se requiere conocer el historial de velocidad al cual ha sido manejado el Camión Mixer, en especial la máxima velocidad, reducción inmediata de velocidad (frenadas bruscas), promedio de velocidad de manejo del Camión Mixer.
- c) **Funcionamiento** Se requiere conocer el funcionamiento del Camión Mixer, diferenciando el camión funcionando parado, funcionando en movimiento y apagado.
- d) **Consumo de combustible:** Se requiere conocer el consumo de combustible.

- e) **Alerta “Inicio de fraguado”:** Se requiere visualizar por color rojo una alerta cuando la mezcla se encuentre más de 2 horas dentro la betonera.
- f) **Secuencia de la ruta seguida por el Camión Mixer:** Se requiere conocer el trayecto del Camión Mixer en secuencia, desde que sale de planta hasta su retorno.
- g) **Estados de Ciclo del Camión Mixer:** Se requiere indispensablemente conocer en tiempo real el estado del camión.
- h) **Acumulador de tiempos de cada estado a partir del evento.** Se necesita que cualquier estado exponga el tiempo que el Camión Mixer ha permanecido en dicho estado.
- i) **Acumulador del ciclo del camión mixer por pedido:** Se requiere la sumatoria total de los tiempos de cada estado, para identificar el tiempo del ciclo del camión mixer.

#### 4.2.1.4. ALERTAS

El sistema deberá alertar al conductor y a los monitores:

- a) Cuando el mismo exceda la velocidad permitida.
- b) Cuando se tenga una entrega impuntual.

El sistema deberá alertar solo a los monitores:

- a) Si han transcurridos 2 horas desde el inicio del estado cargando.
- b) Si el Camión Mixer se detiene por más de 5 minutos en la ruta.

#### 4.2.1.5. INFORMES

En el siguiente cuadro, se detalla los informes requeridos:

**CUADRO 4-2 INFORMES A GENERAR**

<b>Detalle de Informes</b>	<b>Descripción</b>
Estados del ciclo del camión Mixer	Por camión y por regional.
Eventos importantes	Se considera eventos importantes, aquellos que por su naturaleza podrían ocurrir de forma esporádica: a) El hormigón este más de 2 horas en la betonera del Camión Mixer. b) El camión se haya detenido en un punto dentro de la ruta de Planta a Obra y viceversa (por más de 5 minutos).

Fuente: Elaboración con base en requerimiento de Ready Mix

En la siguiente tabla, se detalla la periodicidad de los informes requeridos:

**CUADRO 4-3 PERIODICIDAD DE INFORMES**

<b>Periodicidad</b>	<b>Contenido</b>
Periódicos	Contienen información de todos los eventos.
Inmediatos	Contienen la información de eventos importantes y deben ser enviados inmediatamente ocurra el evento.

Fuente: Elaboración con base en requerimiento de Ready Mix.

#### 4.2.1.6. CANTIDAD DE CAMIONES MIXER A MONITOREAR

En el siguiente cuadro, se detalla la cantidad de camiones que estarán siendo monitoreados:

**CUADRO 4-4 CAMIONES MIXER A MONITOREAR**

<b>REGIONAL</b>	<b>Cantidad Camiones Mixer</b>
La Paz	27
Santa Cruz	34
Oruro	7
Tarija	7
Cochabamba	23
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>

Fuente: Elaboración con base en alcance definido de Ready Mix

Cada camión tiene asociado un código que permite identificarlo, a su vez cada camión esta asociado a un operador de mixer.

#### 4.2.1.7. USUARIOS DEL SISTEMA

En la siguiente tabla, se detalla la cantidad estimada de usuarios que utilizarán el sistema además de la información que necesitan del mismo.

#### CUADRO 4-5 USUARIOS DEL SISTEMA

Usuarios	Cargo	Requerimiento de Información
4	Coordinador de Logística	Deberá tener control total del sistema de rastreo satelital, para generar y enviar informes, monitorear en tiempo real la ubicación y estado de los camiones Mixer, etc.
8	Supervisor de Planta	Es el responsable de la producción en Planta de Readymix por lo tanto este usuario deberá tener un <b>acceso informativo</b> al sistema de rastreo satelital.
4	Jefe Regional	Es el responsable de supervisar al Coordinador de Logística, por lo tanto necesita un <b>acceso informativo</b> .
1	Subgerente Nacional de Hormigones	Es el responsable de supervisar al Jefe Regional por lo tanto necesita un <b>acceso informativo</b> .
1	Gerente Nacional de Hormigones, Aridos y Prefabricados	Es el responsable del negocio, por lo tanto necesita un <b>acceso informativo</b> .

Fuente: Elaboración con base a definición de accesos para Ready Mix

#### 4.2.1.8. INDICADORES DEL PROCESO

##### 4.2.1.8.1. EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN

Es requisito controlar el cumplimiento a la programación diaria de despachos, en los siguientes aspectos:

- a) Volumen de hormigón despachado por día.
- b) Volumen de hormigón despachado por día y cliente.

- c) Volumen de hormigón despachado por día, cliente y obra destino.
- d) Volumen de hormigón despachado por día y por camión.

La ejecución diaria de la programación deberá ser controlada con la siguiente formula:

$$\text{Ejecución de la programación} = \left( \frac{\text{Vol. despachado}}{\text{Vol. programado}} \right) * 100$$

La programación diaria deberá ser cargada en el sistema para que el cálculo se pueda realizar de forma automática.

#### **4.2.1.8.2. PUNTUALIDAD DE ENTREGAS**

Este indicador mide la capacidad de la empresa para entregar el hormigón al cliente respetando la hora en que la empresa pudo comprometerse.

El Coordinador de Logística debe recibir la hora de llegada a obra de los distintos camiones esta información es comparada contra la programación de despacho, la diferencia, nos sirve para calcular el porcentaje de variación de las horas de entrega que pasa los 15 minutos, definida como “tiempo razonable de espera”.

Para este cálculo se deben segmentar la puntualidad de las entregas en cuatro segmentos:

- a) De 00:00 a 00:15 (entregas puntuales)
- b) De 00:16 a 00:30
- c) De 00:31 a 01:00
- d) Mayor a 01:00

Por lo tanto se considera una entrega puntual si el camión con hormigón premezclado llega a obra en la hora programada o dentro de los 15 minutos considerados como tiempo razonable de espera.

$$\Delta \text{Entrega puntual} = \text{Hora programada} - \text{hora en obra}$$

Teniendo los siguientes casos:

**a) Si hora en obra es mayor a hora programada.**

Entonces se debe evaluar:

$$\text{Si } \Delta \text{ Entrega puntual} \leq 15 \text{ minutos} \rightarrow \text{Entrega puntual}$$

Caso contrario:

$$\text{Si } \Delta \text{ Entrega puntual} > 15 \rightarrow \text{Entrega impuntual}$$

**b) Si hora en obra es menor a hora programada.**

Se define como entrega puntual.

La programación diaria con las horas de entrega programadas deberán ser cargadas en el sistema para que el cálculo se pueda realizar de forma automática y el sistema emita las alertas correspondientes.

#### **4.2.2. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA**

La infraestructura tecnológica descrita en el siguiente cuadro, debe satisfacer las siguientes necesidades:

- a) Conexión local desde las plantas.
- b) Monitoreo de los estados del ciclo del camión.
- c) Monitoreo de la ubicación geográfica de los camiones.

#### CUADRO 4-6 REQUERIMIENTO TECNOLÓGICO

No	Item	Cantidad
1	Software de Gestión y Monitoreo	1
2	Servidor del sistema	1
3	Terminal Server	1
4	Televisores para monitoreo	8
5	Equipos de computación	8
6	Accesorios y otros	8
7	Protector de regulador de voltaje	8
8	Parlantes de computadora	8
9	Licencia servidor	1
10	Licencia software estándar	8
11	Equipo para rastreo de camiones	98
12	Sensor de giro	98
13	Cableado (punto simple)	8
14	Conexión VPN	3

Fuente: Elaboración con base en necesidades del proyecto

#### 4.2.3. SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN DEL PROCESO

Para precautelar la seguridad de la información del proceso, se debe establecer lo siguiente:

- a) Establecer y definir un contrato con cláusulas de Confidencialidad de la Información.
- b) Definir niveles de privilegios que se otorgan a los administradores
- c) Se deben establecer periodos de back ups.
- d) Establecer lineamientos de integridad y disponibilidad del sistema.

## **CAPITULO 5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se analiza en forma cualitativa y cuantitativa el sistema actual y el sistema propuesto para Ready Mix.

### **5.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA**

#### **5.2.1. CONTROL DE PROCESOS**

Los sistemas de producción y despacho de hormigón premezclado serán controlados de forma automática.

El control se realizará basado en los estados del ciclo del camión mixer, según los parámetros establecidos, el sistema permitirá alertar sobre desviaciones en el desarrollo de los procesos.

Los datos de los procesos serán recolectados desde la fuente donde se originan y a través del GPS serán transmitidos hacia un software que permitirá la exposición del ciclo del camión mixer.

De forma paralela y automática el sistema realizará los cálculos de los indicadores los almacenará y estarán disponibles para su consulta.

#### **5.2.2. SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL**

La información de los procesos de producción y distribución serán visualizadas en tiempo real, gracias a la transmisión del GPS e interpretación del software.

Con la información en línea se podrá tomar decisiones, principalmente para evitar:

- a) Que los conductores empleen tiempos de ruta (planta – obra – planta) largos.
- b) Que tengamos demoras en obra, por retrasos generados por los clientes.
- c) Generación de desperdicios de hormigón, en los casos en que el mismo se encuentre más de dos horas en la betonera.

Con la información en línea y localizada, se evitará dependencias de comunicación con los conductores o clientes, para conocer el desarrollo de los procesos de distribución principalmente.

### **5.2.3. CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN**

Teniendo el control de los procesos de producción y distribución, la información en línea directamente desde la fuente donde se origina, se logrará el cumplimiento de la programación, por lo tanto el incremento de los ingresos por ventas.

En la situación sin proyecto, la información era recolectada culminado el ciclo del camión mixer, por lo que no se podía evidenciar aquellos problemas que causaban demoras y por con siguiente la falta de la ejecución de la programación diaria.

## **5.3. EVALUACIÓN CUANTITATIVA**

### **5.3.1. EVALUACIÓN DE REGISTROS DE INFORMACIÓN**

Para la producción y despacho de hormigón bajo el sistema de producción 2,3 y 4, como se observa en el siguiente cuadro, con el proyecto propuesto se observa notablemente el incremento de la productividad, de acuerdo a lo siguiente:

- Disminución del tiempo empleado en el transporte en un 20%.
- Disminución del tiempo generados por las demoras en un 58%.

**CUADRO 5-1 COMPARACIÓN DEL CURSOGRAMA ANALÍTICO – SISTEMAS 2, 3 y 4**

<i>Actividad</i>	<i>MÉTODO ACTUAL</i>			<i>MÉTODO PROPUESTO</i>			<i>Economía (min)</i>
	<i>Cantidad</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tiempo (min)</i>	
<i>Operación</i>	5	0	34	5	0	34	0
<i>Transporte</i>	11	46	105.34	10	46	83.34	22
<i>Demora</i>	8	0	36.34	7	0	15.34	21
<b>Total</b>		46.00	175.68	22.00	46.00	132.68	43

**Fuente:** Elaboración con base a mejoras del proceso en Ready Mix

De forma similar para la producción y despacho de hormigón bajo el sistema de producción 1, como se observa en el siguiente cuadro, con el proyecto propuesto se observa notablemente el incremento de la productividad, según lo siguiente:

- Disminución del tiempo empleado en el transporte en un 16%.
- Disminución del tiempo generados por las demoras en un 46%.

**CUADRO 5-2 COMPARACIÓN DEL CURSOGRAMA ANALÍTICO – SISTEMA DE PRODUCCIÓN 1**

<i>Actividad</i>	<i>MÉTODO ACTUAL</i>			<i>MÉTODO PROPUESTO</i>			<i>Economía (min)</i>
	<i>Cantidad</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tiempo (min)</i>	
<i>Operación</i>	5	0	26.5	5	0	26.5	0
<i>Transporte</i>	11	46	64	10	46	54	10
<i>Demora</i>	8	0	30.63	7	0	16.63	14
<b>Total</b>		46.00	121.13	22.00	46.00	97.13	24

**Fuente:** Elaboración con base a mejoras del proceso en Ready Mix.

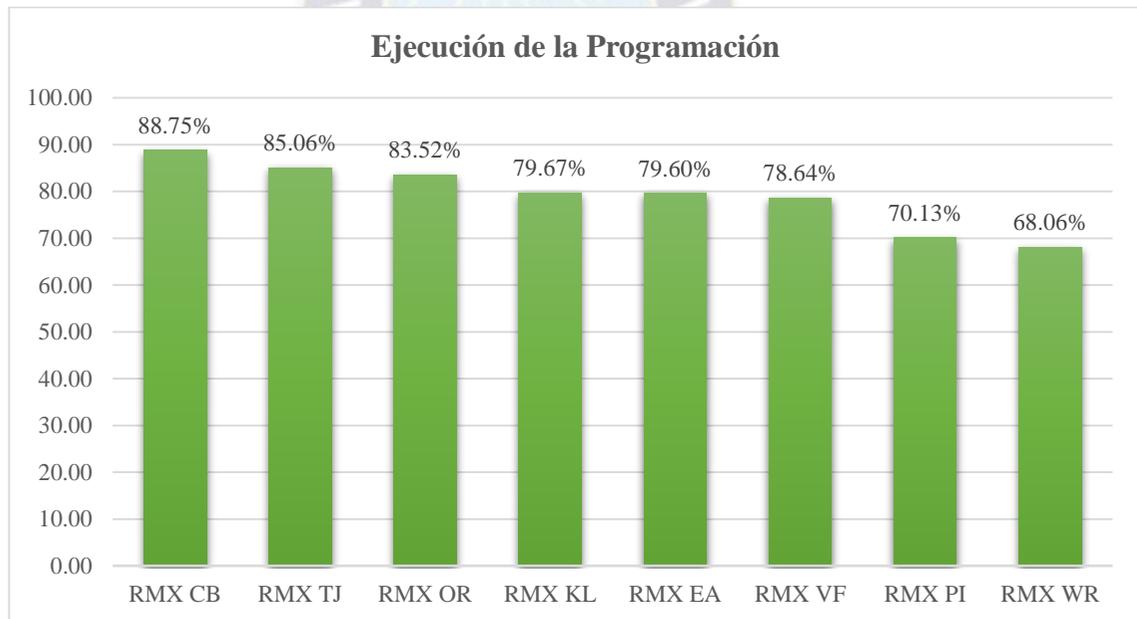
### 5.3.2. CÁLCULO DE INDICES DE PRODUCTIVIDAD

La ejecución diaria de la programación es controlada con la siguiente formula:

$$\text{Ejecución de la programación} = \left( \frac{\text{Vol. despachado}}{\text{Vol. programado}} \right) * 100$$

La ejecución de la programación durante la Gestión Industrial 2017 se detalle en el siguiente cuadro:

**GRÁFICO 5-1 EJECUCION DE LA PROGRAMACIÓN – GESTIÓN 2017**

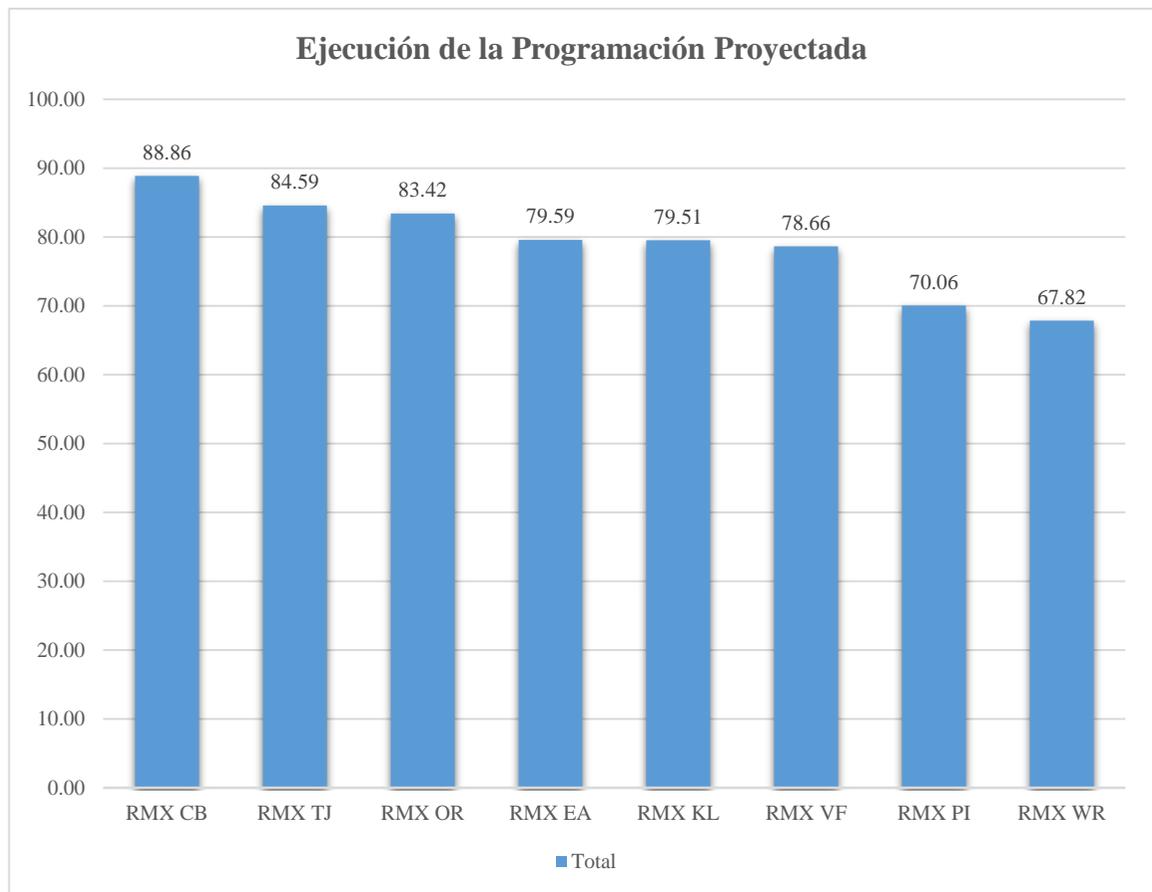


Fuente: Elaboración con base en Informe de Fábrica Gestión 2017

El anterior cuadro nos indica que los problemas encontrados afectan más a Ready Mix Warnes en Santa Cruz y que la planta que tiene mayor cumplimiento del despacho es Ready Mix Cochabamba.

Basado en el pronóstico de la cantidad programada y despachada (Anexo B), en el siguiente cuadro se expone el indicador para los siguientes 9 meses de la gestión 2018.

**GRÁFICO 5-2 EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN – PROYECTADA (ABRIL-DIC 2018)**



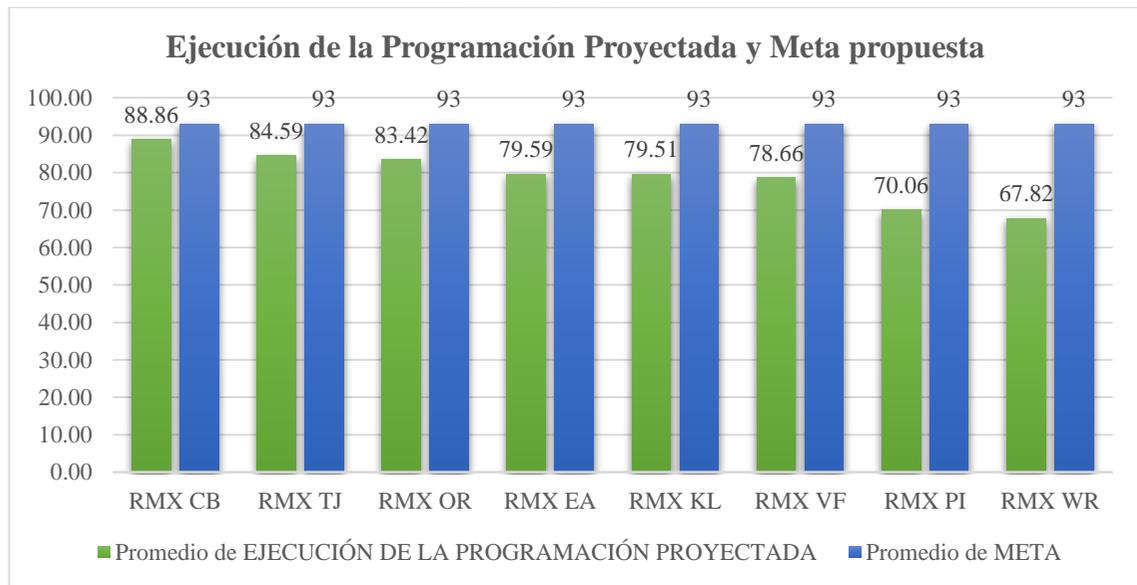
Fuente: Elaboración con base en Pronóstico de la Cantidad Programada y Despachada

Por los datos y los indicadores expuestos se valida el cálculo realizado.

En el siguiente cuadro se expone la meta que se ha planteado alcanzar con la implementación del proyecto, esta meta se definió en consenso en Ready Mix, considerando la data histórica y las variables principales de operación.

Se ha considerado alcanzar una meta del 93% debido a que existe en promedio un 7% que escapa del control del negocio y es a causa del cliente, ya que sea por retrasos en obra o cancelaciones por aspectos climáticos.

**GRÁFICO 5-3 EJECUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN PROYECTADA Y META PLANTEADA**



Fuente: Elaboración con base en Pronóstico de la Cantidad Programada y Despachada

### 5.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

“La evaluación de proyectos proporciona una información más para ayudar a tomar una decisión” (Sapag y Sapag, 2000), el presente estudio económico pretende determinar la viabilidad del proyecto considerando lo siguiente:

- Según el Anexo C, el monto necesario para la inversión es Bs. 1,103,184.00, este monto será autofinanciado por la Gerencia Nacional de Hormigones, Áridos y Prefabricados.

- Basado en la cantidad de camiones a monitorear se tendrá un costo adicional por la suscripción del servicio de internet de Bs. 30,693.60 (313.20 Bs/Camión).
- Basado en el pronóstico del Anexo B, con el proyecto se tendrá un volumen adicional despachado de 19,181.00 M3 durante los próximos 6 meses.
- Basado en la información suministrada por el área de Finanzas de la empresa, se toma un tasa de oportunidad del 12%

Mokate, (1998) sostiene que los flujos incrementales se pueden calcular directamente, expresando la diferencia del flujo de fondo con proyecto respecto del sin proyecto.

Por lo tanto, considerando el flujo de fondos del Anexo D, se valida la factibilidad del proyecto, evaluado a 6 meses. Con un VAN de Bs. 385,624.42 y una tasa interna de retorno del 25% que esta por encima de la tasa de oportunidad indicada por el área de Finanzas.

### **CUADRO 5-3 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

<b>Tasa de oportunidad Ready Mix</b>	12.00%
<b>VAN</b>	Bs. 385,624.42
<b>TIR</b>	25%

Fuente: Elaboración con base en análisis financiero del proyecto.

## **CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. CONCLUSIONES**

- Al implementar el proyecto en Ready Mix se logra optimizar el proceso de distribución de hormigón premezclado mejorando el cumplimiento de los despachos diarios.

Con la elaboración de este proyecto, se alcanza una etapa de automatización e integración de procesos, cuyos principales beneficios son: Disminución de carga administrativa, confiabilidad de la información y aumento del desempeño del proceso, entre otros.

- Se identificó la situación actual del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix, el mismo presentó demoras significativas en actividades que se realizan durante el trayecto de planta a obra y viceversa y otras generadas por el retraso del cliente.
- Se puntualizó las variables del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix, mediante la definición del ciclo del camión mixer, lo que permitirá a la empresa consolidar información en tiempo real sobre el desarrollo de la performance del proceso.
- Se logró integrar la información del proceso de despacho de hormigón, la misma, será captada directamente desde la fuente, para ser transmitida en tiempo real a los usuarios tomadores de decisión, quienes, podrán evitar desviaciones significativas.

- Se ha diseñado la solución tecnológica para el control del proceso de distribución de hormigón premezclado en Ready Mix, integrando la información del pedido del cliente con la información del estado del ciclo del camión mixer.
- Toda la información que genera el proceso es almacenada en una base de datos, disponible para su consulta y análisis. Con la solución tecnológica presentada se evita la transcripción manual y por ende desviaciones por un registro incorrecto.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

El presente proyecto, ha logrado la integración y automatización de la logística de distribución del hormigón premezclado a través del uso de tecnologías de la información y análisis de procesos, sin embargo existe una fuerte dependencia de las tecnologías mencionadas por lo que se recomienda generar un plan de continuidad que permita el correcto funcionamiento de los dispositivos y enlaces aplicados.

Pasado el período de madurez de la solución propuesta se recomienda continuar con la automatización de los otros procesos, con un enfoque en la disminución de costos, principalmente en las actividades de consumo, transporte y almacenamiento de materiales.

También desde el área de Control de Calidad, se podrían realizar automatizaciones que permitan asegurar la confiabilidad del proceso.

Es conveniente mencionar que el principal enlace de comunicación de la solución propuesta es el internet, ya sea local o de un proveedor de servicio, por lo que se recomienda realizar un seguimiento a los canales dispuestos y los servicios adquiridos, solo de esta manera se puede lograr la continuidad de una información en tiempo real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranibar, J. (2013). *Sistemas de Información Gerencial para la Administración del desempeño Empresarial: La convergencia entre Bussines Intelligence y Balance Scorecard*. La Paz, Bolivia: Gráfica Holding S.R.L.
- Ballou, R. (2004) *Logística: Administración de la cadena de suministro (5ta ed.)*. México D.F, México: Pearson Educación.
- Carro, R. y Gonzáles D. (2015) *Logística Empresarial*. Buenos Aires, Argentina: Nulan
- Casanovas, A. y Cuatrecasas, L. (2003). *Logística Empresarial: Gestión integral de la información y material de la empresa*. Barcelona, España: Ediciones Gestion 2000.
- Chase, R., Jacobs R. y Aquilano J. (2005). *Administración de la Producción y Operaciones (10ma ed.)*. México D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Effy O., (2008). *Administración de los Sistemas de Información, (5ta ed.)*. México, D.F., México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Frances, A. (2006). *Estrategia y Planes para la Empresa con el Cuadro de Mando Integral*. México, D.F., México: Pearson Educación.
- Frías, A. (2012). *Diez Estrategias Logísticas: El valor de la logística en los negocios*. México, D.F., México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Funes, J. (2008). *Contabilidad de Costos*. Cochabamba, Bolivia: Editorial Sabiduría y Cultura.

- Gitman, L. (2007). *Administración Financiera. (11va ed.)*. México, D.F., México: Pearson Educación.
- Goldratt, E., (1990). *El síndrome del pajar*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Huerta, E., Mangiaterra, A. y Noruega, G. (2005). *GPS: Posicionamiento Satelital. (1ra ed.)*. Buenos Aires, Argentina: UNR Editora.
- Kanawaly, G. (1996) *Oficina Internacional del Trabajo: Introducción al Estr. Ed.*
- Mokate, K. (1998). *Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión (1ra ed.)*. Bogotá, Colombia: Ediciones UNIANDES.
- Mora, L. (2015). *Logística del transporte y distribución de carga (1ra ed.)*. Bogotá, Colombia: Empresa Editora Macro EIRL.
- Niebel, B. y Freivalds A. (2004) *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. (11va. ed)*. México, D.F., México: Grupo Editor Alfaomega
- Oficina Internacional del Trabajo. (1996) *Introducción al Estudio del Trabajo (4ta ed.)*. Ginebra, Suiza: OIT
- Prahalad, C.K. y Krishnan, M.S. (2009). *La nueva era de la innovación: Como crear valor a través de redes globales*. México, D.F., México: McGraw-Hill Educación.
- Reindenbach, R. y Goeke, R. (2008). *Six Sigma estratégico para campeones: Claves para la ventaja competitiva sostenible (1ra ed.)*. México, D.F., México: Panorama Editorial.

Rother, M. y Shook J. (1999). *Observar para crear valor: Cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar “muda”* (2da ed.). Massachusetts, Estados Unidos: The Lean Enterprise Institute.

Schonberger, R. (1995). *Manufactura de Categoría Mundial: Aplicación de las últimas técnicas para optimizar la producción*. Barcelona, España: Grupo Editorial Norma.

Sapag, N. y Sapag, R. (2000). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (5ta ed.). Santiago, Chile: McGraw-Hill Interamericana.

Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona, España: Ediciones Gestion 2000.

Helguero, M. (2013). *Diseño de un sistema de logística de distribución en la Compañía Cervecería Boliviana S.A.* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Villa, J. (2017). *Gestión de la Logística de distribución Caso: Planta PEPSI SD El Alto* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Cardona, M. (s.f.) *Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo: Eficiencia para pequeña industria*. Recuperado de <http://www.revista-MM.com>.

CEPAL. (2010, 18 de marzo). Eficiencia energética en el transporte de carga por carretera. FAL Recuperado de <http://www.cepal.org/transporte>

Sociedad Boliviana de Cemento S.A. (2018). *La Empresa*. La Paz, Bolivia. Recuperado de <https://www.soboce.com>

Jimenez, J. y Hernandez S. (2002). *Marco Conceptual de la Cadena de Suministro: Un nuevo enfoque logístico*. Sanfandila, Qro. 2002. Recuperado de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt215.pdf>

Blog de la calidad, (2018). *Herramientas de la calidad: Diagrama de Ishikawa*. Recuperado de <http://www.blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>

Gustavo, C. (2017). *Michael Hammer y James Champy (reingeniería)*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/tavito1996/michael-hammer-y-james-champy-reingeniera>

Barragán, A. (2018). *Las funciones de logística en la distribución de producto – Pymmerang*. Recuperado de <http://www.pymmerang.com/logistica-y-supply-chain/logistica/distribucion/309-logistica-de-distribucion>

UBICAR (2018). *Rastreo Satelital*. Recuperado de <http://www.ubicar.com.bo/servicios/rastreo-satelital>

GPS. Gov (2018). *El sistema de posicionamiento global*. Recuperado de <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>

Logistic Summit & Expo (2015) *Indicadores de transporte para un mejor crecimiento*. Recuperado de <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/72105-indicadores-transporte-un-mejor-crecimiento->

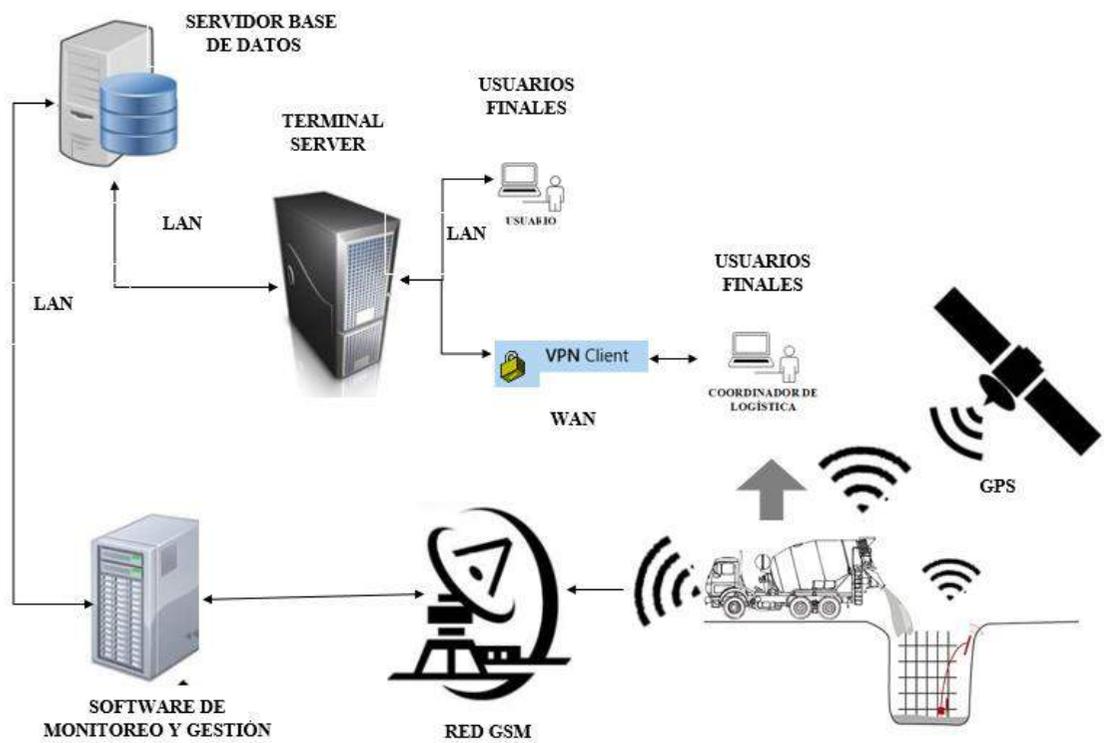
Hispavista (2016) *Arquitectura de Software: Diseño de Software de Arquitectura en Tiempo Real*. Recuperado de <http://arquitectura-de-software.blogspot.es/1464570537/diseño-de-software-de-arquitectura-de-tiempo-real/>



## ANEXOS

### ANEXO A: ARQUITECTURA DEL SISTEMA

FIGURA A.1: ARQUITECTURA DEL SISTEMA



FUENTE: Elaboración con base en requerimientos de Ready Mix

## ANEXO B: SOFTWARE DE MONITOREO Y GESTIÓN



FUENTE: Elaboración con base en requerimientos de Ready Mix

## ANEXO B: PRONÓSTICO CANTIDAD PROGRAMADA Y DESPACHADA

### CUADRO B.1: PRONÓSTICOS - READY MIX VILLA FÁTIMA

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	La Paz	RMX VF	3,372.00	2,700.00			-		-
2017	Mayo	La Paz	RMX VF	3,828.00	3,000.00			-		-
2017	Junio	La Paz	RMX VF	3,608.50	2,800.00			-		-
2017	Julio	La Paz	RMX VF	3,984.00	3,200.00	2018	Abril	3,603	3,351	252
2017	Agosto	La Paz	RMX VF	4,013.50	3,050.00	2018	Mayo	3,807	3,540	266
2017	Septiembre	La Paz	RMX VF	2,746.50	2,300.00	2018	Junio	3,869	3,598	271
2017	Octubre	La Paz	RMX VF	2,862.00	2,100.00	2018	Julio	3,581	3,331	251
2017	Noviembre	La Paz	RMX VF	2,193.00	1,690.00	2018	Agosto	3,207	2,983	225
2017	Diciembre	La Paz	RMX VF	3,848.00	3,000.00	2018	Septiembre	2,601	2,418	182
2018	Enero	La Paz	RMX VF	4,103.50	3,280.00	2018	Octubre	2,968	2,760	208
2018	Febrero	La Paz	RMX VF	3,567.00	2,854.00	2018	Noviembre	3,382	3,145	237
2018	Marzo	La Paz	RMX VF	2,650.50	2,100.00	2018	Diciembre	3,840	3,571	269

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

### CUADRO B.2: PRONÓSTICOS - READY MIX EL ALTO

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	La Paz	RMX EA	3,926.00	3,100.00			-		-
2017	Mayo	La Paz	RMX EA	3,755.00	3,000.00			-		-
2017	Junio	La Paz	RMX EA	2,793.00	2,234.00			-		-
2017	Julio	La Paz	RMX EA	2,859.50	2,300.00	2018	Abril	3,491	3,247	244
2017	Agosto	La Paz	RMX EA	6,612.50	5,000.00	2018	Mayo	3,136	2,916	220
2017	Septiembre	La Paz	RMX EA	6,308.00	5,046.00	2018	Junio	4,088	3,802	286
2017	Octubre	La Paz	RMX EA	7,341.00	6,050.00	2018	Julio	5,260	4,892	368
2017	Noviembre	La Paz	RMX EA	7,530.50	6,000.00	2018	Agosto	6,754	6,281	473
2017	Diciembre	La Paz	RMX EA	6,365.00	5,100.00	2018	Septiembre	7,060	6,566	494
2018	Enero	La Paz	RMX EA	4,227.00	3,300.00	2018	Octubre	7,079	6,583	496
2018	Febrero	La Paz	RMX EA	4,513.00	3,610.00	2018	Noviembre	6,041	5,618	423
2018	Marzo	La Paz	RMX EA	4,242.00	3,394.00	2018	Diciembre	5,035	4,683	352

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.3: PRONÓSTICOS - READY MIX KELLUMANI**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	La Paz	RMX KL	3,955.00	3,164.00			-		-
2017	Mayo	La Paz	RMX KL	4,129.00	3,100.00			-		-
2017	Junio	La Paz	RMX KL	4,222.00	3,400.00			-		-
2017	Julio	La Paz	RMX KL	6,383.00	5,100.00	2018	Abril	4,102	3,815	287
2017	Agosto	La Paz	RMX KL	1,094.00	875.00	2018	Mayo	4,911	4,568	344
2017	Septiembre	La Paz	RMX KL	3,208.50	2,500.00	2018	Junio	3,900	3,627	273
2017	Octubre	La Paz	RMX KL	4,601.50	3,681.00	2018	Julio	3,562	3,313	249
2017	Noviembre	La Paz	RMX KL	4,717.50	3,774.00	2018	Agosto	2,968	2,760	208
2017	Diciembre	La Paz	RMX KL	2,625.00	2,100.00	2018	Septiembre	4,176	3,884	292
2018	Enero	La Paz	RMX KL	1,837.50	1,500.00	2018	Octubre	3,981	3,703	279
2018	Febrero	La Paz	RMX KL	2,020.00	1,630.00	2018	Noviembre	3,060	2,846	214
2018	Marzo	La Paz	RMX KL	2,865.50	2,300.00	2018	Diciembre	2,161	2,010	151

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.4: PRONÓSTICOS - READY MIX COCHABAMBA**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	Cochabamba	RMX CB	9,073.00	8,166.00			-		-
2017	Mayo	Cochabamba	RMX CB	9,449.00	8,500.00			-		-
2017	Junio	Cochabamba	RMX CB	8,002.00	7,100.00			-		-
2017	Julio	Cochabamba	RMX CB	8,562.50	7,000.00	2018	Abril	8,841	8,222	619
2017	Agosto	Cochabamba	RMX CB	13,149.00	11,834.00	2018	Mayo	8,671	8,064	607
2017	Septiembre	Cochabamba	RMX CB	11,159.00	10,043.00	2018	Junio	9,905	9,211	693
2017	Octubre	Cochabamba	RMX CB	12,559.00	11,303.00	2018	Julio	10,957	10,190	767
2017	Noviembre	Cochabamba	RMX CB	11,922.00	10,000.00	2018	Agosto	12,289	11,429	860
2017	Diciembre	Cochabamba	RMX CB	12,638.00	11,400.00	2018	Septiembre	11,880	11,048	832
2018	Enero	Cochabamba	RMX CB	10,252.00	9,100.00	2018	Octubre	12,373	11,507	866
2018	Febrero	Cochabamba	RMX CB	10,149.50	9,200.00	2018	Noviembre	11,604	10,792	812
2018	Marzo	Cochabamba	RMX CB	8,531.50	7,768.00	2018	Diciembre	11,013	10,242	771

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.5: PRONÓSTICOS - READY MIX TARIJA**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	Tarija	RMX TJ	4,972.00	4,226.00			-		-
2017	Mayo	Tarija	RMX TJ	5,934.00	5,000.00			-		-
2017	Junio	Tarija	RMX TJ	5,308.00	4,512.00			-		-
2017	Julio	Tarija	RMX TJ	8,025.00	6,800.00	2018	Abril	5,405	5,026	378
2017	Agosto	Tarija	RMX TJ	1,375.00	1,169.00	2018	Mayo	6,422	5,973	450
2017	Septiembre	Tarija	RMX TJ	4,033.00	3,500.00	2018	Junio	4,903	4,559	343
2017	Octubre	Tarija	RMX TJ	5,784.50	4,500.00	2018	Julio	4,478	4,164	313
2017	Noviembre	Tarija	RMX TJ	5,930.00	5,041.00	2018	Agosto	3,731	3,470	261
2017	Diciembre	Tarija	RMX TJ	3,300.00	2,805.00	2018	Septiembre	5,249	4,882	367
2018	Enero	Tarija	RMX TJ	2,310.00	2,000.00	2018	Octubre	5,005	4,654	350
2018	Febrero	Tarija	RMX TJ	2,540.00	2,300.00	2018	Noviembre	3,847	3,577	269
2018	Marzo	Tarija	RMX TJ	3,603.00	3,063.00	2018	Diciembre	2,717	2,527	190

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.6: PRONÓSTICOS - READY MIX PARQUE INDUSTRIAL**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	Santa Cruz	RMX PI	4,505.00	3,154.00			-		-
2017	Mayo	Santa Cruz	RMX PI	4,308.00	3,106.00			-		-
2017	Junio	Santa Cruz	RMX PI	3,205.50	2,430.00			-		-
2017	Julio	Santa Cruz	RMX PI	3,280.00	2,296.00	2018	Abril	4,006	3,726	280
2017	Agosto	Santa Cruz	RMX PI	7,587.00	5,311.00	2018	Mayo	3,598	3,346	252
2017	Septiembre	Santa Cruz	RMX PI	7,238.00	5,076.00	2018	Junio	4,691	4,362	328
2017	Octubre	Santa Cruz	RMX PI	8,423.50	5,896.00	2018	Julio	6,035	5,613	422
2017	Noviembre	Santa Cruz	RMX PI	8,640.00	6,408.00	2018	Agosto	7,750	7,207	542
2017	Diciembre	Santa Cruz	RMX PI	7,303.00	5,000.00	2018	Septiembre	8,101	7,533	567
2018	Enero	Santa Cruz	RMX PI	4,736.00	3,315.00	2018	Octubre	8,122	7,554	569
2018	Febrero	Santa Cruz	RMX PI	5,179.00	3,265.00	2018	Noviembre	6,893	6,410	483
2018	Marzo	Santa Cruz	RMX PI	4,867.00	3,300.00	2018	Diciembre	5,739	5,338	402

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.7: PRONÓSTICOS - READY MIX WARNES**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	Santa Cruz	RMX WR	5.783.50	4.048.00			-		-
2017	Mayo	Santa Cruz	RMX WR	6.564.00	4.595.00			-		-
2017	Junio	Santa Cruz	RMX WR	6.187.50	4.100.00			-		-
2017	Julio	Santa Cruz	RMX WR	6.832.00	4.782.00	2018	Abril	6.178	5.746	432
2017	Agosto	Santa Cruz	RMX WR	6.882.00	4.187.00	2018	Mayo	6.528	6.071	457
2017	Septiembre	Santa Cruz	RMX WR	4.709.50	3.297.00	2018	Junio	6.634	6.169	464
2017	Octubre	Santa Cruz	RMX WR	4.908.00	3.500.00	2018	Julio	6.141	5.711	430
2017	Noviembre	Santa Cruz	RMX WR	3.761.00	2.600.00	2018	Agosto	5.500	5.115	385
2017	Diciembre	Santa Cruz	RMX WR	6.599.00	4.600.00	2018	Septiembre	4.460	4.147	312
2018	Enero	Santa Cruz	RMX WR	7.036.00	4.240.00	2018	Octubre	5.089	4.733	356
2018	Febrero	Santa Cruz	RMX WR	6.272.00	4.340.00	2018	Noviembre	5.799	5.393	406
2018	Marzo	Santa Cruz	RMX WR	4.544.00	3.181.00	2018	Diciembre	6.636	6.171	464

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

**CUADRO B.8: PRONÓSTICOS - READY MIX ORURO**

GESTIÓN	MES	REGIONAL	PLANTA	CANTIDAD PROGRAMADA	CANTIDAD DESPACHADA	GESTIÓN	MES	CANTIDAD PROGRAMADA Y PROYECTADA	CANTIDAD DESPACHADA PROYECTADA	DIFERENCIA PROGRAMACIÓN Y DESPACHO PROYECTADA
2017	Abril	Oruro	RMX OR	4.459.50	3.791.00			-		-
2017	Mayo	Oruro	RMX OR	5.062.00	4.100.00			-		-
2017	Junio	Oruro	RMX OR	4.771.00	4.500.00			-		-
2017	Julio	Oruro	RMX OR	5.269.00	4.200.00	2018	Abril	4.764	4.431	333
2017	Agosto	Oruro	RMX OR	5.306.50	4.511.00	2018	Mayo	5.034	4.682	352
2017	Septiembre	Oruro	RMX OR	3.631.00	3.086.00	2018	Junio	5.116	4.757	358
2017	Octubre	Oruro	RMX OR	3.780.00	3.213.00	2018	Julio	4.736	4.404	331
2017	Noviembre	Oruro	RMX OR	2.900.00	2.465.00	2018	Agosto	4.239	3.942	297
2017	Diciembre	Oruro	RMX OR	5.098.00	4.333.00	2018	Septiembre	3.437	3.196	241
2018	Enero	Oruro	RMX OR	5.425.50	4.162.00	2018	Octubre	3.926	3.651	275
2018	Febrero	Oruro	RMX OR	4.836.00	3.900.00	2018	Noviembre	4.475	4.161	313
2018	Marzo	Oruro	RMX OR	3.504.00	2.798.00	2018	Diciembre	5.120	4.761	358

FUENTE: Elaboración con base en datos de Ready Mix

## ANEXO C: CUADRO DE INVERSIÓN

CUADRO C.1: INVERSIONES

No	Ítem	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Total	Tipo	S/H
1	Software Despacho de Hormigon	1	626,400.00	626,400.00	Inversión	Software
2	Servidor del sistema	1	48,720.00	48,720.00	Inversión	Hardware
3	Televisores para monitoreo	8	6,000.00	48,000.00	Inversión	Hardware
4	Equipos de computación	8	7,000.00	56,000.00	Inversión	Hardware
5	Accesorios y otros	8	500	4,000.00	Inversión	Hardware
6	Protector de regulador de voltaje	8	565	4,520.00	Inversión	Hardware
7	Parlantes de computadora	8	95	760	Inversión	Hardware
8	Licencia servidor	1	10,000.00	10,000.00	Inversión	Software
9	Licencia software estándar	8	7,000.00	56,000.00	Inversión	Software
10	Equipo para rastreo de camiones	98	1,250.00	122,500.00	Inversión	Hardware
11	Sensor de giro	98	1,000.00	98,000.00	Inversión	Hardware
12	Cableado (punto simple)	8	3,273.00	26,184.00	Inversión	Servicio
13	Conexión VPN	3	700	2,100.00	Inversión	Software
14	Servicio mensual Internet	98	313.2	30,693.60	Gasto Mensual	Gasto Mensual

FUENTE: Elaboración con base en presupuesto del proyecto

## ANEXO D: FLUJO DE FONDOS PROYECTADO

CUADRO D.1: READY MIX FLUJO DE FONDOS PROYECTADO

Periodo	0	1	2	3	4	5	6
Descripción	Mes de Inversión	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Incremento de ventas brutas		2,192,400.00	2,275,000.00	2,300,900.00	2,378,600.00	2,209,200.00	2,070,600.00
Incremento de ventas netas		1,907,388.00	1,979,250.00	2,001,783.00	2,069,382.00	1,922,004.00	1,801,422.00
Incremento costos variables (450 por M3)		(1,409,400.00)	(1,462,500.00)	(1,479,150.00)	(1,529,100.00)	(1,420,200.00)	(1,331,100.00)
Suscripción mensual (internet)		(30,693.60)	(30,693.60)	(30,693.60)	(30,693.60)	(30,693.60)	(30,693.60)
Amortización Hardware Automatización		(10,625.00)	(10,625.00)	(10,625.00)	(10,625.00)	(10,625.00)	(10,625.00)
Amortización Software Automatización		(11,575.00)	(11,575.00)	(11,575.00)	(11,575.00)	(11,575.00)	(11,575.00)
Mantenimiento de licencias		(1,248.50)	(1,248.50)	(1,248.50)	(1,248.50)	(1,248.50)	(1,248.50)
<b>Utilidad Bruta</b>							
Incremento utilidad bruta		456,669.40	475,431.40	481,314.40	498,963.40	460,485.40	429,003.40
<b>Utilidad despues de impuestos</b>							
Incremento impuestos (IUE)		(114,167.35)	(118,857.85)	(120,328.60)	(124,740.85)	(115,121.35)	(107,250.85)
<b>Utilidad Neta</b>							
Incremento utilidad neta		342,502.05	356,573.55	360,985.80	374,222.55	345,364.05	321,752.55
<b>Inversiones</b>							
Software Automatización "Logística de Distribución"	(694,500.00)						
Hardware Automatización "Logística de Distribución"	(382,500.00)						
Servicio de Cableado (punto simple)	(26,184.00)						
Amortización Software Automatización		11,575.00	11,575.00	11,575.00	11,575.00	11,575.00	11,575.00
Amortización Hardware Automatización		10,625.00	10,625.00	10,625.00	10,625.00	10,625.00	10,625.00
<b>FLUJO DE FONDOS PURO DEL PROYECTO</b>	(1,103,184.00)	364,702.05	378,773.55	383,185.80	396,422.55	367,564.05	343,952.55

FUENTE: Elaboración con base en presupuesto y costos del proyecto