



FACULTAD DE POSGRADOS

PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE HORMIGÓN
PREMEZCLADO MEDIANTE EL USO DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Autor

Christian Santiago Checa Ramírez

Año
2018



FACULTAD DE POSGRADOS

PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE HORMIGÓN
PREMEZCLADO MEDIANTE EL USO DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Magister en Dirección de Operaciones y
Seguridad Industrial

Profesor guía

MBA. Christian Estuardo Hinojosa Godoy

Autor

Christian Santiago Checa Ramírez

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Plan de mejora de la productividad en la planta de hormigón premezclado mediante el uso de la teoría de restricciones, a través de reuniones periódicas con el estudiante Checa Ramírez Christian Santiago, en el semestre 2018 - 2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”.

Christian Estuardo Hinojosa Godoy
Magister en Gerencia Empresarial. MBA
C.C.1712017100

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Plan de mejora de la productividad en la planta de hormigón premezclado mediante el uso de la teoría de restricciones, del estudiante Checa Ramírez Christian Santiago, en el semestre 2018 - 2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Galo Matias Robayo Gordon
Magister Industrial and Systems Engineering
C.C.1712324506

DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Christian Santiago Checa Ramírez
C.C. 1720792033

AGRADECIMIENTO

Este proyecto de investigación no es únicamente un logro personal, por el contrario no hubiera sido posible sin el apoyo de muchas personas. Entre ellas, quiero expresar de manera especial mi sincero agradecimiento a Dios por guiar mi vida y mis pensamientos, al MBA. Ing. Christian Hinojosa, catedrático de la Universidad de las Américas y director de esta tesis, por su tiempo, colaboración y orientación en el desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo les dedico a mis padres Segundo Gonzalo y Ana Luisa, mis hermanos Gonzalo Xavier, Ana Elizabeth, Pablo Andrés y sobrinos, en especial a David Sebastián siendo parte fundamental y protagonistas para culminar esta etapa de mi vida, brindándome grandes enseñanzas y consejos.
¡Gracias a todos ustedes!

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad estudiar la línea de producción de una planta de hormigón premezclado, ubicada en el sur de la ciudad de Quito, con el fin de formular un plan de mejora para incrementar la productividad y eficiencia de uso del equipo, adicionalmente verificar la viabilidad técnica y económica de las mismas. Este análisis se realiza basándose en un producto específico mezcla 1, considerando datos de campo de 387 tickets de 7 m³ producidos en el período de 21-02-2017 al 19-05-2017, conociendo la dosificación, equipos y elementos a usarse.

Se empleara como base La Teoría de restricciones (Theory of Constraints - TOC), desarrollada en Israel por el físico Eliyahu Goldratt a principios de los años 80, la misma que permitirá identificar las restricciones que tenga línea de producción, y que por medio de un proceso iterativo explotarla, volver a analizarlas y buscar la mejora al sistema productivo. Como herramienta de simulación del proceso productivo se utilizará el software Flexsim con ello los hitos permitirán evidenciar el porcentaje de ocio de las maquinas, bloqueo de maquina por restricción, etc., al cargar un ticket de 7 m³, rendimiento de la planta en una (1) y diez (10) horas de trabajo continuo.

Por esta razón, este estudio permite plantear alternativas de solución con análisis técnico y financiero de las causales de mayor ingresos e impacto a la productividad al reducir el tiempo de las actividades en la mezcla 1, entre ellas está combinada 3 + 4 con una reducción de tiempo de 120 seg, un volumen de producción adicional de 23,30 m³/h y un incremento de rendimiento de equipo de 17,84 %, la misma que presta mayor ventaja a la productividad, rendimiento económico y recuperación de la inversión es la alternativa combinada 3 + 4 con un VAN de 13.722.045 USD y un TIR de 4%, en un período de 5 años venideros.

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the production line of a premixed concrete plant, located in the south of Quito city, in order to formulate an improvement plan to increase the productivity and efficiency of the equipment, additionally verify the technical and economic viability of the same. This analysis is made based on a specific product mix 1, considering field data of 387 tickets of 7 m³ produced in the period from 21-02-2017 to 05-19-2017, knowing the dosage, equipment and elements to be used.

The theory of restrictions (Theory of Constraints - TOC), developed in Israel by the physicist Eliyahu Goldratt at the beginning of the 80s, will be used as a basis, which will allow to identify the restrictions that have production line, and that by means of a iterative process exploit them, re-analyze them and seek improvement to the productive system. As a tool for simulating the production process, the Flexsim software will be used, with this the milestones will show the leisure percentage of the machines, blocking of the machine by restriction, etc., by loading a 7 m³ ticket, plant performance in one (1) and ten (10) hours of continuous work.

For this reason, this study allows us to propose alternative solutions with technical and financial analysis of the causes of higher income and impact on productivity by reducing the time of activities in mixture 1, including 3 + 4 combined with a reduction of time of 120 sec, an additional production volume of 23.30 m³ / h and an increase in equipment yield of 17.84%, the same that gives greater advantage to productivity, economic performance and recovery of the investment is the combined alternative 3 + 4 with a NPV of 13,722,045 USD and a IRR of 4% over a period of 5 years to come.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Análisis de la industria	1
1.1.2 Análisis de la empresa.....	12
1.2 Planteamiento y formulación del problema	14
1.3 Alcance	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivo Especifico	17
1.5 Planteamiento de la Hipótesis.....	18
1.6 Marco Metodológico de la Investigación.....	19
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Marco Referencial	21
2.2 Marco Conceptual	23
2.2.1 Teoría de restricciones	23
2.2.2 Cuello de Botella.....	27
2.2.3 Throughput	27
2.2.4 Inventario	27
2.2.5 Gastos de Operación	28
2.2.6 Productividad	28
2.2.7 Capacidad.....	28
2.2.8 Rendimiento real.....	29
2.2.9 Herramientas de análisis de problemas.....	29
2.2.10 Lean Manufacturing	33
2.2.11 Flujo de caja	37
3. CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	38
3.1 Levantamiento del proceso producción de Hormigón	38

3.2 Proceso de producción	39
3.2.1 Descripción del proceso de producción	40
3.2.2 Infraestructura.....	44
3.2.3 Descripción de cada actividad del proceso de producción del hormigón.....	45
3.2.4 Descripción del proceso de carga.....	50
3.2.5 Jornada laboral	51
3.2.6 Personal de producción en planta.....	52
3.3 Descripción de las restricciones por Ishikawa.....	52
3.4 Análisis estadístico y tendencia de datos	53
3.4.1 Cemento	56
3.4.2 Piedra	58
3.4.3 Arena 1	61
3.4.4 Arena 2	63
3.4.5 Agua 1	65
3.4.6 Agua 2	68
3.4.7 Aditivo 1	70
3.4.8 Aditivo 2.....	72
3.4.9 Descarga	75
3.5 Descripción de la Herramienta de simulación FLEXSIM	77
3.6 Simulación de la situación inicial de la línea de producción ...	78
3.6.1 Para un tiempo de 55 segundos están cargados todos los materiales para el batch #1.	80
3.6.2 Para un tiempo de 184 segundos se tiene el primer batch en el Camión.	80
3.6.3 Para un tiempo de 308 segundos se tiene el segundo batch en el camión	81
3.6.4 Para un tiempo de 438 segundos se tiene el tercer batch en el camión	82
3.6.5 Para un tiempo de 3600 segundos (1 hora de producción) se tiene la carga de 8,67 mixer es decir se produce 60,67 m ³ /hora	82

3.6.6 Para un tiempo de 36000 segundos (10 horas de producción) se tiene la carga de 88 mixer es decir se produce 616,00 m3.....	83
3.7 Simulación de la mejora	83
3.7.1 Para un tiempo de 42 segundos están cargados todos los materiales para el batch #1.....	84
3.7.2 Para un tiempo de 173 segundos se tiene el primer batch en el camión	85
3.7.3 Para un tiempo de 283 segundos se tiene el primer batch en el camión	85
3.7.4 Para un tiempo de 390 segundos se tiene el tercer batch en el camión	86
3.7.5 Para un tiempo de 3600 segundos (1 hora de producción) se tiene la carga de 12 mixer es decir se produce 84 m3/hora	87
4. CAPÍTULO IV. RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA	88
4.1 Propuesta de mejora	88
4.2 Análisis financiero de la implementación.....	89
4.3 Plan de acción para la implementación	98
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
5.1. Conclusiones.....	102
5.2. Recomendación.....	104
REFERENCIAS	105
ANEXOS	110

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equipos, cantidad y capacidades	6
Tabla 2 Cantidad de permisos de construcción, por tipo de material, predominante en los cimientos y estructura, según provincias	10
Tabla 3 Cantidad de permisos de construcción por tipo de material predominante en las paredes y cubierta o techo, según provincias	11
Tabla 4 Matriz FODA.....	12
Tabla 5 Producciones mensuales (m3) y rendimientos (m3/hora)	15
Tabla 6 Método de la investigación Método de la investigación.....	20
Tabla 7 Diagrama Causa – Efecto	30
Tabla 8 Descripción de equipos y capacidades	45
Tabla 9 Sipoc Pesaje de agregados gruesos y finos.....	46
Tabla 10 Sipoc Pesaje de cemento.....	46
Tabla 11 Sipoc Pesaje de agua 1.....	47
Tabla 12 Sipoc contabilización de agua 2	47
Tabla 13 Sipoc pesaje de aditivos.....	48
Tabla 14 Sipoc Mezclado y homogenizado.....	48
Tabla 15 Pasos de la producción	49
Tabla 16 Dosificación Mezcla 1.....	54
Tabla 17 Medidas de tendencia y dispersión de los datos de tiempos.....	54
Tabla 18 Medidas de tendencia promedio de los datos de tiempos y desviación estándar	55
Tabla 19 Cemento Batch 1.....	56
Tabla 20 Cemento Batch 2.....	57
Tabla 21 Cemento Batch 3.....	57
Tabla 22 Piedra Batch 1	59
Tabla 23 Piedra Batch 2.....	59
Tabla 24 Piedra Batch 3.....	60
Tabla 25 Arena 1 Batch 1.....	61
Tabla 26 Arena 1 Batch 2.....	61
Tabla 27 Arena 1 Batch 3.....	62
Tabla 28 Arena 2 Batch 1.....	63

Tabla 29 Arena 2 Batch 2.....	64
Tabla 30 Arena 2 Batch 3.....	64
Tabla 31 Agua 1 Batch 1.....	66
Tabla 32 Agua 1 Batch 2.....	66
Tabla 33 Agua 1 Batch 3.....	67
Tabla 34 Agua 2 Batch 1.....	68
Tabla 35 Agua 2 Batch 2.....	69
Tabla 36 Agua 2 Batch 3.....	69
Tabla 37 Aditivo 1 batch 1.....	70
Tabla 38 Aditivo 1 batch 2.....	71
Tabla 39 Aditivo 1 batch 3.....	71
Tabla 40 Aditivo 2 batch 1.....	73
Tabla 41 Aditivo 2 batch 2.....	73
Tabla 42 Arena 2 batch 3.....	74
Tabla 43 Descarga batch 1.....	75
Tabla 44 Descarga batch 2.....	76
Tabla 45 Descarga batch 3.....	76
Tabla 46 Análisis de situación inicial de la línea de producción.....	89
Tabla 47 Análisis de las alternativas.....	89
Tabla 48 Análisis de ingresos determinado por incremento de rendimiento	90
Tabla 49 Análisis de gastos por implementación, reducción de tiempo y período de retorno.....	93
Tabla 50 Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 3.....	93
Tabla 51 Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 4.....	94
Tabla 52 Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 4.....	95
Tabla 53 Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No 3 + alternativa 4.....	96
Tabla 54 Análisis del VAN y TIR de las alternativas.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación del mercado	1
Figura 2. Participación de productos en producción anual	3
Figura 3. Producción mensual (m3) para los años 2014 al 2017	4
Figura 4. Rendimiento de planta mensual para los años 2014, 2015, 2016 y 2017.	5
Figura 5. Las 5 Fuerzas de Porter.....	7
Figura 6. Participación del mercado de las hormigoneras en el D.M. de Quito Tomado de Perez Santillan, Edwin 213, p. 24	8
Figura 7. Diagrama Causa – Efecto	29
Figura 8. Mapa de procesos Hormigones	39
Figura 9. Diagrama de proceso de producción de Hormigón	41
Figura 10. Diagrama de proceso de producción y distribución del Hormigón ..	43
Figura 11. Ciclo de carga	50
Figura 12. Diagrama de gant proceso de carga	51
Figura 13. Diagrama de Ishikawa.....	53
Figura 14. Histogramas de Frecuencias de material cemento	58
Figura 15. Histograma de Frecuencias Piedra	60
Figura 16. Histograma de Frecuencias Arena 1	62
Figura 17. Histograma de Frecuencias Arena 2	65
Figura 18. Histograma de Frecuencias Agua 1 Batch 3	67
Figura 19. Histograma de Frecuencias Agua 2	70
Figura 20. Histograma de Frecuencias Aditivo 1	72
Figura 21. Histograma de Frecuencias Aditivo 2.....	74
Figura 22. Histograma de Frecuencias Descarga	77
Figura 23. Implantación de equipos de planta hormigonera.....	78
Figura 24. Tiempo de carga de 55 seg en el cual se pesan los materiales para el Batch # 1	80
Figura 25. Tiempo de carga 184 seg en el cual se produce el Batch # 1 al camión.....	80
Figura 26. Tiempo de carga 308 seg en el cual se produce el Batch # 2 al camión.....	81

Figura 27. Tiempo de carga 438 seg en el cual se produce el Batch # 3 al camión.....	82
Figura 28. Tiempo de carga 3600 seg en el cual se produce 60,67 m3.....	82
Figura 29. Tiempo de carga 36000 seg (10 horas) en el cual se produce 616,00 m3	83
Figura 30. Tiempo de carga de 42 seg en el cual se pesan los materiales para el Batch # 1	84
Figura 31. Tiempo de carga 173 seg en el cual se produce el Batch # 1 al camión.....	85
Figura 32. Tiempo de carga 283 seg en el cual se produce el Batch # 2 al camión.....	85
Figura 33. Tiempo de carga 390 seg en el cual se produce el Batch # 3 al camión.....	86
Figura 34. Tiempo de carga 3600 seg en el cual se produce 84 m3.....	87
Figura 35. Plan Do Check Act	101

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.1.1 Análisis de la industria

La empresa productora de Hormigón Premezclado ubicada en el sector Sur de Quito es líder en la fabricación de hormigón premezclado, se instaló en el año 2007, con equipos de procedencia alemana y pertenece a una de las cuatro (4) principales empresas que cubren el mercado cementero ecuatoriano.

La participación del mercado cementero ecuatoriano en el año 2010 estaba dividido en 4 partes: Holcim con 62%, Lafarge con 23%, Guapan con 8% y Chimborazo con el 7% según la revista (Ekos Negocios, 2014)

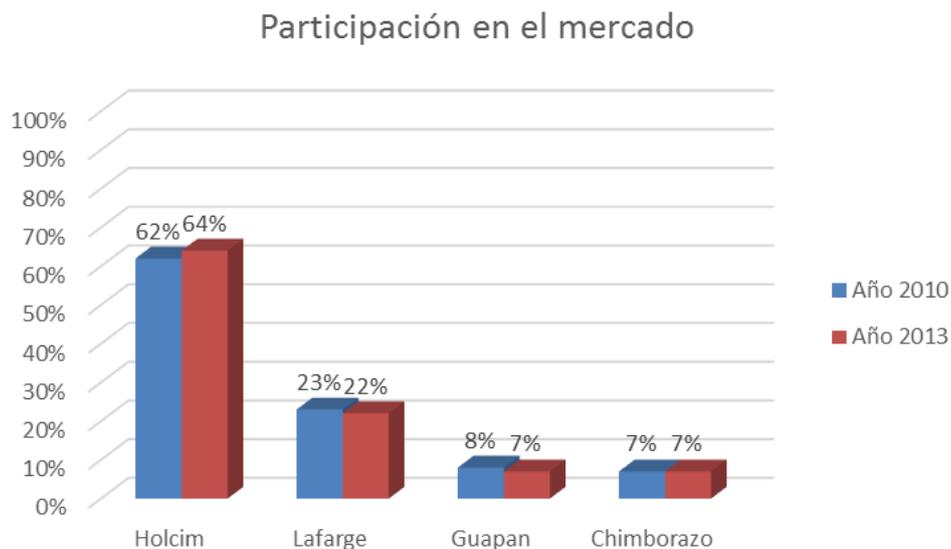


Figura 1. Participación del mercado
Tomado de Ekos Negocios, 2014

La figura 1, muestra que en el año 2013 se mantiene la misma participación de mercado entre las cuatro (4) empresas cementeras, solo con específico incremento del 2% para Holcim respecto al año 2010, las demás que han decrecido el 1% y se han mantenido como es el caso de cementos Chimborazo.

Su impecable currículum empresarial a nivel nacional e internacional, habla de la calidad de sus productos, por ello, tiene cerca de 1.200 colaboradores altamente calificados. El enfoque empresarial está direccionado a la mejora continua, reducción de impactos ambientales y al aprovechamiento máximo de los recursos, mediante el empleo de materiales y combustibles alternativos. Posee implementado un Sistema Integrado de Gestión y en todas sus operaciones las cuales están certificadas con las normas ISO 9001:2008, 14001:2004 y OHSAS 18001:2007 con el ente certificador BUREAU VERITAS.

La innovación tecnológica es una de las ventajas que crean las inversiones de la Planta de Hormigón Premezclado en el país.

Dentro de las principales estrategias corporativas tenemos la incorporación de nuevas tecnologías, políticas internas de promoción para su personal, un mejor servicio al cliente y la capacitación al personal, para ello cuenta con personal técnico capacitado como principal vínculo con el consumidor.

Esta operación produce diferentes tipos de productos como son: morteros, hormigones y bases estabilizadas, los cuales usan distintos materiales, entre ellos intercompany como también de proveedores calificados.

Entre sus productos están:

1. Cemento (intercompany) – plantas de producción propias
 - a. Tipo GU (Uso general),
 - b. Tipo HE (Alta resistencia inicial o edades tempranas),
 - c. Tipo MS (Moderada resistencia a los sulfatos),
 - d. Tipo HS (Alta resistencia a los sulfatos),
 - e. Tipo MH (Moderado calor de hidratación),
 - f. Tipo LH (Bajo calor de hidratación)

2. Hormigón: para pavimentos y bases viales, tubería tremie, estructuras, pisos industriales, autonivelantes y autocompactantes, alto desempeño, rellenos fluidos, túneles y taludes, mortero de trabajabilidad extendida, etc.
3. Agregados: piedra triturada, grava y arena no lavada (intercompany)

Participación de los productos elaborados en función de la producción anual.

Para visualizar la participación de los productos elaborados en la producción anual, se elaboró grupos de productos entre ellos: morteros, base vial y hormigones. Y tomando información de producciones desde el año 2014 al 2017, se tiene que la mayor parte de la producción se destina a elaborar hormigones en un porcentaje del 95 al 100% en el período descrito. Ver Figura 2 Participación de productos en producción anual



Figura 2. Participación de productos en producción anual

El crecimiento de ventas de hormigón en los últimos años es por el incremento de inversión en obra pública, un ejemplo es la obra Metro de Quito en la ciudad del mismo nombre, en el que se estima un volumen de hormigón de 1'200.000 m³ a usarse en el proyecto, como se puede visualizar en la figura 3 Producción mensual para los años 2016 y 2017.

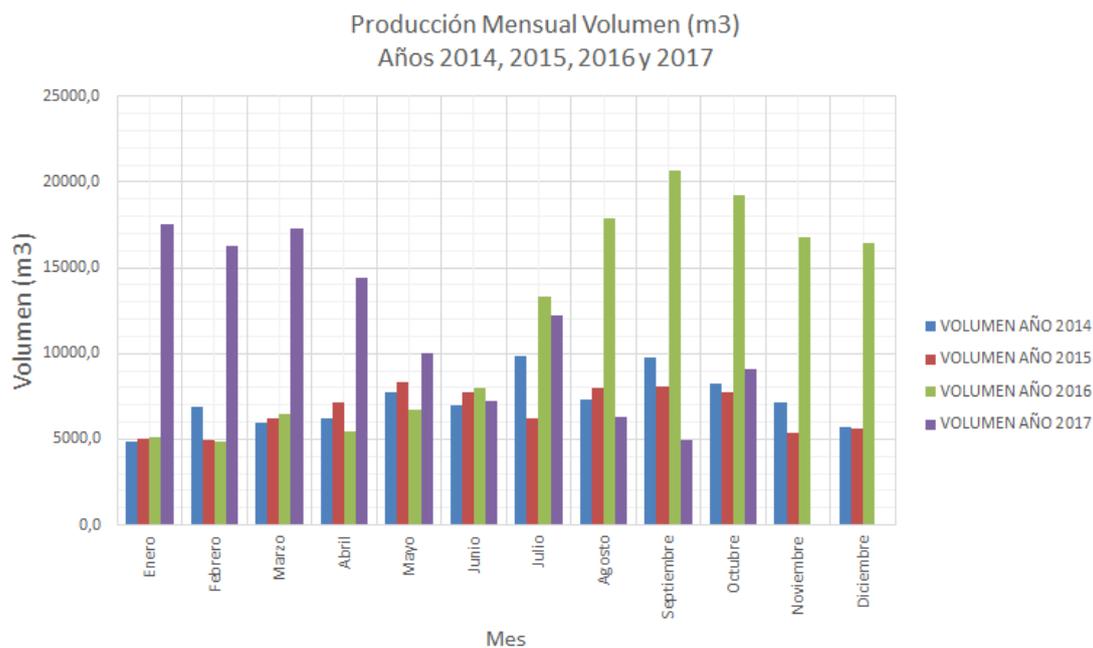


Figura 3. Producción mensual (m³) para los años 2014 al 2017

Dentro de los productos más vendidos desde el año 2016 y lo que va del año 2017 ha sido el Hormigón f'c 300 kg/cm² TM 25mm Rev 20cm Tremie que representa un promedio de 24,5% de una producción total de 244.444 m³.

El proyecto Metro Quito es la obra más representativa en la actualidad y que contempla el mayor volumen que se maneja en el mercado de la construcción en la ciudad de Quito.

La planta de hormigón premezclado tiene una capacidad instalada de **130 m³/hora**. Ver Anexo 1 Catálogo de equipos.

Con datos del año 2016 la planta tiene un rendimiento 63 m³/hora es decir un porcentaje de capacidad instalada utilizado del **48,69%**, y una capacidad máxima utilizada 110 m³/hora como valor histórico logrado (es decir su máximo rendimiento ha sido de hasta un 84,6%). La cantidad de camiones cargados son 9 mixer/hora, una carga toma 00:06:40 minutos/mixer con capacidad de 7 m³.

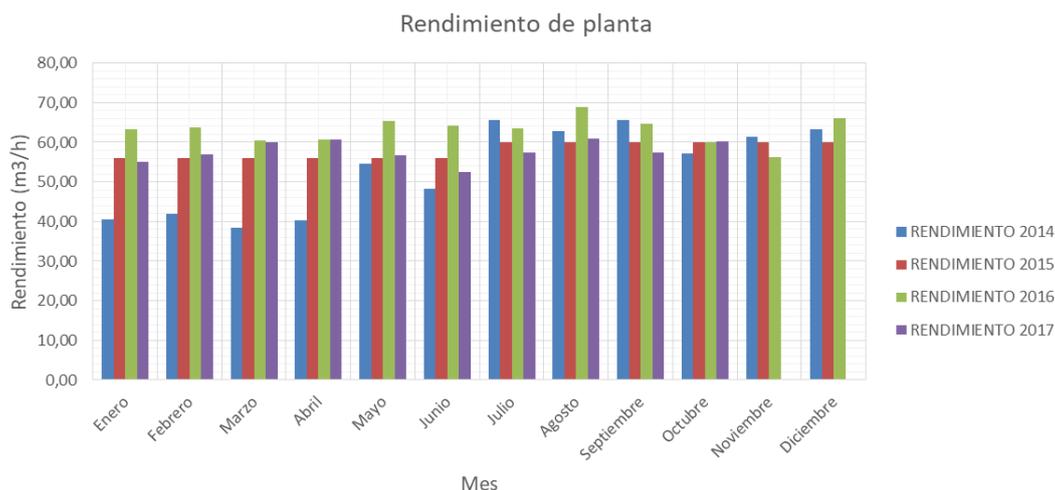


Figura 4. Rendimiento de planta mensual para los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

La operación para los años 2014, 2015, 2016 y 2017 tiene un rendimiento (m³/hora) promedio de 53,3 m³/h, 58,0 m³/h, 63,01 m³/h y 57,8 m³/h respectivamente.

El rendimiento histórico de 84,6% se logró en el año 2008, cuando los equipos (planta) eran nuevos, la capacidad de transporte de los camiones (mixer) era 8 m³, un solo punto de carga, y lavado de tolvas no se realizaba en sitio de carga.

La operación cuenta con las siguientes estructuras, que son utilizadas para la elaboración de los diferentes productos:

Tabla 1
Equipos, cantidad y capacidades

Descripción de la Estructura	Cantidad (u)	Capacidad (u.m.)
Tolva de carga agregados	1	N/A
Cinta transportador (BT1)	1	N/A
Tolvas de agregados	2	30 ton / u
Tolvas de agregados	4	15 ton /u
Cinta pesadora (BT2)	1	15000 kg
Skip (elemento de transporte)	1	6300 kg
Silo de cemento + tornillo sin fin	2	180 ton / u
Balanza de cemento	1	3500 kg
Balanza de agua	1	1500 kg
Balanza de aditivo	3	45 kg/u
Mezclador central	1	3 m3

Dentro de la operación o planta de producción como indicador se calcula el tiempo de carga por mixer (camión mezclador de 7 m3) que depende de una producción en línea, la misma que para generar una carga completa se divide en 3 batch (porciones) de igual volumen.

El tiempo de carga se mide desde la generación del ticket, pasando por el pesaje del material, el transporte, la descarga de materiales y el homogenizado en el mezclador central, terminando con la descarga del producto al mixer. En la planta se logra el tiempo de 00:07:06 minutos por carga completa de la mezcla 1.

La oportunidad de mejora se fundamenta en la necesidad de disminuir la cantidad de camiones en espera en planta por motivo del tiempo de carga, lo que convierte a la operación en un cuello de botella, pudiendo optimizar ese tiempo perdido en la generación de recursos para la empresa, así lograr abastecer de manera más seguida a los proyectos y construcciones programadas diariamente.

Las 5 Fuerzas de Porter

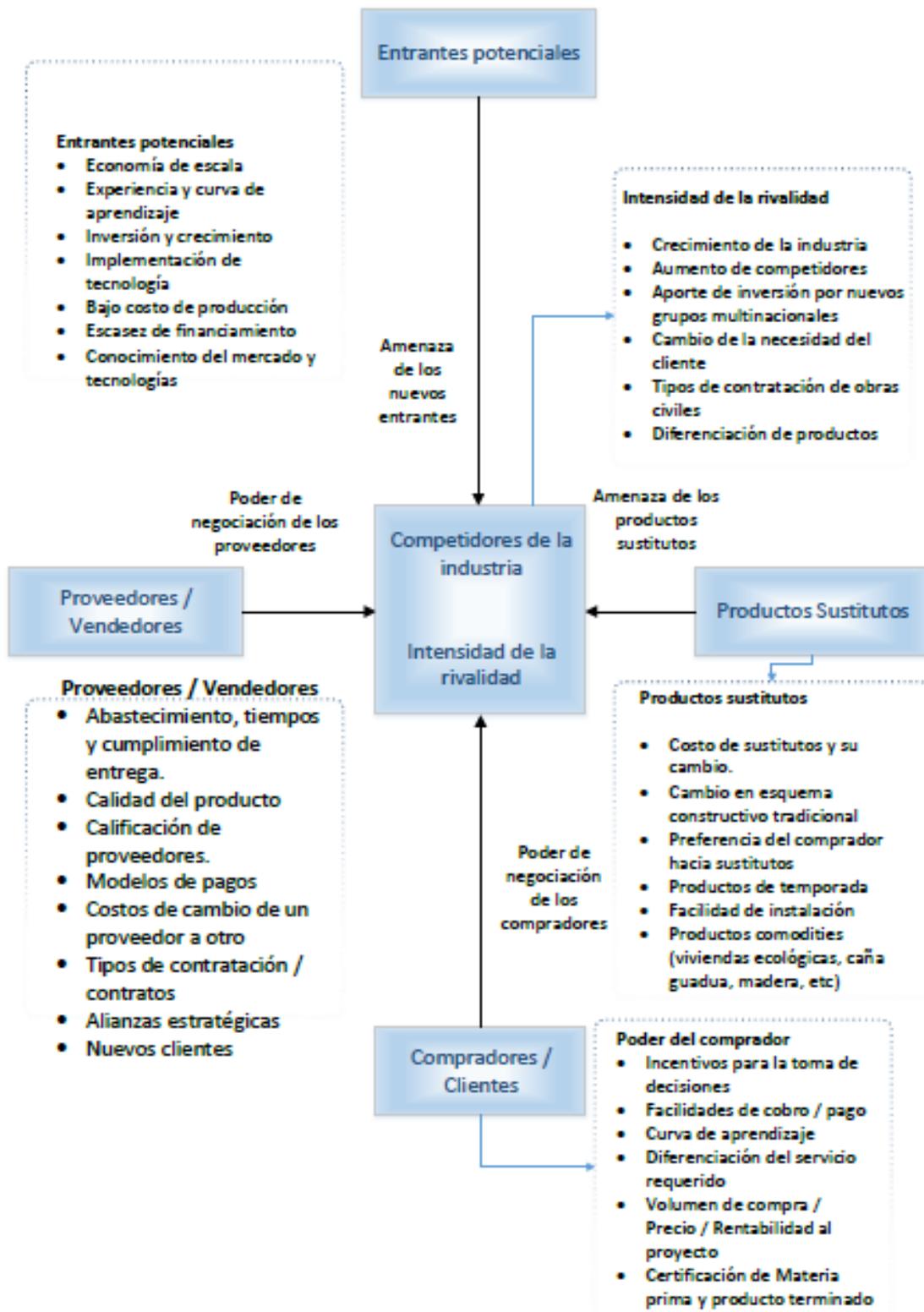


Figura 5. Las 5 Fuerzas de Porter

Competidores

Entre los competidores en el mercado de hormigón premezclado podemos mencionar el análisis realizado en el año 2012, (Perez Santillan, Edwin, 2013, p. 24)



Figura 6. Participación del mercado de las hormigoneras en el D.M. de Quito Tomado de Perez Santillan, Edwin 213, p. 24

En la figura 5 se observa que el D.M. de Quito en el año 2012 tiene como productoras de hormigón premezclado 15 empresas, de las cuales Holcim tiene la mayor participación del mercado con 38,7%, seguido por la hormigonera Quito y del Valle con 23,3% y 16,8% respectivamente, entre otras.

Nuestros Aliados Estratégicos

Para la producción del hormigón posee aliados estratégicos tales como proveedores de materiales:

- Intercompany (cemento, agregados)
- Cantera Fucusucu III – San Antonio de Pichincha
- Terrazas de Mandingo – San Antonio de Pichincha

- Cantera Fucusucu V – San Antonio de Pichincha
- Cantera San Joaquín - Vía a Provincia de Cotopaxi

Nuestros clientes más recurrentes para la adquisición de hormigón premezclado son:

- Consorcio Línea 1
- Semaica
- Consorcio Granados
- Ekron Construcciones
- Grupo Puentes
- Uribe Schwarzkopf
- Feyro
- BMV Inmobiliaria
- Ferroinmobiliaria
- Vizcaino
- Vizuete Miguel
- ISA Ingeniería y Servicios Ambientales
- GLS Gonzalo León Serrano

Productos Sustitutos

Según datos del Instituto de Estadísticas y Censos de Ecuador, “Informe de Censo Población y vivienda año 2010”, las viviendas en el país están principalmente elaboradas con materiales de la zona, y su participación depende de la demografía, el nivel económico, ubicación, etc. y con ello, realizar las combinaciones de acuerdo a los elementos de la estructura que desean elaborar.

Entre los materiales más nombrados están hormigón, madera, metálica, ladrillo, adobe o tapial, bloques, prefabricados, y otros. Conforme al censo de población y vivienda del año 2010, el sector de la construcción en el Ecuador

utiliza distintos materiales como se puede observar en los cuadros expuestos.
Ver Tabla 2 y 3.

Tabla 2

Cantidad de permisos de construcción, por tipo de material, predominante en los cimientos y estructura, según provincias

PROVINCIAS	TOTAL DE PERMISOS	CIMENTOS DE					ESTRUCTURA DE			
		HORMIGÓN ARMADO	HORMIGÓN CICLÓPEO	PILOTES MADERA	PILOTES HORMIGÓN	OTROS	HORMIGÓN ARMADO	METÁLICA	MADERA	OTROS
TOTAL REPÚBL	27199	21995	2388	10	34	2772	25505	1265	89	340
AZUAY	2636	1545	909	2	13	167	2330	261	15	30
BOLIVAR	397	344	24	2	-	28	382	10	2	3
CAÑAR	656	400	180	1	1	74	600	43	5	8
CARCHI	401	346	21	-	1	33	392	9	-	-
COTOPAXI	792	587	130	1	1	73	766	23	1	2
CHIMBORAZO	1081	878	56	-	1	146	1048	32	-	1
EL ORO	1704	1569	5	1	-	129	1568	123	1	12
ESMERALDAS	293	278	1	1	-	13	287	4	2	-
GUAYAS	4147	3650	3	1	2	491	3047	37	2	161
IMBABURA	2358	1781	393	1	1	182	2261	75	14	8
LOJA	1708	1221	92	-	-	395	1549	110	2	47
LOS RÍOS	1414	1293	3	-	1	117	1338	51	-	25
MANABI	2383	2316	8	1	1	57	2356	17	3	7
MORONA SANTI	284	165	61	-	3	55	246	23	10	5
NAPO	431	218	163	-	1	49	285	142	4	-
PASTAZA	129	88	9	-	1	31	96	31	2	-
PICHINCHA	2063	1759	92	-	5	207	1893	150	15	5
TUNGURAHUA	1651	1290	162	-	1	198	1587	54	6	4
ZAMORA CHIN	322	211	29	-	1	81	299	10	4	9
GALAPAGOS	172	152	2	-	-	18	170	-	-	2
SUCUMBIOS	845	751	29	-	-	65	818	27	-	-
ORELLANA	235	227	2	-	-	6	224	11	-	-
SANTO DOMING	653	533	13	-	-	107	633	14	-	6
SANTA ELENA	444	393	1	-	-	50	430	8	1	5

Tomado de INEC, 2010

Tabla 3

Cantidad de permisos de construcción por tipo de material predominante en las paredes y cubierta o techo, según provincias

PROVINCIAS	TOTAL DE PERMISOS	PAREDES DE:						CUBIERTA DE:					
		LADRILLO	BLOQUE	MADERA	ADOBE TAPIA	CAÑA REVESTIDA	PREFABRI CADA	OTROS	HORMIGÓN ARMADO	ETERNIT ASBESTO	TEJA	ZINC	OTROS
TOTAL REPÚBLICA	21199	12052	14574	52	33	3	367	118	15244	5868	1460	3262	1365
AZUAY	2636	1570	699	11	7	-	343	6	654	1308	590	42	42
BOLIVAR	397	202	194	-	-	-	-	1	313	33	9	37	5
CAÑAR	656	247	403	3	-	-	1	2	210	307	109	19	11
CARCHI	401	359	41	-	-	-	-	1	358	31	7	-	5
COTOPAXI	792	162	630	-	-	-	-	-	745	18	5	20	4
CHIMBORAZO	1081	1010	70	-	-	-	-	1	1013	43	10	7	8
EL ORO	1704	549	1145	3	-	-	5	2	357	222	23	393	709
ESMERALDA	293	86	205	2	-	-	-	-	209	54	-	30	-
GUAYAS	4147	433	3666	4	-	1	2	41	1486	1755	249	627	30
IMBABURA	2358	1669	661	1	11	-	1	15	2054	200	82	7	15
LOJA	1708	1502	183	2	9	-	6	6	908	397	227	87	89
LOS RÍOS	1414	108	1290	3	1	1	-	12	376	242	8	762	26
MANABI	2383	2143	234	1	1	-	-	3	1052	251	52	879	139
MORONA SANTIAGO	284	123	148	10	-	-	-	3	88	20	10	64	102
NAPO	431	12	415	2	1	-	1	-	230	84	1	105	11
PASTAZA	129	24	103	2	-	-	-	-	79	11	1	23	15
PICHINCHA	2063	299	1730	6	3	-	4	21	1834	212	12	2	3
TUNGURAHU A	1651	1277	372	-	-	-	2	-	1502	57	38	26	28
ZAMORA	322	209	108	2	-	-	2	1	140	36	19	48	79
CHINCHIPE	172	1	171	-	-	-	-	-	132	19	1	19	1
GALAPAGOS	845	27	818	-	-	-	-	-	645	185	1	12	2
SUCUMBIOS	235	14	221	-	-	-	-	-	149	31	3	19	33
ORELLANA	235	14	221	-	-	-	-	-	149	31	3	19	33
SANTO DOMINGO DE LOS SACHILAS	653	17	633	-	-	-	-	3	613	14	2	20	4
SANTA ELENA	444	9	434	-	-	1	-	-	87	338	1	14	4

Tomado de INEC, 2010

Como podemos observar en los Tabla 2 y 3, la mayoría de viviendas son construidas con hormigón sea este empleado en cimientos, estructura, prefabricados y cubiertas.

1.1.2 Análisis de la empresa

Matriz FODA

En el estudio se elaboró la Matriz FODA para la operación de hormigón premezclado en la que se detalla sus características internas y su situación ante el ambiente externo.

Tabla 4
Matriz FODA

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de las Normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, en la elaboración de productos y actividades que participan en los procesos productivos. • Cumplimiento de certificación OSHA 18001:2007 para cada uno de sus procesos. • Personal competente alineado a seguridad en el trabajo. • Tiene diversificación de Plantas para la elaboración de cada uno de sus productos (agregados, cemento, hormigones); con una estratégica ubicación geográfica. • Fuerte inversión en maquinaria, tecnología y otros aspectos, en comparación con las cementeras nacionales. • Diversificación de productos 	<ul style="list-style-type: none"> • El Crecimiento anual del sector de la construcción en los últimos 10 años ha sido del 14%,. • Facilidades de préstamos bancarios a largo plazo (5 a 15 años) para adquisición de vivienda por parte del estado (Banco del IESS). • Incremento en obras públicas en sectores viales e interprovinciales. • Aumento en la demanda de materiales de construcción para la elaboración de proyectos gubernamentales de vivienda. • Abundancia de recursos naturales en el país para la fabricación del cemento como la caliza. • Constituye el cemento y hormigón el segundo material más utilizado en las diversas construcciones. • Necesidad de soluciones integrales al constructor. • Insatisfacción del mercado en la entrega de materiales en

<p>satisfaciendo las necesidades de los clientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Logística probada y red de comercialización acorde a las necesidades del mercado. • Equipo de asesores técnicos creadores de soluciones integrales para el cliente. • Créditos a constructores para avance de obras. • Responsabilidad social y ambiental sostenible en sus operaciones • Certificaciones puntos verdes reconocimiento del Ministerio de Ambiente 	<p>horarios no laborables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inversión pública en viviendas de interés social. • Preferencia por calidad del producto, marca, y garantía como respaldo a problemas existentes en el producto.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Poca flexibilidad de horario en el despacho del producto • Baja eficiencia en la comunicación y logística de entrega de materiales en pueblos de difícil acceso. • Baja eficiencia en la utilización de los recursos para la elaboración de los productos. • Deficiencia en respuesta de pedidos grandes en períodos menores a 24 horas, superiores a capacidad de planta. • Logística limitada por programación anticipada por contratos y proyecciones de producciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recesión política económica del país que crea incertidumbre en las empresas privadas. • Entorno político y enmiendas para el sector de la construcción. • Alza de precios de mantenimiento de maquinarias, repuestos y materias primas. • La influencia de materiales sustitutos para la elaboración de viviendas (acero, madera, sistemas alivianados Hormi2, gypsum) • Incremento de la competencia con plantas y logísticas, y bajos precios. • Eventos catastróficos y naturales, rebeliones sociales. • Incremento en precio de materiales por proveedores y nuestros procesos productivos.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

Las empresas actualmente se han visto en la necesidad de adaptar sus estrategias, con el fin de incrementar sus actividades comerciales y maximizar sus utilidades, no solo con la implementación de nuevas tecnologías, sino con la aplicación de un sin número de aspectos que en si les ayudarían a ser más eficientes, entre ellas podemos nombrar: mejora en los procesos internos, incremento de rendimiento de equipos, entregas a tiempo, capacitaciones al personal, especializaciones o ampliar su gama de productos o servicios, reducciones de gastos, soluciones integrales con el objetivo de brindar el valor agregado que el cliente requiere, de aquí la importancia y aplicabilidad del presente proyecto.

La empresa productora de hormigón premezclado dentro de sus objetivos desea brindar valor agregado a sus clientes como entregas a tiempo, abastecimiento continuo (solvencia en logística), fundiciones masivas, disminución de tiempos de fundición, y como meta de mejoramiento continuo es la optimización e implementación de mejoras a la línea de producción y de soporte, logrando ser más competitivo y eficiente en su operación.

Por ello, la industria productora de hormigón tiene una capacidad instalada de 130 m³/hora, y ha tenido una evolución del porcentaje de capacidad instalada utilizada desde el año 2014 con 41%, año 2015 con 44,6% por cambio de motor reductor del skip, año 2016 con 48,5% por el cambio de carrileras y motores del mezclador central, y el año 2017 con 44,4% corte a Octubre.

El rendimiento (m³/hora) es el resultado de la división del volumen producido en el período para las horas efectivas de trabajo de la planta, valor que se lo compara con la capacidad instalada de 130 m³/hora y con ello obtener el porcentaje de eficiencia de la operación.

Tabla 5
Producciones mensuales (m3) y rendimientos (m3/hora)

MES	2014			2015			2016			2017		
	Volume n (m3)	Horas Reales (hora)	Rendimiento M3/Hora	Volume n (m3)	Horas Reales (hora)	Rendimiento M3/Hora	Volume n (m3)	Horas Reales (hora)	Rendimiento M3/Hora	Volume n (m3)	Horas Reales (hora)	Rendimiento M3/Hora
Enero	4877.0	120.0	40.6	5024.0	89.7	56.0	5138.0	81.3	63.2	17509.0	317.5	55.1
Febrero	6877.0	164.4	41.8	4943.0	88.3	56.0	4869.0	76.5	63.6	16236.5	285.0	57.0
Marzo	5994.0	156.0	38.4	6247.0	111.6	56.0	6455.0	106.9	60.4	17251.0	287.5	60.0
Abril	6236.0	155.0	40.2	7164.0	127.9	56.0	5429.0	89.6	60.6	14375.0	236.7	60.7
Mayo	7741.0	141.8	54.6	8341.0	148.9	56.0	6765.0	103.3	65.5	10021.0	177.0	56.6
Junio	7004.0	145.0	48.3	7771.0	138.8	56.0	7960.0	123.8	64.3	7261.5	138.3	52.5
Julio	9893.0	151.0	65.5	6241.0	104.0	60.0	13297.0	209.1	63.6	12215.0	212.6	57.5
Agosto	7328.0	116.9	62.7	7991.0	133.2	60.0	17919.0	259.7	69.0	6325.0	104.0	60.8
Septiembre	9759.0	148.9	65.5	8099.0	135.0	60.0	20659.5	319.2	64.7	4961.0	86.6	57.3
Octubre	8274.0	144.8	57.1	7764.0	129.4	60.0	19230.5	320.7	60.0	9063.5	150.7	60.2
Noviembre	7180.0	117.0	61.4	5355.0	89.3	60.0	16764.0	297.9	56.3	0.0	0.0	0.0
Diciembre	5694.5	90.0	63.3	5614.0	93.6	60.0	16429.0	248.5	66.1	0.0	0.0	0.0
Promedios	86857.5	1650.8	53.3	80554.0	115.8	58.0	140915.0	186.4	63.1	115218.5	199.6	57.8
% Capac instalada Utilizada			41.0%			44.6%			48.5%			44.4%

Por esta razón, el presente estudio "Plan de mejora de la productividad en la planta de hormigón premezclado mediante el uso de herramientas de excelencia operacional como es el TOC", pretende evaluar la situación inicial de la línea de producción de hormigón premezclado para la mezcla 1, considerando equipos, capacidades, rendimientos, y restricciones del sistema las mismas que podrían ser físicas, políticas y de mercado, para luego realizar propuestas de mejoras, soluciones viables y finalizar con la evaluación del impacto económico generado para la operación.

Entre las soluciones viables son:

1. Reprogramación de cada actividad de la línea de producción.
2. Modificación de equipos de planta de acuerdo al fabricante, aumento de la velocidad de los motores – reductores de los sinfines de cemento.
3. Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación.
4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2 similar a sistema actual agua 1.
5. Mejorar las condiciones del material para evitar demoras en homogenización del producto.

Cabe mencionar que la presente investigación podría ser un aporte fundamental en la rentabilidad dentro de la operación, la cual estaría en la capacidad de aumentar su productividad y requerir la asignación de más recursos como son flota vehicular, personal, etc.

Todo esto, con el fin de abastecer los proyectos de gran impacto como es la Construcción del Metro de Quito, Hospital de IESS del Sur, Mega Planta industrial Coca Cola, en los que se requiere la disponibilidad de los equipos al 100% y la utilización de su capacidad instalada al máximo. Así mismo, este proyecto está ligado al enfoque empresarial de ser más eficientes y competitivos como productores de hormigón con la reducción de tiempos de producción, gastos, costos de producción, consumo de energía y combustibles, etc.

1.3 Alcance

La competitividad existente en todo campo laboral, influye mucho en ser capaces de generar las mejoras a los procesos, y disminuir el desperdicio de los recursos para que produzcan mayor rendimiento económico a la empresa, evitando el incremento al precio final del producto.

Este estudio plantea analizar y propone incrementar la productividad en el proceso de elaboración de hormigón (línea de producción 1) con la disminución del tiempo de carga. Se analizará el sistema en conjunto empleando la herramienta TOC Teoría de Restricciones, (Solis Ruth, 2010) evaluando los cuellos de botella, tiempos de espera, etc., al producir la Mezcla 1, en un período de tiempo de 3 meses (desde el 21-02 al 19-05 del 2017) con tiempos de carga de 387 tickets despachados en 70 días laborados, mediante un enfoque cuantitativo de las variables participantes se realizará la simulación y evaluación de la situación inicial de la línea de producción con el software FLEXSIM y **se elaborará un plan de mejora al sistema productivo**, entre ellas pueden ser: implementar controles, equipos, electrónica y programación,

etc. Conjuntamente con la evaluación económica (análisis de costo beneficio) de las alternativas como aporte para conocer el impacto económico ocasionado en la operación; adicional se detallará un plan de acción para implementar las mejoras con la alternativa viable técnica y económica.

También se pretende disminuir el tiempo de espera de los camiones en patio, reducir los costos de mantenimiento de equipos móviles (mixer) e incrementar su capacidad y rendimiento, reducir las horas hombre, obtener mayores beneficios económicos y lograr el cumplimiento de las entregas.

Cabe recalcar que la propuesta o plan de mejora es responsabilidad de los gestores de poder de decisión, y está sujeta tanto a la disponibilidad de los equipos y al recurso económico que tenga la operación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Incrementar la productividad de la planta de hormigón premezclado mediante la metodología de TOC (teoría de restricciones), con el fin de optimizar el proceso de elaboración del hormigón, para elevar su nivel productivo y económico.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Identificar las restricciones que tiene la línea de producción en la elaboración del hormigón al producir la mezcla 1 en un período de 3 meses.
- Desarrollar la propuesta de mejora en la línea de producción, reduciendo un tiempo aproximado de 120 segundos considerando las restricciones físicas y de capacidad identificadas por el TOC, a partir del segundo trimestre del año 2018.

- Simulación discontinua de la mejora a través de un software que considera las variables relevantes que aporten en la reducción, en el cuarto trimestre del año 2017.
- Analizar el beneficio económico para los 5 años venideros de las alternativas y proponer un plan de acción para la implementación

1.5 Planteamiento de la Hipótesis

Tomando en cuenta las limitaciones y oportunidades de mejora en la línea de producción de hormigón premezclado, se obtiene una disminución aproximada del tiempo de carga en 120 segundos por carga, implementando las siguientes mejoras:

1. Reprogramar cada actividad de la línea de producción, reducirá tiempos de espera estimado de 9 seg/carga.
2. Modificar los equipos de planta de acuerdo al fabricante, aumentando el 10% de la velocidad de los motores – reductores de los sinfines de cemento, con ello, logramos una disminución aproximada de 12 segundos por carga de 7 m³.
3. Eliminar y/o disminuir de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación, se estima una disminución de aproximado de 60 segundos por carga de 7 m³.
4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2, disminuirá un tiempo de aproximado 60 segundos equivalente a 14,08% del tiempo de carga.
5. Mejorar las condiciones del material para evitar demoras en homogenización del producto, disminuirá un aproximado de 27 segundos del tiempo de carga.

1.6 Marco Metodológico de la Investigación

Diseño metodológico

El diseño metodológico, implica decidir los procedimientos, estrategias y operacionalidad de éstos para alcanzar los objetivos de la investigación, es decir llevar a cabo los pasos generales del método científico, al planificar las actividades sucesivas y organizadas donde se encuentran las pruebas que se han de realizar y las técnicas para recabar y analizar los datos.

Constituye la estrategia general concebida para llevar a cabo la investigación; es la forma de investigar que sería apropiada al tipo de preguntas formuladas, al tipo de hipótesis, a los objetivos que se persiguen y al tipo de método que se intenta seguir.

Teoría: explicación de un fenómeno natural o social para comprobarlo

Método: Formas de ordenar, sistematizar el fenómeno (trata de descubrir aplicando pasos del método científico).

Técnica: Forma de aplicación de las cosas, constituye la forma de obtener la información y analizarla.

Tipo de Investigación: La investigación realizada es de enfoque cuantitativo con alcance explicativo; ya que con la información obtenida del proceso, se determinó la baja productividad del equipo instalado en la operación para la elaboración del hormigón premezclado.

Enfoque Cuantitativo: tiene características que permiten medir los fenómenos utilizando la estadística con el fin de probar hipótesis. Este método es secuencial, deductivo, probatorio y analiza la realidad objetiva, lo cual nos permitirá obtener mayor precisión en los resultados.

Nivel de estudio, el análisis de la problemática tiene **alcance explicativo** ya que se interesa en explicar un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relaciona dos o más variables.

Tipos de Método

Tabla 6
Método de la investigación

Método	Explicación
Deductivo (general)	Es propio de los racionalistas, se origina en una ley general construida a partir de la razón, va de lo general a lo particular, de la teoría a los datos
Inductivo (Particular)	Es propio de los empiristas, se forma de lo particular a lo general, toma en cuenta la observación y la experiencia de la realidad para llegar a la construcción de leyes generales; es útil para generar conocimiento nuevo.
Analítico (general/ particular, Particular/ general)	Es la identificación y separación de los componentes de un todo, para ser estudiados por separado y examinar las relaciones entre las partes; considerando que la particularidad es parte de la totalidad y viceversa.
Experimental (experimentalista)	Comprobación de hechos de confirmar. Utilizado generalmente para disciplinas como la medicina, psicología y la enfermería entre otras; entre sus características están la manipulación de la información, de las variables independientes y la distribución aleatoria de los sujetos de los grupos de estudio; auxiliándose de diseños que les permita controlar las situaciones creadas en ambientes prediseñados.

2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Referencial

EL T.O.C. ayudó a a identificar los diferentes problemas que afectan el proceso productivo causando una baja productividad; y también que para mejorar la productividad se debe seguir los 5 pasos de esta herramienta que llevan a un proceso de mejora continua garantizando el acercamiento enfocado a la meta. (Sánchez Sánchez, 2011)

En el estudio “Análisis y planteamiento de Mejoras de una Planta de Producción de Materiales de Aceros Laminados aplicando Teoría de Restricciones”, se concluye que “la combinación de teorías (TOC, técnicas de manufactura esbelta LM) y el análisis económico es perfectamente factible para el desarrollo de proyectos de mejora, debido a que se identifican claramente los problemas y se encuentran soluciones para eliminarlos o reducirlos”. (Pisco Rios, 2006)

El estudio “Análisis y propuesta de mejoramiento de la producción en la empresa VITEFAMA” menciona la T.O.C. es una filosofía de “saber pensar, nosotros podemos entender mejor el mundo a nuestro alrededor, y mediante este entendimiento podemos mejorar” y con ello buscar continuamente lograr la meta de un sistema. (Lopez Salazar, 2013)

La TOC ofrece un método no solo para sincronizar la producción, sino para sincronizar continuamente mientras se trabaja, en fin es una forma de trabajo que se enfoca todos sus esfuerzos en conseguir mejoras sustanciales en el flujo de caja, inventarios y capital de trabajo, además permite obtener mejoras sin mayor inversión. (Abisamba L. y Mantilla C., 2008)

THROUGHPUT: es la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas, cabe recalcar que si se produce algo y no se vende no será

throughput, sino solo desperdicio. Y es la diferencia entre precio de venta neto y los costos totalmente variables (fundamentalmente costo de materia prima). (Almeida Pazmiño, 2015)

El SMED (Single Minutes Exchange of Die) es una herramienta lean manufacturing, con la que se logra disminuir tiempo de preparación en producción, tamaño de lotes de producción, y aumenta la flexibilidad de producir varios productos en el día. Genera ventajas competitivas para la empresa, es mucho más fácil el control de calidad al trabajar con lotes pequeños de producción. (Pisco Rios, 2006)

El TPM (Mantenimiento productivo total) a esta herramienta se le atribuye algunas características como disminuir el tiempo promedio de reparación, costos promedio de reparación, número de paradas de emergencia, sobretiempo de mantenimiento, compras de emergencias, compra de repuestos, inventario de repuestos, costos de ciclo de vida del equipo, y aumenta tiempo promedio entre fallas y disponibilidad del equipo. (Pisco Rios, 2006)

Los principales competidores de la industria de la construcción son muy similares en tamaño y en estructura del negocio. La gran inversión inicial requerida en este tipo de negocios obliga a tener lineamientos, políticas empresariales claras, y opciones estratégicas planteadas para mantenerse bien posicionadas en la industria. (Molina Maceda, 2010)

El “Estudio de la productividad mediante tiempos empleados en el departamento de mantenimiento mecánico conversión de la empresa Productos Familia Sancela S.A. período 2008”, se enfoca en mejorar la producción, por medio de un estudio de tiempos con el fin de direccionar la planificación de mantenimiento desde la creación de órdenes de trabajo hasta la culminación de la misma. (Medina Pacheco, 2009)

Como se menciona en el estudio “Factibilidad para la creación de una empresa de limpieza de silos para la industria cementera nacional, en la ciudad de Ibarra”, (Ruiz E., 2014), con el análisis económico se puede establecer que un proyecto es factible por lo cual se debe obtener el VAN y TIR de la inversión en un período determinado.

La utilización de una administración adecuada, permite a las empresas dar mejores servicios a los diferentes usuarios y consumidores, producir más y obtener más utilidades. (Calahorrano Morales, 2014).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Teoría de restricciones

La Teoría de restricciones (Theory of Constraints - TOC), es una metodología desarrollada en Israel por el físico Eliyahu Goldratt a principios de los años 80, fue planteada en respuesta a los crecientes avances de las industrias instaladas en el sudeste asiático.

La TOC de E. Goldratt tiene origen en fundamentados en la programación lineal, siendo utilizada en ambientes fabriles, es aplicable a empresas de cualquier índole, nos ayuda a encontrar las restricciones o cuellos de botella, mediante el método de causa y efecto para comprender lo que sucede en cada proceso, tomando en cuenta que la organización es un “sistema”.

El TOC es una metodología integral de gestión y mejora al servicio de la gerencia que permite direccionar la empresa hacia la consecución de resultados de manera lógica y sistemática, contribuyendo a garantizar el principio de continuidad.

La Meta de cualquier empresa es ganar dinero de manera sostenida, una de las causas por las que no lo hace es por las restricciones, por ello la

organización se enfoca en la administración de las restricciones con el fin de lograr la mejora continua. (Ricardo Pisco, 2006)

La teoría de las restricciones (TOC), se resume en lo siguiente:

1. IDENTIFICAR las restricciones.
2. EXPLOTAR las restricciones de la empresa.
3. SUBORDINAR lo demás a la decisión anterior.
4. ELEVAR las restricciones.
5. Volver al Paso 1

La Teoría de restricciones nos ayuda significativamente a identificar las restricciones que tiene el sistema productivo y con ello explotar las existentes y buscar de manera iterativa cual más se puede explotar y no dejar el sistema en inercia.

Para la ejecución se puede también ayudar con otras herramientas como: Diagrama de Ishikawa, los 5 Por qué?

Con estas herramientas formularemos las siguientes definiciones:

Restricciones

Es una limitación o reducción en el suministro de productos de consumo o servicio, generalmente se presentan por algún aspecto del sistema.

Tipos de restricciones

Restricciones físicas: se presentan cuando la limitación pueda ser relacionada con un factor tangible del proceso de producción. (Ricardo Pisco, 2006, p. 15)

Restricción de mercado: se presenta cuando el impedimento esta impuesto por la demanda de sus productos o servicios, la cual limita el mercado. Se pretende satisfacerla mediante precio, oportunidad de entregas, etc. (Solis Ruth, 2010)

Restricción de políticas: el cambio en la compañía adoptando prácticas, procedimientos, estímulos o formas de operación que son contrarios a su productividad o conducen (a veces inadvertidamente) a resultados contrarios a los deseados. (Ricardo Pisco, 2006, p. 15)

Restricción de materiales: se limita por la disponibilidad de materiales en cantidad y calidad adecuada. La ausencia de materiales en el corto plazo es resultado de mala programación, asignación o calidad. (Solis Ruth, 2010)

Restricción por capacidad: es resultado de tener un equipo o instalación con una capacidad que no satisface la demanda requerida o que la satisface muy por encima de lo instalado. (Solis Ruth, 2010)

Restricción de logística: restricción inherente en el sistema de planeación o control de producción. (Solis Ruth, 2010)

Restricción administrativa: estrategias y políticas establecidas por la empresa que limitan la generación de ingresos y fomentan la optimización local. (Solis Ruth, 2010)

Restricción de comportamiento: actitudes y comportamientos desfavorables del personal como la actitud de ocuparse todo el tiempo y la tendencia a trabajar lo fácil. (Solis Ruth, 2010)

2.2.1.1 Objetivo de teoría de la restricción

Analizar y determinar cuál es la problemática de la productividad en la planta de hormigones y con ello, aplicar los conceptos y técnicas estudiadas a través

de simulaciones y ejemplos de la vida real, para comprender y visualizar la información. Como también, cuestionar los indicadores tradicionales y/o plantear mediciones alternativas que permitan hacer un mejor análisis de la situación global del negocio.

2.2.1.2 Alcance de teoría de la restricción

La teoría TOC, es una metodología integral de gestión y mejora, que tiene como finalidad determinar las restricciones, limitaciones o cuellos de botella que tenga un sistema productivo y por medio de la implementación de adecuaciones, reemplazos de personas u equipos mejorar sus indicadores de cumplimiento y con ello satisfacer al cliente final según sus necesidades y requerimientos.

2.2.1.3 Ventajas de la teoría de la restricción.

1. El mejoramiento continuo del sistema fortalece constantemente la posición estratégica de una empresa y asegura así el futuro en forma sostenible.
2. Incremento del rendimiento económico y/o utilidades gracias a manejo óptimo de recursos.
3. Implementación de medidas bien enfocadas o de inversiones direccionadas a puntos claves, se mejora sustancialmente la competitividad y con ello la capacidad de generar más recursos.
4. También puede estar vinculada a la responsabilidad social en base a la estrategia prioritaria de aumentar utilidades reduciendo costos, generalmente se logra conservar o inclusive incrementar puestos de trabajo. Por lo tanto se trata de un sistema de gestión que incorpora la responsabilidad social.
5. Conservación de recursos y medio ambiente gracias a los métodos de producción y logística enfocados a la optimización de recursos de forma adecuada y solvente.

2.2.2 Cuello de Botella

Un cuello de botella se denomina al componente de la cadena que permite por una u otra razón que ocurran menos eventos que el resto de componentes, disminuyendo y/o afectando el proceso de producción, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad en una empresa.

Los cuellos de botella principalmente se generan por personal descalificado, falta de materiales, falta de espacio para almacenaje y desinterés administrativo. (Magloff, 2016)

2.2.3 Throughput

Determina la velocidad en que se genera dinero, a través de las ventas. El THROUGHPUT mide el dinero nuevo generado por la empresa, que después debe permitir pagar los Gastos de Operación, para establecer las Utilidades generadas por la operación de la empresa en un período determinado. (Ricardo Pisco, 2006, p. 18)

(Ecuación 1)

Throughput =PV-CTV

Donde:

Throughput es la velocidad (USD/unidad)

PV: precio de venta (USD/unidad)

CTV: costos totalmente variables (USD/unidad)

2.2.4 Inventario

Es el conjunto de mercancías y artículos que tiene una organización para realizar transacciones de compra, venta y/o fabricación, en un período de tiempo determinado.

También inventario se define como “la existencias de un artículos que se usa en una organización, para satisfacer alguna demanda futura”. (Herrera P., 2006)

2.2.5 Gastos de Operación

Es la cantidad de dinero que una operación se gasta en transformar el inventario en thoughtput.

2.2.6 Productividad

Es el índice que relaciona lo producido por un sistema (servicios o productos) y los recursos utilizados para generarlo (entrada de insumos), también implica mejora del proceso productivo. (Estrada, Junio 2006)

(Ecuación2)

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos/servicios (unidades fabricadas)}}{\text{Recursos Empleados}}$$

La productividad:

- Se puede y se debe MEDIR
- Se puede y se debe MEJORAR

2.2.7 Capacidad

La capacidad instalada y la capacidad de producción son dos conceptos de gran importancia para la Administración de la Producción.

Capacidad instalada: Número de unidades máxima para producir o servir y está relacionada con la infraestructura instalada o disponible.

Capacidad de producción: Número de unidades por producir en un lapso de tiempo determinado. Cantidad de recursos que entran y que están disponibles con relación a los requisitos de producción durante un período de tiempo determinado.

Porcentaje de capacidad instalada utilizada: es la relación de unidades producidas o procesadas sobre la capacidad instalada o servicio multiplicada por 100. (Mejía Cañas, 2013)

(Ecuación 3)

$$\% \text{ de capacidad instalada utilizada} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Capacidad Instalada}} * 100$$

2.2.8 Rendimiento real

Se define como la relación de producción efectiva en un período de tiempo sobre las horas de producción utilizadas en ese período de tiempo. (Mejía Nieto)

(Ecuación 4)

$$\text{Rendimiento real por hora} = \frac{\text{Producción efectiva semanal}}{\text{Horas utilizadas semanal}}$$

2.2.9 Herramientas de análisis de problemas

2.2.9.1 Diagrama de Ishikawa.

Denominado también diagrama Causa-Efecto, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos entre ellos características de calidad y con ello conceptualizar de manera común a todo el equipo de trabajo sobre el problema presente.

En un análisis industrial es útil poder describirlo clasificándolo según las “Ms” como se muestra en el diagrama: Machine (maquina), Material (material), Method (método), Men (Operario), Medio Ambiente.

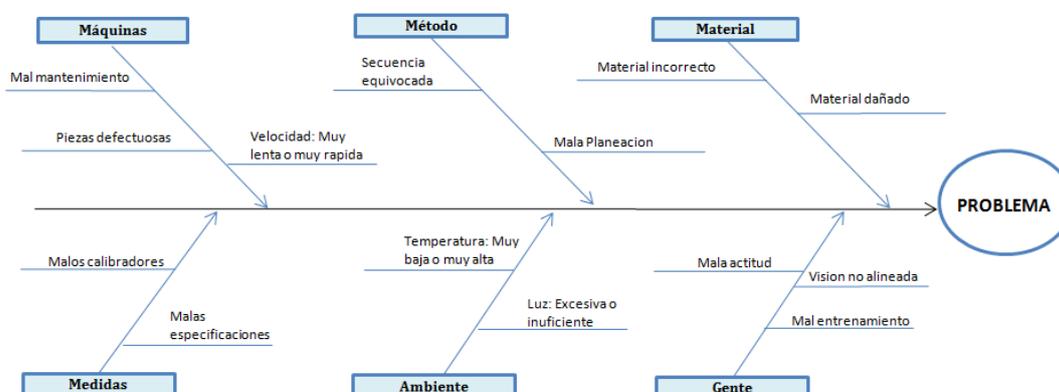


Figura 7. Diagrama Causa – Efecto

Empleando un criterio crítico y dejando suposiciones a un lado se considera el siguiente procedimiento:

1. Enlistar los problemas como lluvia de ideas (Escoja Problema)
2. Trace la espina dorsal
3. Identificar y escribir las causas primarias
4. Identificar y escribir las causas secundarias
5. Identificar y escribir las causas terciarias
6. Asigne ponderaciones

2.2.9.2 Los 5 por qué?

Es un método utilizado para determinar y profundizar las causas que generan los problemas por medio de la exploración, en el mismo nivel también se puede obtener las mejoras. (Ivan Morales, 5 Consultores, 2013)

Paso 1. Definimos el problema

Paso 2. Preguntarse sucesivamente por qué

Paso 3. Plan de acción (mínimo 5 veces), la sexta vez es la causa raíz del problema

Paso 4. Definir las actividades para realizarlo

Tabla 7
Diagrama Causa – Efecto

¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?	
¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?	
¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?	
¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?	
¿Por qué?		¿Por qué?		¿Por qué?	
Causa Raíz		Causa Raíz		Causa Raíz	

2.2.9.3 Análisis estadísticos, tendencia de datos

Los gama de datos (tiempos) obtenidos en la línea de producción, al elaborar la mezcla 1 se estudiara utilizando estadística descriptiva, para visualizar la tendencia, dispersiones y variabilidad de cada uno de los materiales.

Adicional a esto, se elaborara histogramas de frecuencias para representar de manera gráfica cuantas veces se repiten los valores de una variable que pertenecen a un intervalo, con ello podremos emplear las correcciones debidas para la modelación de la situación actual y la mejora propuesta.

Medidas de posición (tendencia central)

Valores representativos de un conjunto de datos.

Promedio o Media: es igual a la suma de “n” observaciones dividido para “n”

Mediana: es el valor medio de conjunto de datos X_1, X_2, X_3, \dots cuando se ordenan de menor a mayor, y tiene la propiedad de dividir 50% de datos cada lado.

Moda: valor que se repite con mayor frecuencia en el conjunto de datos

Medidas de dispersión (variabilidad): nos permiten juzgar la confiabilidad de las medidas de tendencia central. Como son: rango, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación.

Rango: es igual a diferencia del mayor y menor valor encontrado en el conjunto de datos.

(Ecuación 5)

Rango=Max-Min

Varianza y desviación estándar: mide el grado de dispersión de los valores de las variables respecto a su media. Y la varianza se calcula elevando al cuadrado la diferencia entre las observaciones y la media.

(Ecuación 6)

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - X_m)^2$$

Coefficiente de variación: ayuda a comparar la variación de dos o más variables que están medidas en diferentes escalas o unidades de medición, y se obtiene de la relación de la desviación estándar entre la media.

(Ecuación 7)

$$CV = \frac{s}{X_m}$$

Medidas de forma: nos indican la manera como están distribuidos los datos.

Se denota la curtosis y coeficiente de asimetría.

Coefficiente de curtosis: estudia el grado de concentración que tienen los datos respecto a la zona central de la distribución.

(Ecuación 8)

$$\text{Curtosis} = \left[\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - X_m}{s} \right)^4 \right] - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Tabla e Histogramas de Frecuencia

Es un gráfico o cuadro que consiste en la disposición conjunta ordenada y totalizada, de las sumas o frecuencias obtenidas en la tabulación de los datos referentes a las categorías o dimensiones de una variable (s).

Número de clases o intervalos, ecuación de Sturges

(Ecuación 9)

$$\text{Intervalos} = 1 + 3,322 * \log (n)$$

Amplitud: se define por la división del rango para el número de intervalos.

Frecuencia absoluta “f”: número de datos contenidos en un intervalo. (Galindo, 2006)

Frecuencia relativa “fr”: es la proporción o porcentaje que representa la frecuencia absoluta de un determinado intervalo o clase respecto al total de datos proporcionados. (Galindo, 2006)

Frecuencia acumulada “F”: suma acumulativa de frecuencias absolutas de cada una de las clases o intervalos. (Galindo, 2006)

Frecuencia acumulada relativa “Fr”: porcentaje que expresa la frecuencia acumulada respecto al total de datos. (Galindo, 2006)

Histogramas de frecuencias: es una representación gráfica que consiste en un conjunto de rectángulos con bases al eje (x) y el tamaño de las áreas depende de la frecuencia de las clases.

2.2.10 Lean Manufacturing

Conocida también como manufactura esbelta o producción ajustada, data de los años 80s, se enfoca en la filosofía de eliminar actividades que no incrementan valor a una organización, estas actividades se clasifican y se agrupan como los 7 desperdicios, estos pueden ser: defectos de calidad, transportes de materiales innecesarios, movimientos de operarios innecesarios esperas, inventarios excesivos, reprocesos, sobreproducción. Y podemos mencionar:

2.2.10.1 Kanban

Proviene de una palabra japonesa que significa “Etiqueta de instrucción”, es decir que permite ordenar el trabajo sistemáticamente, con el fin de brindar la

información necesaria sobre lo que se va a producir, la cantidad y con qué medios o equipos se desarrollara.

El Kanban busca dirigir a la empresa de tal manera que pueda empezar en cualquier momento una operación estándar mediante el manejo óptimo de los materiales, por medio de instrucciones basadas en las condiciones actuales del trabajo para evitar la sobre producción, por lo cual recomienda no agregar trabajos innecesarios que normalmente son ajenos a las operaciones.

Kanban permite manejar el sistema dividiéndolo en dos funciones principales: control de la producción y mejora de los procesos. Cuando hablamos de control de la producción, nos referimos a la integración de los diferentes procesos que maneja una empresa y el desarrollo de un sistema JIT, en cambio cuando se analiza la función de mejora continua de los procesos, podemos entender como las facilidades de mejora que se efectúan sobre las diferentes actividades, así como también la eliminación de los desechos, reducción de la reinstalación de equipos, organización de las áreas de trabajo, mantenimiento preventivo y productivo, entre otras. (Gestiopolis, Kanban , s.f.)

2.2.10.2 Kaizen

Kaisen aparece durante los años 1950, proviene de dos términos japoneses: kai que significa “cambio” y zen que quiere decir “para mejorar”. Según Massaki Imai el kaisen es el cambio constante que debe sufrir una empresa para lograr evolucionar hacia mejores prácticas, es decir permanecer en “mejoramiento continuo”. La mejora continua es una filosofía empresarial, que no se enfoca en efectuar grandes cambios, al contrario busca que se realicen pequeños cambios pero con la condición de ser continuos y sobre todas las actividades.

Por ello, el concepto de kaizen debe ser implementada como una estrategia corporativa centrada en las áreas conocidas como gemba (donde ocurre la

acción), este planteamiento estratégico debe iniciarse con el análisis de la empresa (FODA) que permita identificar qué áreas requieren de mayor acción. La empresa debe verificar y definir su misión y visión, identificar y diagnosticar los problemas, buscar soluciones y controlar el mantenimiento de resultados para así lograr elevar la productividad se debe mantener el control de los procesos de producción o manufactura por medio de la reducción de los ciclos, estandarizando criterios de calidad y aplicando métodos de trabajo por cada operación. (Gestiopolis, Kaisen o mejoramiento continuo, s.f.)

2.2.10.3 Just In Time

“Just in time – JIT” traducido al español significa “Justo a tiempo”, es el método que se enfoca en la optimización de un sistema de producción. Esto quiere decir que evalúa la demanda del mercado y analiza las opciones para lograr que las materias primas o productos lleguen “justo a tiempo” y en las condiciones adecuadas al demandante.

El método JIT permite evidenciar cuales son los problemas principales de la empresa por medio del análisis de la demanda del mercado y la capacidad de la empresa de cubrir dicha demanda; eliminar el desperdicio de recursos eliminando los procesos o actividades que no añadan valor al producto, control de las operaciones, es decir hacerlo bien a la primera, así como también analizar y prevenir riesgos potenciales; buscar la simplificación de procesos por medio de la optimización del flujo de materiales y control de la línea de producción; y diseñar sistemas de identificación y solución de problemas que se enfoca principalmente a mantener el control en los estándares de calidad del producto y servicio. (Gidea, s.f.)

2.2.10.4 Smed

El sistema “Single Minute Exchange of Die” nace por la necesidad generada por la producción JIT, cuyo objetivo es optimizar los tiempos de las

operaciones. El SMED busca acortar los tiempos de la preparación de los equipos o maquinarias con el fin de cumplir con las entregas en el tiempo deseado y bajo los estándares de calidad específicos.

La alternativa SMED se basa en el mismo principio del Just in time, con la diferencia de que nos permite reducir los tiempos de set up (instalación), por medio de la concientización de la importancia que tiene para la empresa, así como también la capacitación y preparación que se debe impartir al personal involucrado, de tal forma que se pueda incrementar la productividad y reducir los costos. (USON, s.f.)

2.2.10.5 Poka Yoke

Poka Yoke significa “a prueba de errores” es una herramienta que nos permite diseñar procesos, es decir nos permite detectar, reducir o eliminar errores ya sea de carácter humano o de método.

Todas las empresas poseen una línea de producción constituida por varios procesos, es en el número de procesos en el que se puede definir el nivel de probabilidad que tienen para cometer errores, por ejemplo si una empresa posee varios procesos y además repetitivos, su probabilidad de cometer errores será el número de procesos por el número de veces que se repiten. (PDCAHOME, s.f.)

El sistema Poka Yoka está conformado por dos funciones:

- Función de control.- Se busca establecer la utilización de manuales o indicadores que permitan al operador conocer los pasos a seguir para la realización de la actividad.
- Función de advertencia.- En esta función nos adelantamos al hecho, y asumimos que se comete el error, por lo cual se diseñan mecanismos que contengan o que alerten sobre el error, con el fin de corregirlo a tiempo.

2.2.11 Flujo de caja

Denominado cash flow es una herramienta financiera utilizada por las empresas, que permite visualizar las necesidades de efectivo que tendrá la organización a corto plazo. Así la dirección o gerencias pueden estar preparados para los excesos de liquidez que pudiera tener en un período de análisis.

- Un flujo de caja se elabora definiendo un período u horizonte de análisis, se identifica las entradas y salidas de efectivo generadas por las actividades operacionales de la empresa y aquellas no operacionales en el período determinado.
- Se realiza la suma de ingresos y egresos por año, y con el resultado se obtiene los valores presentes “VA” para cada año, luego de ello se calcula la tasa interna de retorno “TIR” de la inversión para el período analizado.

3. CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 Levantamiento del proceso producción de Hormigón

La operación de producción hormigones se dirige bajo lineamientos del corporativo que incluyen decisiones desde el inicio de la cadena de suministro hasta la entrega del producto al cliente. Como se puede ver en la figura No. 7 Mapa de procesos se detalla cuáles son los macro procesos, procesos, sub procesos productivos y los procesos de apoyo; con la interacción de todos y siguiendo una dirección y planificación se lleva a cabo el éxito de las entregas.

Macro procesos y procesos:

1. Producción de hormigón
 - 1.1. Materias Primas
 - 1.2. Elaboración

2. Distribución de hormigón
 - 2.1. Transporte
 - 2.2. Bombeo
 - 2.3. Pavimentadora, bordillera, entre otros

3. Procesos de Apoyo.
 - 3.1. Mantenimiento
 - 3.2. Control de calidad

4. Procesos de Dirección
 - 4.1. Gestión de desarrollo humano
 - 4.2. Proyectos
 - 4.3. Gestión de mercado
 - 4.4. Gestión de costos
 - 4.5. Seguridad y ambiente
 - 4.6. Gestión de suministros
 - 4.7. Gestión Legal

Todos estos procesos mencionados se interrelacionan para obtener la satisfacción del cliente, cumplir con las expectativas, y si es necesario bajo directrices emprender jornadas de mejoramiento continuo.

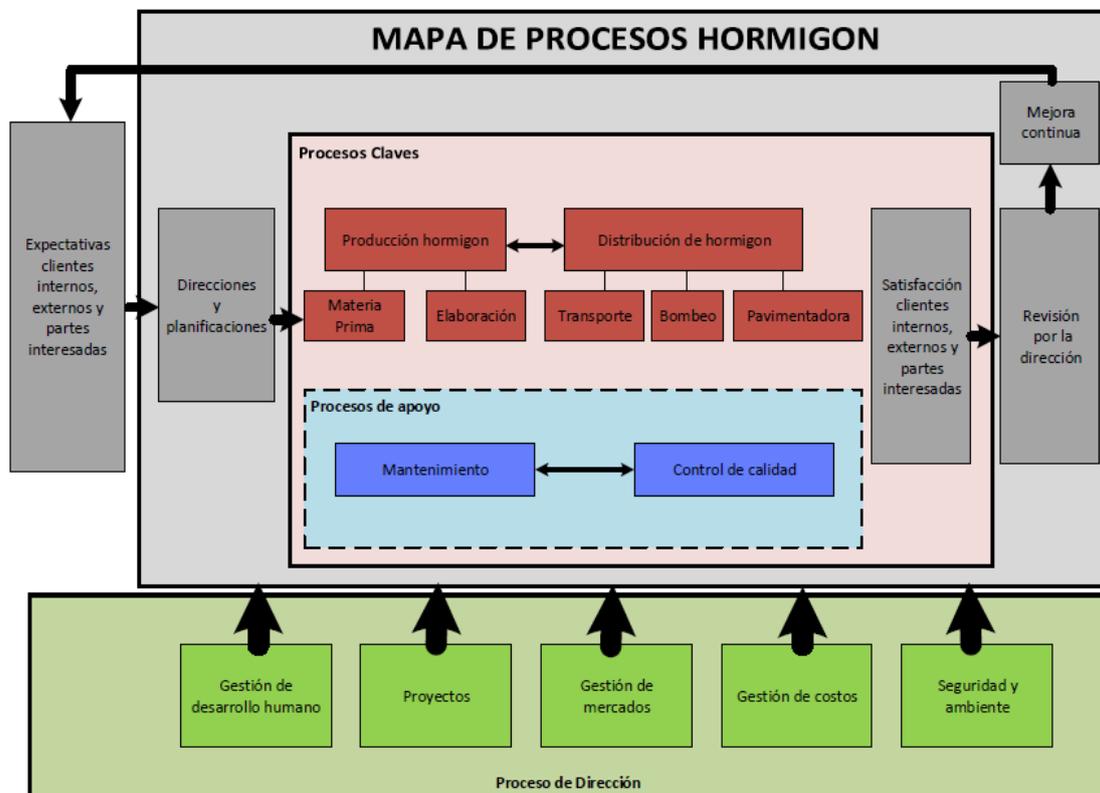


Figura 8. Mapa de procesos Hormigon

3.2 Proceso de producción

Es un proceso fundamental dentro de la organización, fue necesario iniciar con observaciones de las tareas que se realizan en cada etapa de la elaboración del hormigón durante 3 meses a una sola mezcla (diseño de hormigón), conjuntamente se realizó entrevistas a los operarios (operadores de planta) para obtener información de cuellos de botella, observaciones, posibles problemas y mejoras que se puedan realizar al proceso.

Posteriormente, se tomó los tiempos de los viajes generados en el período mencionado de cada tarea del proceso de producción para cada carga.

3.2.1 Descripción del proceso de producción

La planta de hormigón premezclado tiene una sola línea de producción la cual comprende actividades que se controlan electrónicamente con un sistema integrado de PLCs y software que ayudan a automatizar el proceso de carga.

El proceso de producción de hormigón inicia luego de realizar la programación diaria solicitada por el cliente con anterioridad.

Este proceso se define desde:

1. La generación del ticket de carga del producto a despachar,
2. Transporte y pesaje individual de cada uno de los componentes que tiene el hormigón (agregados grueso y fino, cemento, agua y/o aditivos),
3. Descarga al mezclador en tiempos determinados, mezclado y/o homogenizado del producto,
4. Descarga al vehículo,
5. Limpieza y verificación por el personal competente, y
6. Posteriormente salir a su distribución y entrega al cliente.

El ticket generado para una carga completa equivale a 7m³, que se constituye de 3 batch cada uno de 2,33 m³. Es decir, la carga se repite por 3 ocasiones en cada ticket, desde el ítem No 1 al ítem No 5.

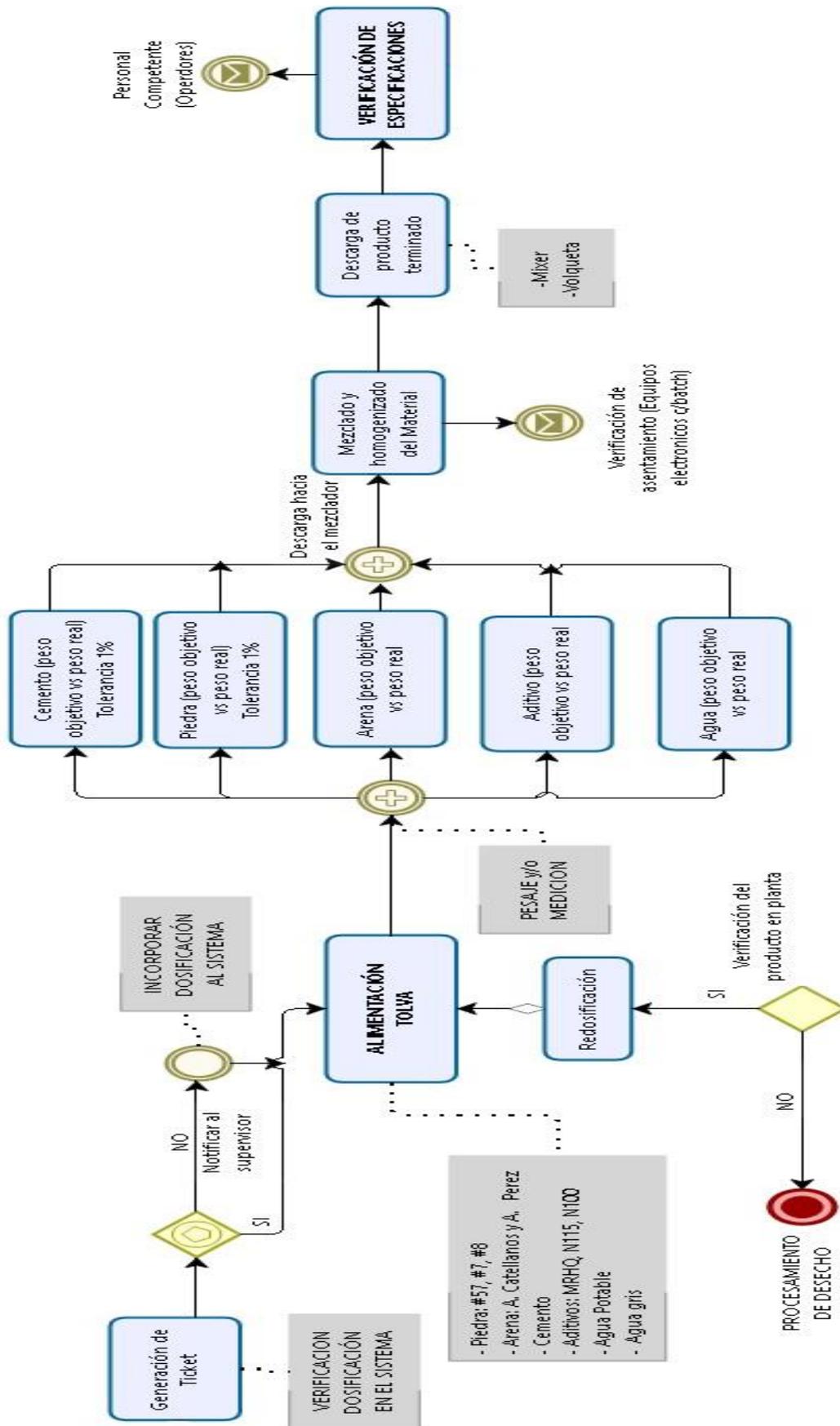


Figura 9. Diagrama de proceso de producción de Hormigón

Previo al proceso de producción es importante tener la programación definida, pues el día anterior se realiza el pedido de materias primas para abastecer el stock y estar listos para poder producir la diversidad de productos y requerimientos diarios del cliente. Ver figura 8 Diagrama de procesos producción de hormigón

Los productos elaborados en esta planta, son:

1. Hormigones
2. Morteros
3. Bases estabilizadas con cemento
4. Productos especiales

Luego del proceso de producción se realiza la distribución y entrega al cliente, previa la aceptación de las especificaciones requeridas, como se observa en el diagrama de procesos. Ver figura 9 Diagrama de procesos producción y distribución de hormigón

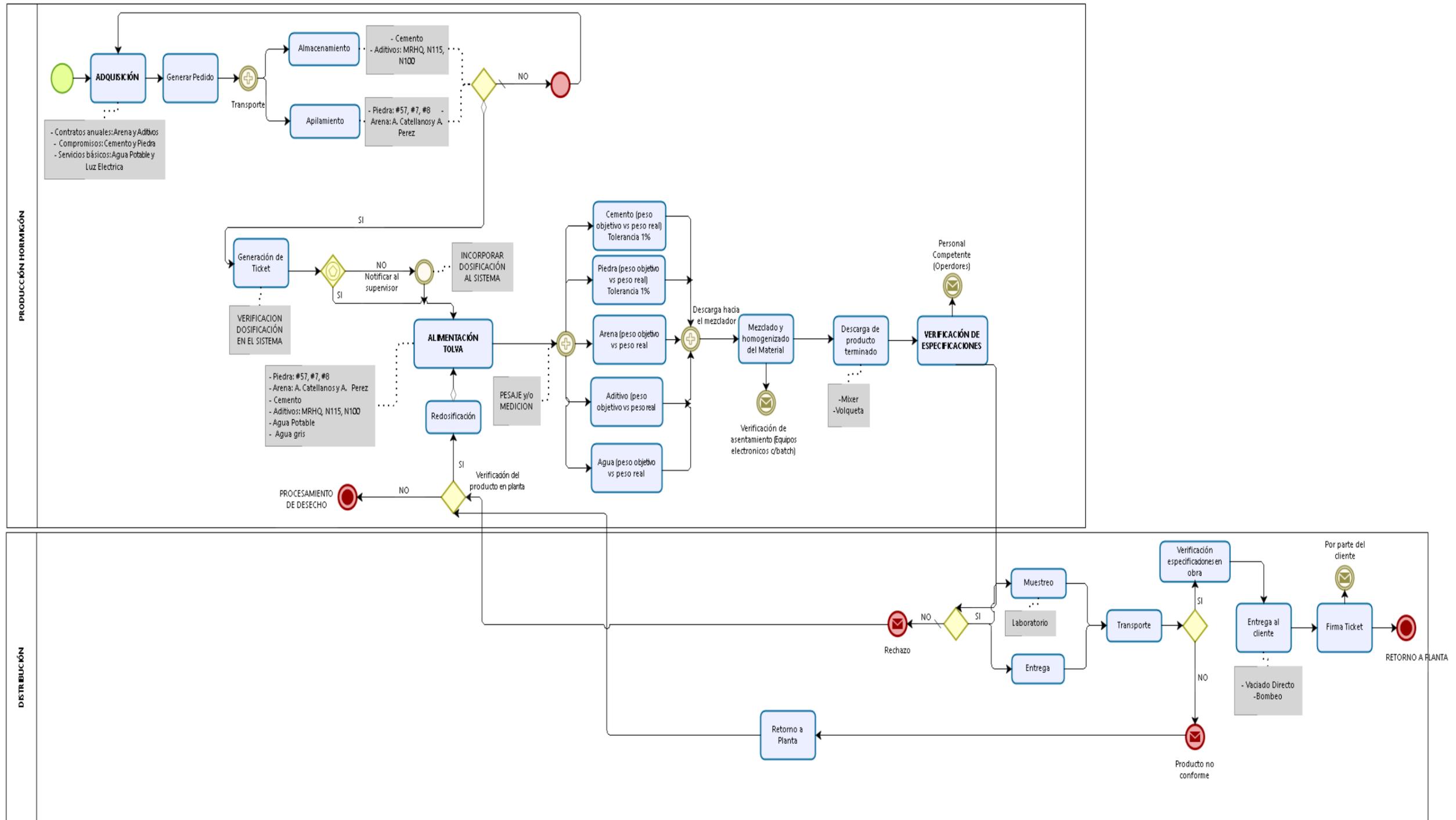


Figura 10. Diagrama de proceso de producción y distribución del Hormigón

3.2.2 Infraestructura

La instalación de producción de hormigón consta:

Planta de hormigones

- Bandas de alimentación BT1 (agregados)
- Tolvas de carga (agregados)
- Silos de cemento (2 unidades)
- Silos de agregados (6 tolvas)
- Transportadores (sin fin, cinta de pesaje BT2 y transporte skip)
- Silos de aditivos
- Cisternas de agua 1
- Cisterna de agua 2
- Mezclador central
- Adicionales
- Área de circulación
- Cargadora frontal
- Camiones mixer
- Camiones de arrastre y bombas estacionarias

A continuación se detalla los elementos que tiene la planta de hormigones existente, en el que consta descripción del elemento, capacidad utilizada y capacidad instalada.

Tabla 8
Descripción de equipos y capacidades

Item	Elemento	Magnitud	Capacidad utilizada	Capacidad instalada
1	Tolvas de agregados Piedra	m3	33	33
2	Tolvas de agregados Arena 1	m3	33	33
3	Tolvas de agregados Arena 2	m3	33	33
4	Cinta pesadora BT2	kg	4200	15000
5	Skip	kg	5000	6300
8	Bomba impulsión agua AP	HP	12,5	12,5
8	Bomba impulsión agua ALL	HP	15	15
9	Tolva Balanza de agua AP y ALL	Lt	600	906
10	Bomba impulsión agua reciclada AR	HP	10	10
11	Contador agua reciclada AR	lt/s	8,6	
12	Silo Aditivo 1	Lt	11000	11000
13	Bomba impulsión aditivo # 1	HP	0,52	1
14	Silo Aditivo 2	Lt	8000	8000
15	Bomba impulsión aditivo # 2	HP	0,52	1
16	Tolva Balanza de aditivo	Kg	110	364
17	Silo de cemento # 1	TN	180	180
18	Silo de cemento # 2	TN	180	180
19	Tornillo sin fin (2)	Hz		12,3
20	Tolva Balanza de cemento	kg	1400	3500
21	Motor mezclador	KW	2 x 55	2 x 55
22	Mezclador central	m3	2,33	3
23	Planta ELBA	m3/h	130	130
24	Mixer	m3	7	7

3.2.3 Descripción de cada actividad del proceso de producción del hormigón

En cada una de las tablas SIPOC siguientes se describen los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes que se involucran entre sí.

3.2.3.1 Actividad.- Pesaje de agregados finos y gruesos

Tabla 9

Sipoc Pesaje de agregados gruesos y finos

<u>Pesaje de agregados gruesos y finos</u>	
S	*Supervisor de producción *Proveedores materiales (cumplir especificaciones) *Stock de materiales *Orden de venta producto (hormigón) *Operador de planta
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Cinta pesadora *Celdas de carga – pesas
P	* Pesaje de material AGG (piedra) y AGF (arena) *Pesaje de material acumulado (AGG+AGF) *Verificar tolerancia del variaciones de equipos
O	* Agregados finos y gruesos pesados de acuerdo a la orden de producción
C	*Mezclado

3.2.3.2 Actividad.- Pesaje de cemento

Tabla 10

Sipoc Pesaje de cemento

<u>Pesaje de cemento</u>	
S	*Supervisor de producción *Proveedores materiales (cumplir especificaciones) *Stock de materiales *Orden de venta producto (hormigón) *Operador de planta
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Balanza de pesaje *Celdas de carga - pesas
P	* Pesaje de material cemento *Verificar tolerancia del variaciones de equipos
O	*Cantidad de cemento pesado de acuerdo a la orden de producción
C	*Mezclado

3.2.3.3 Actividad.- Pesaje de agua 1

Tabla 11

Sipoc Pesaje de agua 1

<u>Pesaje de agua 1</u>	
S	*Supervisor de producción *Proveedores materiales (cumplir especificaciones) *Stock de materiales *Orden de venta producto (hormigón) *Operador de planta
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Balanza de pesaje *Celdas de carga - pesas
P	*Pesaje de material agua potable - lluvia *Verificar tolerancia del variaciones de equipos
O	* Cantidad de agua 1 pesada de acuerdo a la orden de producción
C	*Mezclado

3.2.3.4 Actividad.- Contabilización de agua 2

Tabla 12

Sipoc contabilización de agua 2

<u>Pesaje de agua 2</u>	
S	*Supervisor de producción *Proveedores materiales (cumplir especificaciones) *Stock de materiales *Orden de venta producto (hormigón) *Operador de planta
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Contador
P	*Contabilizar el material agua reciclado *Verificar tolerancia del variaciones de equipos
O	* Cantidad de agua 2 contabilizada de acuerdo a la orden de producción
C	*Mezclado

3.2.3.5 Actividad.- Pesaje de aditivos

Tabla 13

Sipoc pesaje de aditivos

<u>Pesaje de aditivos</u>	
S	*Supervisor de producción *Proveedores materiales (cumplir especificaciones) *Stock de materiales *Orden de venta producto (hormigón) *Operador de planta
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Balanza de pesaje *Celdas de carga - pesas
P	*Pesaje de material aditivos *Pesaje de material acumulado (plastificante y retardante, otros) *Verificar tolerancia del variaciones de equipos
O	* Cantidad de aditivo pesado de acuerdo a la orden de producción
C	*Mezclado

3.2.3.6 Actividad.- Mezclado y homogenizado

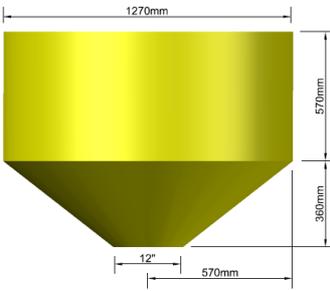
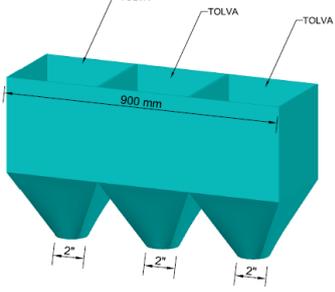
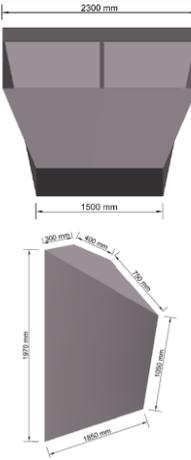
Tabla 14

Sipoc Mezclado y homogenizado

<u>Mezclado y homogenizado</u>	
S	*Operador de planta *Descarga material agregado grueso y agregado fino *Descarga material cemento *Descarga material agua potable y agua lluvia *Descarga material agua reciclada *Descarga material aditivo
I	*Orden de producción *Verificar material y diseño en sistema *Mezclador central *Amperímetros
P	*Mezclado *Homogenizado *Verificar amperímetro (asentamiento) previo la descarga * Aumento de tiempo de mezclado
O	*Descarga al mixer por 3 batch (repeticiones)
C	*Proceso de distribución - Operador de mixer *Proceso de calidad - Laboratorio - muestreo *Cliente – aceptación descarga al elemento

Anexo secuencial del proceso de producción.

Tabla 15
Pasos de la producción

<p>1. Pesar agregados</p>	<p>2. Pesar cemento (silos, tornillos, balanza)</p>	<p>3. Pesar agua potable</p>
		
<p>4. Contabilizar agua reciclada</p>	<p>5. Pesaje de aditivo</p>	<p>6. Transporte de agregados</p>
		
<p>7. Descarga de cada material al mezclador central</p>	<p>8. Mezclado y homogenizado</p>	<p>9. Descarga al mixer</p>
		

Tomado de Ammann s.f.

3.2.4 Descripción del proceso de carga

Se detalla de la siguiente manera y se inicia de manera independiente y simultanea los ciclos de carga por batch.

Un mixer de 7 m3 se carga en 3 batch de 2,33 m3 en el orden:

- a. El pesaje de cemento,
- b. El pesaje de agregados gruesos y finos (acumulativa) arena #1 y #2,
- c. El pesaje de aditivo # 1 y # 2 (acumulativa),
- d. El pesaje de agua 1,
- e. El conteo de agua 2,
- f. Descarga de materiales al mezclador,
- g. Mezclado y homogenizado - descarga al camión mixer.

Orden	Material	Batch # 1				Batch # 2				Batch # 3			
		% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso	% Peso
1	Cemento	100%											
2	Piedra	100%											
3	Arena 1		100%										
4	Arena 2			100%									
5	Agua AP	100%											
6	Agua AR									100%			
7	Aditivo 1	100%											
8	Aditivo 2		100%										
9	Mezclado	MEZCLADO Y DESCARGA											
1	Cemento				100%								
2	Piedra				100%								
3	Arena 1					100%							
4	Arena 2						100%						
5	Agua AP												
6	Agua AR									100%			
7	Aditivo 1												
8	Aditivo 2												
9	Mezclado	MEZCLADO Y DESCARGA											
1	Cemento									100%			
2	Piedra									100%			
3	Arena 1										100%		
4	Arena 2											100%	
5	Agua AP												
6	Agua AR												100%
7	Aditivo 1												
8	Aditivo 2												
9	Mezclado	MEZCLADO Y DESCARGA											

Figura 11. Ciclo de carga

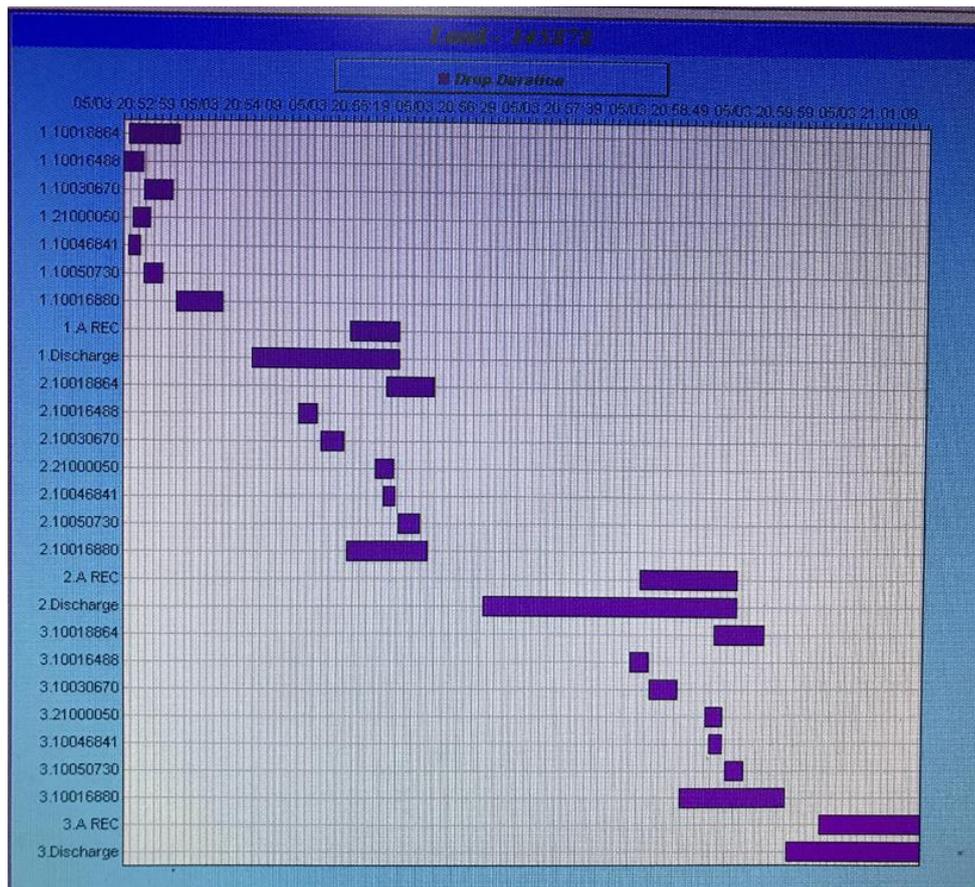


Figura 12. Diagrama de gant proceso de carga

3.2.5 Jornada laboral

La planta de hormigones posee una jornada laboral definida por la programación requerida diaria, por lo que su personal ingresa a diferentes horarios como se requieran para las actividades de producción. («Código del Trabajo», 2005) Tomando en cuenta estos aspectos:

- a) De lunes a viernes en jornada ordinaria de 7:00 – 17:00, la producción no se paraliza por desayuno, almuerzo o meriendas, la alimentación del personal llega al sitio de trabajo y cumple jornadas diarias mínimas de 10 horas y el 30% máximo por horas suplementarias 2,4 horas.
- b) Sábados, domingos y feriados en jornada extraordinaria de la misma forma de acuerdo a la programación

3.2.6 Personal de producción en planta

Conociendo que el proceso de producción es totalmente automatizado, y para su funcionamiento es necesario:

1. Un operador de planta (persona dirige la operación de carga y producción),
2. Un operador de cargadora (equipo y personal para alimentar material a las tolvas)
3. Personal de apoyo:
 - a. Operador de mantenimiento (personal de apoyo para realizar mantenimientos o reparaciones sean preventivas o correctivas de los equipos)
 - b. Auxiliar de laboratorio (personal que verifica las características del material o materia prima y producto terminado)
 - c. Auxiliar de planta (personal de limpieza y verificación de funcionamiento de equipos)
 - d. Operador de balanza

3.3 Descripción de las restricciones por Ishikawa

Constituye una herramienta gráfica que ayuda a determinar las causas que ocasionaron tener un problema, valorando los aspectos de materia prima, mano de obra, método, maquinaria y medio ambiente. Es muy útil para la gestión de la calidad ya que permite orientar la toma de decisiones.

Para nuestro estudio se enumera las posibles restricciones del sistema para evaluarlas y ver su impacto en el proceso productivo.

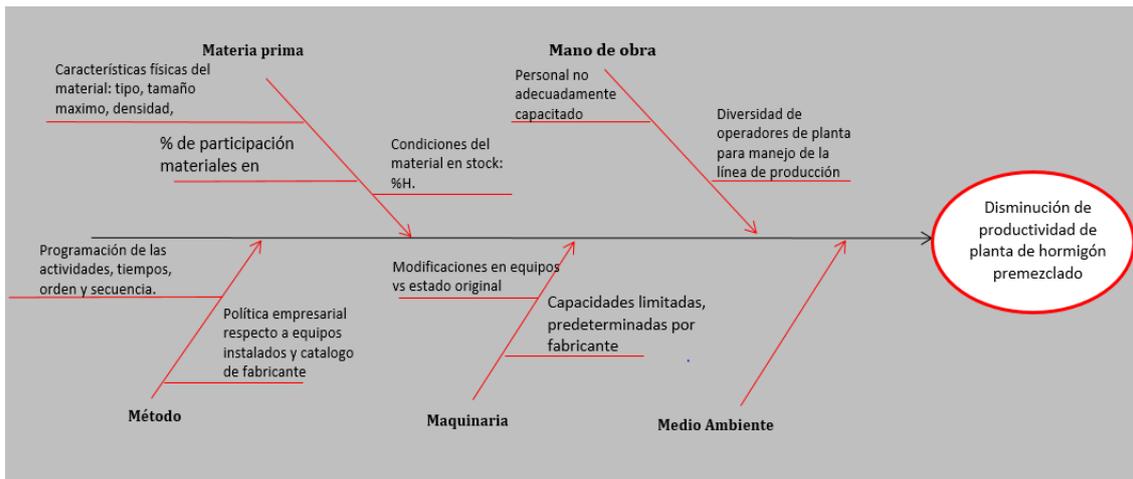


Figura 13. Diagrama de Ishikawa

Las limitantes y restricciones son las siguientes:

1. Capacidad de mezclador central 3,00 m³
2. Capacidad de skip a transportar hasta 6300 kg
3. Modificaciones de equipos vs estado original (de acuerdo a política empresarial)
4. Programación de actividades del proceso productivo: orden y secuencia, tiempos
5. Condiciones de material
6. Porcentaje de participación de materiales en dosificación

3.4 Análisis estadístico y tendencia de datos

En los siguiente cuadros se puede observar los resultados obtenidos del análisis estadístico descriptivo de las medidas de posición, medidas de dispersión, medidas de forma de los datos de tiempos de la línea de producción #1, las mismas que servirán para analizar y simular el proceso de carga.

En el tabla 15 Dosificación Mezcla 1 se definen las cantidades a emplearse por cada material, y se visualiza las variables que involucra el proceso de carga de cada batch en un ticket de volumen 7 m³, que éstas son adicionales a las condiciones físicas de la operación.

Tabla 16
Dosificación Mezcla 1

Material	Dosis kg /m3	1er batch	2do batch	3er batch	Total
Cemento	370	863	863	863	2590
Piedra	839	1958	1958	1958	5873
Arena 1	473	1104	1104	1104	3311
Arena 2	473	1104	1104	1104	3311
Agua	181	211	211	211	634
Aditivo 1	1.8	4.2	4.2	4.2	13
Aditivo 2	3.6	8.4	8.4	8.4	25
Agua 2	50%AP	211	211	211	634

En el Tabla 16 se muestran las medidas de tendencia y dispersión de los datos de tiempos de 387 tickets tomados en campo para los que hemos calculado los tiempos promedios y desviaciones que se demoran los equipos en alimentar y pesar la cantidad necesaria por cada batch de igual proporción.

Tabla 17
Medidas de tendencia y dispersión de los datos de tiempos

#	Material	Tiempo Promedio	Mediana	Moda	Rango	Desviación Estándar
BATCH 1	Cemento	0:00:43	0:00:34	0:00:30	0:01:43	0:00:19
	Piedra	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:49	0:00:03
	Arena 1	0:00:14	0:00:14	0:00:13	0:01:43	0:00:07
	Arena 2	0:00:22	0:00:17	0:00:17	0:02:54	0:00:20
	Agua 1	0:00:14	0:00:15	0:00:18	0:00:48	0:00:05
	Agua 2	0:00:42	0:00:36	0:00:30	0:01:35	0:00:16
	Aditivo 1	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:15	0:00:01
	Aditivo 2	0:00:12	0:00:12	0:00:11	0:00:13	0:00:02
	Descarga	0:01:23	0:01:19	0:01:14	0:01:46	0:00:15
BATCH 2	Cemento	0:00:43	0:00:34	0:00:29	0:02:09	0:00:20
	Piedra	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:01:29	0:00:05
	Arena 1	0:00:14	0:00:14	0:00:13	0:02:09	0:00:09
	Arena 2	0:00:23	0:00:17	0:00:17	0:02:28	0:00:21
	Agua 1	0:00:15	0:00:15	0:00:18	0:00:26	0:00:05
	Agua 2	0:00:33	0:00:32	0:00:30	0:01:11	0:00:09
	Aditivo 1	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:01
	Aditivo 2	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:13	0:00:02
	Descarga	0:01:46	0:01:48	0:01:58	0:02:25	0:00:22

#	Material	Tiempo Promedio	Mediana	Moda	Rango	Desviación Estándar
BATCH 3						
	Piedra	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:01:14	0:00:04
	Arena 1	0:00:15	0:00:15	0:00:16	0:01:04	0:00:06
	Arena 2	0:00:25	0:00:17	0:00:17	0:02:36	0:00:24
	Agua 1	0:00:15	0:00:15	0:00:18	0:00:44	0:00:05
	Agua 2	0:00:34	0:00:33	0:00:33	0:01:36	0:00:09
	Aditivo 1	0:00:08	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:01
	Aditivo 2	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:20	0:00:02
Descarga	0:01:40	0:01:40	0:01:41	0:01:34	0:00:20	

Entonces, para la simulación de la situación inicial del proceso de carga en flexsim se tomó los tiempos promedios de los tres (3) batch por cada material y de igual manera se procedió con la desviación estándar, en este caso los valores usados fueron:

Tabla 18

Medidas de tendencia promedio de los datos de tiempos y desviación estándar

Material	Tiempo Promedio (seg)	Desviación Estándar (seg)
Cemento	0:00:42	0:00:19
Piedra	0:00:12	0:00:04
Arena 1	0:00:15	0:00:07
Arena 2	0:00:23	0:00:22
Agua 1	0:00:14	0:00:05
Agua 2	0:00:36	0:00:11
Aditivo 1	0:00:09	0:00:01
Aditivo 2	0:00:12	0:00:02
Descarga	0:01:36	0:00:19

El análisis también se realiza histogramas de frecuencias absolutas y relativas en donde intervienen número de clases e intervalos iguales (10) para cada material participantes en todo el proceso de carga.

A continuación observaremos los histogramas de frecuencias de cada material diferenciado por cada Batch.

3.4.1 Cemento

Para el material cemento en:

- Batch 1.- se observa que 225 eventos es decir un 58,14% suceden en un tiempo de 23 a 37 segundos; que 58 eventos es decir 14,99% suceden en un tiempo de 37 a 50; que 52 eventos es decir el 13,44% suceden en un tiempo de 50 a 64 segundos; que 26 eventos es decir un 6,72% suceden en un intervalo de 64 a 77 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 19
Cemento Batch 1

Cemento Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:23	0:00:37	0:00:30	225	58,14%	225	58%
2	0:00:37	0:00:50	0:00:43	58	14,99%	283	73%
3	0:00:50	0:01:04	0:00:57	52	13,44%	335	87%
4	0:01:04	0:01:17	0:01:10	26	6,72%	361	93%
5	0:01:17	0:01:30	0:01:24	13	3,36%	374	97%
6	0:01:30	0:01:44	0:01:37	8	2,07%	382	99%
7	0:01:44	0:01:57	0:01:51	5	1,29%	387	100%
8	0:01:57	0:02:11	0:02:04	0	0,00%	387	100%
9	0:02:11	0:02:24	0:02:18	0	0,00%	387	100%
10	0:02:24	0:02:38	0:02:31	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 233 eventos es decir un 60,21 % suceden en un tiempo de 23 a 37 segundos; que 51 eventos es decir 13,18 % suceden en un tiempo de 37 a 50; que 54 eventos es decir el 13,45 % suceden en un tiempo de 50 a 64 segundos; que 21 eventos es decir un 5,43% suceden en un intervalo de 64 a 77 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 20
Cemento Batch 2

Cemento Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:23	0:00:37	0:00:30	233	60,21%	233	60%
2	0:00:37	0:00:50	0:00:43	51	13,18%	284	73%
3	0:00:50	0:01:04	0:00:57	54	13,95%	338	87%
4	0:01:04	0:01:17	0:01:10	21	5,43%	359	93%
5	0:01:17	0:01:30	0:01:24	13	3,36%	372	96%
6	0:01:30	0:01:44	0:01:37	10	2,58%	382	99%
7	0:01:44	0:01:57	0:01:51	3	0,78%	385	99%
8	0:01:57	0:02:11	0:02:04	1	0,26%	386	100%
9	0:02:11	0:02:24	0:02:18	0	0,00%	386	100%
10	0:02:24	0:02:38	0:02:31	1	0,26%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 245 eventos es decir un 63,31 % suceden en un tiempo de 23 a 37 segundos; que 41 eventos es decir 10,59 % suceden en un tiempo de 37 a 50; que 58 eventos es decir el 14,99 % suceden en un tiempo de 50 a 64 segundos; que 18 eventos es decir un 4,65 % suceden en un intervalo de 64 a 77 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 21
Cemento Batch 3

Cemento Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:23	0:00:37	0:00:30	245	63,31%	245	63%
2	0:00:37	0:00:50	0:00:43	41	10,59%	286	74%
3	0:00:50	0:01:04	0:00:57	58	14,99%	344	89%
4	0:01:04	0:01:17	0:01:10	18	4,65%	362	94%
5	0:01:17	0:01:30	0:01:24	12	3,10%	374	97%
6	0:01:30	0:01:44	0:01:37	10	2,58%	384	99%
7	0:01:44	0:01:57	0:01:51	1	0,26%	385	99%
8	0:01:57	0:02:11	0:02:04	2	0,52%	387	100%
9	0:02:11	0:02:24	0:02:18	0	0,00%	387	100%
10	0:02:24	0:02:38	0:02:31	0	0,00%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias podremos visualizar, como se comportan los datos obtenidos en campo del material cemento en cada batch y son similares para este material

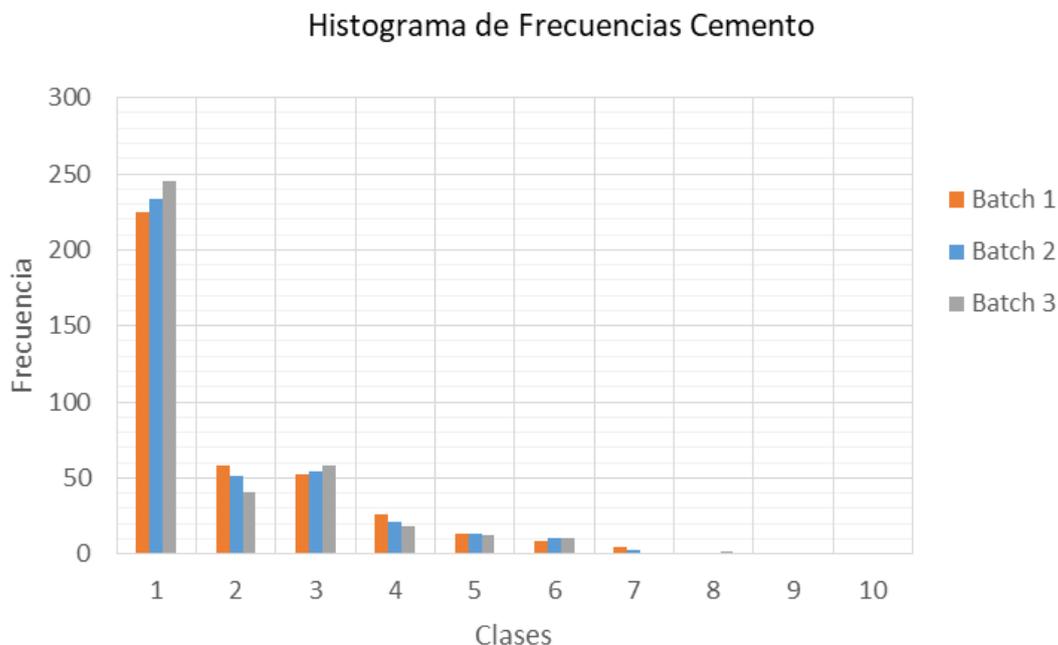


Figura 14. Histogramas de Frecuencias de material cemento

3.4.2 Piedra

Para el material piedra se tiene:

- Batch 1.- se observa que 301 eventos es decir un 77,18% suceden en un tiempo de 8 a 16 segundos; que 79 eventos es decir 20,41 % suceden en un tiempo de 16 a 24 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 22
Piedra Batch 1

Piedra Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:08	0:00:16	0:00:12	301	77,78%	301	78%
2	0:00:16	0:00:24	0:00:20	79	20,41%	380	98%
3	0:00:24	0:00:32	0:00:28	2	0,52%	382	99%
4	0:00:32	0:00:39	0:00:35	2	0,52%	384	99%
5	0:00:39	0:00:47	0:00:43	0	0,00%	384	99%
6	0:00:47	0:00:55	0:00:51	1	0,26%	385	100%
7	0:00:55	0:01:02	0:00:59	1	0,26%	386	100%
8	0:01:02	0:01:10	0:01:06	0	0,00%	386	100%
9	0:01:10	0:01:18	0:01:14	0	0,00%	386	100%
10	0:01:18	0:01:26	0:01:22	0	0,00%	386	100%
Total				386			

- Batch 2.- se observa que 380 eventos es decir un 98,19% suceden en un tiempo de 8 a 16 segundos; que 3 eventos es decir 0,78 % suceden en un tiempo de 16 a 24 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 23
Piedra Batch 2

Piedra Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:08	0:00:16	0:00:12	380	98,19%	380	98%
2	0:00:16	0:00:24	0:00:20	3	0,78%	383	99%
3	0:00:24	0:00:32	0:00:28	0	0,00%	383	99%
4	0:00:32	0:00:39	0:00:35	1	0,26%	384	99%
5	0:00:39	0:00:47	0:00:43	2	0,52%	386	100%
6	0:00:47	0:00:55	0:00:51	0	0,00%	386	100%
7	0:00:55	0:01:02	0:00:59	0	0,00%	386	100%
8	0:01:02	0:01:10	0:01:06	0	0,00%	386	100%
9	0:01:10	0:01:18	0:01:14	0	0,00%	386	100%
10	0:01:18	0:01:26	0:01:22	0	0,00%	386	100%
Total				386			

- Batch 3.- se observa que 377 eventos es decir un 97,42% suceden en un tiempo de 8 a 16 segundos; que 8 eventos es decir 2,07 % suceden en un tiempo de 16 a 24 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 24
Piedra Batch 3

Piedra Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:08	0:00:16	0:00:12	377	97,42%	377	97%
2	0:00:16	0:00:24	0:00:20	8	2,07%	385	99%
3	0:00:24	0:00:32	0:00:28	0	0,00%	385	99%
4	0:00:32	0:00:39	0:00:35	1	0,26%	386	100%
5	0:00:39	0:00:47	0:00:43	0	0,00%	386	100%
6	0:00:47	0:00:55	0:00:51	0	0,00%	386	100%
7	0:00:55	0:01:02	0:00:59	0	0,00%	386	100%
8	0:01:02	0:01:10	0:01:06	0	0,00%	386	100%
9	0:01:10	0:01:18	0:01:14	0	0,00%	386	100%
10	0:01:18	0:01:26	0:01:22	1	0,26%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias podremos mencionar que el 91,1% de datos se concentran en el primer intervalo y el resto en los demás intervalos para la piedra.

Histograma de Frecuencias Piedra

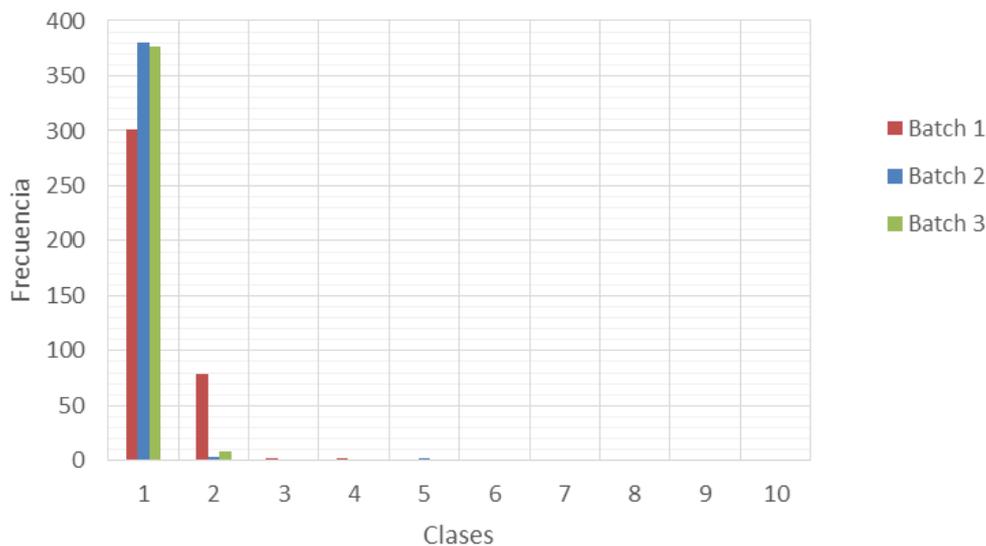


Figura 15. Histograma de Frecuencias Piedra

3.4.3 Arena 1

Para el material arena 1 se tiene:

- Batch 1.- se observa que 329 eventos es decir un 85,01% suceden en un tiempo de 5 a 18 segundos; que 53 eventos es decir 13,70 % suceden en un tiempo de 18 a 31 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 25
Arena 1 Batch 1

Arena 1 Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:05	0:00:18	0:00:11	329	85,01%	329	85%
2	0:00:18	0:00:31	0:00:24	53	13,70%	382	99%
3	0:00:31	0:00:44	0:00:37	2	0,52%	384	99%
4	0:00:44	0:00:57	0:00:50	2	0,52%	386	100%
5	0:00:57	0:01:09	0:01:03	0	0,00%	386	100%
6	0:01:09	0:01:22	0:01:16	0	0,00%	386	100%
7	0:01:22	0:01:35	0:01:29	0	0,00%	386	100%
8	0:01:35	0:01:48	0:01:42	1	0,26%	387	100%
9	0:01:48	0:02:01	0:01:55	0	0,00%	387	100%
10	0:02:01	0:02:14	0:02:08	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 344 eventos es decir un 88,89% suceden en un tiempo de 5 a 18 segundos; que 39 eventos es decir 10,08 % suceden en un tiempo de 18 a 31 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 26
Arena 1 Batch 2

Arena 1 Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:05	0:00:18	0:00:11	344	88,89%	344	89%
2	0:00:18	0:00:31	0:00:24	39	10,08%	383	99%
3	0:00:31	0:00:44	0:00:37	0	0,00%	383	99%
4	0:00:44	0:00:57	0:00:50	1	0,26%	384	99%
5	0:00:57	0:01:09	0:01:03	1	0,26%	385	100%
6	0:01:09	0:01:22	0:01:16	0	0,00%	385	100%
7	0:01:22	0:01:35	0:01:29	0	0,00%	385	100%
8	0:01:35	0:01:48	0:01:42	0	0,00%	385	100%
9	0:01:48	0:02:01	0:01:55	1	0,26%	386	100%
10	0:02:01	0:02:14	0:02:08	0	0,00%	386	100%
Total				386			

- Batch 3.- se observa que 321 eventos es decir un 82,95 % suceden en un tiempo de 0 a 18 segundos; que 59 eventos es decir 15,25 % suceden en un tiempo de 18 a 31 segundos; y los restantes ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 27
Arena 1 Batch 3

Arena 1 Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:18	0:00:11	321	82,95%	321	83%
2	0:00:18	0:00:31	0:00:24	59	15,25%	380	98%
3	0:00:31	0:00:44	0:00:37	4	1,03%	384	99%
4	0:00:44	0:00:57	0:00:50	0	0,00%	384	99%
5	0:00:57	0:01:09	0:01:03	2	0,52%	386	100%
6	0:01:09	0:01:22	0:01:16	1	0,26%	387	100%
7	0:01:22	0:01:35	0:01:29	0	0,00%	387	100%
8	0:01:35	0:01:48	0:01:42	0	0,00%	387	100%
9	0:01:48	0:02:01	0:01:55	0	0,00%	387	100%
10	0:02:01	0:02:14	0:02:08	0	0,00%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias podremos indicar que el 86% de datos se encuentran en el primer intervalo, el 13% están en el segundo y el resto en las demás clases arena 1.

Histograma de Frecuencias Arena 1

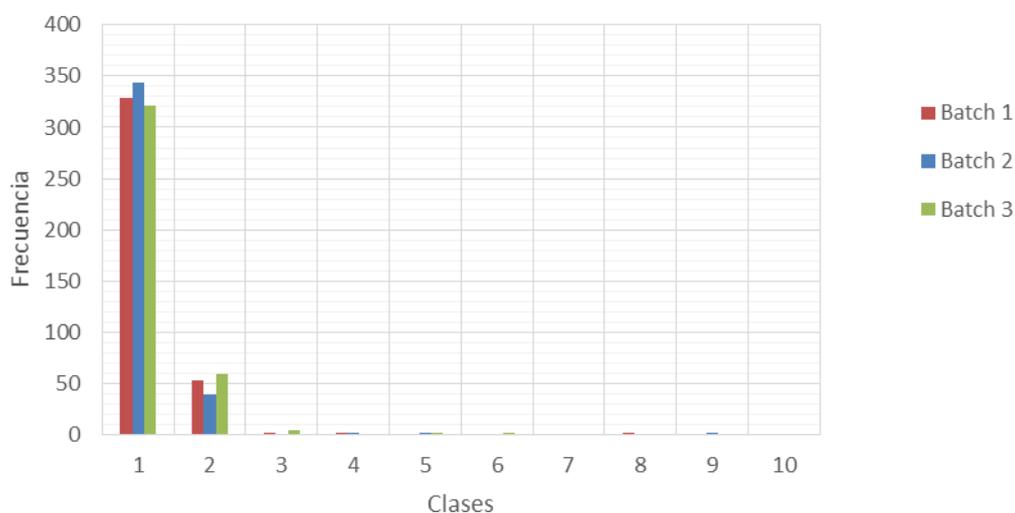


Figura 16. Histograma de Frecuencias Arena 1

3.4.4 Arena 2

Para el material arena 2 se tiene:

- Batch 1.- se observa que 25 eventos es decir un 6,46% suceden en un tiempo de 0 a 15 segundos; que 335 eventos es decir 86,56 % suceden en un tiempo de 15 a 34 segundos; y 8 eventos es decir 2,07% suceden en un tiempo de 52 a 70 segundos y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 28

Arena 2 Batch 1

Arena 2 Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:15	0:00:06	25	6,46%	25	6%
2	0:00:15	0:00:34	0:00:25	335	86,56%	360	93%
3	0:00:34	0:00:52	0:00:43	5	1,29%	365	94%
4	0:00:52	0:01:10	0:01:01	8	2,07%	373	96%
5	0:01:10	0:01:28	0:01:19	5	1,29%	378	98%
6	0:01:28	0:01:46	0:01:37	2	0,52%	380	98%
7	0:01:46	0:02:04	0:01:55	0	0,00%	380	98%
8	0:02:04	0:02:22	0:02:13	5	1,29%	385	99%
9	0:02:22	0:02:41	0:02:31	1	0,26%	386	100%
10	0:02:41	0:02:59	0:02:50	1	0,26%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 31 eventos es decir un 8,01 % suceden en un tiempo de 0 a 15 segundos; que 329 eventos es decir 85,01 % suceden en un tiempo de 15 a 34 segundos; y 6 eventos es decir 1,55 % suceden en un tiempo de 52 a 70 segundos y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 29
Arena 2 Batch 2

Arena 2 Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:15	0:00:06	31	8,01%	31	8%
2	0:00:15	0:00:34	0:00:25	329	85,01%	360	93%
3	0:00:34	0:00:52	0:00:43	4	1,03%	364	94%
4	0:00:52	0:01:10	0:01:01	6	1,55%	370	96%
5	0:01:10	0:01:28	0:01:19	4	1,03%	374	97%
6	0:01:28	0:01:46	0:01:37	4	1,03%	378	98%
7	0:01:46	0:02:04	0:01:55	3	0,78%	381	98%
8	0:02:04	0:02:22	0:02:13	3	0,78%	384	99%
9	0:02:22	0:02:41	0:02:31	3	0,78%	387	100%
10	0:02:41	0:02:59	0:02:50	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 27 eventos es decir un 6,98 % suceden en un tiempo de 0 a 15 segundos; que 322 eventos es decir 85,01 % suceden en un tiempo de 15 a 34 segundos; y 9 eventos es decir 2,33 % suceden en un tiempo de 70 a 88 segundos y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 30
Arena 2 Batch 3

Arena 2 Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:15	0:00:06	27	6,98%	27	7%
2	0:00:15	0:00:34	0:00:25	322	83,20%	349	90%
3	0:00:34	0:00:52	0:00:43	6	1,55%	355	92%
4	0:00:52	0:01:10	0:01:01	7	1,81%	362	94%
5	0:01:10	0:01:28	0:01:19	9	2,33%	371	96%
6	0:01:28	0:01:46	0:01:37	6	1,55%	377	97%
7	0:01:46	0:02:04	0:01:55	2	0,52%	379	98%
8	0:02:04	0:02:22	0:02:13	3	0,78%	382	99%
9	0:02:22	0:02:41	0:02:31	4	1,03%	386	100%
10	0:02:41	0:02:59	0:02:50	1	0,26%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias podemos indicar que el 85% de eventos se producen en el segundo intervalo entre 15 y 34 segundos, el 7% de eventos se dan en un tiempo menor a 15 segundos y el restante 8% sobre los 34 segundos arena 2



Figura 17. Histograma de Frecuencias Arena 2

3.4.5 Agua 1

Para el material Agua 1 se tiene:

- Batch 1.- se observa que 12 eventos es decir un 3,10% suceden en un tiempo de 1 a 6 segundos; que 76 eventos es decir 19,64 % suceden en un tiempo de 6 a 11 segundos; 121 eventos es decir 31,27% suceden en un tiempo de 11 a 16 segundos; 122 eventos es decir 31,52 % suceden en un tiempo de 16 a 21 segundos; 54 eventos es decir 13,95 % suceden en un tiempo de 21 a 26 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 31
 Agua 1 Batch 1

Agua 1 Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:01	0:00:06	0:00:03	12	3,10%	12	3%
2	0:00:06	0:00:11	0:00:08	76	19,64%	88	23%
3	0:00:11	0:00:16	0:00:13	121	31,27%	209	54%
4	0:00:16	0:00:21	0:00:18	122	31,52%	331	86%
5	0:00:21	0:00:26	0:00:23	54	13,95%	385	99%
6	0:00:26	0:00:31	0:00:29	1	0,26%	386	100%
7	0:00:31	0:00:36	0:00:34	0	0,00%	386	100%
8	0:00:36	0:00:41	0:00:39	0	0,00%	386	100%
9	0:00:41	0:00:46	0:00:44	0	0,00%	386	100%
10	0:00:46	0:00:51	0:00:49	1	0,26%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 12 eventos es decir un 3,10% suceden en un tiempo de 1 a 6 segundos; que 76 eventos es decir 19,64 % suceden en un tiempo de 6 a 11 segundos; 121 eventos es decir 31,27% suceden en un tiempo de 11 a 16 segundos; 122 eventos es decir 31,52 % suceden en un tiempo de 16 a 21 segundos; 54 eventos es decir 13,95 % suceden en un tiempo de 21 a 26 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 32
 Agua 1 Batch 2

Agua 1 Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:06	0:00:03	8	2,07%	8	2%
2	0:00:06	0:00:11	0:00:08	75	19,38%	83	21%
3	0:00:11	0:00:16	0:00:13	116	29,97%	199	51%
4	0:00:16	0:00:21	0:00:18	133	34,37%	332	86%
5	0:00:21	0:00:26	0:00:23	54	13,95%	386	100%
6	0:00:26	0:00:31	0:00:29	1	0,26%	387	100%
7	0:00:31	0:00:36	0:00:34	0	0,00%	387	100%
8	0:00:36	0:00:41	0:00:39	0	0,00%	387	100%
9	0:00:41	0:00:46	0:00:44	0	0,00%	387	100%
10	0:00:46	0:00:51	0:00:49	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 12 eventos es decir un 3,10% suceden en un tiempo de 1 a 6 segundos; que 76 eventos es decir 19,64 % suceden en un tiempo de 6 a 11 segundos; 121 eventos es decir 31,27% suceden en un tiempo de 11 a 16 segundos; 122 eventos es decir 31,52 % suceden en un tiempo de 16 a 21 segundos; 54 eventos es decir 13,95 % suceden en un tiempo de 21 a 26 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 33
Agua 1 Batch 3

Agua 1 Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:00	0:00:06	0:00:03	7	1,81%	7	2%
2	0:00:06	0:00:11	0:00:08	77	19,90%	84	22%
3	0:00:11	0:00:16	0:00:13	115	29,72%	199	51%
4	0:00:16	0:00:21	0:00:18	133	34,37%	332	86%
5	0:00:21	0:00:26	0:00:23	54	13,95%	386	100%
6	0:00:26	0:00:31	0:00:29	0	0,00%	386	100%
7	0:00:31	0:00:36	0:00:34	0	0,00%	386	100%
8	0:00:36	0:00:41	0:00:39	0	0,00%	386	100%
9	0:00:41	0:00:46	0:00:44	0	0,00%	386	100%
10	0:00:46	0:00:51	0:00:49	1	0,26%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias del agua 1, los eventos el 100% suceden entre 0 y 26 segundos en sus proporciones por cada clase. En 64% de eventos suceden entre 16 y 21 segundos.

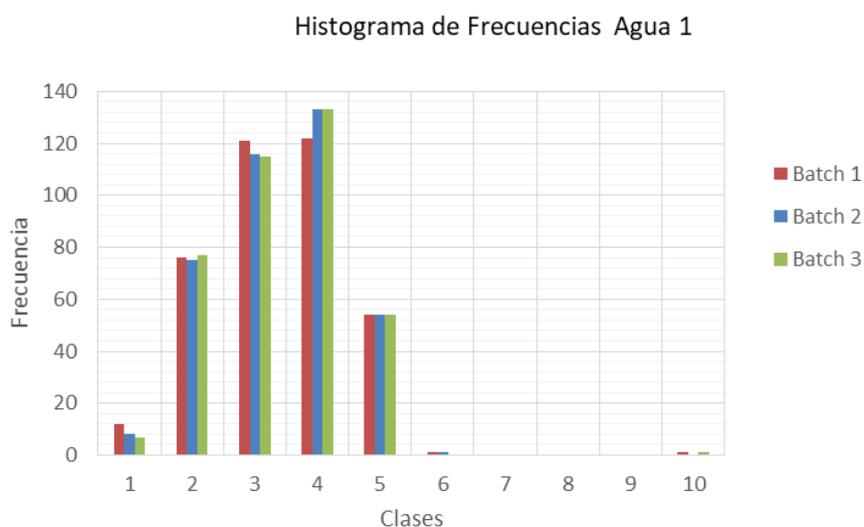


Figura 18. Histograma de Frecuencias Agua 1 Batch 3

3.4.6 Agua 2

Para el agua 2 se tiene la siguiente información:

- Batch 1.- se observa que 24 eventos es decir un 6,20 % suceden en un tiempo de 15 a 25 segundos; que 159 eventos es decir 41,09 % suceden en un tiempo de 25 a 35 segundos; 70 eventos es decir 18,09 % suceden en un tiempo de 35 a 45 segundos; 70 eventos es decir 18,09 % suceden en un tiempo de 55 a 64 segundos; 31 eventos es decir 8,01 % suceden en un tiempo de 45 a 55 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 34
Agua 2 Batch 1

Agua 2 Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:15	0:00:25	0:00:20	24	6,20%	24	6%
2	0:00:25	0:00:35	0:00:30	159	41,09%	183	47%
3	0:00:35	0:00:45	0:00:40	70	18,09%	253	65%
4	0:00:45	0:00:55	0:00:50	31	8,01%	284	73%
5	0:00:55	0:01:04	0:01:00	70	18,09%	354	91%
6	0:01:04	0:01:14	0:01:09	19	4,91%	373	96%
7	0:01:14	0:01:24	0:01:19	8	2,07%	381	98%
8	0:01:24	0:01:34	0:01:29	2	0,52%	383	99%
9	0:01:34	0:01:44	0:01:39	2	0,52%	385	99%
10	0:01:44	0:01:54	0:01:49	2	0,52%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 27 eventos es decir un 6,98 % suceden en un tiempo de 15 a 25 segundos; que 230 eventos es decir 59,43 % suceden en un tiempo de 25 a 35 segundos; 108 eventos es decir 27,91 % suceden en un tiempo de 35 a 45 segundos; 9 eventos es decir 2,33 % suceden en un tiempo de 55 a 64 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

-

Tabla 35
 Agua 2 Batch 2

Agua 2 Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:15	0:00:25	0:00:20	27	6,98%	27	7%
2	0:00:25	0:00:35	0:00:30	230	59,43%	257	66%
3	0:00:35	0:00:45	0:00:40	108	27,91%	365	94%
4	0:00:45	0:00:55	0:00:50	7	1,81%	372	96%
5	0:00:55	0:01:04	0:01:00	9	2,33%	381	98%
6	0:01:04	0:01:14	0:01:09	4	1,03%	385	99%
7	0:01:14	0:01:24	0:01:19	1	0,26%	386	100%
8	0:01:24	0:01:34	0:01:29	1	0,26%	387	100%
9	0:01:34	0:01:44	0:01:39	0	0,00%	387	100%
10	0:01:44	0:01:54	0:01:49	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 30 eventos es decir un 7,75 % suceden en un tiempo de 15 a 25 segundos; que 230 eventos es decir 59,43 % suceden en un tiempo de 25 a 35 segundos; 108 eventos es decir 27,91 % suceden en un tiempo de 35 a 45 segundos; 9 eventos es decir 2,33 % suceden en un tiempo de 55 a 64 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 36
 Agua 2 Batch 3

Agua 2 Batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:15	0:00:25	0:00:20	30	7,75%	30	8%
2	0:00:25	0:00:35	0:00:30	224	57,88%	254	66%
3	0:00:35	0:00:45	0:00:40	105	27,13%	359	93%
4	0:00:45	0:00:55	0:00:50	13	3,36%	372	96%
5	0:00:55	0:01:04	0:01:00	7	1,81%	379	98%
6	0:01:04	0:01:14	0:01:09	5	1,29%	384	99%
7	0:01:14	0:01:24	0:01:19	2	0,52%	386	100%
8	0:01:24	0:01:34	0:01:29	0	0,00%	386	100%
9	0:01:34	0:01:44	0:01:39	1	0,26%	387	100%
10	0:01:44	0:01:54	0:01:49	0	0,00%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias del agua 2 podemos visualizar los eventos están distribuidos en todas las clases es decir tiene mayor variación. El 86% de eventos principalmente se ubican en los intervalos 2 al 5.

Histograma de Frecuencias Agua 2

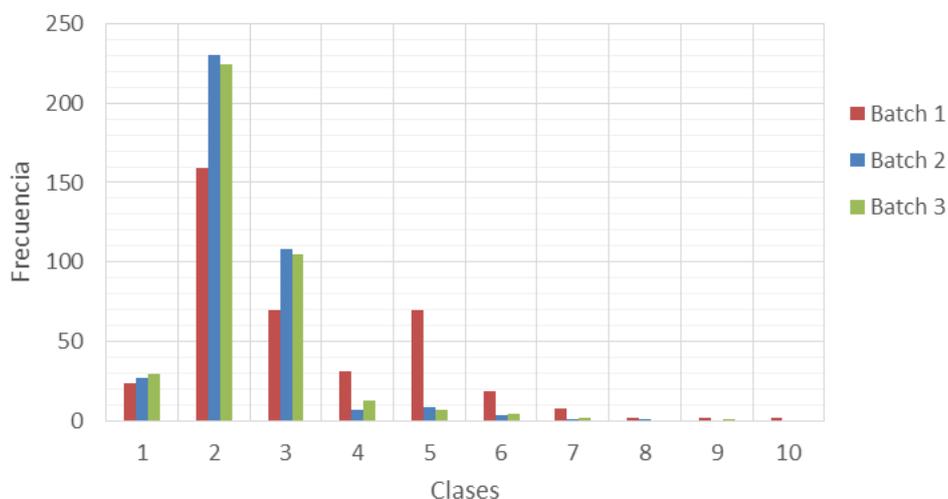


Figura 19. Histograma de Frecuencias Agua 2

3.4.7 Aditivo 1

Para el aditivo 1 se tiene lo siguiente:

- Batch 1.- se observa que 22 eventos es decir un 5,68 % suceden en un tiempo de 6 a 7 segundos; que 114 eventos es decir 29,46 % suceden en un tiempo de 7 a 9 segundos; 245 eventos es decir 63,31 % suceden en un tiempo de 9 a 10 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 37
Aditivo 1 batch 1

Aditivo 1 Batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:06	0:00:07	0:00:06	22	5,68%	22	6%
2	0:00:07	0:00:09	0:00:08	114	29,46%	136	35%
3	0:00:09	0:00:10	0:00:10	245	63,31%	381	98%
4	0:00:10	0:00:12	0:00:11	2	0,52%	383	99%
5	0:00:12	0:00:13	0:00:13	2	0,52%	385	99%
6	0:00:13	0:00:15	0:00:14	0	0,00%	385	99%
7	0:00:15	0:00:17	0:00:16	0	0,00%	385	99%
8	0:00:17	0:00:18	0:00:17	0	0,00%	385	99%
9	0:00:18	0:00:20	0:00:19	0	0,00%	385	99%
10	0:00:20	0:00:21	0:00:21	2	0,52%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 55 eventos es decir un 14,21 % suceden en un tiempo de 6 a 7 segundos; que 187 eventos es decir 48,32 % suceden en un tiempo de 7 a 9 segundos; 139 eventos es decir 35,92 % suceden en un tiempo de 9 a 10 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 38
Aditivo 1 batch 2

Aditivo 1 Batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:06	0:00:07	0:00:06	55	14,21%	55	14%
2	0:00:07	0:00:09	0:00:08	187	48,32%	242	63%
3	0:00:09	0:00:10	0:00:10	139	35,92%	381	98%
4	0:00:10	0:00:12	0:00:11	1	0,26%	382	99%
5	0:00:12	0:00:13	0:00:13	4	1,03%	386	100%
6	0:00:13	0:00:15	0:00:14	1	0,26%	387	100%
7	0:00:15	0:00:17	0:00:16	0	0,00%	387	100%
8	0:00:17	0:00:18	0:00:17	0	0,00%	387	100%
9	0:00:18	0:00:20	0:00:19	0	0,00%	387	100%
10	0:00:20	0:00:21	0:00:21	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 51 eventos es decir un 13,18 % suceden en un tiempo de 6 a 7 segundos; que 18749 eventos es decir 38,50 % suceden en un tiempo de 7 a 9 segundos; 180 eventos es decir 46,51 % suceden en un tiempo de 9 a 10 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 39
Aditivo 1 batch 3

Aditivo 1 batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:06	0:00:07	0:00:06	51	13,18%	51	13%
2	0:00:07	0:00:09	0:00:08	149	38,50%	200	52%
3	0:00:09	0:00:10	0:00:10	180	46,51%	380	98%
4	0:00:10	0:00:12	0:00:11	0	0,00%	380	98%
5	0:00:12	0:00:13	0:00:13	5	1,29%	385	99%
6	0:00:13	0:00:15	0:00:14	2	0,52%	387	100%
7	0:00:15	0:00:17	0:00:16	0	0,00%	387	100%
8	0:00:17	0:00:18	0:00:17	0	0,00%	387	100%
9	0:00:18	0:00:20	0:00:19	0	0,00%	387	100%
10	0:00:20	0:00:21	0:00:21	0	0,00%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias aditivo 1, se presentan el 98% de eventos con un tiempo entre 6 y 10 segundos.

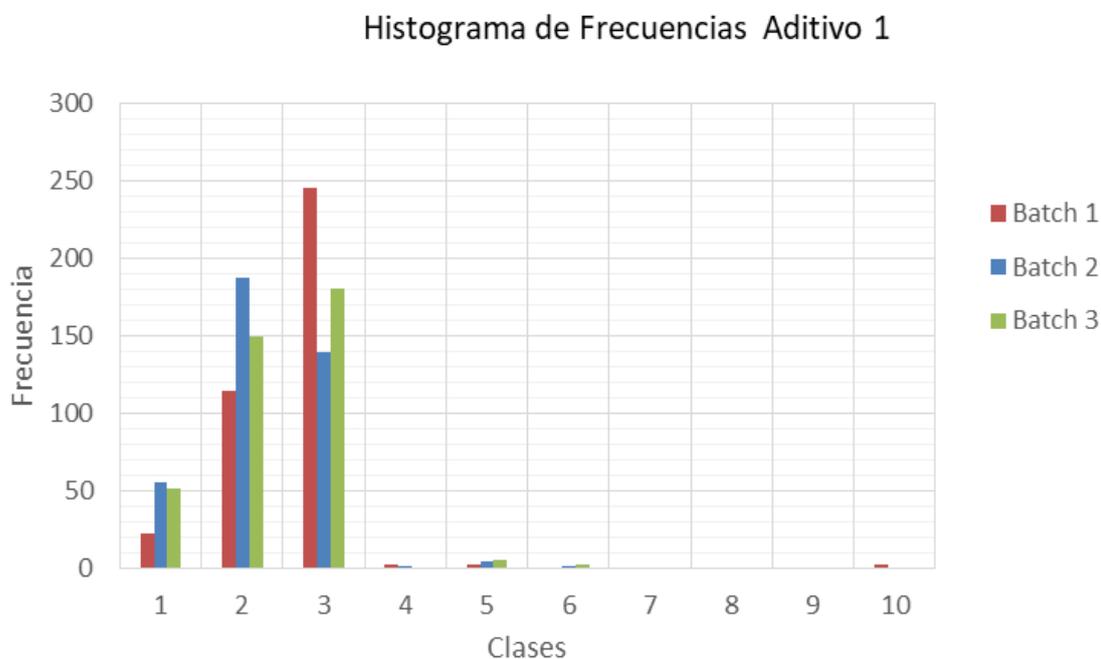


Figura 20. Histograma de Frecuencias Aditivo 1

3.4.8 Aditivo 2

Para el aditivo 2 se tiene lo siguiente:

- Batch 1.- se observa que 17 eventos es decir un 4,39 % suceden en un tiempo de 9 a 11 segundos; que 240 eventos es decir 62,02 % suceden en un tiempo de 11 a 13 segundos; 79 eventos es decir 20,41 % suceden en un tiempo de 13 a 15 segundos; 31 eventos es decir 8,01 % suceden en un tiempo de 15 a 17 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 40
Aditivo 2 batch 1

Aditivo 2 batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:09	0:00:11	0:00:10	17	4,39%	17	4%
2	0:00:11	0:00:13	0:00:12	240	62,02%	257	66%
3	0:00:13	0:00:15	0:00:14	79	20,41%	336	87%
4	0:00:15	0:00:17	0:00:16	31	8,01%	367	95%
5	0:00:17	0:00:19	0:00:18	12	3,10%	379	98%
6	0:00:19	0:00:21	0:00:20	6	1,55%	385	99%
7	0:00:21	0:00:23	0:00:22	2	0,52%	387	100%
8	0:00:23	0:00:25	0:00:24	0	0,00%	387	100%
9	0:00:25	0:00:27	0:00:26	0	0,00%	387	100%
10	0:00:27	0:00:29	0:00:28	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 27 eventos es decir un 6,98 % suceden en un tiempo de 9 a 11 segundos; que 235 eventos es decir 60,72 % suceden en un tiempo de 11 a 13 segundos; 85 eventos es decir 21,96 % suceden en un tiempo de 13 a 15 segundos; 24 eventos es decir 6,20 % suceden en un tiempo de 15 a 17 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 41
Aditivo 2 batch 2

Aditivo 2 batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:09	0:00:11	0:00:10	27	6,98%	27	7%
2	0:00:11	0:00:13	0:00:12	235	60,72%	262	68%
3	0:00:13	0:00:15	0:00:14	85	21,96%	347	90%
4	0:00:15	0:00:17	0:00:16	24	6,20%	371	96%
5	0:00:17	0:00:19	0:00:18	7	1,81%	378	98%
6	0:00:19	0:00:21	0:00:20	7	1,81%	385	99%
7	0:00:21	0:00:23	0:00:22	2	0,52%	387	100%
8	0:00:23	0:00:25	0:00:24	0	0,00%	387	100%
9	0:00:25	0:00:27	0:00:26	0	0,00%	387	100%
10	0:00:27	0:00:29	0:00:28	0	0,00%	387	100%
Total				387			

- Batch 3.- se observa que 24 eventos es decir un 6,20 % suceden en un tiempo de 9 a 11 segundos; que 219 eventos es decir 56,59 % suceden en un tiempo de 11 a 13 segundos; 102 eventos es decir 26,36 % suceden en un tiempo de 13 a 15 segundos; 27 eventos es decir 6,98 % suceden en un tiempo de 15 a 17 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 42 Arena 2 batch 3
Arena 2 batch 3

Aditivo 2 batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:09	0:00:11	0:00:10	24	6,20%	24	6%
2	0:00:11	0:00:13	0:00:12	219	56,59%	243	63%
3	0:00:13	0:00:15	0:00:14	102	26,36%	345	89%
4	0:00:15	0:00:17	0:00:16	27	6,98%	372	96%
5	0:00:17	0:00:19	0:00:18	6	1,55%	378	98%
6	0:00:19	0:00:21	0:00:20	8	2,07%	386	100%
7	0:00:21	0:00:23	0:00:22	0	0,00%	386	100%
8	0:00:23	0:00:25	0:00:24	0	0,00%	386	100%
9	0:00:25	0:00:27	0:00:26	0	0,00%	386	100%
10	0:00:27	0:00:29	0:00:28	1	0,26%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias podremos visualizar en diez clases, como se comportan los datos obtenidos en campo del material aditivo 2 en cada batch.

Histograma de Frecuencias Aditivo 2



Figura 21. Histograma de Frecuencias Aditivo 2

3.4.9 Descarga

Para la descarga podemos observar:

- Batch 1.- se observa que 69 eventos es decir un 17,83 % suceden en un tiempo de 58 a 73 segundos; que 218 eventos es decir 56,33 % suceden en un tiempo de 73 a 87 segundos; 69 eventos es decir 17,83 % suceden en un tiempo de 87 a 102 segundos; 10 eventos es decir 2,58 % suceden en un tiempo de 102 a 116 segundos; 15 eventos es decir 3,88 % suceden en un tiempo de 116 a 131 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 43
Descarga batch 1

Descarga batch 1							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:29	0:00:44	0:00:36	0	0,00%	0	0%
2	0:00:44	0:00:58	0:00:51	0	0,00%	0	0%
3	0:00:58	0:01:13	0:01:05	69	17,83%	69	18%
4	0:01:13	0:01:27	0:01:20	218	56,33%	287	74%
5	0:01:27	0:01:42	0:01:34	69	17,83%	356	92%
6	0:01:42	0:01:56	0:01:49	10	2,58%	366	95%
7	0:01:56	0:02:11	0:02:03	15	3,88%	381	98%
8	0:02:11	0:02:25	0:02:18	4	1,03%	385	99%
9	0:02:25	0:02:40	0:02:32	1	0,26%	386	100%
10	0:02:40	0:02:54	0:02:47	1	0,26%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 21 eventos es decir un 5,43 % suceden en un tiempo de 58 a 73 segundos; que 66 eventos es decir 17,05 % suceden en un tiempo de 73 a 87 segundos; 66 eventos es decir 17,05 % suceden en un tiempo de 87 a 102 segundos; 81 eventos es decir 20,93 % suceden en un tiempo de 102 a 116 segundos; 107 eventos es decir 27,65 % suceden en un tiempo de 116 a 131 segundos; como también 30 eventos es decir el 7,75% se dan en los tiempos de 131 a 145 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 44
Descarga batch 2

Descarga batch 2							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:29	0:00:44	0:00:36	1	0,26%	1	0%
2	0:00:44	0:00:58	0:00:51	0	0,00%	1	0%
3	0:00:58	0:01:13	0:01:05	21	5,43%	22	6%
4	0:01:13	0:01:27	0:01:20	66	17,05%	88	23%
5	0:01:27	0:01:42	0:01:34	66	17,05%	154	40%
6	0:01:42	0:01:56	0:01:49	81	20,93%	235	61%
7	0:01:56	0:02:11	0:02:03	107	27,65%	342	88%
8	0:02:11	0:02:25	0:02:18	30	7,75%	372	96%
9	0:02:25	0:02:40	0:02:32	9	2,33%	381	98%
10	0:02:40	0:02:54	0:02:47	6	1,55%	387	100%
Total				387			

- Batch 2.- se observa que 26 eventos es decir un 6,72 % suceden en un tiempo de 58 a 73 segundos; que 91 eventos es decir 23,51 % suceden en un tiempo de 73 a 87 segundos; 109 eventos es decir 28,17 % suceden en un tiempo de 87 a 102 segundos; 83 eventos es decir 21,45 % suceden en un tiempo de 102 a 116 segundos; 47 eventos es decir 12,14 % suceden en un tiempo de 116 a 131 segundos; como también 24 eventos es decir el 6,20 % se dan en los tiempos de 131 a 145 segundos; y los restantes eventos ocurren en menor porcentaje de un total de 387 tickets tomados.

Tabla 45
Descarga batch 3

Descarga batch 3							
Int.	Mínimo	Máximo	X	f	fr	F	Fr
1	0:00:29	0:00:44	0:00:36	0	0,00%	0	0%
2	0:00:44	0:00:58	0:00:51	0	0,00%	0	0%
3	0:00:58	0:01:13	0:01:05	26	6,72%	26	7%
4	0:01:13	0:01:27	0:01:20	91	23,51%	117	30%
5	0:01:27	0:01:42	0:01:34	109	28,17%	226	58%
6	0:01:42	0:01:56	0:01:49	83	21,45%	309	80%
7	0:01:56	0:02:11	0:02:03	47	12,14%	356	92%
8	0:02:11	0:02:25	0:02:18	24	6,20%	380	98%
9	0:02:25	0:02:40	0:02:32	7	1,81%	387	100%
10	0:02:40	0:02:54	0:02:47	0	0,00%	387	100%
Total				387			

En el histograma de frecuencias de descarga podremos visualizar en diez clases, como se comportan los datos obtenidos en campo por batch.

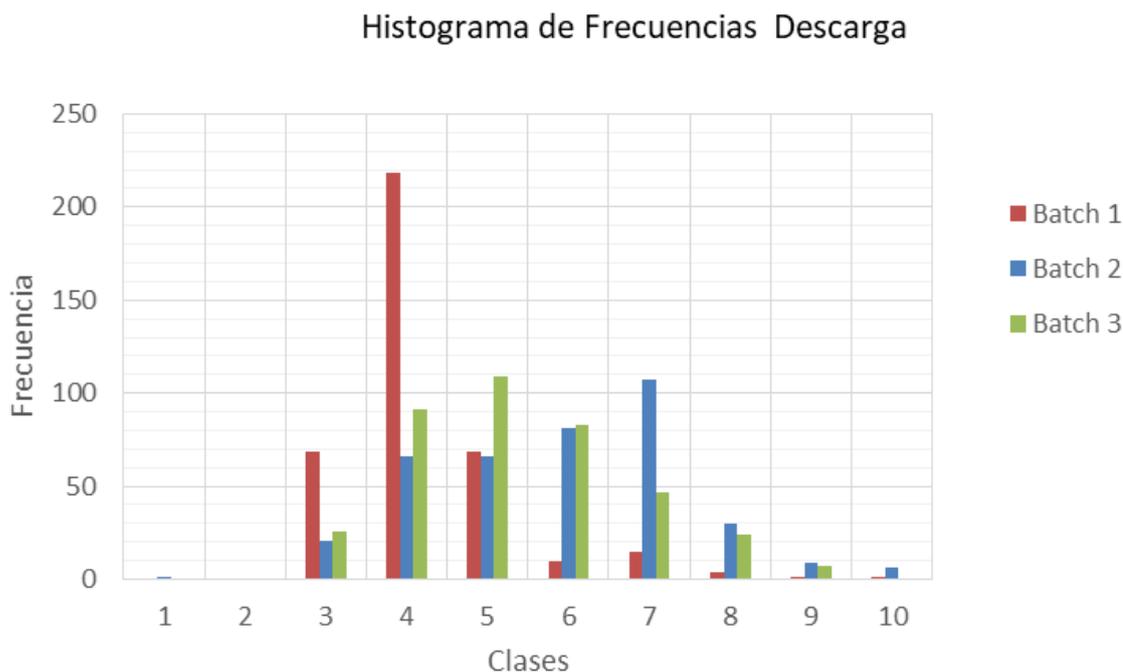


Figura 22. Histograma de Frecuencias Descarga

3.5 Descripción de la Herramienta de simulación FLEXSIM

FLEXSIM es una herramienta potente y fácil de utilizar, este ayuda a modelar, analizar cualquier tipo de industria o sistema de la vida real, tiene como objetivo identificar los problemas, valorar las posibles soluciones en un corto lapso de tiempo antes de llevarlo a la construcción, evaluándolo de acuerdo a las políticas operativas de funcionamiento, como también escenarios catastróficos y extremos. Su objetivo es optimizar, planificar, reducir desperdicio en la producción o incrementar beneficios, con un modelo computacional 3D, y la emisión de informes de rendimiento.

Flexsim está clasificado como un software de simulación discontinua – evento es decir, cambia de estado en diferentes tiempos por consecuencia de eventos específicos, los estados pueden ser: ocioso, ocupado, bloqueado o fuera de servicio, y eventos serían ordenes de clientes, movimientos de productos, las fallas de máquina, etc.

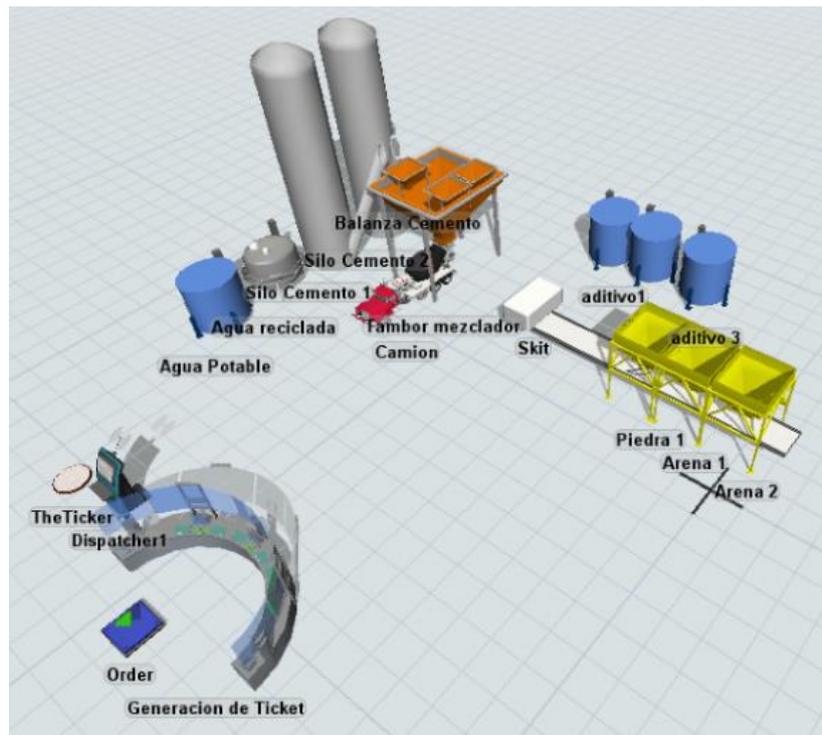


Figura 23. Implantación de equipos de planta hormigonera

Beneficios y Aplicaciones:

- Mejora la utilización de equipos
- Reduce los tamaños de tiempo de espera y cola
- Minimiza los efectos en contra de las fallas
- Minimiza los efectos en contra de artículos defectuosos y desperdicio
- Analizar las ideas de inversión alternativas
- Planes de reducción de coste de estudio

3.6 Simulación de la situación inicial de la línea de producción

Consideraciones generales para la simulación:

1. Los equipos existentes en la simulación tiene la capacidad y dimensiones de la planta real, tenemos restricciones de capacidad.
2. Los materiales cemento, agua 1 y agua 2 se alimentan y pesan en sistemas independientes.

3. Los materiales agregados piedra, arena 1 y arena 2, como también aditivo 1 y aditivo 2 se pesan en sistemas independientes de manera acumulativa. Es decir, piedra + arena 1 + arena 2 y pasan al transporte, y aditivo 1 + aditivo 2 se contabilizan, se almacenan y esperan descarga.
4. Al generar el ticket se dispone que todos los materiales se alimenten y pesen sus dispositivos de almacenamiento en tiempo 0 seg.
5. Ningún material se descarga al mezclador si es que no se ha cumplido el pesaje objetivo de cada uno, es decir la restricción es al material o equipo que se demora más en pesar.
6. La descarga del skip con agregados piedra, arena 1 y arena 2 son los materiales que entran primero al mezclador luego de esto, los demás agua, cemento y aditivos al último. Es decir el orden no se puede alterar.
7. De manera inmediata se vuelve a pesar el siguiente batch, al momento de vaciarse las tolvas y se repite los ítems 3, 4 y 5 considerando adicional que si el mezclador no está vacío tampoco pueden descargar los materiales del nuevo batch.
8. El proceso de carga se analiza en 1 ticket, en 1 hora de despacho y 10 horas de trabajo diario.
9. En la simulación se consideraron los tiempos promedio de los materiales de los 3 batch de los 387 tickets analizados, y sus desviaciones respectivas.
10. El proceso de carga es automatizado: alimentación, pesaje y transporte, no se tiene influencia de personal humano y solo se tiene un operador para verificar la secuencia de carga y cumplimiento de la dosificación objetivo.
11. Equivalencias de la modelación del sistema productivo
 - Un ticket de 7m³ para FlexSim está cargado completamente cuando en el camión existen 3 cajas o batch, y se producirá en un tiempo de 464 segundos.
 - Podemos hacer verificaciones puntuales por cada material con el fin de evaluar la cantidad en kilogramos que debe contener un batch o un mixer.

3.6.1 Para un tiempo de 55 segundos están cargados todos los materiales para el batch #1.

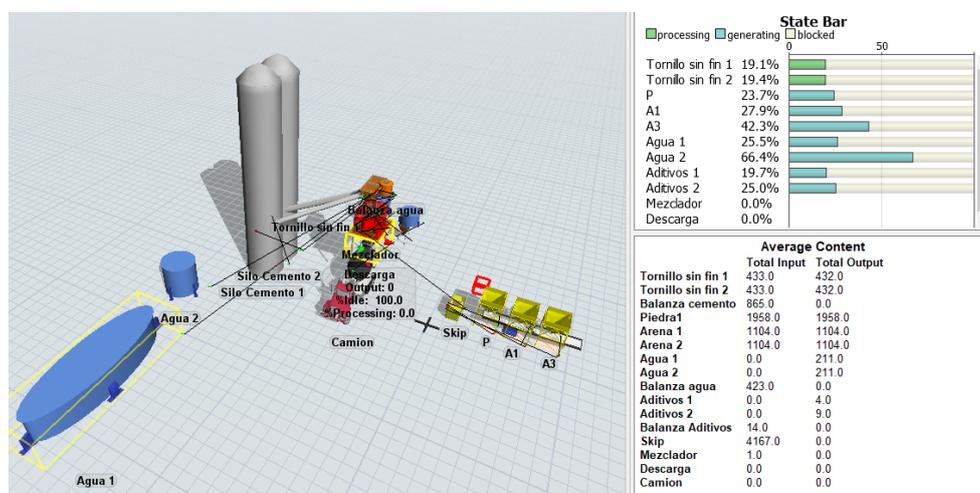


Figura 24. Tiempo de carga de 55 seg en el cual se pesan los materiales para el Batch # 1

Se observa en la figura 23, a los 55 segundos todos los materiales están en balanza para el batch # 1, la cantidad de cemento es 865 kg, son 1958 kg de piedra, 1104 kg de arena 1 y 1104 kg de arena 2, son 211 kg de agua 1 y 211 kg de agua 2, y aditivo es 14 kg. Es decir se evidencia que se cargó toda la dosificación objetivo previsto al inicio del estudio.

3.6.2 Para un tiempo de 184 segundos se tiene el primer batch en el camión

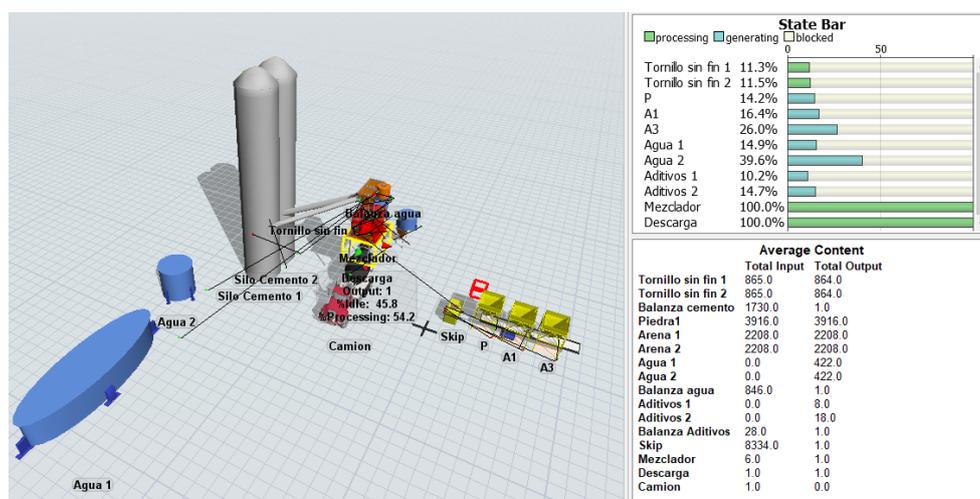


Figura 25. Tiempo de carga 184 seg en el cual se produce el Batch # 1 al camión

Se observa en la figura 24, a los 184 segundos se tiene el primer batch en el camión, y ya pesado el material para el batch # 2, por ello la cantidad de cemento es 1730 kg, son 3916 kg de piedra, 2208 kg de arena 1 y 2208 kg de arena 2, son 422 kg de agua 1 y 422 kg de agua 2, y aditivo es 28 kg. Es decir se evidencia que se cargó toda la dosificación objetivo previsto al inicio del estudio hasta el batch # 2.

3.6.3 Para un tiempo de 308 segundos se tiene el segundo batch en el camión

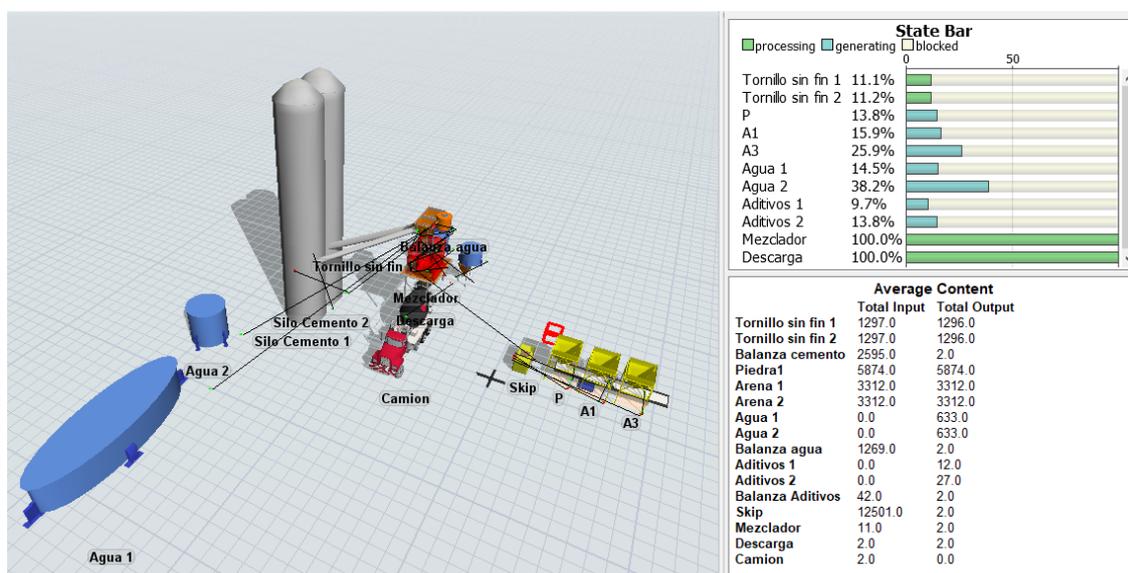


Figura 26. Tiempo de carga 308 seg en el cual se produce el Batch # 2 al camión

Se observa en la figura 25, a los 308 segundos se tiene el segundo batch en el camión, y ya pesado el material para el batch # 3, por ello la cantidad de cemento es 2595 kg, son 5874 kg de piedra, 3312 kg de arena 1 y 3312 kg de arena 2, son 633 kg de agua 1 y 633 kg de agua 2, y aditivo es 42 kg. Es decir se evidencia que se cargó toda la dosificación objetivo prevista al inicio del estudio hasta el batch # 3.

3.6.4 Para un tiempo de 438 segundos se tiene el tercer batch en el camión

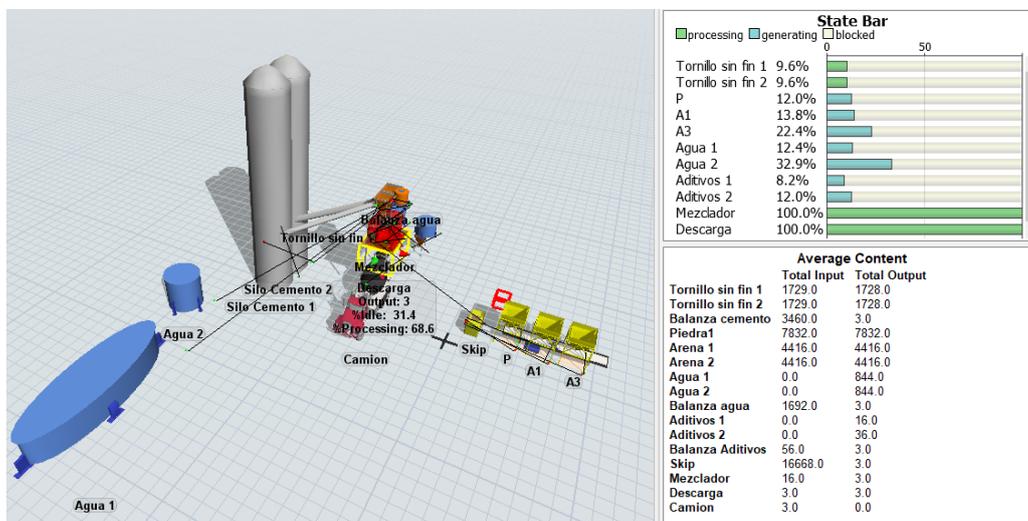


Figura 27. Tiempo de carga 438 seg en el cual se produce el Batch # 3 al camión

Se observa en la figura 26, a los 438 segundos se tiene el tercer batch en el camión, y ya pesado el material para el batch # 1 del siguiente camión, por ello la cantidad de cemento es 3460 kg, son 7832 kg de piedra, 4416 kg de arena 1 y 4416 kg de arena 2, son 844 kg de agua 1 y 844 kg de agua 2, y aditivo es 56 kg.

3.6.5 Para un tiempo de 3600 segundos (1 hora de producción) se tiene la carga de 8,67 mixer es decir se produce 60,67 m3/hora

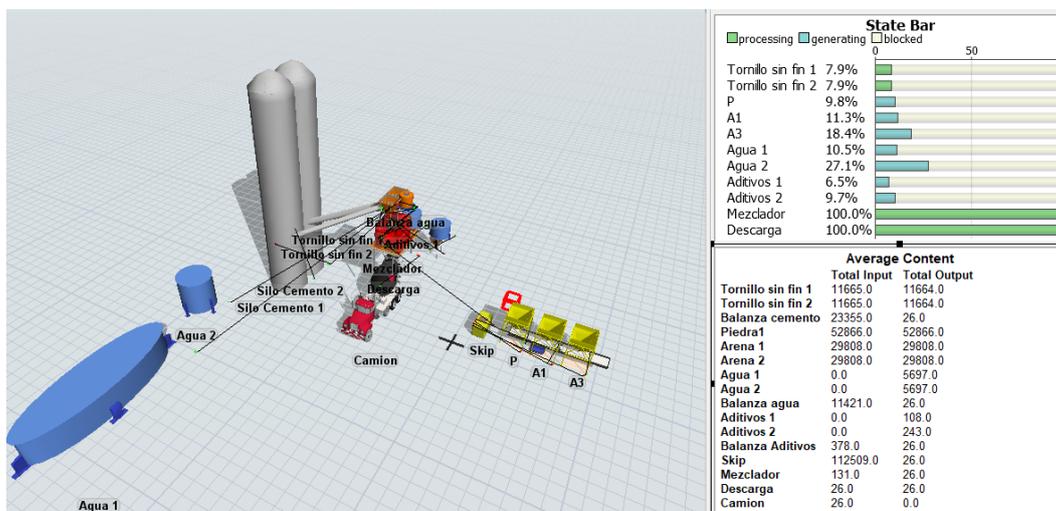


Figura 28. Tiempo de carga 3600 seg en el cual se produce 60,67 m3

Se observa en la figura 27, a los 3600 segundos se tiene el 26 batch en el camión, es decir 8,67 mixer o tickets equivalente a 60,67 m³/hora.

3.6.6 Para un tiempo de 36000 segundos (10 horas de producción) se tiene la carga de 88 mixer es decir se produce 616,00 m³.

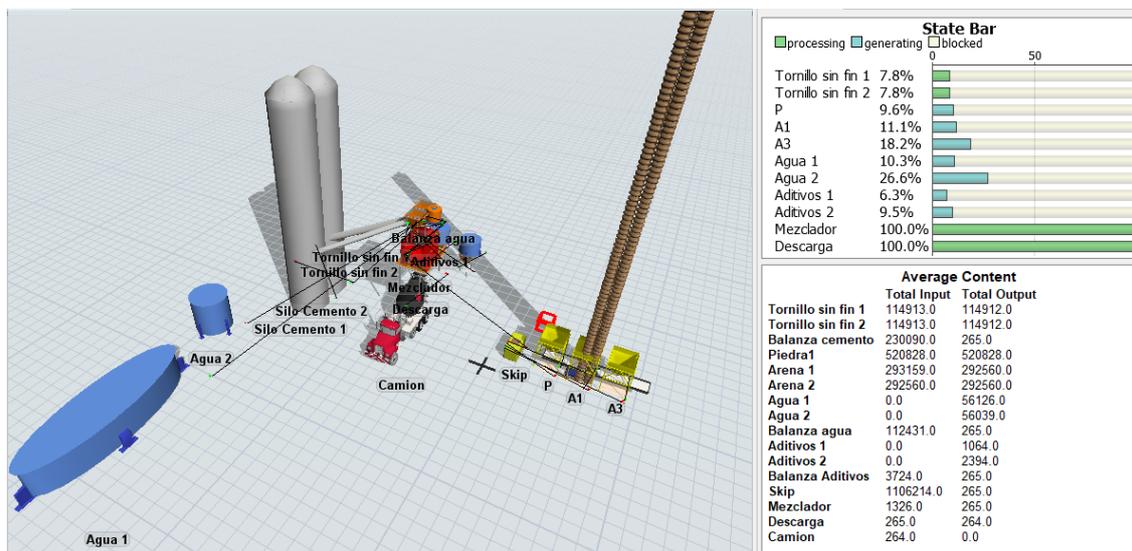


Figura 29. Tiempo de carga 36000 seg (10 horas) en el cual se produce 616,00 m³

Se observa en la figura 28, a los 3600 segundos se tiene el 264 batch en el camión, es decir 88 mixer o tickets equivalente a 616,16 m³ en 10 horas.

3.7 Simulación de la mejora

Para simulación de la mejora se consideró solo aplicar las alternativas que generan mayor reducción de tiempo en la línea de producción, las mismas que son capaces de generar un impacto mayor en productividad e ingresos. Entre ellas están:

- La alternativa No 1.- está sujeta a las condiciones actuales de la planta y a un análisis de tiempos de espera u ocio ocurridos en la producción de la mezcla 1 que no es parte de este estudio, y no generaría mayor impacto en la productividad.

- La alternativa No 2.- su implementación está limitada por la política empresarial y a un análisis técnico mecánico de todos los componentes del pesaje de cemento, y que no es parte de este estudio. Y con ello, tampoco causaría mayor impacto a la productividad de la operación.
- Las alternativas #3 y # 4.- su combinación genera un incremento mayor en la productividad, que al hacerlo de manera independiente. Estas serían más factibles de implementar en la operación.
- La alternativa #5.- mejorar condición del material, limitada por el presupuesto ocasionado por la implementación de la cubierta para poder evaluar su beneficio primero planificando un banco de pruebas en in situ.

3.7.1 Para un tiempo de 42 segundos están cargados todos los materiales para el batch #1.

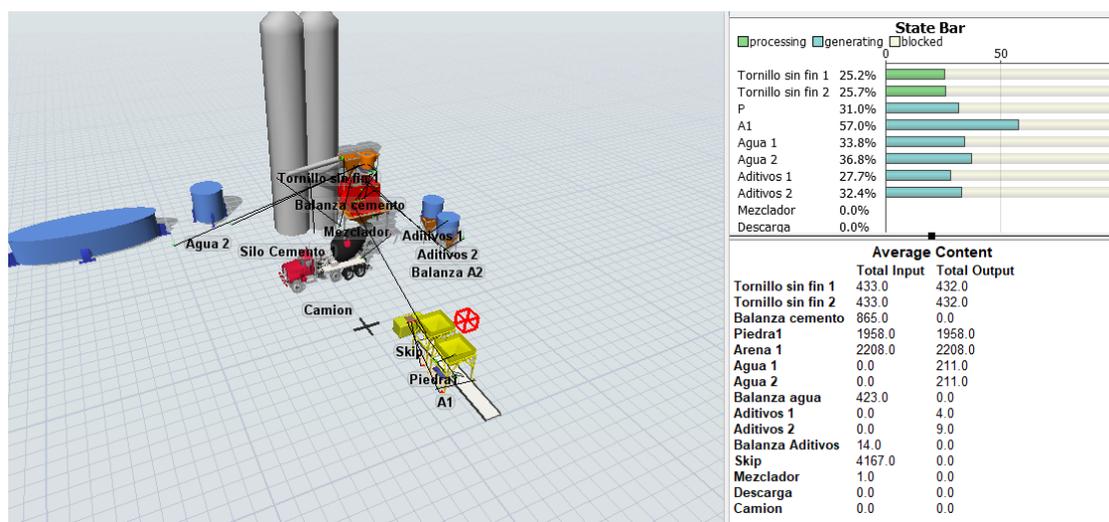


Figura 30. Tiempo de carga de 42 seg en el cual se pesan los materiales para el Batch # 1

Se observa en la figura 29, a los 42 segundos todos los materiales están en balanza para el batch # 1, la cantidad de cemento es 865 kg, son 1958 kg de piedra, 2208 kg de arena 1, son 211 kg de agua 1 y 211 kg de agua 2, y aditivo es 14 kg. Es decir se evidencia que se cargó toda la dosificación objetivo previsto al inicio del estudio, y reduciendo 21 segundos en este hito de comparación.

3.7.2 Para un tiempo de 173 segundos se tiene el primer batch en el camión

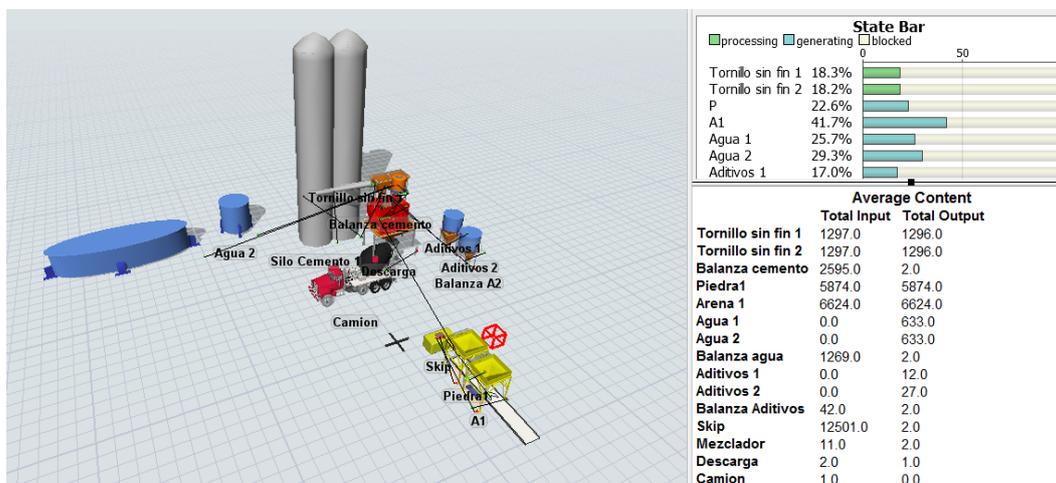


Figura 31. Tiempo de carga 173 seg en el cual se produce el Batch # 1 al camión

Se observa en la figura 30, a los 173 segundos se tiene el primer batch en el camión, y ya se encuentra pesando hasta el material para el batch # 3, por ello la cantidad de cemento es 2595 kg, son 5874 kg de piedra, 6624 kg de arena 1, son 633 kg de agua 1 y 633 kg de agua 2, y aditivo es 42 kg. Es decir se evidencia que se cargó toda la dosificación objetivo prevista total del camión.

3.7.3 Para un tiempo de 283 segundos se tiene el primer batch en el camión

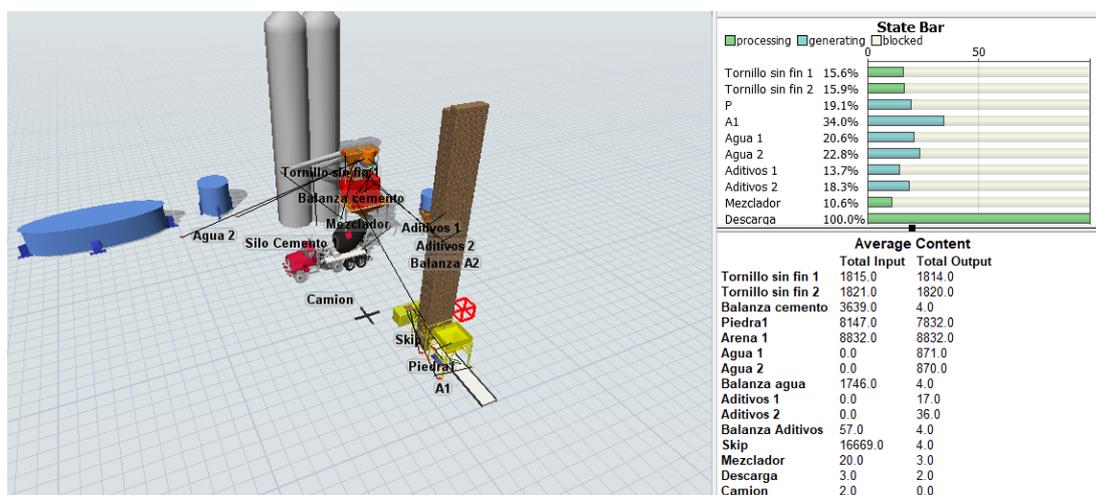


Figura 32. Tiempo de carga 283 seg en el cual se produce el Batch # 2 al camión

Se observa en la figura 31, a los 283 segundos se tiene el segundo batch en el camión, y ya pesado el material para el batch # 4, en comparación con la situación inicial que en los 307 segundos ya teníamos recién el 2do batch en el camión.

3.7.4 Para un tiempo de 390 segundos se tiene el tercer batch en el camión

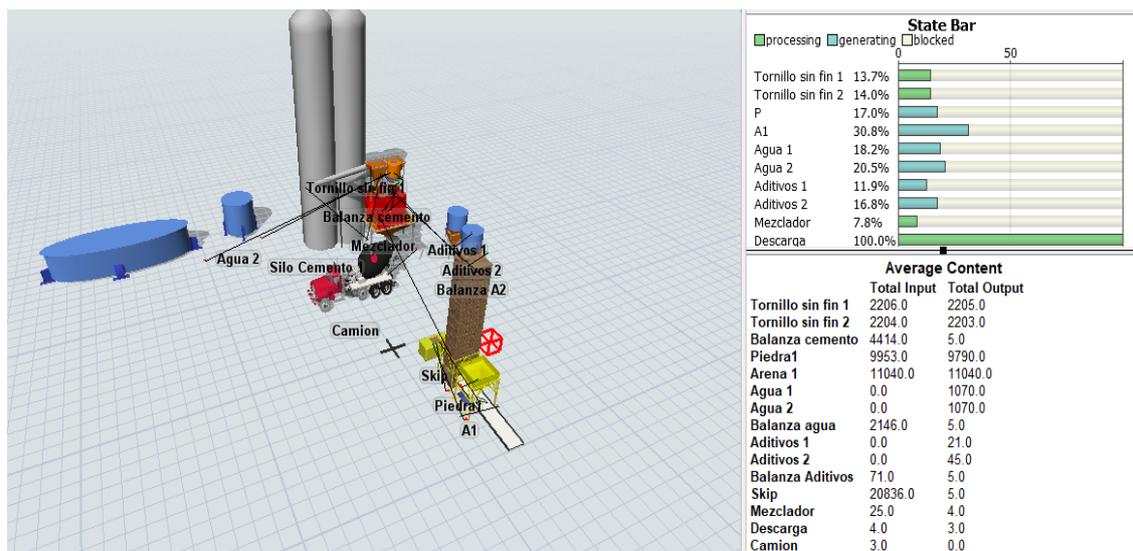


Figura 33. Tiempo de carga 390 seg en el cual se produce el Batch # 3 al camión

Se observa en la figura 32, a los 390 segundos se tiene el tercer batch en el camión, y ya pesado el material para el batch # 2 del siguiente camión, por ello la cantidad de cemento es 4409 kg, son 9935 kg de piedra, 11040 kg de arena 1, son 1071 kg de agua 1 y 1068 kg de agua 2, y aditivo es 71 kg.

3.7.5 Para un tiempo de 3600 segundos (1 hora de producción) se tiene la carga de 12 mixer es decir se produce 84 m³/hora

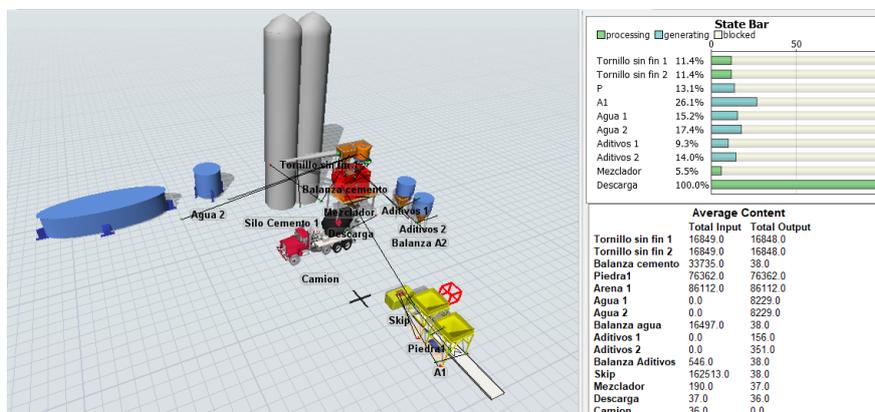


Figura 34. Tiempo de carga 3600 seg en el cual se produce 84 m³

Se observa en la figura 33, a los 3600 segundos se tiene el 36 batch en el camión, es decir 12 mixer o tickets equivalente a 84 m³/hora. Notando un incremento del rendimiento de 23,33 m³/hora y un porcentaje de capacidad instalada utilizada de 17,94 %.

3.7.6 Para un tiempo de 36000 segundos (10 horas de producción) se tiene la carga de 110,67 mixer es decir se produce 774,67 m³.

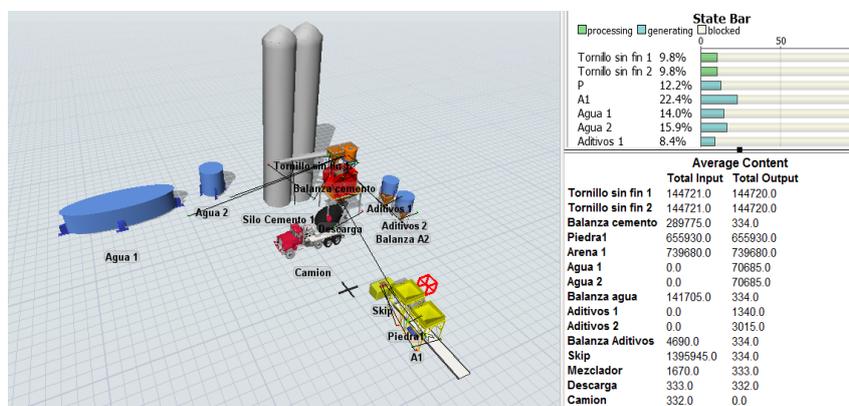


Figura 34 Tiempo de carga 36000 seg (10 horas) en el cual se produce 774,67 m³

Se observa en la figura 34, a los 3600 segundos se tiene el 332 batch en el camión, es decir 110,67 mixer o tickets equivalente a 774,67 m³/hora, comparándolo con la situación inicial se tiene un incremento de rendimiento real de 158,67 m³/hora y porcentaje de capacidad instalada utilizada de 25,75 %.

4. CAPÍTULO IV. RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA

4.1 Propuesta de mejora

En el presente estudio, la propuesta de mejora para obtener el incremento de productividad se basa en la modificación de los tiempos de cada actividad, entre ellas, se nombran las siguientes alternativas viables:

1. Reprogramación de cada actividad de la línea de producción, reduciendo tiempos de espera en un valor estimado de 9 seg/carga.
2. Modificación de equipos de planta de acuerdo al fabricante, aumento del 10% a la velocidad de los motores – reductores de los sinfines de cemento, con ello logramos una disminución de 12 segundos por carga de 7 m³; el aumento de capacidad de equipos si lo permite la política empresarial como espacio y demás equipos aguas arriba y aguas abajo.
3. Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación con una reducción de tiempo de 60 segundos.
4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2 similar a agua 1, disminuirá un tiempo aproximado de 60 segundos en cada carga de 7m³.
5. Mejorar las condiciones del material para evitar demoras en homogenización del producto, control de humedad con implementación de cubierta en stocks, proponiendo una reducción tiempos de carga en agregados en un valor 27 seg/carga.

A continuación detallaremos el incremento de la productividad en cada una de las alternativas planteadas, su impacto en el proceso de producción y el incremento de ingresos por captar este volumen adicional producido.

Tabla 46
Análisis de situación inicial de la línea de producción

Año	Rendimiento real (m3/hora)	Tiempo de carga promedio (seg/mixer)	Capacidad Instalada (m3/hora)	% Capac instalada Utilizada
2016	63.0	400	130	48.46%
2017	59.2	426	130	45.50%

Tabla 47
Análisis de las alternativas

Alternativa	Año	Tiempo promedio inicial (seg/mixer)	Reducción de tiempo (seg)	Tiempo promedio final (seg/mixer)	Rendimiento real (m3/hora)	Capacidad Instalada (m3/hora)	% Capac instalada Utilizada	Δ Rendimiento real (m3/hora)	Δ del % Capac instalada Utilizada	Observaciones
1	2018	426	9	417	60.43	130	46.49%	1.28	0.98%	
2	2018	426	12	414	60.87	130	46.82%	1.71	1.32%	
3	2018	426	60	366	68.85	130	52.96%	9.70	7.46%	Mayor impacto
4	2018	426	60	366	68.85	130	52.96%	9.70	7.46%	Mayor impacto
5	2018	426	27	399	63.16	130	48.58%	4.00	3.08%	Mayor impacto
Combinada 3 + 4	2018	426	120	306	82.35	130	63.35%	23.20	17.84%	Mayor impacto

Como se observa en la Tabla 46 que antecede las alternativas que causan mayor impacto a la operación respecto al situación inicial serían la alternativa No 3 al reducir 60 segundos brinda un incremento de productividad 9,70 m3/hora e incremento de eficiencia de uso del equipo de 7,46%; la alternativa No 4 al reducir también 60 segundos da un incremento de productividad 9,70 m3/hora e incremento de eficiencia de uso del equipo de 7,46%; la alternativa No 5 al reducir también 27 segundos da un incremento de productividad 4,00 m3/hora e incremento de eficiencia de uso del equipo de 3,08%; y la alternativa combinada 3 + 4 (incremento de productividad 23,20 m3/hora e incremento de eficiencia de uso del equipo de 17,84%.

4.2 Análisis financiero de la implementación

De acuerdo a la selección de alternativas realizadas en el numeral 4.1 se analizó la viabilidad de las inversiones por cada una de las propuestas, primero obteniendo los ingresos por el volumen adicional producido, considerando el precio promedio del metro cúbico 100 USD, las horas de jornada promedio

diaria (10 horas) y el número de días del mes producidos (22 días) y un margen EBITDA del 8% determinado por el COMEX como porcentaje mínimo para que una operación sea rentable.

Cálculo de ingresos por alternativa

Tabla 48

Análisis de ingresos determinado por incremento de rendimiento

Alternativa	Año	Δ Rendimiento real (m ³ /hora)	Precio Promedio (USD/m ³)	Jornada diaria	# Día/mes	# mes/año	Ingreso x Ventas (USD)	EBITDA (%)	Utilidad antes de impuestos (USD)
1	2018	1.28	\$ 100	10	22	12	\$ 337,055	8%	\$ 26,964
2	2018	1.71	\$ 100	10	22	12	\$ 452,664	8%	\$ 36,213
3	2018	9.70	\$ 100	10	22	12	\$ 2,560,148	8%	\$ 204,812
4	2018	9.70	\$ 100	10	22	12	\$ 2,560,148	8%	\$ 204,812
5	2018	4.00	\$ 100	10	22	12	\$ 1,056,783	8%	\$ 84,543
Combinada 3 + 4	2018	23.20	\$ 100	10	22	12	\$ 6,124,275	8%	\$ 489,942

Con estos ingresos anuales determinados en la tabla 47 para cada alternativa se elaborará flujos de caja de las mejoras que causen mayor ingresos e impacto a la productividad, así se obtendrá el VAN y el TIR tomando un período de retorno de 5 años, una tasa de inflación anual 2017 de 0,32%, tasa de descuento 7,2 % y tasa de crecimiento sostenible 4 % que espera la empresa percibir por esta inversión, se estimará los costos generados por cada una de las implementaciones de acuerdo a cotizaciones de contratistas calificados que existen en el pull de suministros y personal técnico especializado para programar equipos electrónicos y sistemas. Ver Anexos 5 Listado de rubros generales de la construcción Revista Sigma Colegio Ingenieros Civiles de Pichincha Agosto 2017, y que se rigen a los costos de hora hombre determinados por Contraloría General del Estado del mismo año.

- El costo de implementación de la **Alternativa No 1** se considera un tiempo aproximado de 8 horas de conexión del técnico de soporte del software existente para reprogramar la planta y por medio de pruebas de carga se observe la mejora. El costo por hora de conexión es de 400 USD, teniendo un total de 3200 USD en ese tiempo. Adicional se considera que ese día la operación no podrá producir durante ese

tiempo y la empresa no podrá recibir en ingresos por ETIBDA de 3786 USD por esta actividad.

El tiempo de reducción por ticket producido o mixer cargado es de 9 seg.

- El costo de la implementación de la **Alternativa No 2** se toma en cuenta un análisis técnico mecánico, de la situación actual de los motores, a que rpm trabajan y con ello instalar variadores de frecuencia con el fin de aumentar la capacidad de los mismos, este incremento no debe ser mayor 10% que permite el fabricante lo permite en el catálogo y también debemos darnos cuenta de la importancia de los equipos aguas abajo que entran en monitoreo continuo pues el incremento es posible causar daño a otros elementos, a un costo de aproximado 17539 USD.

El tiempo que se reduciría sería de 12 seg por ticket y esta actividad de pesaje no está considerada en la ruta crítica en la mezcla actual. En esta alternativa no se contempla parada de producción por el estudio mecánico y tampoco por instalación de equipos.

- Para la **alternativa No 3** el costo de la implementación es considerado solo el tiempo de cambio de diseños en el software con un tiempo de 1 hora y costo del técnico 400 USD/hora, para que la carga siga su curso, total 800 USD. Adicionalmente, debemos realizar un plan de acción con el proveedor que abastecería al 100% de la producción de hormigón, con el fin de fortalecerlo, brindarle asesoramiento técnico en explotación y mejorar la productividad en cantera, estrategias de logística para el transporte de material, etc.

Adicional un costo por motivo de desabastecimiento y pérdida de producción de 100 m³ considerando una producción promedio diaria de 450 m³ ya que el proveedor Arena 1 u Arena 2 pasan diariamente un total de 350 Tn/día. Lo que tenemos un déficit de 100 Tn para cubrir la demanda. Lo que ocasiona el consumo de arena intercompany con diferencia de precio de 3,66 USD/Tn.

El tiempo de reducción sería 60 segundos, al eliminar la Arena 2 de la línea de producción.

- El costo de implementación de la **alternativa No 4**, se considera:
 - Costo de desmontaje de sistema existente y de herrajes 2.500,00 USD +IVA (Anexo 2 Cotización desmontaje y colocación de herrajes)
 - Costo de implementación del nuevo sistema: tolvas, dispositivos de pesaje 5.160,00 USD +IVA
 - Costo de tarjeta (1) de enlace sistemas 562,5 USD. Ver anexo 3 Cotización tarjeta de configuración.
 - Costo de configuración 400 USD/hora
 - Costo de la licencia 700 USD/año
 - Otros en 768, 5 USD
 - Costo de no operar este día 3786 USD de margen EDITBA en 8 horas de trabajo.
 - Total 13.877 USD

- El costo **alternativa No 5** se basa en colocar una cubierta metálica sobre el stock de agregados para evitar el cambio de condiciones del materiales por efecto del clima del sector, así el abastecimiento no se ve afectado por retención del material en mallas y tolvas de carga y almacenamiento por compactación. El costo de implementación podría estar aproximadamente entre los 43.623,70 USD en todo el stock más siempre monitoreo continuos al material en stock por sus variaciones.
Anexo 4 Cubierta Metálica stock

Tabla 49

Análisis de gastos por implementación, reducción de tiempo y período de retorno

ALTERNATIVA	Costo de Implementación (lo)	Reducción de Tiempo (seg)	# de períodos (n)
1. Reprogramación de cada actividad de la línea de producción, reduciendo tiempos de espera.	6986	9	5
2. Modificación de equipos de planta de acuerdo al fabricante, aumento del 10% a la velocidad de los motores – reductores de los sinfines de cemento.	17539	12	5
3. Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación.	400	60	5
4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2.	13877	60	5
5. Mejorar las condiciones del material para evitar demoras en homogenización del producto, control de humedad con implementación de cubierta en stocks.	43623,70	27	5

Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 3

Tabla 50

Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 3

Nombre del Proyecto	Alternativa 3. Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación					
Tasa de descuento	7,2%					
Crecimiento sostenible %	4,0%					
Op. Profit obtenido por iniciativa	0	1	2	3	4	5
Cálculo de Operating Profit	2018	2019	2020	2021	2022	Terminal Value
Utilidad EBITDA (USD 000)	-	204.812	205.467	206.125	206.784	
Costos operativos adicionales (USD 000)	400	-	-	-	-	
CAPEX (USD 000)	-	-	-	-	-	
Otros (USD 000) Detallar	-	-	-	-	-	

Pérdida de producción - desabastecimiento	-	-	-	-	-	-
...	96.624	-	-	-	-	-
Cash flow relevant for valuation	(97.024)	204.812	205.467	206.125	206.784	215.056
Terminal Value						6.720.490
Factor de Descuento @ 15.3% (Hurdle rate)	1,0000	0,9328	0,8702	0,8117	0,7572	0,7572
Flujo de caja descontado	-	-	-	-	-	-
	97.024	191.056	178.794	167.319	156.581	
Valor terminal descontado						5.088.875
NPV de Flujos 2018-2022	596.726					10,50%
NPV del Valor Terminal	5.088.875					89,50%
Valor Presente Neto (NPV) (USD 000)	5.685.601					100,00%
TIR (%)	2					%

Alternativa No 4.- se toma en cuenta cotización de contratistas calificados por el área de suministros con un valor de 13.877 USD. Ver anexo 2 Cotización desmontaje y colocación de herraje y otros. Con estas consideraciones se procede a elaborar los flujos de caja para la alternativa:

Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 4

Tabla 51
Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 4

Nombre del Proyecto	Alternativa 4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2, disminuirá un tiempo de 60 segundos en una carga de 7 m3.					
Tasa de descuento	7,2%					
Crecimiento sostenible %	4,0%					
Op. Profit obtenido por iniciativa	0	1	2	3	4	5
Cálculo de Operating Profit	2018	2019	2020	2021	2022	Terminal Value
Utilidad EBITDA (USD 000)	-	204.812	205.467	206.125	206.784	
Costos operativos adicionales (USD 000)	13.877	-	-	-	-	
CAPEX (USD 000)	-	-	-	-	-	

Otros (USD 000) Detallar	-	-	-	-	-	
....	-	-	-	-	-	
Cash flow relevant for valuation	(13.877)	204.812	205.467	206.125	206.784	215.056
Terminal Value						6.720.490
Factor de Descuento @ 15.3% (Hurdle rate)	1,0000	0,9328	0,8702	0,8117	0,7572	0,7572
Flujo de caja descontado	13.877	191.056	178.794	167.319	156.581	
Valor terminal descontado						5.088.875
NPV de Flujos 2018-2022	679.873					11,79%
NPV del Valor Terminal	5.088.875					88,21%
Valor Presente Neto (NPV) (USD 000)	5.768.748					100,00%
TIR						14 %

Alternativa No 5.- se toma en cuenta cotización de contratistas calificados por el área de suministros con un valor de USD 43.623,70. Ver anexo Cotización Cubierta Metálica Stock y con estas consideraciones se procede a elaborar los flujos de caja para la alternativa:

Tabla 52
Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No. 4

Nombre del Proyecto	Alternativa 5. Mejorar las condiciones del material para evitar demoras en homogenización del producto - Colocar cubierta en stock de agregados					
Tasa de descuento	7,2%					
Crecimiento sostenible %	4,0%					
Op. Profit obtenido por iniciativa	0	1	2	3	4	5
Cálculo de Operating Profit	2018	2019	2020	2021	2022	Terminal Value
Utilidad EBITDA (USD 000)	-	204.812	205.467	206.125	206.784	
Costos operativos adicionales (USD 000)	-43.624	-	-	-	-	
CAPEX (USD 000)	-	-	-	-	-	
Otros (USD 000) Detallar	-	-	-	-	-	
....	-	-	-	-	-	
...	-	-	-	-	-	
Cash flow relevant for valuation	(43.624)	204.812	205.467	206.125	206.784	215.056

Terminal Value						6.720.490
Factor de Descuento @ 15.3% (Hurdle rate)	1,0000	0,9328	0,8702	0,8117	0,7572	0,7572
Flujo de caja descontado	-43.624	191.056	178.794	167.319	156.581	
Valor terminal descontado						5.088.875
NPV de Flujos 2018-2022	650.126					11,33%
NPV del Valor Terminal	5.088.875					88,67%
Valor Presente Neto (NPV) (USD 000)	5.739.001					100,00%
TIR		4				%

Alternativa No 3 + 4.- para el flujo de caja se toma en costos de alternativa 3 y 4 más la pérdida por desabastecimiento por motivo de capacidad del proveedor de arena.

Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No 3 + alternativa 4

Tabla 53

Cálculo de Flujo de Caja para la alternativa No 3 + alternativa 4

Nombre del Proyecto	Alternativa No 3 + Alternativa No 4					
Tasa de descuento	7,2%					
Crecimiento sostenible %	4,0%					
Op. Profit obtenido por iniciativa	0	1	2	3	4	5
Cálculo de Operating Profit	2018	2019	2020	2021	2022	Terminal Value
Utilidad EBITDA (USD 000)	-	489.942	491.510	493.083	494.661	
Costos operativos adicionales (USD 000)	-14.277	-	-	-	-	
CAPEX (USD 000)	-	-	-	-	-	
Otros (USD 000) Detallar	-	-	-	-	-	
Pérdida de producción - desabastecimiento	-96.624	-	-	-	-	
...	-	-	-	-	-	
Cash flow relevant for valuation	(110.901)	489.942	491.510	493.083	494.661	514.447
Terminal Value						16.076.467
Factor de Descuento @ 15.3% (Hurdle rate)	1,0000	0,9328	0,8702	0,8117	0,7572	0,7572
Flujo de caja descontado	-110.901	457.035	427.703	400.254	374.566	
Valor terminal descontado						12.173.388

NPV de Flujos 2018-2022	1.548.657	11,29%
NPV del Valor Terminal	12.173.388	88,71%

Valor Presente Neto (NPV) (USD 000) **13.722.045** 100,00%

TIR (%) **4** %

Análisis del VAN y TIR para las alternativas seleccionadas

De acuerdo a los flujos de caja elaborados se obtuvo los siguientes resultados para las propuestas:

Tabla 54
Análisis del VAN y TIR de las alternativas

Alternativa	Año	VAN (USD)	TIR (%)
3	2018	5.088.875	2
4	2018	5.768.748	14
5	2018	5.739.001	4
Combinada 3 + 4	2018	13.722.045	4

Alternativa No. 3.- el valor presente Neto positivo es igual a 5'088.875 USD para el análisis en los 5 años venideros y el mismo que tiene un TIR (tasa interna de retorno) del 2%, es decir la inversión tendrá un crecimiento del 2% por lo tanto es viable pero menor que la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) o tasa de crecimiento sostenible definida por la organización.

Alternativa No. 4.- el valor presente Neto positivo es igual a 5'768.748 USD para el análisis en los 5 años venideros y el mismo que tiene un TIR (tasa interna de retorno) del 14%, es decir la inversión tendrá un crecimiento del 14% por lo tanto es viable y mayor que la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) o tasa de crecimiento sostenible definida por la organización.

Alternativa No. 5.- el valor presente Neto positivo es igual a 5'739.001 USD para el análisis en los 5 años venideros y el mismo que tiene un TIR (tasa

interna de retorno) del 4 %, es decir la inversión tendrá un crecimiento del 4% por lo tanto es viable económicamente pero igual que la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) o tasa de crecimiento sostenible definida por la organización.

Alternativa No. 3 + 4.- el valor presente Neto positivo es igual a 13'722.045 USD para el análisis en los 5 años venideros y el mismo que tiene un TIR (tasa interna de retorno) del 4 %, es decir la inversión tendrá un crecimiento del 4% por lo tanto es viable pero es igual que la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento) o tasa de crecimiento sostenible definida por la organización.

En resumen podremos mencionar que la propuesta se basaría en la alternativa No. 3 + 4 “Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación, y Colocar una balanza y tanque de almacenamiento de agua 2, que disminuirán un tiempo de 120 segundos en una carga de 7 m³”, la misma que tiene una mayor VAN que es igual a 13'722.045 USD y un TIR del 4 %, que es viable y daría holgura financiera. Esta opción estaría implementándose en el primer trimestre del año 2018, y se podrá ver sus resultados en el segundo trimestre del mismo año.

4.3 Plan de acción para la implementación

Se ha descrito en el ítem 4.1 en las propuestas de mejora la alternativa que mayor impacto en la productividad de la operación es la combinada 3 + 4,

“Alternativa # 3. Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos Arena 1 o Arena 2 en la dosificación, se estima una disminución de 60 segundos por carga de 7 m³ al solo trabajar con un solo proveedor de arena, el mismo que debe fortalecerse para cumplimiento de las entregas diarias y con ello cubrir la demanda; y alternativa # 4. Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2, disminuirá un tiempo de 60 segundos en una carga de 7 m³”.

La combinación de la alternativa # 3 + # 4 reduce 120 segundos en cada carga y existe viabilidad técnica y financiera es factible aplicar en la operación y con ello se debe promover un plan de acción paralelos, en ambos casos:

1.- Eliminación y/o disminución de participación de materiales agregados finos
Arena # 1 o Arena #2

- Reuniones de acercamientos con el proveedor y formular acuerdos firmados
- Problemática de producción en cantera y/o transporte
- Fortalecerlo como productor de agregado fino, con asesoramiento con personal propio para optimizar sus recursos e impartir nuevas prácticas y normas de explotación.
- Incremento de las entregas y cumplimiento de las mismas, y con ello satisfacer la demanda diaria.
- Revisión y/o ampliación de contrato a corto, mediano y largo,
- Negociación de nuevos precios o propuestas de pago
- Seguimiento de entregas
- Nuevas reuniones conjuntas para verificar el cumplimiento y avances de las mejoras.
- Caso contrario buscar un nuevo proveedor para su cambio, pero esto también tendría un costo de recambio

2.- Colocar balanza y tanque de almacenamiento de agua 2 similar al sistema de agua 1, disminuirá un tiempo de 60 segundos en una carga de 7 m³

- Coordinar el trabajo con personal de operaciones para verificar conectividad, LPCs y software.
- Reunión con contratista para evaluar el espacio y alternativa propuesta de cambio de sistema de contador a pesaje.
- Revisión de cotizaciones del trabajo a realizar y su planificación de actividades, tiempos de ejecución y puesta en marcha.
- Concretar ofertas con contratistas calificados para cada actividad y llevar a cabo el cambio con previa coordinación de programación para no afectar el despacho normal a los clientes.
- Implementar un sistema de lavado por tipo de líquido a utilizar en la producción.

Se elaboró un Plan Do Check Act para la implementación de la mejora en el sistema productivo:



Figura 35. Plan Do Check Act

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De la situación inicial:

El presente estudio determinó por medio del uso de la teoría de restricciones y la simulación de la situación inicial del proceso de producción para la mezcla 1, que la operación tiene restricciones de capacidad como son mezclador central 3 m³ y el skip elemento transportador de 6300 kg de carga, restricciones físicas como el espacio y estructura existente, restricciones de materiales, restricción política empresarial para modificar los equipos existentes y restricción de logística el orden de participación del material en la línea de producción no debe ser alterada pues constituiría pérdida de eficiencia de alguno de los materiales.

Los tiempos promedios obtenidos para el transporte y pesaje de cada material que participa en la producción de la mezcla 1 en los 3 batch son: cemento es 42 seg, piedra es 12 seg, arena 1 es 15 seg, arena 2 es 23 seg, agua 1 es 14 seg, agua 2 es 36 seg, aditivo 1 es 9 seg, aditivo 2 es 12 seg y descarga 96 segundos.

El tiempo promedio de un ticket de 7 m³ en la modelación es de 438 segundos para producir la mezcla 1, una producción de 60,67 m³ por hora es decir 8,67 mixer cargados, correspondiente a un porcentaje de 46,6%.

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico la operación de hormigón premezclado tiene oportunidades de optimizar tiempo en las actividades que se demoran más, como son el pesaje de cemento, pesaje de agregados finos y gruesos, agua 2 y en la descarga, los mismos que causarían mayor impacto en el rendimiento del equipo e incrementarían el porcentaje de la capacidad instalada utilizada como se muestran en la tabla 46 Análisis de las alternativas.

Del análisis de alternativas, la propuesta de mejora 1 está sujeta a las condiciones actuales de la planta y a un análisis de tiempos de espera u ocio ocurridos en la producción de la mezcla 1 que sería parte de otro estudio adicional, y no generaría mayor impacto en la productividad.

De acuerdo al análisis de alternativas, la propuesta de mejora 2 su implementación está limitada por la política empresarial y a un análisis técnico mecánico de todos los componentes del pesaje de cemento. Y con ello, tampoco causaría mayor impacto a la productividad de la operación.

De la propuesta de mejora podemos concluir lo siguiente:

Conforme a la modelación la alternativa combinada 3 + 4 es la que causa mayor impacto al sistema, incrementando el rendimiento del equipo en 23,20 m³/h correspondiente a un 17,84% de la capacidad instalada utilizada, la misma que genera mayor ingreso a la operación 489.942 USD. Ver tabla 47 Análisis de ingresos determinado por incremento de rendimiento.

Del análisis financiero de las alternativas para los 5 años venideros tenemos que la alternativa combinada 3+4 tiene un VAN de 13.722.045 USD y un TIR de 4%. Ver tabla 49 Análisis del VAN y TIR que evidencia que podemos ejecutarla y que tendremos retorno de la inversión

Para la alternativa No 3 + 4, es muy importante conjuntamente con la implementación de la modificación del sistema se aplique un plan de acción para fortalecer al proveedor de arena 1 y su cadena de abastecimiento, para ello se debe realizar un programa de reuniones, asesoramiento, y mejoras a implementar en la cantera del productor de arena, manejo de indicadores y logística de entregas.

Esta investigación tiene replicabilidad en todas las mezclas de hormigón que se producen en esta operación, es decir reduciríamos tiempo de producción en la mayoría de los tickets que se carguen en la planta. Y posiblemente en otras operaciones de hormigón filiales a la empresa.

5.2. Recomendación

Con este estudio la organización tiene un punto de partida en la planta de hormigón premezclado que tiene característica especial por sus componentes, distribución y programación, se recomienda la aplicación de esta teoría de restricciones en otros procesos y operaciones, realizando una investigación similar a la presente.

Las alternativas de solución planteadas implica cambios en programación y modificaciones de los equipos dentro de sus rangos de operación con el fin de precautarlos, adicional involucra otros procesos como son mantenimiento y decisión gerencial de mejorar la productividad como un objetivo de operación.

Para la alternativa 3 + 4 y demás alternativas se deben realizar estudios previos para evitar daños a los equipos existentes y sus elementos complementarios al esforzarlos al máximo, la coordinación de las implementaciones lo debe realizar con los procesos de producción y de apoyo mantenimiento, para evitar incumplir con la demanda.

Es útil y necesario, actualizar y realizar un inventario detallado de los equipos y elementos que constituyen la línea de producción con todas sus características, pues es parte de los puntos de partida para el análisis y propuestas de mejora las productividades.

Los programas computacionales son una herramienta importante que nos ayuda a conocer los fenómenos antes de implementarlos por lo que también debemos tener criterio de la información que introducimos pues somos sujetos de fallas.

REFERENCIAS

- Abisamba L. y Mantilla C., A. J. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones TOC a los procesos de producción de la planta de fundición IMUSA. Medellín. Recuperado el 15 de mayo 2017 de <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/635/1/RSO00019.pdf>
- Almeida Pazmiño, C. A. (2015). Aplicación de la teoría de las restricciones a una empresa de Caucho. Quito. Recuperado el 6 de junio 2017 de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3776>
- Arboleda G. E. (2011). Análisis Económico de los factores que determinan el comportamiento de la construcción de vivienda en el Ecuador y su impacto en el desarrollo del Sector proyectado al año 2012. Quito. Recuperado el 04 de abril 2017 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4017>
- Bentley, J. P. (1993). Sistemas de Medicion; principios y aplicaciones. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- SlideShare (s.f.) Teoría de restricciones. Recuperado el 15 de enero del 2018 <https://es.slideshare.net/Sebastian-135532/teora-de-restricciones-69649128>
- Calahorrano Morales, C. E. (2014). Mejoramiento de la gestión administrativa y financiera y medición del impacto financiero consecuente en la empresa productora de hormigón "JCValenzuela" Cía. Ltda. Ubicada en la Ciudad de Quito. Quito. Recuperado el 17 de junio 2017 de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7783/2.22.000420.pdf;sequence=4>
- American Concrete International (s.f.). Online Learning. Recuperado el 17 de diciembre 2017 de www.concrete.org
- Estrada, J. A. (Junio 2006). Sistema Kanban, Como Una Ventaja Competitiva En La Micro, Pequeña Y Mediana Empresa. Hidalgo. Recuperado el 10 de septiembre 2017. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/177>

- Everret E., A. &. (s.f.). Administración de la Producción y las Operaciones- Conceptos, Modelos y Funcionamiento. This One Carta Edision. Recuperado el 15 de enero 2018 de <http://www.worldcat.org/title/administracion-de-la-produccion-y-las-operaciones-conceptos-modelos-y-funcionamiento/oclc/991812665?referer=di&ht=edition>
- Focalizada, E. (2004). Introducción a la Teoría de restricciones TOC” Una mirada a sus fundamentos y aplicaciones. Recuperado el 10 de octubre del 2017 de www.estrategiafocalizada.com
- Urdaneta G. (2008.). Optimización De La Producción De Concreto En Planta Para La Construcción Del Monolito 18, Proyecto Hidroeléctrico Tocoma” . Universidad Nacional Experimental Politécnica. Guayana. Recuperado el 10 de julio del 2017 de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/optimizacion-produccion-concreto-planta-molinito-18-tocoma/optimizacion-produccion-concreto-planta-molinito-18-tocoma.pdf>
- Galindo, E. (2006). Estadística Métodos y Aplicación. Quito, Ecuador: Prociencia Editores.
- Gestiopolis. (s.f.). Kaisen o mejoramiento continuo. Recuperado el 15 de diciembre del 2017 de <https://www.gestiopolis.com/kaizen-o-mejoramiento-continuo/>
- Gestiopolis. (s.f.). Kanban Recuperado de 10 diciembre 2017 de <https://www.gestiopolis.com/kanban-control-de-la-produccion-y-mejora-de-procesos/>
- Gidea. (s.f.). Just in time. Recuperado el 15 de diciembre del 2017 de http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf
- Goldartt. (2009). La Decisión: como elegir la mejor opción. Buenos Aires – Argentina: Ediciones Granica S.A. (1ra edición).
- Guallichico, D. (2006). Comparacion Economica Entre Metodologias De Vivienda Unifamiliar De Tipo Tradicional De Hormigon Armado (Columnas, Vigas Y Losas Aliviandas) Vs Paredes Portantes De Hormigon (Paredes De Hormigon Armado Y Losas Macizas).

- Recuperado el 08 de noviembre del 2017 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1633/1/CD-2301.pdf>
- Herrera P., A. R. (2006). *Sistemas de Inventarios*. Lima - Peru.
- Krajewski, R. Y. (2008). *Administración de Operaciones, procesos y cadena de valor*. Mexico: Edit Prentice Hall, 8va edición.
- Lopez Salazar, E. V. (2013). *Análisis y propuesta de mejoramiento de la producción en la empresa VITEFAMA*. Cuenca. Recuperado el 20 de septiembre 2017 de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3988/1/UPS-CT002579.pdf>
- Magloff, L. (2016). *Ehow. ¿Qué causa un cuello de botella en la producción?* Recuperado el 16 de noviembre del 2017 de http://www.ehowenespanol.com/causa-cuello-botella-produccion-info_240639/
- Medina V. y Pacheco, W. (2009). *Estudio de la productividad mediante tiempos empleados en el departamento de mantenimiento mecánico conversión de la empresa Productos Familia Sancela S.A. período 2008*. Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1893/1/T-UTC-1783%281%29.pdf>
- Mejía Cañas, C. A. (2013). *Competitividad y estrategia*. Recuperado el 06 de enero del 2018 de <http://www.planning.com.co/publicaciones/archivos-planning>
- Mejía Nieto, J. (s.f.). *Módulo: Indicadores de Eficacia y Eficiencia de los procesos*. Diplomatura en Lean Manufacturing, 7. Recuperado el 12 de diciembre del 2017. <https://es.scribd.com/document/139831408/Indicadores-de-Productividad-y-Calidad>
- Molina Maceda, R. (2010). *La globalización, una oportunidad para la expansión de una empresa: Caso de estudio CEMEX*. Mexico. Recuperado el 1 de noviembre 2017 de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1401/Tesis.pdf?sequence=1>

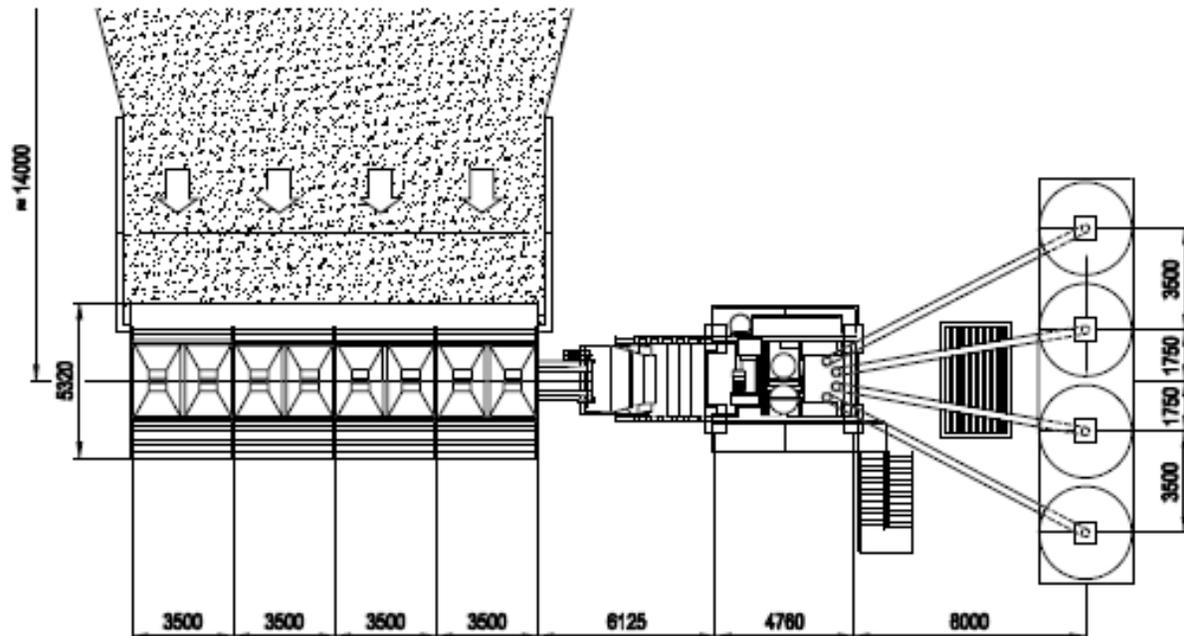
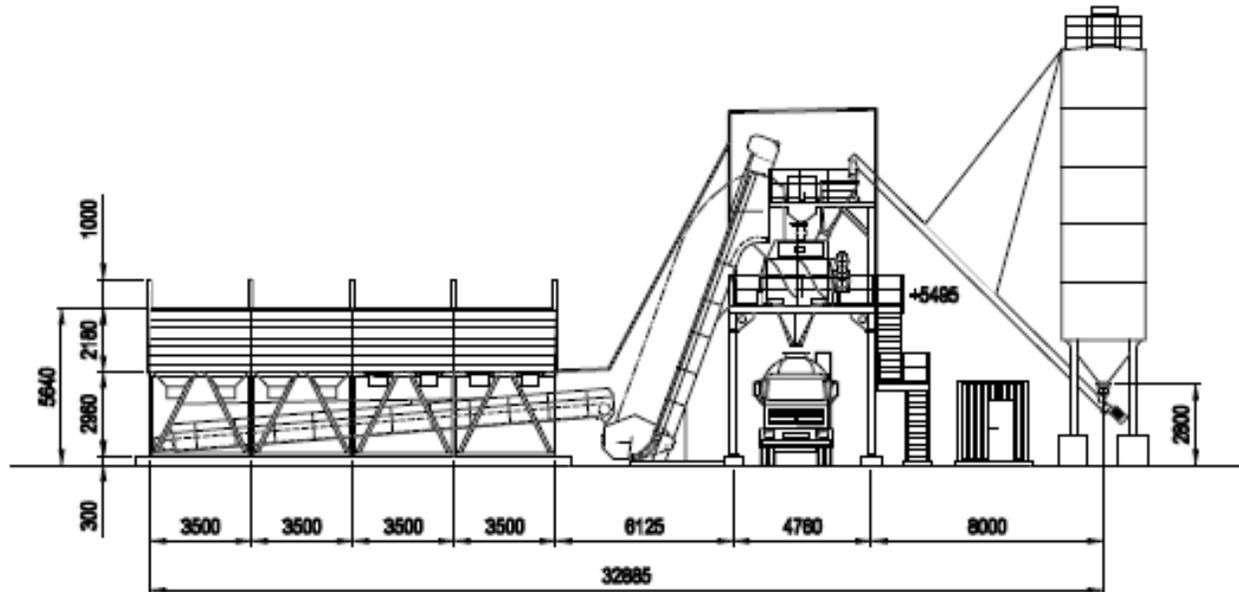
- Normalizacion, S. E. (2016). Direccion Tecnica de Metrologia . Servicio Ecuatoriano de Normalizacion: Recuperado el 23 de octubre del 2017 de <http://www.normalizacion.gob.ec/informacion-metrologia/>
- Terán, P. y Maldonado, N. (2009). Análisis Comparativo Entre Sistema De Pórticos Y Sistema De Paredes Portantes De Hormigón (M2) Para Un Edificio De Vivienda De 6 Pisos. Escuela Politécnica Nacional: de <http://bibdigital.epn.edu.ec>
- Pdcahome. (s.f.). POKA YOKE. Recuperado el 30 de octubre del 2017 de <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>
- Perez Santillan, E. E. (2013). Importación una boma de hormigón y cuatro mixer para la conformación de una hormigonera en el D. M. de Quito. Quito. Recuperado el 20 de mayo del 2017. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3726>
- Pisco Rios, R. J. (2006). Análisis y planteamiento de mejoras de una planta de producción de materiales de aceros laminados aplicando teoría de restricciones TOC. Guayaqui, Ecuador. Recuperado 30 de mayo del 2017. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/13812>
- Redalyc. (s.f.). El uso del diagrama de causa efecto para resolución de casos. Recuperado el 18 de enero del 2018 de <http://www.redalyc.org>
- Restrepo Díaz, J. (2008). Aseguramiento Metrologico Industrial. Recuperado el 18 de enero del 2018 de <http://www.worldcat.org>
- Ruiz E., Y. (2014). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de limpieza de silos para la industria cementera nacional, en la ciudad de Ibarra. Ibarra, Ecuador. Recuperado 01 de octubre 2017 de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2888/1/02%20ICA%20751%20TESIS.pdf>
- Sánchez Sánchez, L. A. (2011). Mejorar la capacidad del filtro de coque en la empresa Holcim Planta Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 14 de octubre del 2017 de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4074/1/4062.SANCHEZ%20SANCHEZ%20LUIS.pdf>

- USON, T. (s.f.). Herramienta SMED. Recuperado el 11 de febrero del 2018 de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>
- Vidal León, G. (2014). Análisis y estructura del valor económico agregado de las empresas cementeras del Ecuador. Quito. Recuperado el 18 de agosto 2017 de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8896/1/T-ESPE-048275.pdf>
- Ministerio del Trabajo (2005). Código del Trabajo. Ecuador. Recuperado el 15 de agosto 2017 de https://www.iess.gob.ec/documents/10162/2903501/l.2+Base_Legal+Codigo+de+Trabajo.pdf?version=1.0
- Ekos Negocios, C. ¿Oligopolio? (2014). Cemento ¿Oligopolio? Recuperado 20 noviembre 2017 de <http://www.ekosnegocios.com>
- Ivan Morales, 5 Consultores. (2013). Serie Técnicas de Resolución de Problemas: “Los 5 Por Qué’s.
- Perez Santillan, Edwin. (2013). Importación una bomba de hormigón y cuatro mixer para la conformación de una hormigonera en el D.M.de Quito. Universidad de las Americas, Quito. Recuperado el 14 de octubre 2017 de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/3726/1/UDLA-EC-TTEI-2013-09%28S%29.pdf>
- Ricardo Pisco. (2006). Análisis y Planteamiento de Mejoras de una Planta de Producción de Materiales de Aceros Laminados Aplicando Teoría de las Restricciones (TOC). Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil. Recuperado el 19 noviembre 2017 de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13812/3/TEISIS%20Ter%C3%ADa%20de%20las%20Restricciones%20%28TOC%29%20-%20Ing.pdf>
- Solis Ruth, (Chavez Oswaldo). (2010). Marco Teórico sobre la teoría de la restricción aplicada a la empresa fundiciones y trabajos Técnicos (Tesis). Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado el 10 diciembre 2017. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1134/1/tad986.pdf>

ANEXOS

CBS 105-140 S/T L ELBA

LINEAR BINS WITH SKIP HOIST



SPECIFICATIONS

TYPE	CBS 105 S/T L ELBA	CBS 110 S/T L ELBA	CBS 120 S/T L ELBA	CBS 130 TL ELBA	CBS 140 TL ELBA
MIXER TYPE ²	CEM 2000 S CEM 2000 T	CEM 2250 S CEM 2250 T	CEM 2500 S CEM 2500 T	CEM 3000 T	CEM 3333 T
MAX. CONCRETE OUTPUT OF THE PLANT, COMPACTED FRESH CONCRETE ¹	107 m ³ /h	114 m ³ /h	121 m ³ /h	130 m ³ /h	138 m ³ /h
MIXER VOLUME	2000 l	2250 l	2500 l	3000 l	3333 l
ACTIVE AGGREGATE STOCK	105 – 312 m ³				
MAX. COMPONENTS	3 – 12	3 – 12	3 – 12	3 – 12	4 – 12
MAX. CEMENT TYPES	6	6	6	6	6
CONNECTION POWER ³ with generator set Simultaneous factor 1	280 KVA	320 KVA	320 KVA	350 KVA	380 KVA
CONNECTION POWER ³ Main connection with 1 cement screw conveyor Simultaneous factor 0.8	115 kW	128 kW	128 kW	139 kW	155 kW

¹ The concrete output depends on several parameters and has to be calculated individually for every case of application. The figures are based on a discharging on dump trucks.

² The exact electrical connection data are to be determined in accordance with the real plant-lay-out including accessories and plant extensions.

³ CEM S – single-shaft compulsory mixer / CEM T – twin-shaft compulsory mixer





TRANSPORTE



Puentes grúa, Teclas eléctricos y mecánicos a cable y cadena.
Sistemas de electrificación.
Tiror - malacates - winches - trolleys
Carretillas y aplicadores hidráulicos
Montacargas eléctricos

POTENCIA



Motorreductores coaxiales y ortogonales,
motovariadores de velocidad.
Variadores electrónicos (inverters)

PESAJE



Balanzas mecánicas,
electrónicas de piso y pedestal
Sistemas industriales de pesaje y dosificación.
Balanzas tipo supermercado.

MAQUINAS



PROMAN
Taladros, fresadores de banda y engranajes.
Tornos paralelos automáticos.
Fresadoras universales y de torreta
Cortadoras de sierra - dobladoras
Accesorios en general.

Quito, 27 de Diciembre 2017.

Señores:

ATT. ING. SANTIAGO CHECA.

Presente:

REF: MITO CORRECTIVO TOLVA AGUA.

Por medio del presente nos permitimos cotizar a ustedes de acuerdo a su amable requerimiento.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Valor Unit.	
1	Mantenimiento Correctivo. Incluye: Estudio y elaboración de dos tolvas de 500 Litros. Adecuación para instalación de celdas de carga Instalación de Kit de herraje para celdas de carga Instalación de celdas de carga. Cambio de caja de unión. Nivelación mecánica de los puntos de anclaje. Calibración con pesas patrón. Pruebas Finales.		U\$.2600+IVA
	Materiales a utilizar		
8	Celdas de carga Marca : Transcell. Modelo : BSS-2K Cap. : 2.00 Lb. Material : Acero Inoxidable. Grado de Protección : IP67		U\$.220+IVA
	Valor X ocho celdas		U\$.1760+IVA
2	Caja de unión. Marca : Transcell. Modelo : Jbox 4c A. Material : Acero Inoxidable. Grado de Protección : IP67		U\$.250+IVA
	Valor X dos celdas		U\$.500+IVA



TRANSPORTE



Puentes grúa, Tectes eléctricos y mecánicos a cable y cadena.
Sistemas de electrificación.
Tirfor - malacales - winches - trolleys
Carretilas y aplicadores hidráulicos
Montacargas eléctricos

POTENCIA



Motorreductores coaxiales y ortogonales,
motovariadores de velocidad.
Variadores electrónicos (inverters)

PESAJE

Transcell Technology inc.
TEDEA HUNTLEIGH **DIBAL**
Balanzas mecánicas,
electrónicas de piso y pedestal
Sistemas industriales de pesaje y dosificación.
Balanzas tipo supermercado.

MAQUINAS

HU-LIFT
PROMAN
Taladros, fresadores de banda y engranajes.
Tornos paralelos automáticos.
Fresadoras universales y de torreta
Cortadoras de sierra - dobladoras
Accesorios en general.

2 Tubería, acoples, caja de paso para cableado de celdas de carga.

Valor Unit.	U\$.150+IVA
Valor X cuatro celdas	U\$.300+IVA

VALOR TOTAL DE LA OFERTA U\$.5160+IVA

Nota:

El cableado y el número de metro de cable a utilizar se definirá según los requerimientos y necesidades.

Por parte del cliente será-
Desmontaje de tolva existente.
Adecuación y reinstalación de tuberías de alimentación y descarga de las tolvas.

CONDICIONES COMERCIALES

Forma de pago.	El Habitual
Tiempo de entrega	1 semana aprox., una vez recibida la orden de compra
Validez de la Oferta	30 días

Atentamente.

ING. JOSE PANELUISA
DPTO. ELECTRÓNICA Y PESAJE

Quick Order Entry

Final Order Information

Create New Order

This is the final step to allow for order cancellation.
Choose the "Submit Order" button to confirm purchase.

Search Items

The totals below represent current information and may change due to freight charges or uncalculated taxes.

View Current Order

Orders For Case

COMMAND ALKON INCORPORATED
1800 INTERNATIONAL PARK
DRIVE
BIRMINGHAM, AL 35243
Tel: (205) 879-3282

Company: Command Alkon
Incorporated
Order Date: 10/24/2017

Orders For Site

Order History

Voided Orders

Clarify Order
Inquiry

<p>Sold To</p> <p>Edificio Portal de Veracruz Quito, Ecuador</p> <p>Cust #: 12302</p>	<p>Santiago Checa California Alta</p> <p>hip 0</p> <p>P.O. #: +593 99 821 6067</p>	<p>Quote</p> <p>Ho: Santiago Checa Mi: California Alta Qu: Edificio Portal de Veracruz Sal: Quito, Co: Ecuador Ga: +5 Ecl: +593 99 821 6067</p>
---	--	---

Need Help?

Item Description	Qty	Price	Return Required Pricing	Comment
24462 WEIGHED ADMIX BATCHER (DAMPENED)	1	\$625.00	No	
QUOTE Quote is good for 30 days.	1	\$0.00	No	

Shipping Note:

Document Note:

Lightning Strike:

SubTotal: \$ 625.00

Discount: \$ 62.50

Shipping: \$ 0.00

Tax: \$ 0.00

TOTAL PRICE: \$ 562.50

Payment Terms: Net 45 U.S. \$

Submit Order

Place OnHold

CustID: 12302
SiteID: CB113903
Case: 1264272

Anexo 4 Cubierta Metálica stock

CUBIERTA MATERIALES PETREOS

ING. SANTIAGO CHECA

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
CUBIERTA AGREGADOS PETREOS				
CUBIERTA GALVALUME-KUBIMIL CURVO PREMIER PREP. 0.4 MM VERDE (INCLUYE ACCESORIOS)	m2	581.20	25.90	15,053.08
CERCHAS METALICAS ACERO A36	Kg	8,716.35	3.25	28,328.12
BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 110MM UNION CODO	m2	25.00	9.70	242.50
TOTAL				43,623.70

SON :CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS VEINTE Y TRES CON 70/100 centavos

LA OFERTA NO INCLUYE IVA

ING. CESAR RODRIGUEZ

Anexo 5 Glosario

Hormigón.- Mezcla de materiales en proporción adecuada de cemento, agregados grueso y fino, agua y otros

Morteros.- Mezcla de materiales en proporción adecuada de cemento, agregados finos, agua y otros

Intracompany.- Materiales fabricados o producidos dentro de la misma empresa

Pull.- Sistema pull.- Inicia cuando la demanda indica cuando producir.

Agregado.- Materiales finos (arena) y gruesos (piedra) con gradación de acuerdo a la norma ASTM, utilizada para la elaboración del hormigón.

ASTM .- American Society for Testing and Material

ACI.- American Concrete Institute

Ishikawa.- Diagrama de espina de pescado – causa raíz

TH.- Throughput es la velocidad a la que un sistema genera dinero

Anexo 6 Abreviaturas

H	Horas
Kg	Kilogramos
M3	Metro cúbico
TC	Tiempo de carga
Seg	Segundos
cm	Centímetros
TOC	Teoría de restricciones
GO	Gastos operativos
PULL	Sistema pull o jala
UM	Unidades métricas
EBITDA	Indicador contable de rentabilidad de una empresa antes de los impuestos
COMEX	Comité Ejecutivo de la organización
VAN	Valor presente neto
TIR	Tasa interna de retorno
LM	Lean Manufacturing

