

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y
FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL



**“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA
PLANTA DE AGREGADOS CORE MATERIAL DE LA EMPRESA
CONCRETOS SUPERMIX S.A. - PROYECTO CVPUE MEDIANTE
LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN”**

Presentado por:

**GUTIÉRREZ BARRIGA,
FREDY WILBER**

AREQUIPA - PERÚ

2014



DEDICATORIA

A Dios por acompañarme siempre

*A mis padres por formarme con su ejemplo
demostrándome esfuerzo y valentía.*

*A las personas valiosas que me apoyaron y lo
seguirán haciendo para definir el valor del
éxito.*

RESUMEN

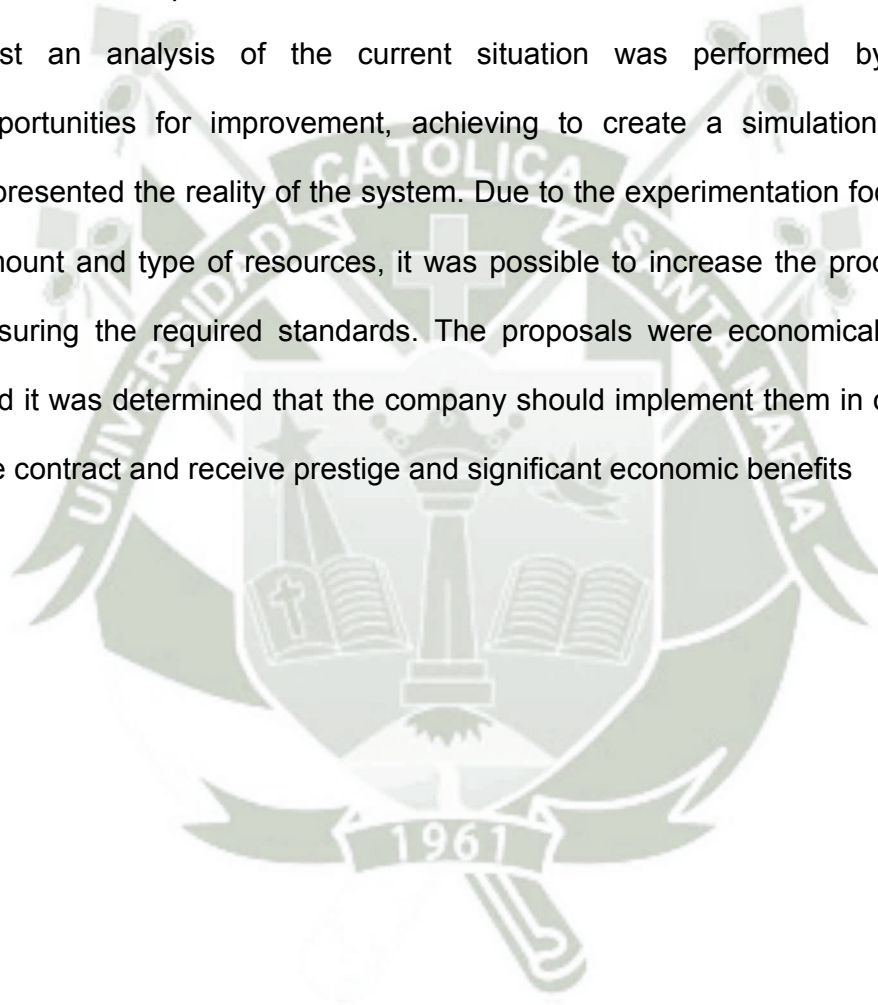
El presente trabajo investiga la planta de agregados Core Material de la empresa Concretos Supermix S.A. en el proyecto Cerro Verde Production Unit Expansion. El objeto principal es optimizar el proceso de producción utilizado, permitiendo cumplir el contrato que sostiene Concretos Supermix S.A. con Sociedad Minera Cerro Verde.

Primero se realizó un análisis de la situación actual identificando oportunidades de mejora, logrando implementar un modelo de simulación que representa la realidad del sistema. En base a la experimentación respecto a la cantidad y tipo de recursos utilizados, se consiguió incrementar los ratios de producción garantizando los niveles requeridos. Se evaluó económicamente las propuestas y se determinó que la empresa debe implementarlas para cumplir el contrato y recibir importantes beneficios económicos y de prestigio.

ABSTRACT

This paper investigates the aggregates plant Core Material of Concretos Supermix S.A. in the Cerro Verde Production Unit Expansion project. The main purpose is to optimize the current production process, fulfilling the contract held by Concrete Supermix SA and Sociedad Minera Cerro Verde.

First an analysis of the current situation was performed by identifying opportunities for improvement, achieving to create a simulation model that represented the reality of the system. Due to the experimentation focused on the amount and type of resources, it was possible to increase the production rates ensuring the required standards. The proposals were economically evaluated and it was determined that the company should implement them in order to fulfill the contract and receive prestige and significant economic benefits



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICAS	12
CAPITULO I:	
PLANTEAMIENTO TEÓRICO	13
1.1 TÍTULO	13
1.2 INTRODUCCIÓN	13
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5.1 Objetivo Principal	16
1.5.2 Objetivos Secundarios	16
1.6 INTERROGANTES BÁSICAS	16
1.7 HIPÓTESIS.....	17
1.8 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	17
1.9 TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
1.10 ALCANCE	18
1.11 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.11.1 Aspecto General	18
1.11.2 Aspecto Económico	19
1.11.3 Aspecto Social	19
1.12 VARIABLES	20
1.12.1 Variables Independientes	20
1.12.2 Variables dependientes	20
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	21
2.1 DEFINICIONES IMPORTANTES	21
2.1.1 Producción	21
2.1.2 Sistemas de Producción	22
2.1.3 Recursos de la empresa	22
2.1.4 Capacidad de Producción.....	23

2.1.5	Productividad	24
2.1.6	Utilización	24
2.2	PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	25
2.2.1	Principios de la planeación	27
2.3	SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN	28
2.3.1	Modelos Analíticos versus Modelos de Simulación.....	30
2.3.2	Software Arena 14.0	32
2.3.3	Elementos de la simulación	33
2.3.4	Fases de un proyecto de Simulación.....	36
2.4	LOS AGREGADOS.....	41
2.4.1	Definición	41
2.4.2	Tipos de agregados	42
2.4.3	Aplicaciones	44
2.4.4	Agregados en el Perú	44
2.5	PRESA DE RELAVES PROYECTO CVPUE	45
CAPITULO III		
DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		50
3.1	LA EMPRESA	50
3.1.1	Datos Generales	50
3.1.2	Reseña Histórica.....	50
3.1.3	Productos de la Empresa.....	51
3.1.4	Ubicación de la empresa	55
3.2	INFORMACIÓN DEL PROYECTO	56
3.2.1	Alcance.....	56
3.2.2	Principales Obligaciones del Contratista	57
3.2.3	Principales Obligaciones del Cliente	57
3.2.4	Ubicación	58
3.2.5	Organización del proyecto K-102	59
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	60
3.3.1	Materia Prima.....	61
3.3.2	Operaciones del proceso productivo	62
3.3.3	Horarios de Trabajo	65

3.3.4	Diagrama de Operaciones del Proceso	67
3.3.5	Diagrama de Actividades del Proceso	68
3.3.6	Flow Sheet	70
3.4	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	71
3.4.1	Zarandas Vibratorias	71
3.4.2	Equipos Línea Amarilla	75
3.5	ANÁLISIS DEL PLAN DE PRODUCCIÓN	81
CAPITULO IV		
DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN		86
4.1	PROPIEDADES DEL MODELO	86
4.2	PLAN DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	88
4.3	FUENTES DE INFORMACIÓN	90
4.4	PERIODO DE ESTUDIO	91
4.5	ANÁLISIS DE DATOS	91
4.6	MODELO DE SIMULACIÓN Y ANIMACIÓN	93
4.7	VALIDACIÓN DE RESULTADOS	99
4.8	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	99
CAPITULO V		
PLAN Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN		103
5.1	PLAN DE PRODUCCIÓN	103
5.1.1	Esquema de Planeamiento	103
5.1.2	Demanda	103
5.1.3	Calendario Laboral	104
5.1.4	Elaboración del Plan de Producción	105
5.2	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN	109
5.2.1	Objetivos de la propuesta	109
5.2.2	Descripción de la Propuesta	109
5.3	SIMULACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO	114
5.3.1	Variables	114
5.3.2	Modelado del sistema propuesto	117
5.3.3	Evaluación de resultados	118
CAPITULO VI		
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA		131

6.1	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	131
6.2	ADQUISICIÓN Y VENTA DE EQUIPOS	138
6.2.1	Adquisición Alternativa 1	138
6.2.2	Adquisición Alternativa 2	139
6.2.3	Liquidación Equipos	140
6.2.4	Depreciación	141
6.3	TASA DE DESCUENTO	141
6.4	FLUJOS DE CAJA	142
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES	149
	BIBLIOGRAFÍA	150
	ANEXOS	152



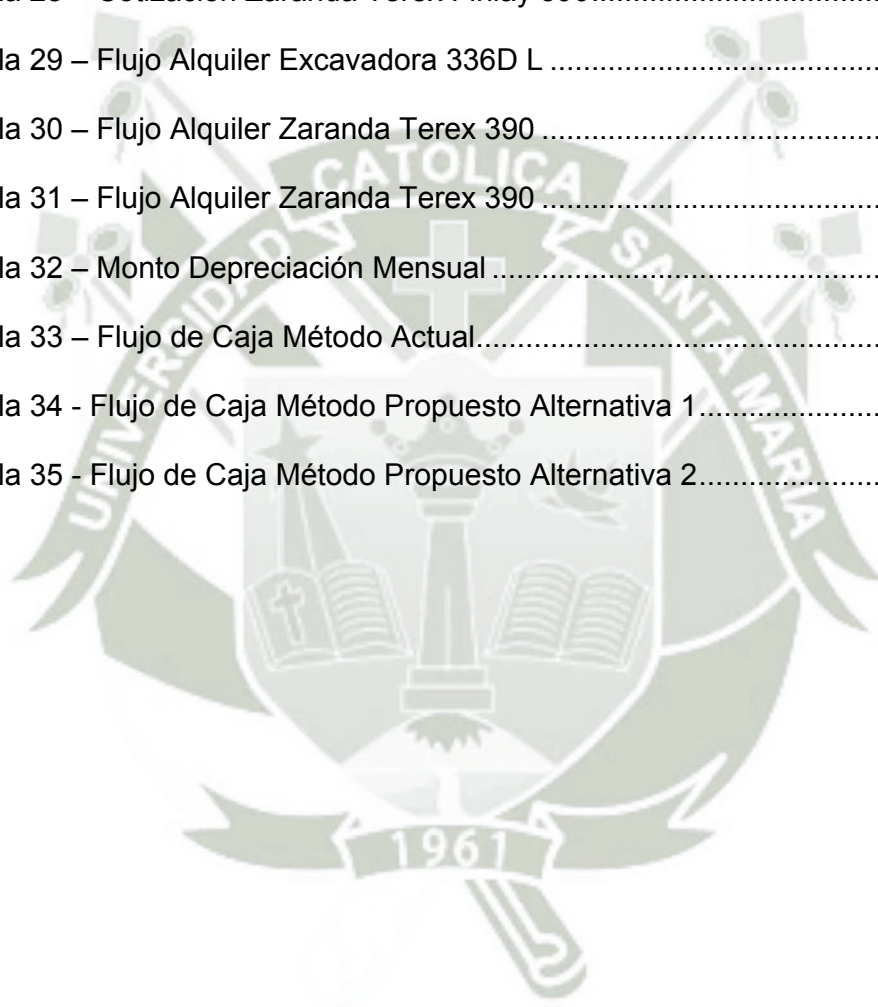
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Actividades de la planeación.....	26
Ilustración 2 – Presa de Relaves 1SMCV.....	47
Ilustración 3 – Presa de Relaves CVPUE.....	48
Ilustración 4–Producto Concreto en Mixer.....	53
Ilustración 5 – Productos Prefabricados.....	54
Ilustración 6 – Planta Agregados Tinajones.....	55
Ilustración 7 – Ubicación Materia prima.....	58
Ilustración 8 – Organigrama del Proyecto.....	59
Ilustración 9 – Zaranda Terex Finlay 390.....	73
Ilustración 10 – Zaranda Terex Finlay 595.....	74
Ilustración 11 – Cargador Frontal Caterpillar 966H.....	77
Ilustración 12 – Excavadora Caterpillar 336D L.....	78
Ilustración 13 – Excavadora Caterpillar 349D L.....	79
Ilustración 14 – Tractor Oruga Caterpillar D8T.....	80
Ilustración 15 – Modelado en Software Arena Actual.....	94
Ilustración 16 – Animación en Software Arena.....	98
Ilustración 17- Niveles Cajón Alimentador Terex 390.....	112
Ilustración 18 – Modelado en Software Arena Propuesta.....	118
Ilustración 19 – Animación en Software Arena Propuesta.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 – Materiales Presa de Relaves Características.....	49
Tabla 3 – Materiales Presa de Relaves Responsables.....	49
Tabla 1 – Ubicación de Plantas	56
Tabla 4 – Distribución de Personal.....	60
Tabla 5 – Horario de Trabajo.....	66
Tabla 6 – Características Zaranda #1	71
Tabla 7 – Características Zaranda #2	72
Tabla 8 – Características Zaranada #3	72
Tabla 9– Características Cargador Frontal 966H.....	75
Tabla 10– Características Excavadora 336D L.....	75
Tabla 11– Características Excavadora 349D L.....	76
Tabla 12– Características Tractor Oruga D8T	76
Tabla 13- Resumen tamaño de muestra	90
Tabla 14 – Distribuciones Probabilísticas Actual.....	92
Tabla 15 – Validación del Modelo.....	99
Tabla 16 – Resultados Modelo Actual.....	100
Tabla 17 – Plan Mensual de Producción	107
Tabla 18 – Distribuciones Probabilísticas Propuesto	116
Tabla 19 – Resultados Modelo Propuesto.....	123
Tabla 20 – Consumos Diésel por Tipo de Equipo.....	131
Tabla 21- Horas Mensuales estado Activo Método Actual.....	133
Tabla 22- Horas Mensuales estado Pasivo Método Actual.....	134

Tabla 23- Horas Mensuales estado Activo Método Propuesto	135
Tabla 24- Horas Mensuales estado Pasivo Método Propuesto	136
Tabla 25- Costo Diésel Mensual Método Actual	137
Tabla 26- Costo Diésel Mensual Método Propuesto	137
Tabla 27- Cotización Excavadora Nueva 336D L.....	138
Tabla 28 – Cotización Zaranda Terex Finlay 390.....	139
Tabla 29 – Flujo Alquiler Excavadora 336D L	139
Tabla 30 – Flujo Alquiler Zaranda Terex 390	140
Tabla 31 – Flujo Alquiler Zaranda Terex 390	140
Tabla 32 – Monto Depreciación Mensual	141
Tabla 33 – Flujo de Caja Método Actual.....	143
Tabla 34 - Flujo de Caja Método Propuesto Alternativa 1	144
Tabla 35 - Flujo de Caja Método Propuesto Alternativa 2.....	145



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica n° 1 – Producción Efectuada Julio 2014	84
Gráfica n° 2 – Plan de Producción Actual	84
Gráfica n° 3 – Producción Proyectada.....	85
Gráfica n° 4 – Plan de Producción Propuesto	108
Gráfica n° 5 – Porcentaje producción por zaranda.....	110
Gráfica n° 6 – Utilización Excavadoras.....	125
Gráfica n° 7 – Utilización Zarandas	125
Gráfica n° 8 – Utilización Cargadores Frontales	126
Gráfica n° 9– Utilización Volquetes	126
Gráfica n° 10– Utilización Zona de descarga	127
Gráfica n° 11– Ratio m ³ de Z-3 por Hora.....	127
Gráfica n° 12– Ratio m ³ de Z-3 por turno día	128
Gráfica n° 13– Ratio m ³ de Z-3 por turno noche	128
Gráfica n° 14– Ratio m ³ de Z-3 por semana.....	129
Gráfica n° 15– Ratio m ³ de Z-3 por mes.....	129
Gráfica n° 16– Producción Total Propuesta	130

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1 TÍTULO

“Propuesta de Optimización de la Producción en la Planta de Agregados Core Material de la empresa Concretos Supermix S.A. - Proyecto CVPUE Mediante la Técnica de Simulación”

1.2 INTRODUCCIÓN

La empresa Concretos Supermix S.A. mantiene actualmente un contrato vigente con la empresa SMI (Fluor Daniel Corporation Perú), empresa encargada del planeamiento y desarrollo del proyecto “Cerro Verde Production Unit Expansion (CVPUE)”. Dicho proyecto tiene como objetivo ampliar las instalaciones de concentradores en la mina Cerro Verde - Arequipa de 120000 toneladas métricas a 360000 toneladas métricas por día y proporcionar una producción incremental anual de aproximadamente 600 millones de libras de cobre y 15 millones de libras de molibdeno a partir del año 2016 a beneficio de la minera¹.

¹ Extraído de: http://www.fcx.com/operations/peru_arequipa.htm
Visitado: 17/03/2014

Para el desarrollo del Proyecto CVPUE, Sociedad Minera Cerro Verde, a través de SMI, negoció con las empresas más grandes nacionales y de la región, donde Concretos Supermix S.A. obtuvo la buena pro para el aprovisionamiento de los diferentes tipos de concreto y agregados requeridos para el proyecto. Se le asignó dos fuentes de material para tales fines, la primera para la producción de Agregados para concreto y construcción, denominada cantera San José ubicada a aproximadamente 11 km de las operaciones de la mina Cerro Verde dentro de las propiedades de esta. La otra cantera denominada “Core Material” o material de núcleo, ubicada a pocos metros del tajo Santa Rosa, destinada para la producción de dos tipos de agregados a ser utilizados en la Nueva Presa de Relaves que se construirá. Concretos Supermix S.A. inicio sus operaciones en el proyecto en Marzo del 2013 bajo la denominación de contrato K – 102, determinándose un plazo para la finalización de sus actividades en Marzo del 2015.

En cuanto al aprovisionamiento de concreto no se tiene inconvenientes ya que este depende de los requerimientos graduales de las empresas constructoras, teniendo un cumplimiento del 100% de los pedidos.

El problema se encuentra en la producción de la cantera Core Material, donde actualmente se tiene retrasos con los avances de producción, poniendo en riesgo el cumplimiento del contrato, lo que perjudicaría no solo al desarrollo del proyecto CVPUE, sino que se llevarían a cabo penalizaciones económicas presentes en algunas cláusulas dentro del contrato.

Para la empresa es muy importante el cumplimiento de este contrato, teniendo en cuenta que viene relacionado un tema de prestigio por la

participación dentro de uno de los más grandes proyectos para la región y el más grande en el que participo la empresa.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera se va a influir en el cumplimiento del contrato con la optimización de la producción de la Planta de Agregados – Core Material del Proyecto CVPUE?

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la empresa carece de una adecuada gestión de planeamiento y control de la producción, lo que se evidencia en el mal funcionamiento de la Planta de Agregados Core Material, donde los recursos no son aprovechados en su totalidad. El funcionamiento actual se basó en la experiencia obtenida en proyectos de menor magnitud, provocando retrasos en el cronograma productivo y poniendo en riesgo el cumplimiento del contrato. Los volúmenes de material producido deben ser cumplidos en la fecha establecida contractualmente, de lo contrario la empresa tendrá perjuicios económicos y de prestigio.

Por lo tanto es necesario conocer las razones que determinan el mal funcionamiento de la planta y establecer los lineamientos que permitan operar óptimamente, cumpliendo así el contrato y generando el mayor margen de ganancia para la empresa. El presente estudio tiene como finalidad revertir la problemática descrita.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo Principal

Optimizar la producción de la Planta de Agregados – Core Material de la empresa Concretos Supermix S.A. en el proyecto CVPUE.

1.5.2 Objetivos Secundarios

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la planta, identificando los recursos que intervienen en el proceso productivo.
- Desarrollar un modelo de simulación que permita representar el sistema real y evaluar su problemática.
- Proponer un sistema de producción que estuviera en capacidad de generar una mayor productividad con una mejor utilización de los recursos.
- Realizar el análisis de beneficio - costo que sustente que los métodos propuestos son mejores al método actual.

1.6 INTERROGANTES BÁSICAS

- ¿Cuál es la situación actual de la planta de producción?
- ¿Cuáles son los principales factores que determinaron el retraso en cuanto al cronograma productivo?

- ¿Cuál es el plan de producción requerido para cumplir con el contrato?
- ¿Cuál es la mejor propuesta de optimización para lograr el cumplimiento del contrato?
- ¿Los cambios propuestos serán una alternativa eficaz y rentable para la empresa?

1.7 HIPÓTESIS

Es posible optimizar la producción de la Planta de Agregados – Core Material luego de realizar un análisis de la situación actual y proponer mejoras a su sistema productivo mediante la técnica de simulación.

1.8 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

No se ha encontrado antecedentes investigativos para el presente problema de investigación, teniendo en cuenta que es un rubro productivo poco común, donde son muy pocas las empresas formales dedicadas a este tipo de procesos. Además se desarrolla en el contexto de un megaproyecto lo cual es muy poco común dentro de nuestra localidad. Se considera que el presente trabajo de investigación es original por ser la primera vez que se va a realizar el presente estudio para una empresa de nuestra localidad.

1.9 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque recoge y analiza datos cuantificables sobre variables las que nos darán la información necesaria para emitir conclusiones. Además es de tipo experimental correlacional, la cual reseña las características y la situación del objeto de estudio, relacionando las variables necesarias para conocer los efectos en la finalidad de la investigación.

1.10 ALCANCE

Se tiene como alcance en una primera etapa optimizar la producción de la Planta de Agregados – Core Material para el cumplimiento del contrato actual; y en una segunda etapa la optimización de las diferentes plantas de Agregados, de propiedad de la empresa Concretos Supermix S.A., ubicadas en diferentes lugares del sur del país, basándose en el presente estudio.

1.11 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.11.1 Aspecto General

Permitirá establecer una manera óptima para la producción, mejorándose el aprovechamiento de sus recursos y logrando el

cumplimiento del contrato por el que se desarrollan las operaciones de la empresa Concretos Supermix S.A.

Además constituirá un punto de partida para el resto de plantas de agregados similares facilitando el planeamiento de sus operaciones en diferentes localidades.

1.11.2 Aspecto Económico

Mediante la mejora de la productividad se lograra el cumplimiento del plazo establecido para el cumplimiento del contrato, lo que evitara penalidades por incumplimiento para la empresa, incrementándose la rentabilidad y generando un mayor margen de ganancia. Además de ser un antecedente positivo para la empresa Concretos Supermix S.A., lo cual favorecerá la participación a futuro en nuevos proyectos dentro de la región.

1.11.3 Aspecto Social

Incrementará la motivación y seguridad de los trabajadores al tener un puesto de trabajo estable, garantizando la continuidad de las operaciones de la empresa y abriendo oportunidades para la participación en nuevos proyectos de gran magnitud, de tal forma también se promoverá la creación de nuevos puestos de trabajo en dichos proyectos.

1.12 VARIABLES

1.12.1 Variables Independientes

- Método de trabajo en el proceso productivo.
- Tipo de recursos utilizados.
- Cantidad de recursos utilizados.

1.12.2 Variables dependientes

- Productividad.
- Rentabilidad.
- Costos de operación.
- Capacidad de Producción.
- Eficiencia y eficacia en el proyecto.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los principales conceptos y conocimientos necesarios para el desarrollo y entendimiento adecuado de la presente investigación.

2.1 DEFINICIONES IMPORTANTES

2.1.1 Producción

“Se entiende por producción la adición de valor a un bien, producto o servicio, por efecto de una transformación. Producir es extraer o modificar los bienes con el objeto de volverlos aptos para satisfacer ciertas necesidades.” (Tawfik, 1992)

“Para una empresa la producción tiene como objetivo producir artículos o servicios que se transfieren a los clientes con un valor agregado, y por el cual la organización obtiene una utilidad en la venta.” (Maynard, 1994)

2.1.2 Sistemas de Producción

“Todo sistema se crea para ejecutar una función cuyo cumplimiento implica recursos, los cuales deben estar organizados de forma tal que se logre un conjunto coherente. Una vez hecho esto, se habrá llegado a un verdadero sistema.”(Tawfik, 1992)

2.1.3 Recursos de la empresa

Los recursos de la empresa son todos aquellos que utiliza un sistema para la producción de un bien o un servicio, estos recursos también se los ha denominado como las “cinco P” los cuales los describimos brevemente a continuación:

“Personas o mano de obra.- Que es el agente humano, que con su trabajo elabora los productos ya sea manualmente o con el uso de máquinas o herramientas.

Plantas o fábricas.- Para fabricar el producto se necesita un tipo de planta tanto en términos de infraestructura física como el equipo necesario, y representan la mayor parte de los activos fijos de la organización.

Partes o materias primas.- Que son todas aquellas entradas físicas que intervienen en proceso de transformación para elaborar los productos terminados o salidas.

Procesos productivos.- Que son la secuencia de actividades necesarias, para la fabricación de un producto, se inician a partir de las necesidades técnicas que demanda la producción del mismo, de la organización y de su personal.

Planeación y control.- Que son los procedimientos para operar el sistema.”(Fernandez, Montes, & Vasquez, 1997)

2.1.4 Capacidad de Producción

“La capacidad se define como el número de unidades a producir en un lapso de tiempo determinado. En esta definición pueden notarse dos elementos: la cantidad y el tiempo. Es necesario determinar la cantidad de producción que debe producir el sistema en el curso de un periodo determinado, lo cual constituye la unidad de medida de capacidad de producción.” (Tawfik, 1992)

La capacidad es la tasa de producción que se obtiene de un proceso, y se mide en unidades de producto por una unidad de tiempo. En una empresa hay dos capacidades:

Capacidad diseñada, que es la capacidad para la cual se diseñó la planta y el sistema bajo condiciones de trabajo normales.

Y la Capacidad máxima, la cual se puede obtener al optimizar los recursos manufactureros, pero a veces es posible que la utilización de los recursos sea deficiente en este nivel (por ejemplo, incrementos de consumo de energía, horas de trabajo extraordinarias, etc.) (Sim & Dennis, 1996)

2.1.5 Productividad

Se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierta en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema.

Por medio de la productividad se pone a prueba la capacidad de una estructura para desarrollar los productos y el nivel en el cual se aprovechan los recursos disponibles. La mejor productividad supone una mayor rentabilidad en cada empresa. De esta manera, la gestión de calidad busca que toda firma logre incrementar su productividad. (Lopez Herrera, 2012)

2.1.6 Utilización

Es el valor de la capacidad de producción que en realidad se están utilizando en un período específico de tiempo. La tasa de utilización de la capacidad se mide en porcentajes y se ajusta para reflejar la aptitud de producción de diversos bienes de capital y de recursos naturales de los productores, así como fábricas, servicios públicos y similares. Aunque la menor tasa de rendimiento de utilización de la capacidad potencial de aumento de la producción, ochenta y cinco por ciento tiende a ser un importante punto de referencia de valor.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{tasa de producción promedio} \times 100\%}{\text{Capacidad máxima}}$$

2.2 PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

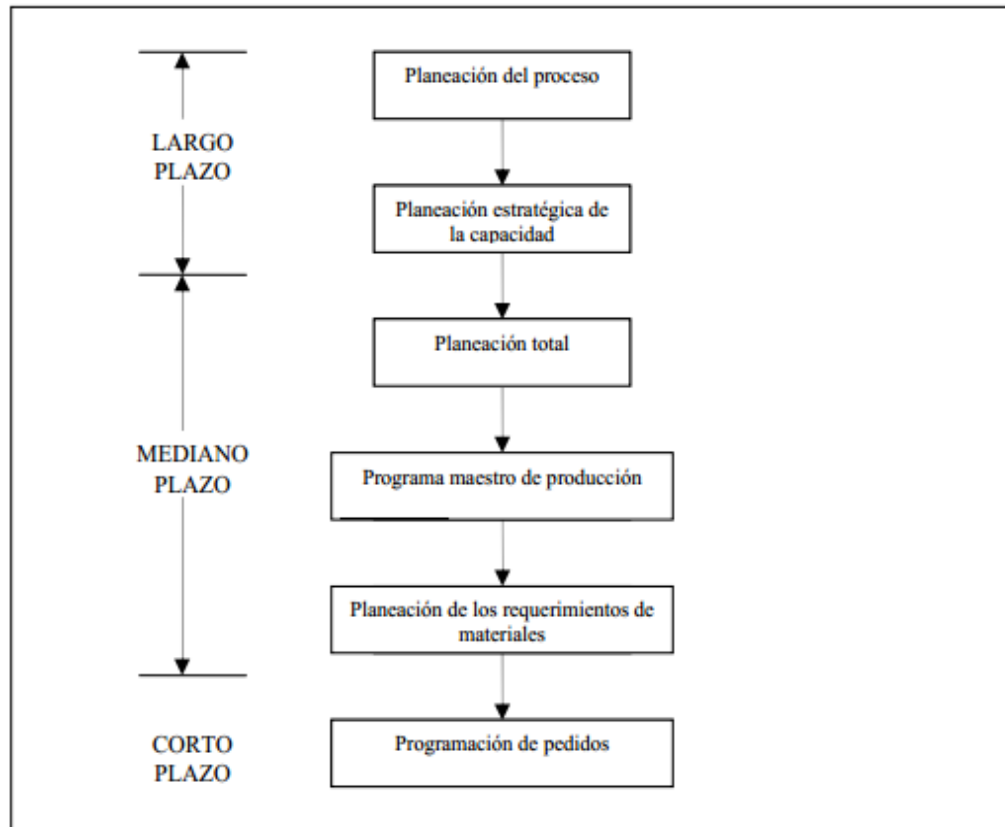
“Es una de las actividades fundamentales que se deben realizar, con el fin de obtener mejores resultados en esta área.

Básicamente se refiere a determinar el número de unidades que se van a producir en un período de tiempo, con el objetivo de prever, en forma global, cuáles son las necesidades de mano de obra, materia prima, maquinaria y equipo, que se requieren para el cumplimiento del plan.”
(Munier, 1983)

“La planeación en relación con el tiempo se puede clasificar en tres tipos diferentes:

- Planeación a largo plazo que puede ser en periodos comprendidos entre meses o años.
- Planeación a mediano plazo que puede ser en periodos comprendidos entre semanas y meses.
- Planeación a corto plazo que puede ser en periodos comprendidos entre días y semanas.”(Buffa, 1999)

Ilustración 1 – Actividades de la planeación



Fuente: (Vollman, 2000)

La planificación puede considerarse así un intento de reducir la incertidumbre a través de una programación de las propias actividades, tomando en cuenta los más probables escenarios donde éstas se desarrollarán. Un diagnóstico adecuado del entorno y de la situación propia es, por lo tanto, indispensable para planificar con un cierto éxito.

La planificación es conveniente en sí misma. Incluso si se fracasa en la consecución de los objetivos del plan, en el proceso se consigue un mejor

conocimiento de la empresa, de sus posibilidades, de su entorno, de sus medios. Planificar obliga a una disciplina de estudios e investigación que genera un conocimiento que, como todo saber, es conveniente es si mismo y contribuye a los resultados de la empresa.

La planificación de la producción consiste en definir el volumen y el momento de fabricación de los productos, establecimientos un equilibrio entre la producción y la capacidad a los distintos niveles, en busca de la competitividad deseada. Para ello, se requiere un proceso concatenado de planes que vinculen los distintos niveles jerárquicos de la organización.

La planificación es la función que procura definir, a su vez, la estructura de la organización más adecuada, según las estrategias formuladas, los objetivos planteados y el nivel de cambio del entorno socio – económico.

2.2.1 Principios de la planeación

Todo proceso de planeación debe cumplir con los siguientes principios básicos:

- Contribución a los objetivos
- Eficacia de la planificación
- Generalización de la planificación a todos los niveles y en todas las funciones de la empresa

- Eficiencia de los planes en términos de consecución del máximo rendimiento de los recursos asignados.
- Reconocimiento de oportunidades existentes
- Selección de los objetivos del plan
- Evaluación de alternativas
- Selección de alternativas
- Seguimiento y control del plan

El proceso de planificar, puede tener diferentes significados, en función de los objetivos buscados. De la misma forma que puede establecerse una jerarquización de estos últimos, podemos establecer la jerarquía de los planes. Este proceso de jerarquización es abordado de diferentes formas por los diversos autores, pero a la vez con una amplia coincidencia en las etapas generales del proceso y en la necesidad de que cada una se debe tener presente en el cálculo de las capacidades instaladas.

2.3 SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN

La simulación es una técnica de Investigación de Operaciones utilizada para analizar diferentes problemas cuya solución analítica es impracticable, sea por la presencia de variables aleatorias o por excesiva complejidad del sistema. (Altiok & Melamed, 2007)

La simulación es una de las más poderosas herramientas para modelado y análisis de problemas, frecuentemente utilizada para el planeamiento de proyectos y control de sistemas complejos en diversos segmentos, como manufactura, ingeniería civil, industria automovilística, transporte, salud, área militar, servicios, sistemas de comunicación, sistemas de planteamiento y proyecto de minas, así como varios sistemas con fuerte estructura en filas.

Las tecnologías de simulación son actualmente complementos indispensables, ya que permiten evitar actividades costosas en tiempo y dinero, disminuir el riesgo de decisiones tempranas y explorar un campo más amplio de posibles soluciones.

La simulación no resuelve problemas directamente, pero propicia información sobre como el sistema puede trabajar si ciertos parámetros son cambiados. (Gomez Quevedo)

Es el proceso de diseñar un modelo lógico matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para estudiarlo y probarlo, con el objetivo de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones.

La simulación evalúa con precisión el desempeño de un sistema complejo que este sea. Es evaluadora y no generadora de soluciones, es decir que no produce una solución óptima, sino, por el contrario, es una herramienta de evaluación que nos orienta hacia la mejor solución.

La simulación genera un escenario virtual en el que los cambios no cuestan como en la realidad. Permite validar si se está tomando la mejor decisión o no.

2.3.1 Modelos Analíticos versus Modelos de Simulación

Ambos modelos tienen características propias que representan ventajas y desventajas respecto al otro, por lo cual se expone la siguiente comparación:

Modelos Analíticos

- Representan por lo general situaciones estáticas del problema; es decir se asume que las condiciones son constantes en el tiempo durante el periodo de estudio.
- Los resultados llevan a obtener una solución óptima para el problema y para lograr un solo objetivo, con lo cual se sacrifican otros objetivos secundarios.
- En los modelos analíticos no es posible considerar situaciones aleatorias que podrían ocurrir en un sistema; por lo tanto, el analista se ve forzado a usar tiempos promedios de proceso u otros indicadores que pueden producir resultados engañosos.
- Son incapaces de resolver problemas de gran aleatoriedad.

(Torres Vega, 2010)

Modelos de Simulación

- Proporcionan una medida cuantitativa del desempeño del sistema, tal como el porcentaje de utilización de los recursos, o los tiempos de ciclo, etcétera. La simulación es una herramienta de evaluación de escenarios que permiten al diseñador del experimento conocer que alternativas de diseño y estrategias operativas tienen mayor impacto en el desempeño del sistema.
- Determinan como el sistema responde a cambios de estructura y ambiente, o bajo ciertos supuestos.
- La simulación es usada para probar la efectividad de un sistema en particular. Pero por si misma no resuelve un problema u optimiza un diseño. Ayuda a evaluar una solución pero no genera solución alguna. La solución solo puede ser conseguida a través de la experimentación, corriendo y comparando los resultados de las soluciones alternativas.
- A diferencia de los modelos analíticos, la simulación hace posible monitorear las más complejas fluctuaciones estadísticas e interdependencias del sistema.
- Ayuda a eliminar las ineficiencias ocultas en un modelo analítico que solo se detectan cuando el sistema está en operación; es decir, cuando es demasiado tarde. (Torres Vega, 2010)

2.3.2 Software Arena 14.0

El software Arena es una herramienta de simulación de eventos discretos y automatización de software desarrollado por Systems Modeling y adquirida por Rockwell Automatic. Esta herramienta es una de las principales y más populares softwares utilizados en la ciencia de la simulación.

En Arena el usuario construye su modelo mediante la colocación de módulos que representan procesos o lógica. Las líneas de conexión se utilizan para unir estos módulos entre sí y especifican el flujo de las entidades definidas. Mientras que los módulos tienen acciones específicas relativas a las entidades, flujo y temporización, la representación exacta de cada módulo y de la entidad en relación con los objetos de la vida real está sujeta a la capacidad del modelador. Los datos estadísticos, como el tiempo de ciclo y los niveles de trabajo en proceso, se pueden grabar y emitida como informes.

Arena puede ser integrado con tecnologías de Microsoft. Incluye Visual Basic para aplicaciones de manera que los modelos se pueden automatizar aún más si se necesitan algoritmos específicos. También es compatible con la importación de diagramas de flujo de Microsoft Visio, así como leer o dar salida a hojas de cálculo de Excel y dar acceso de bases de datos. (Arena Simulation Software - Rockwell Automatic, 2014)

2.3.3 Elementos de la simulación

- **Sistema:** Es una colección de elementos organizados que interactúan juntos hacia el logro de un objetivo común. Se circunscribe a un sector de la realidad que es el objeto de estudio o interés.
- **Modelo:** Es una representación simplificada del sistema y sus relaciones, tales como relaciones causa-efecto, relaciones de flujo y relaciones del espacio. El propósito del modelado de sistema es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento o desempeño del sistema. El modelado de sistemas es arte y ha sido ejercido por el hombre durante muchos años.
- **Entidades:** Son el conjunto de componentes del sistema, la mayoría de las simulaciones incluyen entidades que se mueven a través del modelo, cambian de estado, afectan y son afectadas por otras entidades y por el estado del sistema, y afectan a las medidas de eficiencia. Son los elementos dinámicos del modelo, habitualmente se crean, se mueven por el modelo durante un tiempo y finalmente abandonan el modelo. En un proceso sencillo de fabricación, las entidades serán las piezas que son creadas, pasan a la cola si el recurso que debe procesarlas está ocupado, entran al recurso cuando este queda libre, y abandonan el sistema cuando

salen del recurso. En un sistema puede haber varias copias de un tipo de entidad o varios tipos de entidad. (Guasch Petit, Casonovas, & Piera, 2002)

- **Atributos:** Para individualizar cada entidad, se le pueden unir distintos atributos. Un atributo es una característica de todas las entidades, pero con un valor específico que puede diferir de una entidad a otra. Algunos ejemplos de atributos son la Hora de Llegada, Fecha de Entrega, Prioridad y Color para indicar esas características para cada entidad individual. Arena hace un seguimiento de algunos atributos de manera automática, pero será necesario definir, asignar valores, cambiar y usar atributos específicos, en cada sistema que se desee simular.
- **Variables:** Una variable es un fragmento de información que refleja alguna característica del sistema, independientemente de las entidades que se muevan por el modelo. Se pueden tener diferentes variables en un modelo, pero cada una es única. Existen dos tipos de variables: las variables prefijadas (número de unidades en una cola, número de unidades ocupadas de un recurso, tiempo de simulación, etc.) y las variables definidas por el usuario (número de unidades en el sistema, turno de trabajo, etc.). Es importante indicar que una variable es global y cualquier cambio efectuado a ella afectará a todo el sistema.

Contrariamente a los atributos, las variables no están unidas a ninguna entidad en particular, sino que pertenecen al sistema en su conjunto. Las entidades pueden variar el valor de las variables en algún momento según el modelo.

- **Recursos:** Las entidades compiten por ser servidas por recursos que representan elementos como personal, equipo, espacio en un almacén de tamaño limitado, etc. Una o varias unidades de un recurso libre son asignadas a una entidad, y son liberadas cuando terminan su trabajo. Una entidad podría recibir simultáneamente servicio de varios recursos, por ejemplo una máquina y un operario.
- **Colas:** Cuando una entidad no puede continuar su movimiento a través del modelo, debido a que necesita un recurso que está ocupado, necesita un espacio donde esperar que le recurso quede libre, ésta es la función de las colas. Cada cola tendrá un nombre y podría tener una capacidad para representar, por ejemplo, un espacio limitado de almacenamiento.
- **Acumuladores de estadísticas:** Para obtener las medidas de eficiencia finales, podría ser conveniente hacer un seguimiento de algunas variables intermedias en las que se calculan estadísticas, por ejemplo el número total de piezas producidas, el tiempo total consumido en la cola, el número de unidades que han pasado por la cola, el mayor tiempo

invertido en la cola por una entidad, el tiempo total en el sistema, el mayor tiempo consumido en el sistema por una entidad, etc. Todos estos acumuladores deberían ser inicializados a 0, y cuando sucede algún hecho en el sistema, se tendrán que actualizar los acumuladores afectados.

- **Eventos:** Un evento es algo que sucede en un instante determinado de tiempo en la simulación, que podría hacer cambiar los atributos, variables, o acumuladores de estadísticas. Algunos ejemplos son la llegada de una nueva entidad al sistema, salida de una entidad del sistema cuando finaliza el tiempo de procesado en un recurso, y el final de la simulación, cuando se cumple el tiempo previsto.
- **Reloj de la Simulación:** El valor del tiempo transcurrido, se almacena en una variable denominada Reloj de Simulación. Este reloj irá avanzando de evento en evento, ya que al no cambiar nada entre eventos, no es necesario gastar tiempo llegando de uno a otro. (Domínguez Valente, López Octaviano, & Martínez Martínez, 2008)

2.3.4 Fases de un proyecto de Simulación

En la realización de un proyecto de simulación se pueden definir una serie de etapas que faciliten y aumenten las posibilidades de éxito del mismo. Como en todo proyecto se requiere de planeamiento,

coordinación y un entendimiento de los requerimientos de cada una de las tareas involucradas. Estas son algunas de las etapas recomendadas basadas en la bibliografía (Torres Vega, 2010) y (Tumay & Harrell, 1996):

- **Formulación del problema.**

Definición detallada de los objetivos, de las restricciones e hipótesis de trabajo y de las variables que se van a utilizar para definir el estado del sistema y el control del mismo. En la medida en que el problema se formule de una manera más precisa, la construcción del modelo será más sencilla.

Será necesario definir también el grado de precisión requerido. La elaboración de un modelo preliminar puede ayudar a poner de manifiesto de forma más clara y precisa los objetivos del estudio, las variables y parámetros necesarios para el desarrollo del modelo y para el control del mismo.

- **Diseño del modelo conceptual.**

Elaboración del modelo matemático a utilizar, mediante técnicas o herramientas específicas del modelado: Grafo de eventos y Diagrama de Ciclos de Actividades. La formulación hecha debe ser simple, flexible, efectiva y eficiente, pudiéndose adaptar a cambios durante el proyecto de simulación y el tiempo que sea razonable. El principal objetivo es determinar suposiciones razonables, secuencia de operaciones, recurso en disputa de entidades, alcances del

modelo e identificación de datos requeridos por cada componente del modelo.

- **Análisis y recogida de datos.**

Se procede a recoger los datos necesarios identificados en el punto anterior. Se suele realizar en paralelo con el punto anterior, ya que un buen modelo es fruto del conocimiento del sistema a modelar y de los datos experimentales procedentes de la observación de las entradas y salidas del mismo. Los datos empíricos obtenidos requieren un proceso de filtrado por parte del analista de forma que elimine interferencias debidas al propio proceso de recogida o agentes no presentes en el modelo. Una vez obtenidos los datos, estos son sujetos a pruebas estadísticas para conocer la distribución a la cual se ajustan y permitan representar el modelo con un ajuste significativo de la realidad.

- **Construcción del modelo de simulación**

Consiste en trasladar el modelo conceptual a un lenguaje de programación para introducirlo en el ordenador. Se pueden utilizar lenguajes de propósito general o bien lenguajes orientados a la simulación. Un buen modelo no es aquel que necesariamente es real, pero sí útil. Un modelo es útil si tiene suficiente detalle y exactitud para encontrar los objetivos de la simulación. Altos niveles de fidelidad requieren largos desarrollos, depuraciones y tiempos de ejecución.

- **Verificación**

La verificación es el proceso de revisión del programa para comprobar que éste representa fielmente el modelo que hemos implementado. Es decir, después de haber construido el modelo es necesaria la comprobación, la confirmación de que el modelo trabaja correctamente. El modelador detecta intenta detectar errores involuntarios en el modelo y eliminarlos. En esta etapa se debe continuar con el proceso de depuración y refinación del modelo, pero en una proporción menor que en la etapa de construcción.

- **Validación**

La validación asegura la correcta representación de la realidad por parte del modelo. La validación es un proceso racional en el cual el modelador traza conclusiones acerca de la precisión del modelo, basado en alguna evidencia disponible.

Existen varias técnicas de validación de modelos realizados mediante simulación. De éstas, las dos más utilizadas son:

- Experimentos de campo: a partir de unos datos de entrada y salida obtenidos del sistema real, y se comparan con los datos de salida obtenidos del modelo para los mismos datos de entrada.
- Test de Turing: a personas con experiencia sobre el sistema real modelado, se le aportan los resultados

obtenidos a través de la simulación y otros inventados, para ver si son reconocidos.

La verificación y validación del modelo representan factores críticos de éxito del proyecto de simulación. Importantes decisiones se basan en la información obtenida del experimento de simulación y, por lo tanto, esto es una evidencia demostrable de la validez del modelo.

- **Experimentación, ejecución y análisis.**

En esta etapa se planea que es lo que se desea saber. Mediante los experimentos de simulación obtendremos las respuestas de una manera precisa y eficaz. A la hora de realizar experimentos con el modelo hay que tomar decisiones referentes a algunos aspectos relacionados con las condiciones iniciales que existan, las iteraciones necesarias para obtener las precisiones definidas y los parámetros utilizados.

El objetivo en la conducción de experimentos no es encontrar cuan bien opera un sistema particular, sino tener suficiente conocimiento de cómo mejorar el desempeño del sistema.

La experimentación se realiza por lotes de experimentos que se consideran independientes entre sí. Normalmente el tiempo de ejecución de estos modelos es pequeño. Sin embargo, en sistemas que alcanzan un estado estable en el tiempo, lo que interesa es definir a qué estado estable

tienden, y estudiar los valores de las variables en este estado. La experimentación debe ser conducida no solo a los resultados, sino también a las causas que originan estos, para ello es necesario tener conocimiento del sistema en su totalidad para evaluar nuevas alternativas de mejora.

- **Documentación y presentación de resultados.**

Se efectúan las recomendaciones para la mejora del sistema consistiendo en la elaboración de un documento que refleje los resultados obtenidos y cómo se ha ido realizando el proceso de simulación: variaciones introducidas en el modelo, datos de entrada, etc.

Una adecuada elección de la presentación de resultados puede dar lugar a una mayor confianza en el modelo realizado por arte de personas ajenas al modelo y por tanto en las conclusiones obtenidas.

2.4 LOS AGREGADOS

2.4.1 Definición

Se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas.

Ellos son una amplia categoría de material particulado utilizado en la construcción, como arena, grava, piedras machacadas, escorias, hormigón reciclado y agregados geo sintéticos. Los áridos son el material más minado del mundo. Ellos son un componente de materiales compuestos tales como el hormigón y el hormigón de asfalto, el agregado sirve como refuerzo para añadir fuerza para el material compuesto global. Debido al valor relativamente alto de conductividad hidráulica en comparación con la mayoría de los suelos, los agregados son ampliamente utilizados en aplicaciones de drenaje, tales como fundamento y desagües, los campos de drenaje sépticos, muro de contención drena, y el borde de lado de la carretera drena. Los agregados también se utilizan como material de base debajo de los cimientos, caminos y ferrocarriles. En otras palabras, los agregados se utilizan como una base estable o carretera/ferrocarril base con propiedades uniformes, predecibles, o como un extensor de bajo costo que se une con cemento más caro o asfalto para formar concreto.

2.4.2 Tipos de agregados

Los agregados que se utilizan para construir se denominan agregados de construcción, pero existen otros tipos de agregados que se pueden utilizar en agricultura, manufactura y otras industrias. Cuando el agregado proviene de la desintegración de las rocas debido a la acción de diversos agentes naturales se le llama

agregado natural, y cuando proviene de la desintegración provocada por la mano del hombre se le puede distinguir como agregado de trituración, pues éste método es el que generalmente se aplica para obtener el tamaño adecuado. Los agregados naturales y los de trituración se distinguen por tener por lo general un comportamiento constructivo diferente, sin embargo se pueden llegar a combinar teniendo la mezcla a su vez características diferentes.

Los agregados que se emplean más en la construcción se derivan de las rocas ígneas, de las sedimentarias y de las metamórficas, y es de esperarse que las cualidades físicas y mecánicas de la roca madre se conserven en sus agregados. En la actualidad es posible producir algunos tipos de agregado de manera artificial, como por ejemplo la perlita y la vermiculita que se obtienen de la cocción de espumas volcánicas, otro ejemplo lo constituye el agregado ligero que se obtiene de la expansión por cocción de nódulos de arcilla, en general a estos agregados se les puede llamar agregados sintéticos. Existen otros materiales resultado de la actividad industrial que bajo ciertas condiciones pudieran usarse como agregados (en lugar de almacenarse como desperdicio), como la escoria de alto horno, la arena con sílice residual del moldeo de motores, la ceniza de carbón quemado y otros.²

² Extraído de: <http://www.elconstructorcivil.com/2010/12/los-agregados-en-la-construccion.html>
Visitado: 02/04/2014

2.4.3 Aplicaciones

Los agregados ya sean naturales, triturados o sintéticos se emplean en una gran variedad de obras de ingeniería civil, algunas de las aplicaciones pueden ser: construcción de filtros en drenes, filtros para retención de partículas sólidas del agua, rellenos en general, elaboración de concretos hidráulicos, elaboración de concretos asfálticos, elaboración de morteros hidráulicos, construcción de bases y sub bases en carreteras, acabados en general, protección y decoración en techos y azoteas, balasto en ferrocarriles y otras.³

2.4.4 Agregados en el Perú

Existe un gran número de canteras de agregados en el Perú, de las cuales no se tiene un estudio referencial para cuantificarlas, pero si se sabe que existen cantera de piedra arena y grava cerca de casi todos los centros de población. Se trata de operaciones de capital intensivo, utilizando equipos de movimiento de tierras, cintas transportadoras y máquinas diseñadas específicamente para la trituración y separación de varios tamaños de áridos, para crear reservas de productos distintos. Muy pocos operan como empresas formales por lo que podemos catalogar como una características

³ Extraído: <http://www.cemex.com/ES/ProductosServicios/Agregados.aspx> Visitado: 04/04/2014

nacional, la operación informal de un gran número de pequeñas empresas.

La industria de la construcción supone uno de los mayores contribuyentes a la economía nacional. En esta industria, tradicionalmente, muchas partes están involucradas en los procesos de diseño y producción. Para establecer la calidad de la construcción o del proyecto infraestructural, todas estas partes necesitan trabajar conjuntamente y una de estas es el abastecimiento de material para dicha industria, por lo que es necesario tener como punto de partida al lugar donde se extraen agregados entre otros materiales de construcción llamados canteras

Es decir, las canteras de agregados vienen relacionadas con el desarrollo del sector construcción, que afortunadamente el Perú atraviesa un buen momento con grandes crecimientos.

2.5 PRESA DE RELAVES PROYECTO CVPUE

El proyecto CVPUE incluye en su alcance la construcción de un nuevo depósito de relaves que utilizara como material de núcleo los agregados procesados por las empresas Concretos Supermix S.A., JJC y SMCV.

A continuación con el objetivo de brindar una visión más amplia de la importancia y finalidad del procesamiento del material, se presenta información extraída del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto:

“Como parte de la obtención del concentrado se generarán relaves, los cuales serán almacenados, de manera segura y bajo un enfoque

ambiental, en el nuevo depósito de relaves que se encontrará en la quebrada Linga hacia el sur del tajo Cerro Verde. El área total a ser ocupada por la infraestructura de manejo de relaves será de aproximadamente 1 850 ha y el depósito tendrá una capacidad estimada de 2 000 millones de toneladas métricas.

Este depósito contará con un dique principal, diques auxiliares, sistema de colección y re bombeo de filtraciones, sistema de sub-drenaje, sistema de distribución de relaves, sistema de recuperación de aguas e instalaciones auxiliares. El dique principal estará compuesto inicialmente por un dique de arranque de material rocoso que crecerá paulatinamente con relaves gruesos de forma similar al sistema empleado en la disposición de relaves de las operaciones actuales en la U.P. Cerro Verde en la quebrada Enlozada. El agua resultante de la disposición de relaves será recuperada y devuelta a la concentradora para su reutilización en el proceso.

La construcción del depósito de relaves se iniciará con la construcción del dique de arranque, el cual tendrá una altitud de 160 m y un ancho de cresta de 50 m. Este dique de arranque posteriormente será recrecido en la etapa de operación. Asimismo, se incluye la construcción de dos diques conformados con material de relleno, uno de ellos ubicado al límite noroeste del depósito de relaves y el segundo ubicado en el lado oeste del embalse. Estos diques son los llamados diques auxiliares del depósito de relaves.

Adicionalmente, los siguientes componentes de diseño del depósito de relaves serán construidos durante esta etapa: drenes, sumidero de

colección de filtraciones y canal de transporte de relaves” (Knight Piésold Consultores, 2011) .

La siguiente ilustración muestra la actual presa de relaves construida para la primera etapa de Cerro Verde para mostrar una referencia de la nueva en construcción:

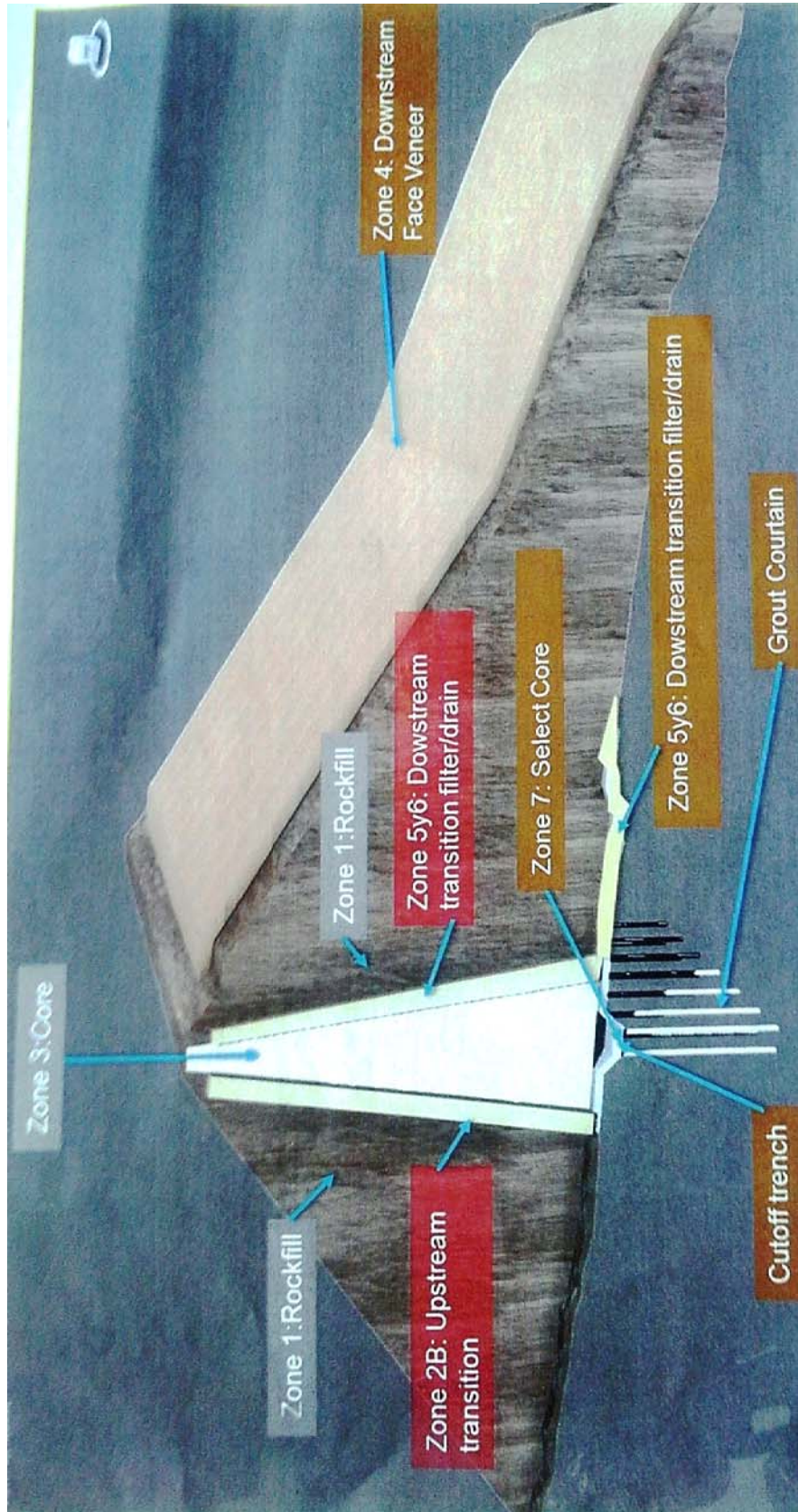
Ilustración 2 – Presa de Relaves 1SMCV



Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde - Quebrada Enlozada

En la siguiente tabla e ilustración (Ilustración 6) se muestra los materiales a ser utilizados para la construcción de los diques de la nueva presa de relaves. Así como en las tablas siguientes las características de cada uno de los materiales (Tabla 2) y las empresas responsables de su producción (Tabla 3).

Ilustración 3 – Presa de Relaves CVPUE



Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde

Tabla 1 – Materiales Presa de Relaves Características

Zone	Tamaño máximo de partículas	Espesor Máximo	Compactación	Limite liquido	Índice de Plasticidad	Fuente
1	70	100				Cantera #1 y #2
2B	3.81	50				Área prestada #1 y #2
3	15	30	98%	20	10	Stockpile temporal
4	3.81	30				Área prestada #4
5	1.91	50				Área prestada #1 y #2
6	7.62	50				Área prestada #1 y #2
7	3.8	20	98%			Stockpile temporal

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental CVPUÉ
Elaboración: Propia

Tabla 2 – Materiales Presa de Relaves Responsables

Zone	Excavación	Procesamiento	Zarandeo	Lavado	Stockpiling	Loading	Hauling	Placing	Acondicionamiento de humedad	Compactación
1	SMCV	SMCV				SMCV	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV
2B	JJC		JJC	JJC	JJC	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV
3			SUPERMIX		SUPERMIX	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV
4	JJC	JJC	JJC		JJC	JJC	JJC	JJC	JJC	JJC
5	JJC		JJC	JJC		SMCV	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV
6	JJC		JJC			SMCV	SMCV	SMCV	SMCV	SMCV
7			SUPERMIX		SUPERMIX	SMCV	SMCV	JJC	JJC - SMCV	JJC

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental CVPUÉ
Elaboración: Propia

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 LA EMPRESA

3.1.1 Datos Generales

Razón Social: Concretos Supermix S.A.
R.U.C.: 20392965191
Dirección: Av. General Diez Canseco 527,
Arequipa, Arequipa
Av. República De Panamá 2461, La
Victoria, Lima
Teléfono de oficinas: (054) 225000 / (01) 4707170
Web: www.grupogloria.com/supermix.html

3.1.2 Reseña Histórica

Concretos Supermix S.A. es una empresa perteneciente al Consorcio Cementero del Sur que a su vez forma parte del Grupo Gloria. En febrero de 1994, en una licitación internacional dentro del proceso de privatización de empresas estatales, el Grupo Gloria compró la empresa Cementos Yura S.A. de Arequipa, única

empresa proveedora de cemento para la zona sur del Perú, que posteriormente cambió su denominación social a Yura S.A.

Debido a las necesidades del mercado en el año de 1998 de la empresa Yura S.A. creó Yura - División Concretos, ofreciendo concretos bajo la garantía del cemento producido. En el año 2011 se decidió que esta nueva División Concretos debía ser una nueva empresa independiente por el gran desarrollo que logró, creándose así Concretos Supermix S.A.⁴

3.1.3 Productos de la Empresa

a) Elaboración, transporte y bombeo de Concreto Premezclado.

El Concreto ofrecido por la empresa es una mezcla de cemento (Tipo Portland), agua y agregados como la arena y la grava. La cantidad de cemento que se dosifica al Concreto Premezclado está ligada al uso específico que se le va a dar, ya sea para cimentaciones, banquetas, columnas, losas, etc. Al Concreto Premezclado se le agregan además los Aditivos para Concreto necesarios para darle una mejor consistencia y manejabilidad, cumpliendo así con las necesidades del usuario. Estos Aditivos son dosificados de forma automatizada y en simultáneo al dosificar el Concreto Premezclado en los mixers.

El Concreto Premezclado más que un producto, es un paquete integral que representa una serie de beneficios para el usuario, estos

⁴ Extraído de: <http://www.grupogloria.com/historia.html>

Visitado: 10/04/2014

beneficios son traducidos en calidad del producto, trazabilidad de mezcla, asesoría calificada, ahorro de tiempo y transporte; razones que hacen de este un producto que supera al concreto hecho en obra, por lo tanto el beneficio es mayor sobre el costo. Entre los diferentes tipos de concreto ofrecido se tiene:

- Concreto Premezclado Estándar (Resistencias desde 70 kg/cm² hasta 420 Kg/cm²).
- Concreto de Alto Desempeño (Resistencias hasta 900 kg/cm²).
- Concreto Ligero.
- Concreto Pesado.
- Concreto Coloreado.
- Concreto Rheoplástico.
- Concreto Tremie.
- Concreto para Pavimentos.
- Concreto con Aire Incorporado.
- CCR (Concreto Compactado con Rodillo).
- Concreto Autocompactante.
- Concreto de Baja Contracción.
- Concreto Reforzado con Fibras.
- Concreto Resistente a Químicos.
- Concreto Resistente al fuego.
- Concreto Reciclado.
- Suelo Cemento.

- Shotcrete vía seca y húmeda (Dosificación, Transporte y lanzado).
- Relleno Fluido.
- Morteros Convencionales.

Ilustración 4–Producto Concreto en Mixer



Fuente: Concretos Supermix

b) Producción de Estructuras de Concreto Prefabricadas

La empresa ofrece, mediante los prefabricados, una solución eficiente a diferentes tipos de aplicaciones desde el aspecto arquitectónico hasta el funcional. Son de fácil colocación, tienen buena resistencia al desgaste, excelente acabado y bajos costos de mantenimiento. Son producidos en plantas automatizadas y con sistema de vibro compactación, se someten a un especial proceso de curado, lo que garantiza gran resistencia y durabilidad. Entre los prefabricados ofrecidos se tiene:

- Bloques de Concreto

- Ladrillos de Concreto
- Bloque Split de Concreto
- Adoquín Ondular
- Adoquín Rectangular
- Adoquín hexagonal macizo
- Adoquín hexagonal doble

Ilustración 5 – Productos Prefabricados



Fuente: Concretos Supermix

c) Producción de Agregados para Concreto y Construcción

Material extraído y procesado en canteras de la empresa, que puede ser producto de las operaciones de triturado, zarandeado o lavado, según los requerimientos del cliente. Estos agregados son utilizados en la elaboración de concreto o en aplicaciones diversas de la construcción. Los productos ofrecidos son:

- Agregado Grueso para Concreto (Piedra 1½”, 1”, ¾”, ½”).
- Agregado Fino para Concreto (Arena Gruesa y Fina).

- Confitillo.
- Agregado para Filtros.
- Agregado para Rellenos Estructurales.
- Agregado para Pavimentos.
- Afirmado.
- Granulometrías adecuadas a necesidades de clientes

Ilustración 6 – Planta Agregados Tinajones



Fuente: Concretos Supermix

3.1.4 Ubicación de la empresa

Concretos Supermix tiene 3 tipos de plantas, cada una para el tipo de producto elaborado, localizadas en las principales ciudades de la zona sur del Perú y en los principales proyectos de construcción que se vienen desarrollando. Actualmente la empresa cuenta con 11 plantas de Premezclado, 03 plantas de Prefabricados y 06 plantas de Agregados distribuidas según el siguiente cuadro:

Tabla 3 – Ubicación de Plantas

	UBICACIÓN	CANTIDAD
Plantas Premezclado	Arequipa	4
	Cuzco	2
	Tacna	1
	Puno	1
	Lima	1
	Ayacucho	1
	Moquegua	1
Plantas Prefabricados	Arequipa	1
	Cuzco	1
	Tacna	1
Plantas Agregados	Arequipa	4
	Cuzco	2

Fuente: Elaboración Propia

3.2 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

3.2.1 Alcance

Procesamiento, zarandeo, carguío y transporte hacia pila de stock de 2, 500,000 m³ de material de núcleo Zona 3 (Z - 3) a ser utilizado en el dique de arranque de la presa de relaves que se construirá en la Quebrada Linga – Proyecto CVPUE. Con fecha de entrega 18 de marzo del 2015, realizándose las operaciones bajo las disposiciones de seguridad, salud y medio ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde bajo número de contrato K-102.

3.2.2 Principales Obligaciones del Contratista

- Procesar material de tajo para entregar 2, 500, 000 m³ de material Z-3 con fecha limite 18 de Marzo del 2015.
- Transportar el material pasante y no pasante a la zona de acumulación para ser descargado en los stockpiles.
- Cumplir todos los lineamientos de trabajo (permisos, licencias, procedimientos, etc.) de SMCV para la realización de estos.
- Proveer los equipos necesarios (plantas, maquinaria, etc.) para el cumplimiento del proyecto.
- Mantener una fuerza laboral estable en la cual el 50% de la mano de obra calificada y el 100% de la mano de obra no calificada sea personal de los distritos de impacto directo. (Uchumayo, Hunter, Tiabaya, Yarabamba, La Joya)
- Garantizar el cumplimiento del Plan de Calidad y Plan de Seguridad previamente aprobado por el cliente.
- Brindar las facilidades a SMCV para que realice inspecciones a las operaciones, así mismo se tiene la obligación de entregar cualquier información solicitada por ellos dentro del marco del proyecto.

3.2.3 Principales Obligaciones del Cliente

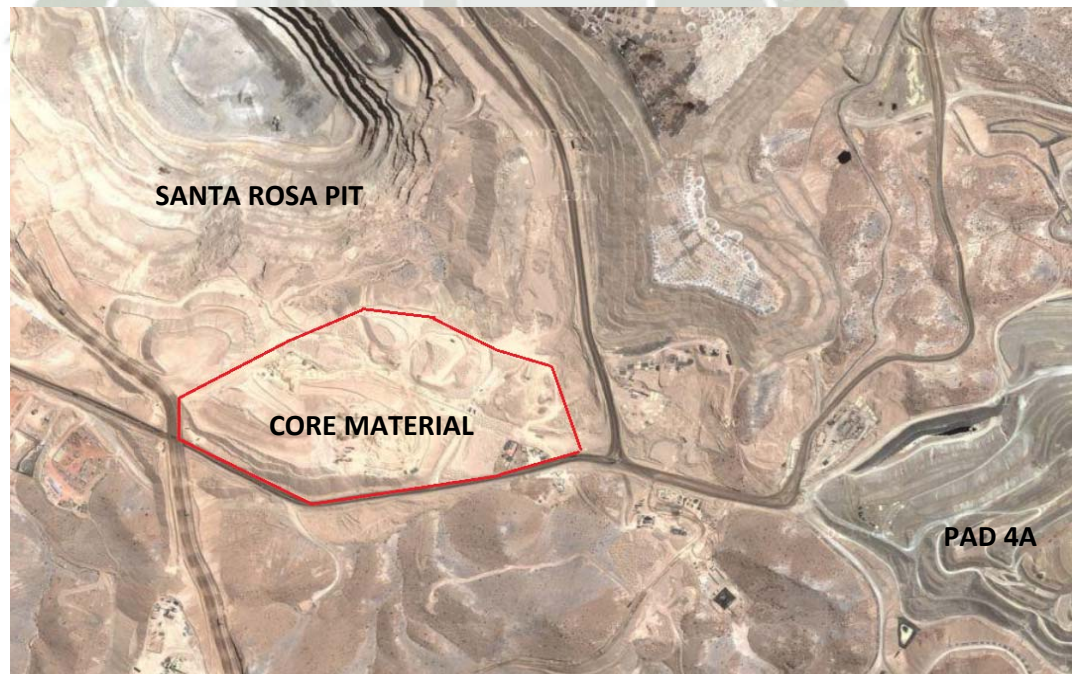
- Proveer el material necesario para ser procesado.

- Abastecer el combustible en mina para el funcionamiento de los equipos del contratista.
- El pago de un monto mensual por establecimiento de sitio hasta la fecha límite.
- Proveer de agua industrial para el regado de vías con el objetivo de cumplir los lineamientos medio ambientales.
- Proveer de señal telefónica, radio y seguridad en SMCV.

3.2.4 Ubicación

Las operaciones se desarrollan al noroeste del PAD de lixiviación 4A y al sureste del tajo de extracción de minerales Santa Rosa. (Ver: Ilustración 7).

Ilustración 7 – Ubicación Materia prima



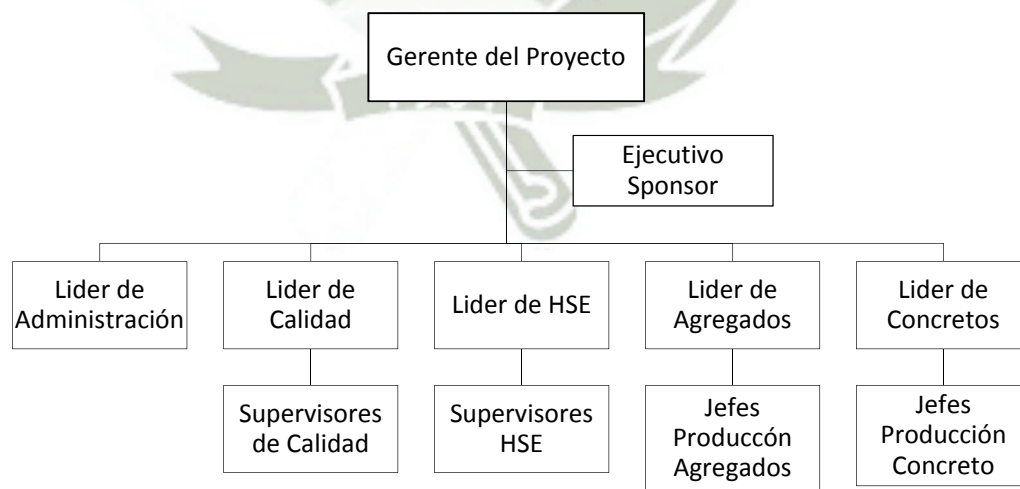
Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde

3.2.5 Organización del proyecto K-102

Todas las actividades de Concretos Supermix, desarrolladas en el proyecto CVPUE, vienen siendo encabezadas por el Ing. Raul Bustamante - Gerente de Proyecto, quien adicionalmente es el Gerente de Materias Primas del Grupo Gloria - Holding Cementos y Materiales para la Construcción y Minería. Bajo su cargo se encuentra el líder de administración y planeamiento, líder de calidad, líder de HSE (Seguridad y Medio Ambiente), líder de producción de agregados y líder de producción de concretos. Los líderes tienen como principal objetivo garantizar el éxito en cada una de sus áreas, para que a su vez se garantice el éxito de todo el proyecto.

A su vez cada líder tiene a su cargo supervisores o jefes por cada frente de trabajo (Core Material, Backfill, Batchplant). A continuación se muestra el organigrama del proyecto.

Ilustración 8 – Organigrama del Proyecto



Fuente: Concretos Supermix

El proyecto cuenta en total con 384 trabajadores distribuidos en los 3 frentes de producción, laborándose en 2 turnos rotativos de 12 horas, cada uno, cubriendo 24 horas de trabajo diario de lunes a viernes y un turno de 12 horas los días sábados. El número de personas totales por frente de trabajo se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 4 – Distribución de Personal

Area	N° de Personas
Core Material (Agregados Santa Rosa)	74
Back fill (Agregados San Jose)	212
Batch Plant (Planta de Concreto)	78

Fuente: Concretos Supermix
Elaboración: Propia

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de producción, para la obtención de material Z – 3, se centra básicamente en la utilización de zarandas vibratorias, seleccionando el material que cumpla las especificaciones del producto. Para ello existen actividades complementarias de movimiento de tierras que facilitan el procesamiento y posterior transporte hacia el stock de producto terminado.

3.3.1 Materia Prima

Para la obtención del material de baja permeabilidad Zona 3 se utiliza ripios provenientes de rocas de desecho seleccionadas de la construcción de la plataforma de lixiviación PAD 4A y de otros materiales de baja permeabilidad disponibles en el área de operaciones, al noroeste del PAD 4A. Este material es el producto de las detonaciones que se dieron en la zona para la obtención de material destinado a la plataforma de lixiviación, escogiéndose los elementos arcillosos que pudieran absorber ácidos en gran cantidad y no sean útiles para la lixiviación, en cambio esta característica lo hace muy favorable para ser utilizado en la construcción de la nueva presa de relaves.

3.3.1.1 Proveedor

El encargado en cuanto al suministro de la materia prima es únicamente Sociedad Minera Cerro Verde, asumiendo ellos el acarreo del mismo hacia la zona donde será procesada. Así mismo MWH⁵ tiene toda la responsabilidad referida a la calidad de la materia prima y los contratiempos que se pudieran dar al respecto, siendo el proceso de producción de Concretos Supermix revisado y aprobado previamente.

⁵Montgomery Watson Harza, empresa prestadora de servicios a SMCV en cuanto a pruebas de calidad.

3.3.1.2 Cantidades

Inicialmente se hizo entrega a Concretos Supermix 3,300,000.00 metros cúbicos de material a ser procesado para el inicio de operaciones. Este material vino siendo procesado y monitoreado mediante levantamientos topográficos mensuales para controlar su volumen. El último levantamiento topográfico realizado por MWH, Julio del 2014, nos indicó que aproximadamente se cuenta con 1,300,000.00 metros cúbicos de material para procesar. Este dato garantiza el stock necesario para cumplir con el alcance del proyecto (2,500,000 m³ de material Zona 3).

3.3.2 Operaciones del proceso productivo

3.3.2.1 Rebajado de material en talud

El talud de material a procesar tiene una altura no menor a 15 metros, llegando en oportunidades a alturas máximas de hasta 25 metros de altura. Con el objetivo de prevenir cualquier incidente, se hace uso de un tractor oruga, marca CAT modelo D8T, para rebajar el talud y darle una inclinación prudente no mayor a 75° sobre el nivel del suelo. De esta forma el tractor asciende a la parte superior del talud y empuja el material hacia la zona de trabajo y pueda ser

procesado con normalidad. El tractor oruga realiza otras actividades por lo que atiende esta tarea a tiempo parcial.

3.3.2.2 Alimentación de zarandas vibratorias

Esta actividad consiste en recoger el material, empujado en la anterior etapa, para ser dejado gradualmente en las parrillas de las zarandas vibratorias teniendo en cuenta la capacidad de estas. Actualmente son utilizadas tres excavadoras de marca CAT, dos de ellas modelo 349DL y una modelo 336DL.

3.3.2.3 Zarandeo

Es la etapa central del proceso productivo y se desarrolla utilizando zarandas vibratorias. El material alimentado por las excavadoras es dejado en las parrillas o rejillas de 6" de abertura, donde todo el material pasante cae en sus respectivos cajones alimentadores, los cuales van liberando el material por una faja transportadora ascendente que forma la pila de material procesado. El material no pasante es denominado "Oversize material" y gracias a la inclinación de las parrillas es acumulado en los laterales de las plantas, adicionalmente las plantas cuentan con pistones con dispositivos de control a distancia que permiten el

levantamiento de las parrillas para liberar todo material atascado en las parrillas.

3.3.2.4 Carguío

El material procesado es cargado en los volquetes por cargadores frontales, marca CAT modelo 966H. El operador de cargador frontal baja el lampón hasta el suelo y coloca éste en forma de cuchara, carga y gira el lampón levantando para evitar la caída de las rocas. Se posiciona con el lampón levantado sirviendo como referencia para que el volquete se posicione y toca la bocina (una vez) para que el volquete se detenga en la posición de carguío. Se procede al carguío del volquete, repitiendo las veces de carguío necesarias hasta llenar la tolva de 20 m³ del volquete. Cuando el volquete ya se encuentre cargado, el operador de cargador frontal toca dos veces la bocina para que este se retire. El siguiente volquete en espera ingresará inmediatamente detrás del volquete que sale cargado; preparándose para retroceder a la señal del operador de cargador frontal.

3.3.2.5 Transporte

El material es llevado por los volquetes hacia el stock de producto terminado ubicado aproximadamente a unos 500 metros, es importante que respeten las indicaciones del

personal vigía durante su recorrido. Para ello se utiliza 6 volquetes de la marca Volvo modelo FMX 8x4 R con tolvas de 20m³ de capacidad.

3.3.2.6 Descarga

El material transportado es dejado en la plataforma de descarga en un determinado punto señalado por un personal vigía. El operador de volquete se estaciona en reversa en el lugar señalado, para luego proceder a levantar la tolva hasta dejar todo el material. La plataforma de descarga es trabajada cada cierto tiempo para así realizar accesos de ascenso o plataformas de mayor altura una vez se tenga gran cantidad de material acumulado. Solo se permite la descarga de 2 volquetes en simultáneo.

3.3.3 Horarios de Trabajo

El horario de trabajo está comprendido por turnos diurnos y nocturnos de 12 horas cada uno. Estos turnos son influenciados por actividades que deben ser cumplidas obligatoriamente, lo que reduce y afecta el periodo productivo a ser utilizado realmente. Este esquema no puede ser modificado ya que son actividades exigidas para laborar en SMCV o que protegen los equipos con los que se trabaja. Se presenta el horario a continuación:

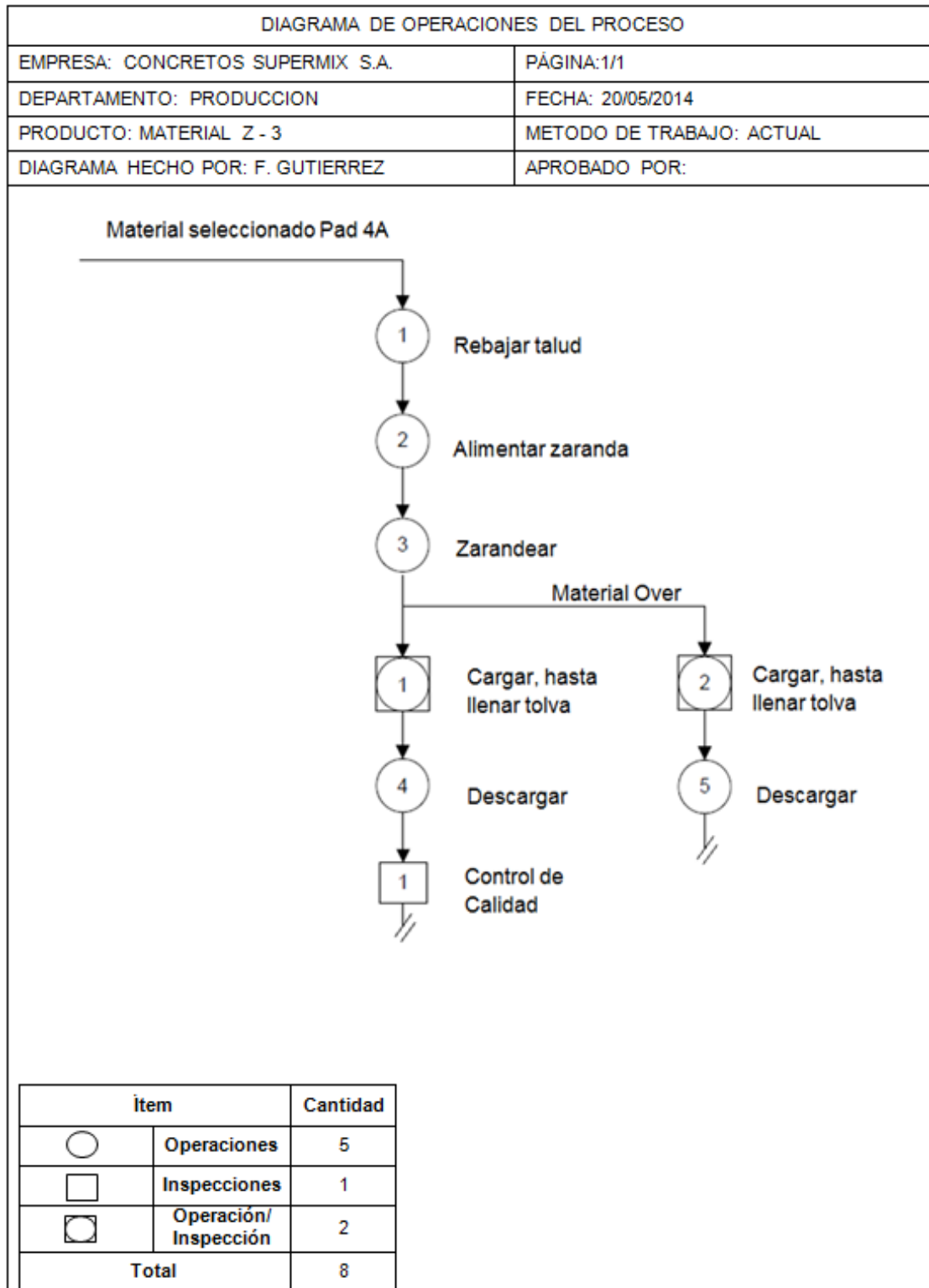
Tabla 5 – Horario de Trabajo

Desde	Hasta	Actividad	Duración
06:00	06:15	Llegada de personal	00:15
06:15	06:30	Charla de Seguridad	00:15
06:30	07:00	Revisión de equipos	00:30
07:00	07:30	Firma de ATS Calentamiento de equipos	00:30
07:30	12:30	Producción	05:00
12:30	13:30	Almuerzo	01:00
13:30	17:30	Producción	04:00
17:30	18:00	Limpieza	00:30
18:00	18:15	Llegada de personal	00:15
18:15	18:45	Cena	00:30
18:45	19:00	Charla de Seguridad	00:15
19:00	19:30	Revisión de equipos	00:30
19:30	20:00	Firma de ATS Calentamiento de equipos	00:30
20:00	01:00	Producción	05:00
01:00	02:00	Descanso	01:00
02:00	05:30	Producción	03:30
05:30	06:00	Limpieza	00:30

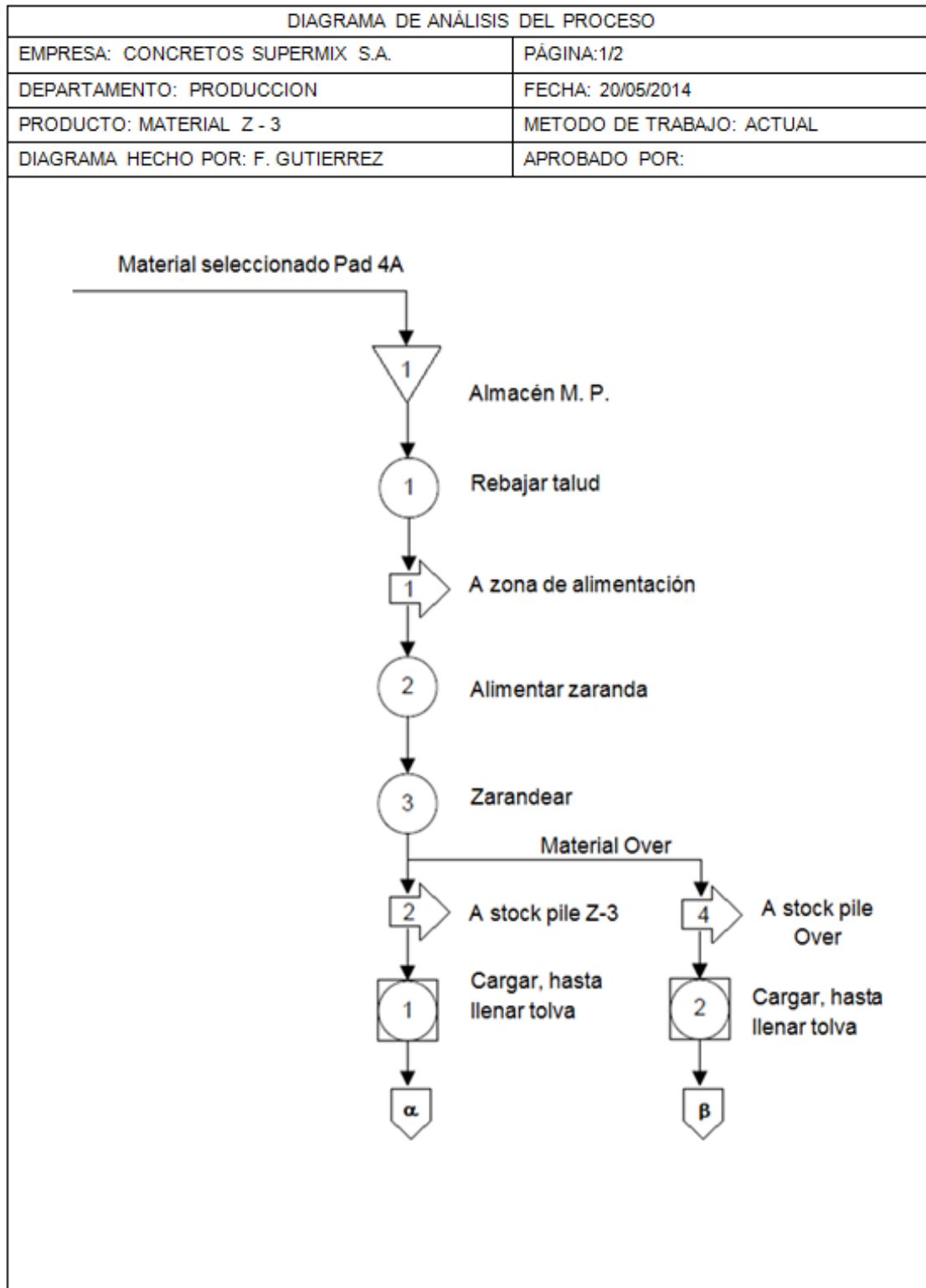
Fuente: Elaboración Propia

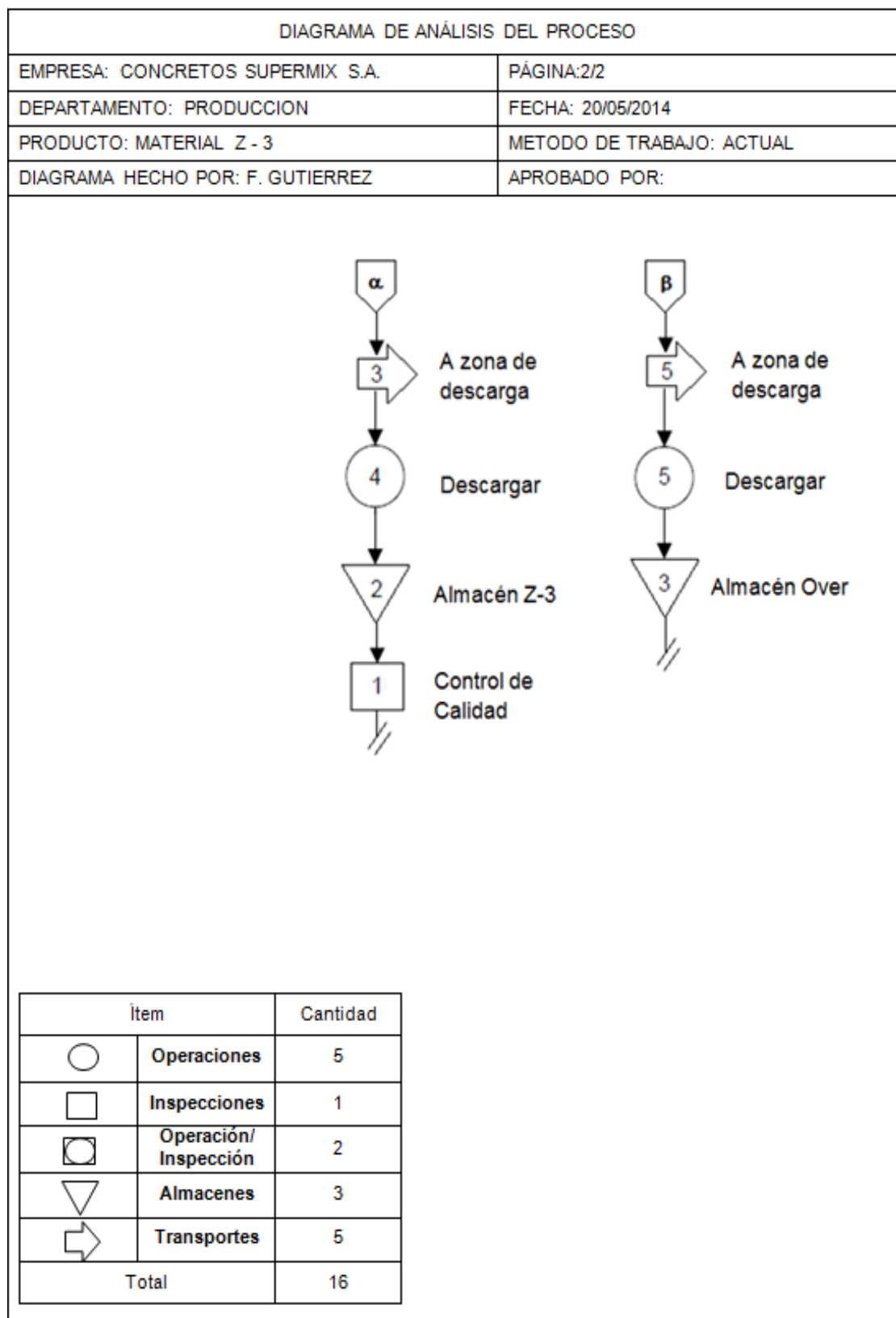
Se debe considerar que existentes cronogramas de mantenimiento mensual (cada 4 semanas) para cada equipo, lo cual lo inhabilita durante un turno de día. Para los volquetes se realiza el mantenimiento en la ciudad de Arequipa lo cual obliga a que las unidades salgan al inicio del turno día y regresen al día siguiente.

3.3.4 Diagrama de Operaciones del Proceso

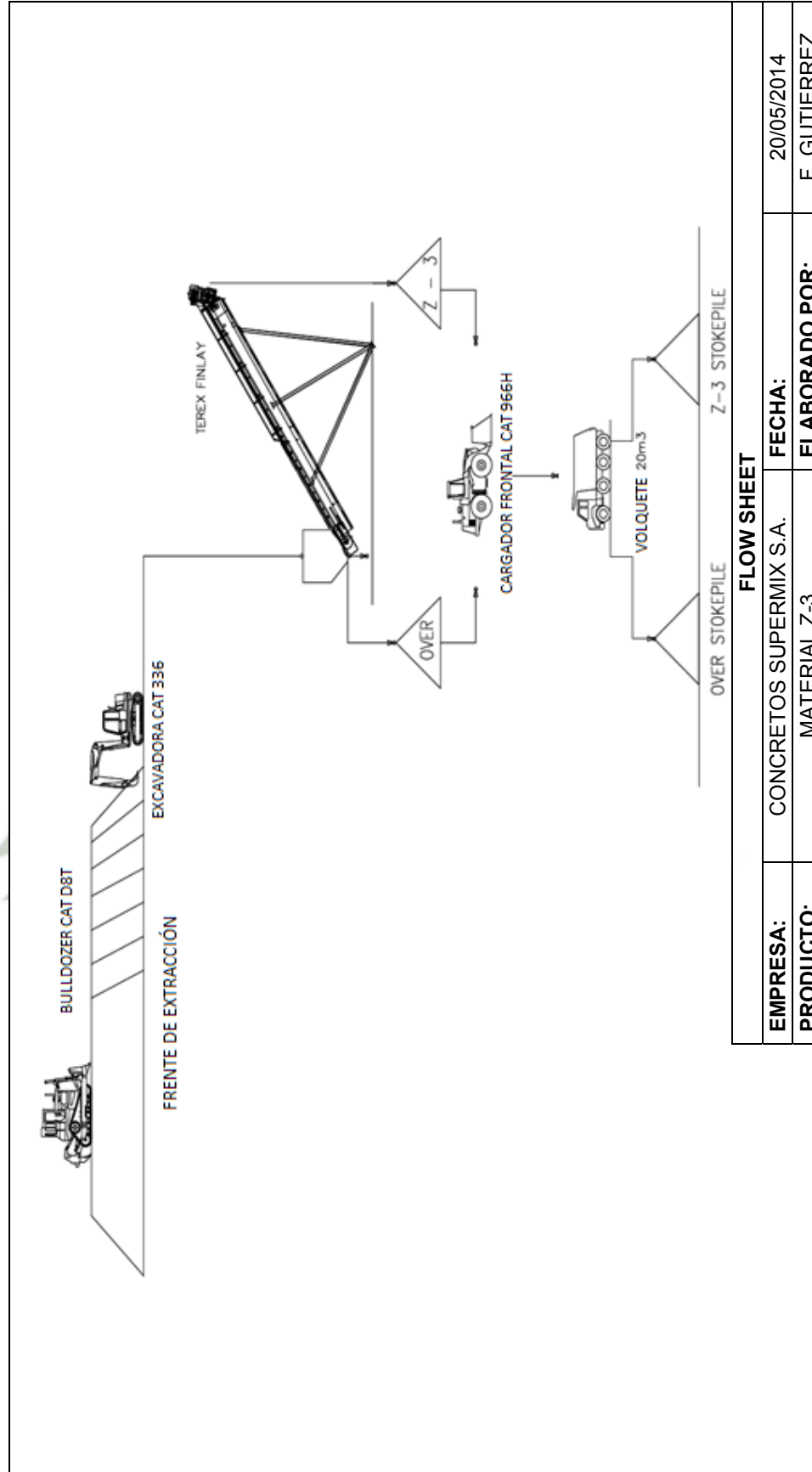


3.3.5 Diagrama de Actividades del Proceso





3.3.6 FlowSheet



3.4 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

3.4.1 Zarandas Vibratorias

Para el desarrollo de las operaciones se utiliza 03 zarandas vibratorias, las cuales cumplen la operación principal del proceso productivo de material Z – 3. Como parte de la zaranda se tiene un cajón alimentador que va liberando el material zarandeado mediante una faja transportadora formando el stock pile. Estas zarandas fueron adquiridas para el proyecto y son de la marca Terex Finlaycon las siguientes características:

Tabla 6 – Características Zaranda #1

Modelo:	390
Tipo:	Zaranda
Marca:	Terex Finlay
Dimensiones :	Ver Ilustración 8
Serie:	TRX390HSTDGCB6003
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Llantas
Capacidad de producción nominal:	100 m ³ /h
Combustible:	Diesel
Gl/hora:	1.5

Fuente: Investigación directa

Tabla 7 –Características Zaranda #2

Modelo:	390
Tipo:	Zaranda
Marca:	Terex Finlay
Dimensiones :	Ver Ilustración 9
Serie:	TRX390OHSVDGC95748
Año Fabricación:	2014
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Llantas
Capacidad de producción nominal:	100 m ³ /h
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.5

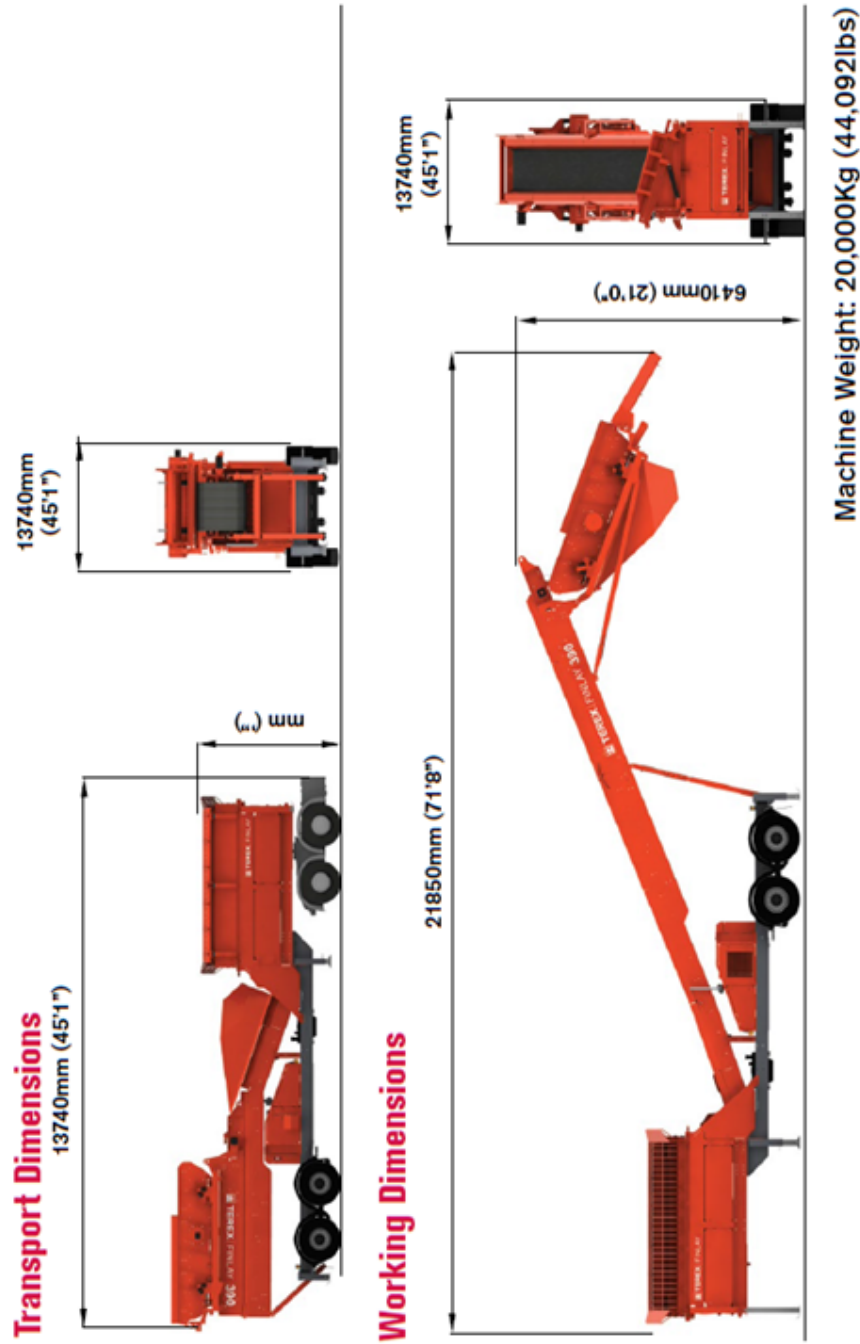
Fuente: Investigación directa

Tabla 8 –CaracterísticasZaranada #3

Modelo:	595
Tipo:	Zaranda
Marca:	Terex Finlay
Dimensiones :	Ver Ilustración 10
Serie:	TRX595HTKDG77344
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Orugas
Capacidad de producción nominal:	80 m ³ /h
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.6

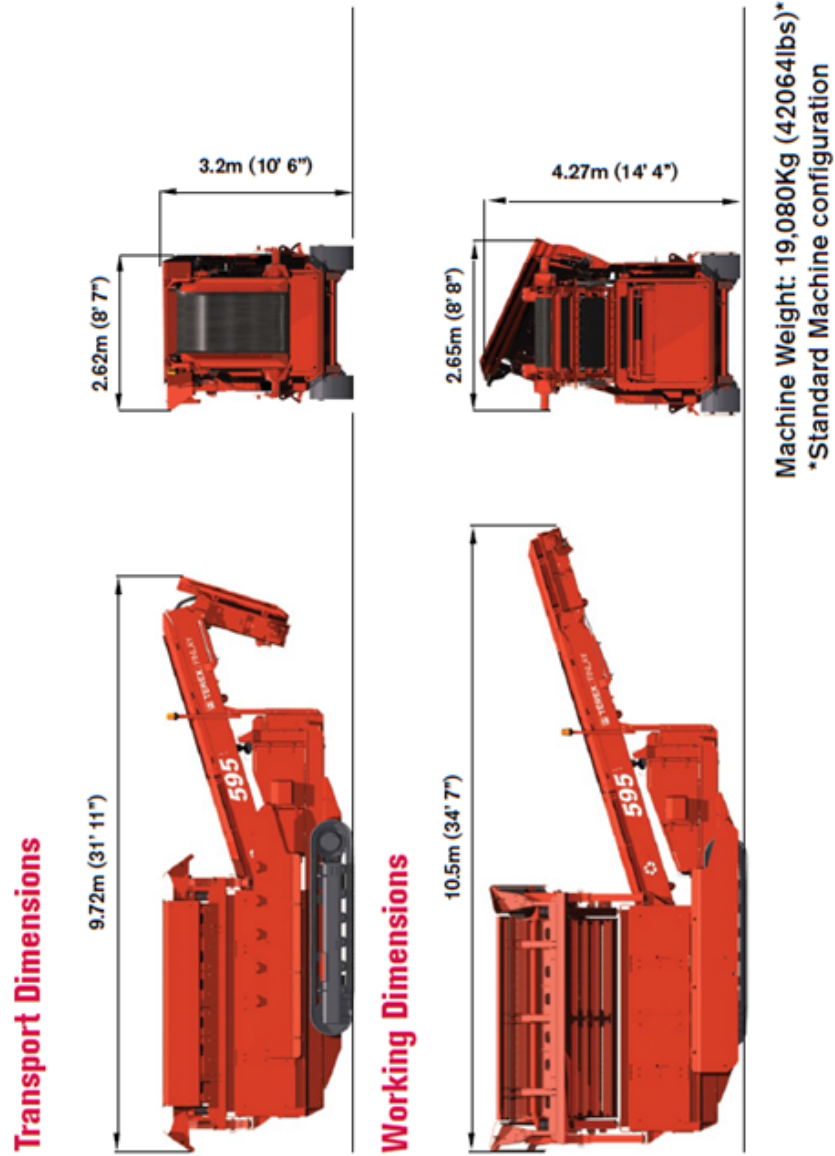
Fuente: Investigación directa

Ilustración 9 – Zaranda Terex Finlay 390



Fuente: Manual de equipo

Ilustración 10 – Zaranda Terex Finlay 595



Fuente: Manual de equipo

3.4.2 Equipos Línea Amarilla

Se denomina equipos de línea amarilla toda la maquinaria que realiza el movimiento de tierra en el proceso productivo. Actualmente en el proyecto se tiene 3 cargadores frontales, 3 excavadoras y 1 tractor oruga con las características descritas a continuación:

Tabla 9–Características Cargador Frontal 966H

Modelo:	966H
Tipo:	Cargador Frontal
Marca:	Caterpillar
Dimensiones :	Ver <i>Ilustración 11</i>
Cantidad:	3
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Llantas
Capacidad de pala:	4.2 m ³
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.6

Fuente: Investigación directa

Tabla 10–Características Excavadora 336DL

Modelo:	336DL
Tipo:	Excavadora
Marca:	Caterpillar
Dimensiones :	Ver <i>Ilustración 11</i>
Cantidad:	1
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Yura S.A.
Movilización:	Orugas
Capacidad de pala:	2.07 m ³
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.6

Fuente: Investigación directa

Tabla 11–Características Excavadora 349D L

Modelo:	349D L
Tipo:	Excavadora
Marca:	Caterpillar
Dimensiones :	<i>Ver Ilustración 12</i>
Cantidad:	2
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Orugas
Capacidad de pala:	3.1 m ³
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.7

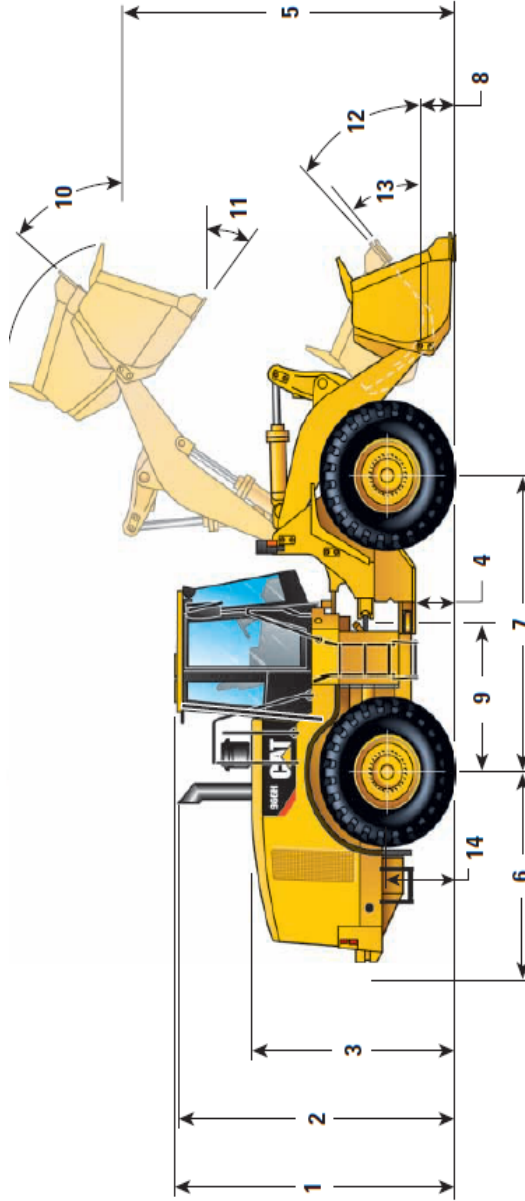
Fuente: Investigación directa

Tabla 12–Características Tractor Oruga D8T

Modelo:	D8T
Tipo:	Tractor Oruga
Marca:	Caterpillar
Dimensiones :	<i>Ver Ilustración 13</i>
Cantidad:	1
Año Fabricación:	2012
Propiedad:	Concretos Supermix S.A.
Movilización:	Yura S.A.
Capacidad de pala:	5.0 m ³
Combustible:	Diesel
GI / hora:	1.8

Fuente: Investigación directa

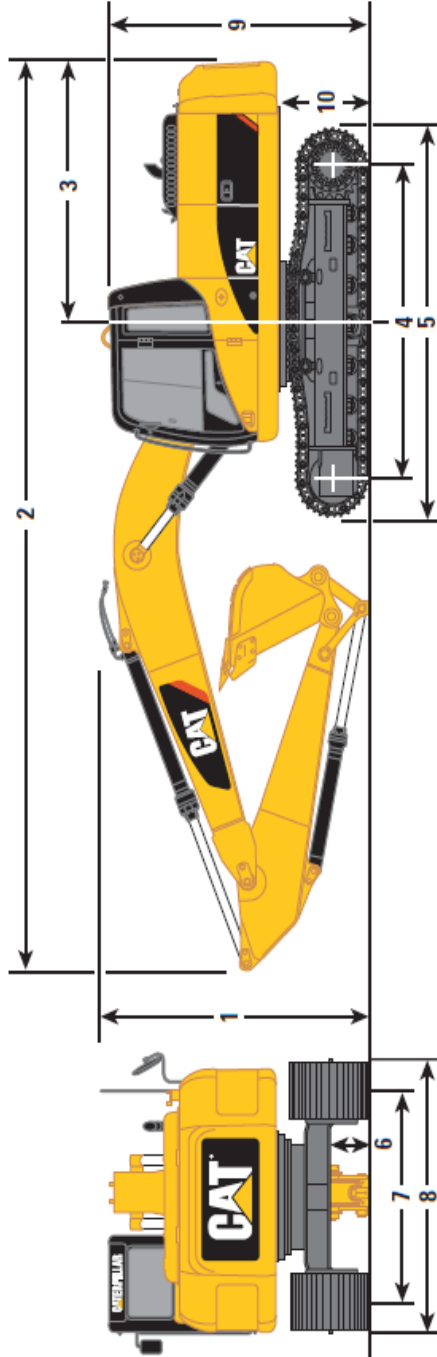
Ilustración 11 – Cargador Frontal Caterpillar 966H



1	Altura hasta la parte de arriba de la estructura ROPS	3.600 mm (11'10")
2	Altura hasta la parte superior del tubo de escape	3.552 mm (11'8")
3	Altura hasta la parte superior del capó	2.678 mm (8'9")
4	Espacio libre sobre el suelo con neumáticos 26.5R25 L-4 Firestone (vea la tabla de neumáticos para otros neumáticos)	496 mm (1'8")
5	Altura del pasador del cucharón	4.224 mm (13'10")
6	Desde la línea de centro del eje trasero hasta el contrapeso	2.461 mm (8'1")
7	Distancia entre los ejes	3.450 mm (11'4")
8	Altura del pasador del cucharón en transporte	507 mm (1'8")
9	Desde la línea de centro del eje trasero hasta el enganche	1.725 mm (5'8")
10	Inclinación hacia atrás a levantamiento máximo	60,8°
11	Ángulo de descarga a levantamiento máximo	45°
12	Inclinación hacia atrás en transporte	47,4°
13	Inclinación hacia atrás en el suelo	41,8°

Fuente: Manual de equipo

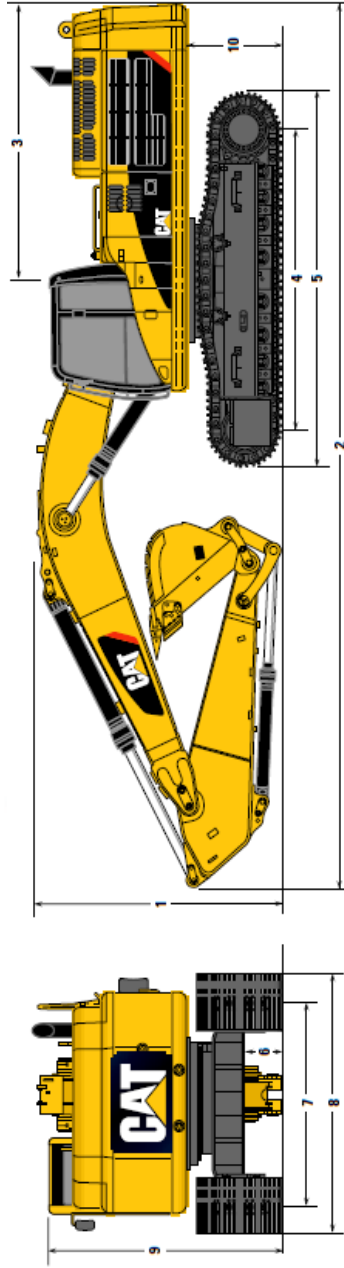
Ilustración 12 – Excavadora Caterpillar 336D L



Opciones de pluma	Pluma de alcance 6,5 m			Pluma para excavación en gran volumen 6,18 m		
	R3.9DB	R3.2DB	R2.8DB	R2.15TB1	M2.55TB1	M2.15TB1
1 Altura de embarque**	3.700 mm	3.340 mm	3.570 mm	3.540 mm	3.650 mm	3.680 mm
2 Longitud de embarque	11.200 mm	11.150 mm	11.210 mm	11.500 mm	10.910 mm	11.200 mm
3 Radio de giro de la cola	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm
Tren de rodaje	Entre vía fija					
4 Longitud hasta el centro de los rodillos	3.610 mm					
5 Longitud de la cadena	4.590 mm					
6 Espacio libre sobre el suelo***	450 mm					
7 Entre vía	2.590 mm					
8 Ancho de la cadena*	3.190 mm					
9 Altura de la cabina**	3.140 mm					
10 Espacio libre del contrapeso***	1.220 mm					

Fuente: Manual de equipo

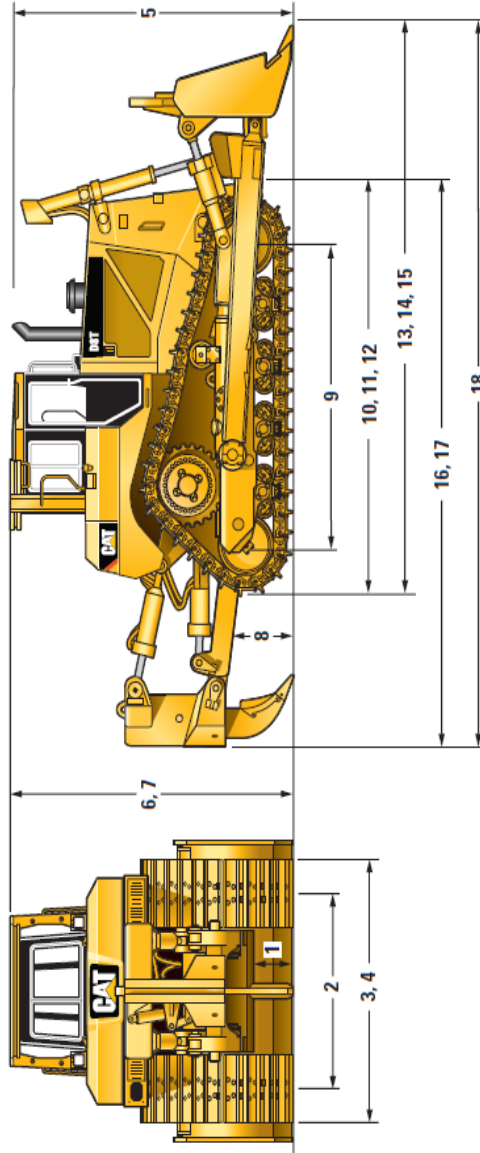
Ilustración 13 – Excavadora Caterpillar 349D L



	Pluma de alcance HD	Pluma para excavación en gran volumen
	6,9 m (22'8")	6,55 m (21'6")
Brazo	R3.9TB (12'10")	M3.0UB (9'10")
	M2.5UB (8'2")	
1 Altura de embarque	3.660 mm (12'0")	4.020 mm (13'2")
2 Longitud de embarque	11.950 mm (39'2")	11.640 mm (38'2")
3 Radio de giro de la cola	3.770 mm (12'4")	3.770 mm (12'4")
Tren de rodaje		
4 Longitud hasta el centro de los rodillos	4.360 mm (14'4")	
5 Longitud de la cadena	5.360 mm (17'7")	
6 Espacio libre sobre el suelo	510 mm (1'8")	
7 Entrevia	2.740 mm (9'0")	
8 Ancho de la cadena*	3.640 mm (11'11")	
9 Altura de la cabina	3.210 mm (10'6")	
10 Altura del contrapeso (hasta la parte inferior)	1.320 mm (4'4")	

Fuente: Manual de equipo

Ilustración 14 – Tractor Oruga Caterpillar D8T



1	Ground Clearance	618 mm	24.3 in
2	Track Gauge	2080 mm	6.82 ft
3	Width without Trunnions (Standard Shoe)	2743 mm	9 ft
4	Width Over Trunnions	3057 mm	10 ft
5	Height (Top of Stack)	3448 mm	11.31 ft
6	Height (FOPS Cab)	3456 mm	11.34 ft
7	Height (ROPS/Canopy)	3461 mm	11.35 ft
8	Drawbar Height (Center of Clevis)	708 mm	27.87 in
9	Length of Track on Ground	3207 mm	10.52 ft
10	Overall Length Basic Tractor	4641 mm	15.23 ft
11	Length Basic Tractor with Drawbar	4998 mm	16.4 ft
12	Length Basic Tractor with Winch	5275 mm	17.31 ft
13	Length with SU-blade	6091 mm	20 ft
14	Length with U-blade	6434 mm	21.1 ft
15	Length with A-blade	6278 mm	20.6 ft
16	Length with Single-Shank Ripper	6422 mm	21 ft

Fuente: Manual de equipo

3.5 ANÁLISIS DEL PLAN DE PRODUCCIÓN

Se determinó que tanto la planificación de la producción, así como el aprovechamiento de los equipos en el aspecto productivo deben ser evaluados para lograr los objetivos del presente estudio.

Respecto al plan de producción hasta el momento podemos identificar dos etapas principales. La primera comprendida entre los meses de Abril a Setiembre del 2013, en la cual no existía un plan de producción definido, y la segunda comprendido desde el mes de Octubre del 2013 en adelante, donde se intentó definir un plan que no se cumplió en su totalidad. Las características de cada una de estas dos etapas son descritas a continuación:

- **Abril 2013 – Setiembre 2013:**
 - Se generó demora en el inicio de la producción por un retraso logístico en el traslado de los equipos. Inicio esperado: 28/03/2013, Inicio real: 13/04/2013
 - No existía un plan de producción definido, basándose en la experiencia de proyectos anteriores de menor magnitud donde se lograba la meta antes de la fecha límite.
 - No se consideró que nunca se había trabajado con este material y se ignoró los rendimientos de la maquinaria. Tampoco se consideró la reducción del tiempo de producción por el cumplimiento de las exigencias y limitaciones de seguridad SMCV.

- **Octubre 2013 – Julio 2014:**

- Se desarrolló un plan basado en una producción semanal de 30250 m³(5500 m³ diarios), calculado en base a cuanto se tenía que producir más no se consideró paradas obligatorias (feriados, campañas HSE, etc.) ni se hicieron cambios en la capacidad de producción.
- El plan cumplía con la fecha límite de producción 18 marzo del 2015.
- Este plan no se cumplió debido a que se ignoraron temas del mantenimiento de los equipos, capacidad de los equipos real y los problemas reales que se presentan en un proceso productivo.
- Al 31 de Julio del 2014 se tiene un retraso de 115,553 m³en comparación al plan, lo que representa 21 días de producción adicionales una vez vencido el plazo de entrega.

Plan (m3) =	1,540,965
Real (m3) =	1,425,412
Avance =	92.50%

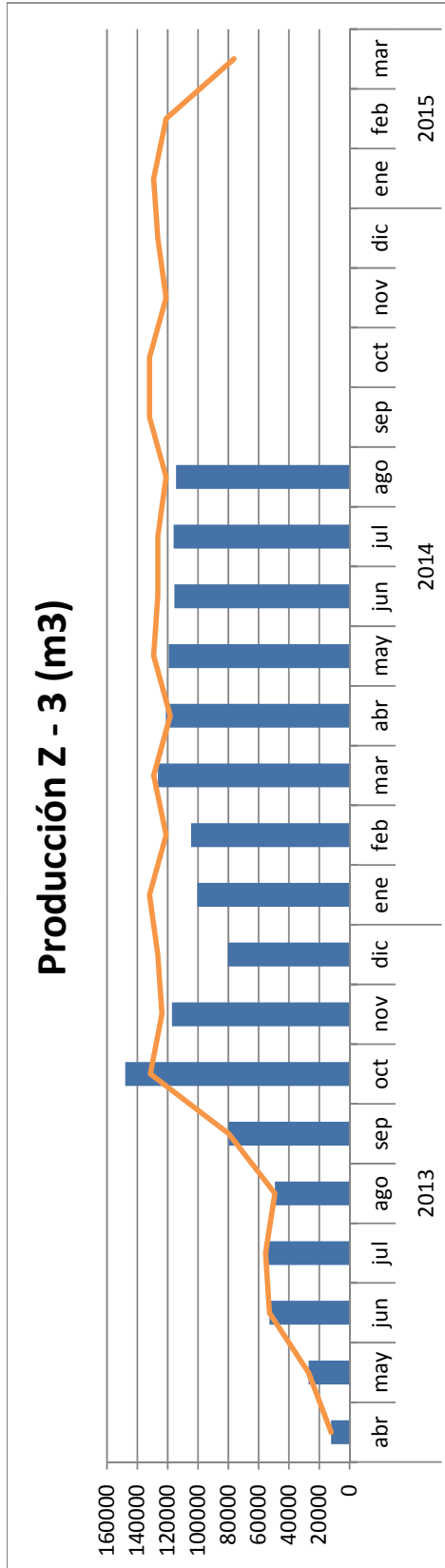
- Proyectando el ritmo de producción se estima la finalización del proyecto en Junio del 2015, lo que provocara costos considerables teniendo en cuenta que SMI desembolsara un monto por establecimiento de sitio mensual solo hasta el mes de Marzo del 2015, además de un contra pago aplicable por retraso del proyecto CVPUE.

Como conclusión se afirma que se tiene un cumplimiento del 57.02% en cuanto a la producción total transcurrido el 66.67% del plazo dado, lo cual demuestra la necesidad de efectuar una nueva planificación para determinar el nivel de producción que garantice el cumplimiento del contrato.

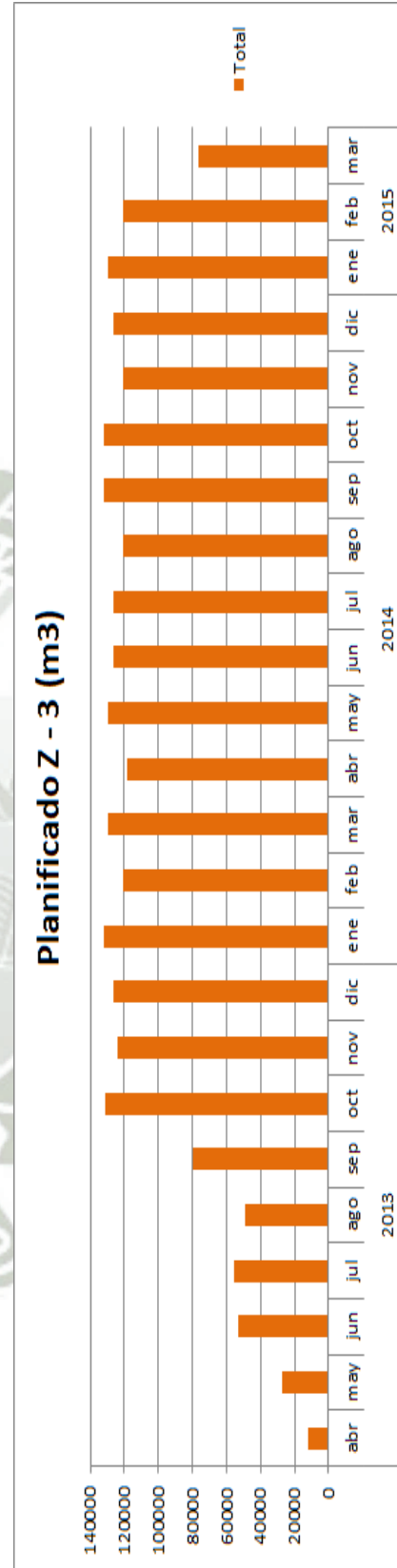
A continuación se muestra los niveles de producción mensuales que se tuvieron hasta Julio del 2014 junto con sus respectivos planes mensuales (Gráfica n° 1 - Producción Efectuada Julio 2014), el plan de producción actual (Gráfica n° 2 - Plan de Producción Actual), y el plan acumulado contra la producción acumulada real proyectada hasta el cumplimiento de la meta contractual (Gráfica n° 3 - Producción Proyectada).

Al observar la Gráfica n° 3 queda expresa la necesidad de realizar una mejora que permita el cumplimiento del contrato, de lo contrario se tendría un déficit de 312, 150 m³.

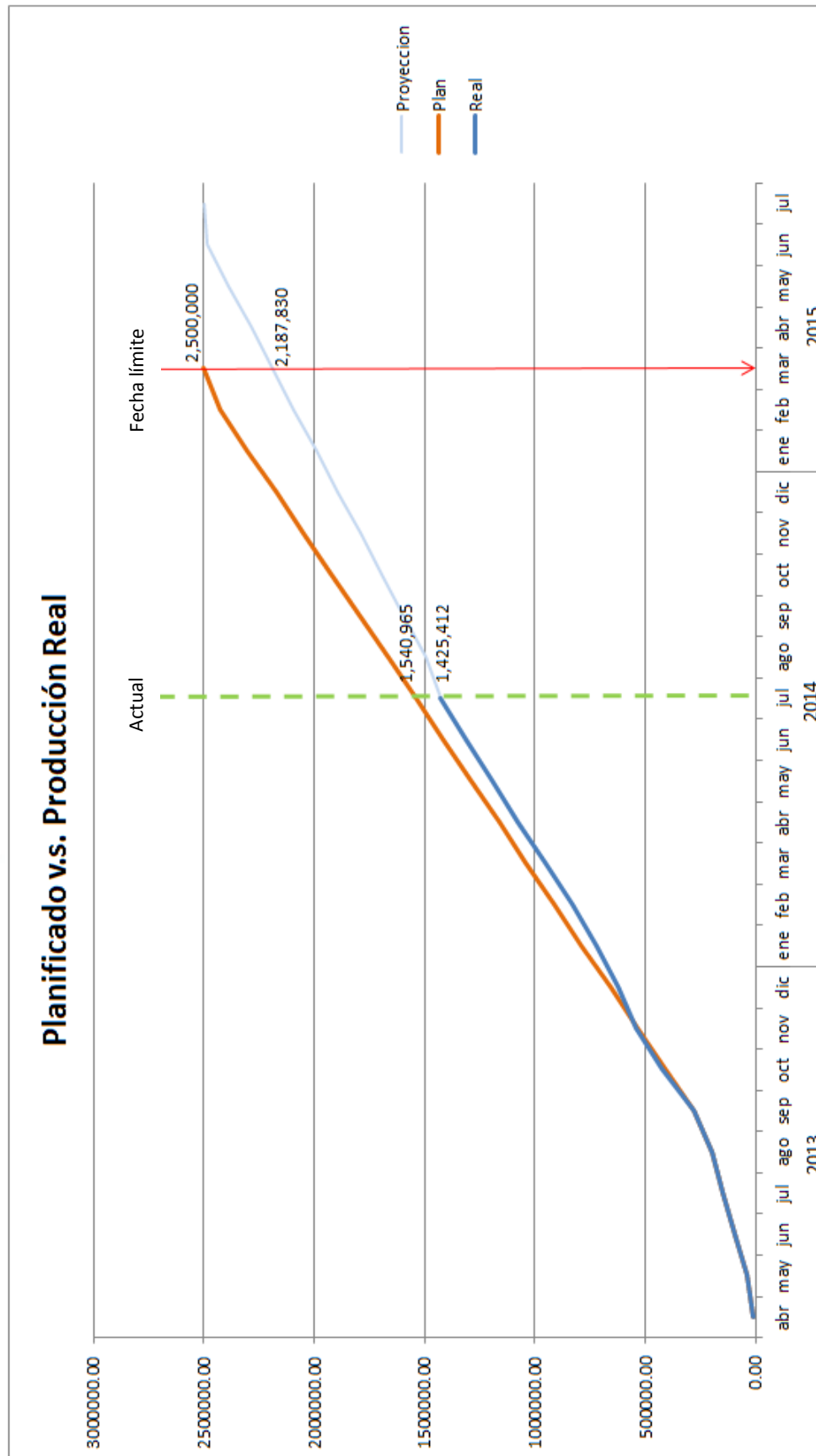
Gráfica n° 1 – Producción Efectuada Julio 2014



Gráfica n° 2 – Plan de Producción Actual



Gráfica n° 3 – Producción Proyectada



CAPITULO IV

DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En este capítulo mediante la técnica de simulación, se representa el sistema actual, consiguiendo un análisis mayor detalle en cuanto a sus falencias y brindando la posibilidad de experimentar en busca de la solución a sus problemas utilizando software Arena 14.0. Para la aplicación de la simulación del sistema productivo es necesario determinar los siguientes elementos:

4.1 PROPIEDADES DEL MODELO

Se determinó como principal entidad entrante al sistema un metro cúbico (m^3) de material seleccionado, el cual será evaluado al finalizar el proceso ya seleccionado como material Z-3 o material Over. Las variables a utilizar en la representación del modelo son las siguientes:

- **Variable Exógenas:**
 - X1: Tiempo Rebajado de Material
 - X2: Tiempo Alimentación Excavadora 349DL
 - X3: Tiempo Alimentación Excavadora 336DL
 - X4: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 390 1
 - X5: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 390 2
 - X6: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 595

- X7: Tiempo Carguío Volquetes
- X8: Tiempo Transporte a Stock Pile Z-3
- X9: Tiempo Transporte a Stock Pile Over
- X10: Tiempo Descarga Volquetes
- X11: Tiempo Regreso de Descarga Z-3
- X12: Tiempo Regreso de Descarga Over
- X13: Frecuencia Acercamiento a Talud 390
- X14: Frecuencia Acercamiento a Talud 595
- X15: Tiempo de Acercamiento 390
- X16: Tiempo de Acercamiento 595
- X17: Frecuencia Falla Atoro Zarandas
- X18: Tiempo de Atoro Zarandas
- X19: Cantidad y tipo de recursos utilizados
- **Variable Endógenas:**
 - U1: Utilización Tractor
 - U2: Utilización Excavadora 349DL 1
 - U3: Utilización Excavadora 349DL 2
 - U4: Utilización Excavadora 336DL
 - U5: Utilización Terex Finlay 390 1
 - U6: Utilización Terex Finlay 390 2
 - U7: Utilización Terex Finlay 595
 - U8: Utilización Cargador frontal 966H 1
 - U9: Utilización Cargador frontal 966H 2
 - U10: Utilización Cargador frontal 966H 3

- U11: Utilización Volquete SVOL-565
- U12: Utilización Volquete SVOL-567
- U13: Utilización Volquete SVOL-568
- U14: Utilización Volquete SVOL-569
- U15: Utilización Volquete SVOL-571
- U16: Utilización Volquete SVOL-574
- U17: Utilización Zona de descarga
- Wq1: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 1
- Wq2: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 2
- Wq3: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 595
- Wq4: Tiempo promedio en cola en zona de descarga
- Y1: Producción promedio por hora
- Y2: Producción promedio por turno día
- Y3: Producción promedio por turno noche
- Y4: Producción promedio por semana
- Y5: Producción promedio mensual
- Y6: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 1
- Y7: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 2
- Y8: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 595

4.2 PLAN DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la toma de datos en el proceso productivo de material Zona 3 se determinó el tamaño de muestra utilizando una muestra para el recojo de datos inicial de 30 datos por cada una de las variables.

Los datos fueron levantados con el apoyo de colaboradores de la empresa asignados para esta tarea específica en un periodo de una semana. En base a estos datos se pudo determinar la media y la desviación estándar que sirvieron para calcular el tamaño de muestra por variable, permitiendo luego definir la distribución que más se ajuste estadísticamente y pueda representar con exactitud el modelo productivo. Se utilizó la fórmula de tamaño de muestra basada en la media y desviación estándar para una muestra inicial de 30 datos basada en la distribución normal:

$$n_0 = \frac{Z^2_{(1-\alpha/2)} * s^2}{e^2}$$

$$\text{Si: } N > n_0(n_0 - 1) \Rightarrow n = n_0 / (1 - (n_0/N))$$

Dónde:

$Z^2_{(1-\alpha/2)}$ = Nivel de confianza

s^2 = Varianza poblacional

e = Error máximo permisible ($2\% * \mu$)

μ = Media muestral

N = Tamaño de la población estimada

n_0 = Tamaño de muestra n

En base a la información recogida se exponen los siguientes resultados para el tamaño de muestra para cada una de las variables del sistema:

Tabla 13- Resumen tamaño de muestra

Variable	μ (seg.)	s (seg.)	e	no	n
X1: Tiempo Rebajado de Material	21.82	2.97	0.44	178.29	185
X2: Alimentación Excavadora 349DL	24.77	1.60	0.50	39.88	40
X3: Alimentación Excavadora 336DL	25.98	1.69	0.52	40.60	41
X4: Zarandeo Terex 390 1	59.70	4.86	1.19	63.77	64
X5: Zarandeo Terex 390 2	64.10	3.82	1.28	34.07	34
X6: Zarandeo Terex 595	57.75	3.85	1.16	42.74	43
X7: Carguío Volquetes	71.00	5.09	1.42	49.26	49
X8: Transporte a Stock Pile Z-3	207.15	16.72	4.14	62.53	63
X9: Transporte a Stock PileOver	199.20	13.18	3.98	42.07	42
X10: Descarga Volquetes	80.40	6.11	1.61	55.42	55
X11: Regreso de Descarga Z-3	169.08	12.10	3.38	49.20	49
X12: Regreso de DescargaOver	164.30	12.51	3.29	55.70	56

Fuente: Elaboración propia

El resto de variables fueron determinadas con el apoyo de expertos, comprobada mediante la observación en campo y revisión de reportes de producción. Considerando lo anterior se recogió la cantidad de muestras resultante por variable a ser estudiada.

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Observación y medición propia (Apoyo de personal vigía, asistentes de despachos y supervisores de producción).
- Opinión de expertos: Supervisor de mantenimiento y operadores de zarandas.

- Reportes de producción sobre el funcionamiento histórico de la maquinaria.

4.4 PERIODO DE ESTUDIO

La toma de datos se realizó en un periodo de dos semanas desde el lunes 7 de Julio del 2014 hasta el sábado 18 de Julio del 2014. Las consultas para las variables basadas en la opinión de los expertos y revisión de reportes de producción se llevaron a cabo en el mismo periodo de tiempo.

4.5 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron analizados mediante el complemento del software Arena denominado Input Analyzer, el cual establece las hipótesis y realiza las pruebas de Chi-cuadrado y Kolmogrov-Smirnov en forma automática, lo cual permite determinar la distribución de probabilidad estadística que más se ajuste al comportamiento de los datos recogidos.

Se muestra el detalle de cada variable junto con el análisis realizada en el Anexo n° 1 – Análisis de datos. Los resultados del Input Analyzer como los consultados a los expertos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14 – Distribuciones Probabilísticas Actual

Variable	Distribución	Unidad
X1: Tiempo rebajado de material	NORM (20.9 , 2.59)	Seg.
X2: Alimentación excavadora 349DL	TRIA (21 , 25.1, 28)	Seg.
X3: Alimentación excavadora 336DL	23 + WEIB (3.68, 1.69)	Seg.
X4: Zarandeo Terex Finlay 390 1	TRIA (50.5, 59, 70.5)	Seg.
X5: Zarandeo Terex Finlay 390 2	56.5 + 15 * BETA (1.28, 1.33)	Seg.
X6: Zarandeo Terex Finlay 595	NORM (57.4, 3.57)	Seg.
X7: Carguío volquetes	57 + 21 * BETA (1.9, 0.987)	Seg.
X8: Transporte a stock pile Z-3	176 + 65 * BETA (1.4, 1.88)	Seg.
X9: Transporte a stock pile Over	POIS(200)	Seg.
X10: Descarga volquetes	69 + 23 * BETA (1.37, 1.36)	Seg.
X11: Regreso de descarga Z-3	NORM (167, 12.6)	Seg.
X12: Regreso de descarga Over	142 + 48 * BETA(1.69, 1.84)	Seg.
X13: Frecuencia Acercamiento T390	TRIA(1900 , 2000 , 2100)	Count
X14: Frecuencia Acercamiento a T595	TRIA(2700 , 2800 , 2900)	Count
X15: Tiempo de Acercamiento 390	TRIA(1.5 , 1.75 , 2)	Hrs.
X16: Tiempo de Acercamiento 595	TRIA(1 , 1.25 , 1.5)	Hrs.
X17: Frecuencia Falla Atoro Zarandas	TRIA(1100, 1200 , 1300)	Count
X18: Tiempo de Atoro Zarandas	TRIA(1.75 , 2.0 , 2.25)	Hrs.

Fuente: Elaboración propia

4.6 MODELO DE SIMULACIÓN Y ANIMACIÓN

El modelado de simulación se construyó con ayuda del software Arena 14.0, con el cual se representa el sistema real con la mayor proximidad posible. La estructura del sistema es la siguiente:

- **Componentes:**

- Material Seleccionado
- Zarandas
- Tractor Oruga
- Excavadoras
- Cargadores Frontales
- Volquetes

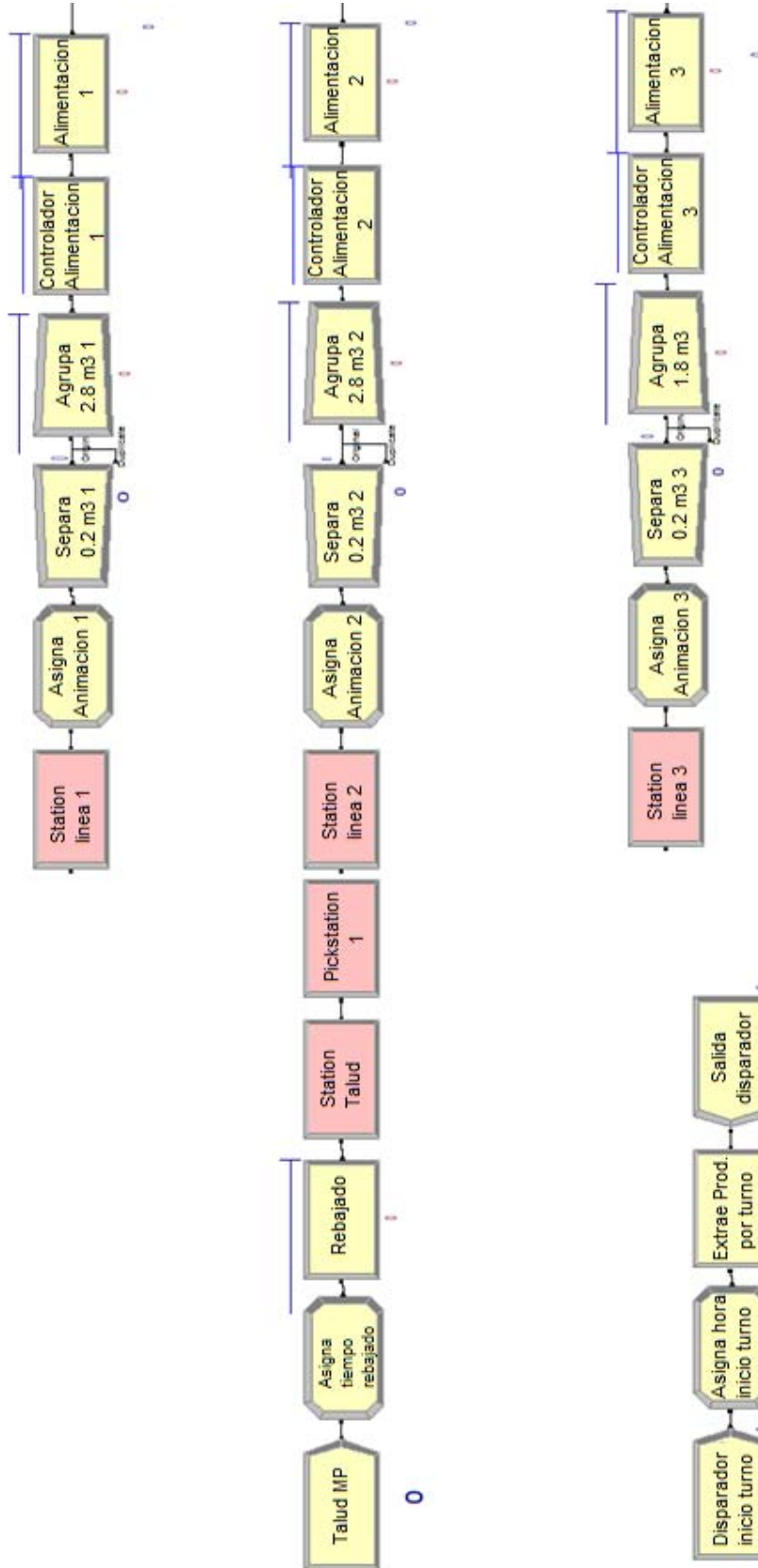
- **Parámetros:**

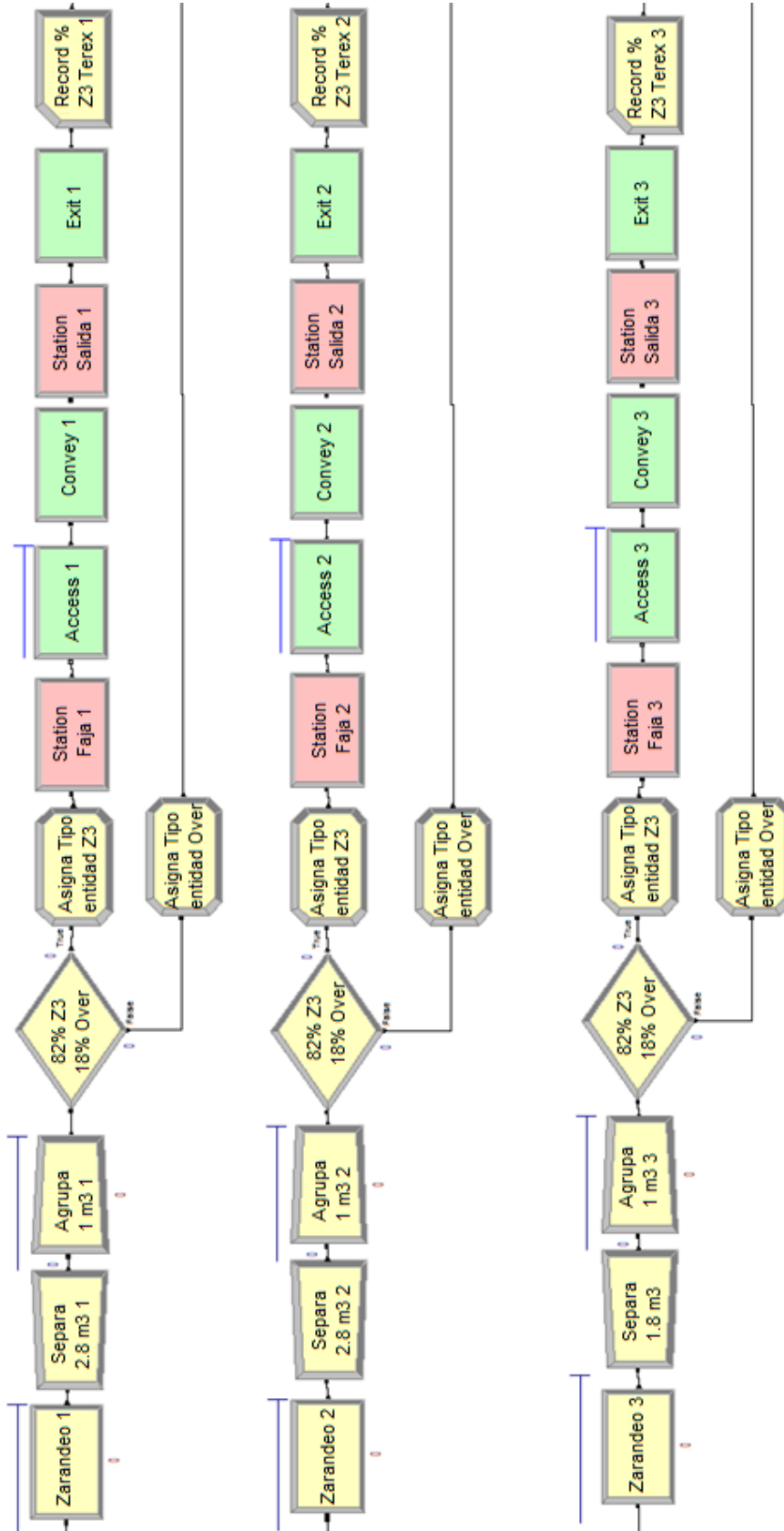
- Tiempo de Calentamiento: 360 horas – 16 de Junio 2014 al 30 de Junio 2014.
- Tiempo de Simulación: 1848 horas – 01 de Julio 2014 al 31 de Agosto 2014.
- Numero de réplicas: Se utilizó el Teorema del Limite Central el cual se busca la tendencia a la normalidad con un determinado nivel de confianza. (Variable = producción mensual , nivel de confianza 95%, desviación estándar = 568 con 40 réplicas muestrales)

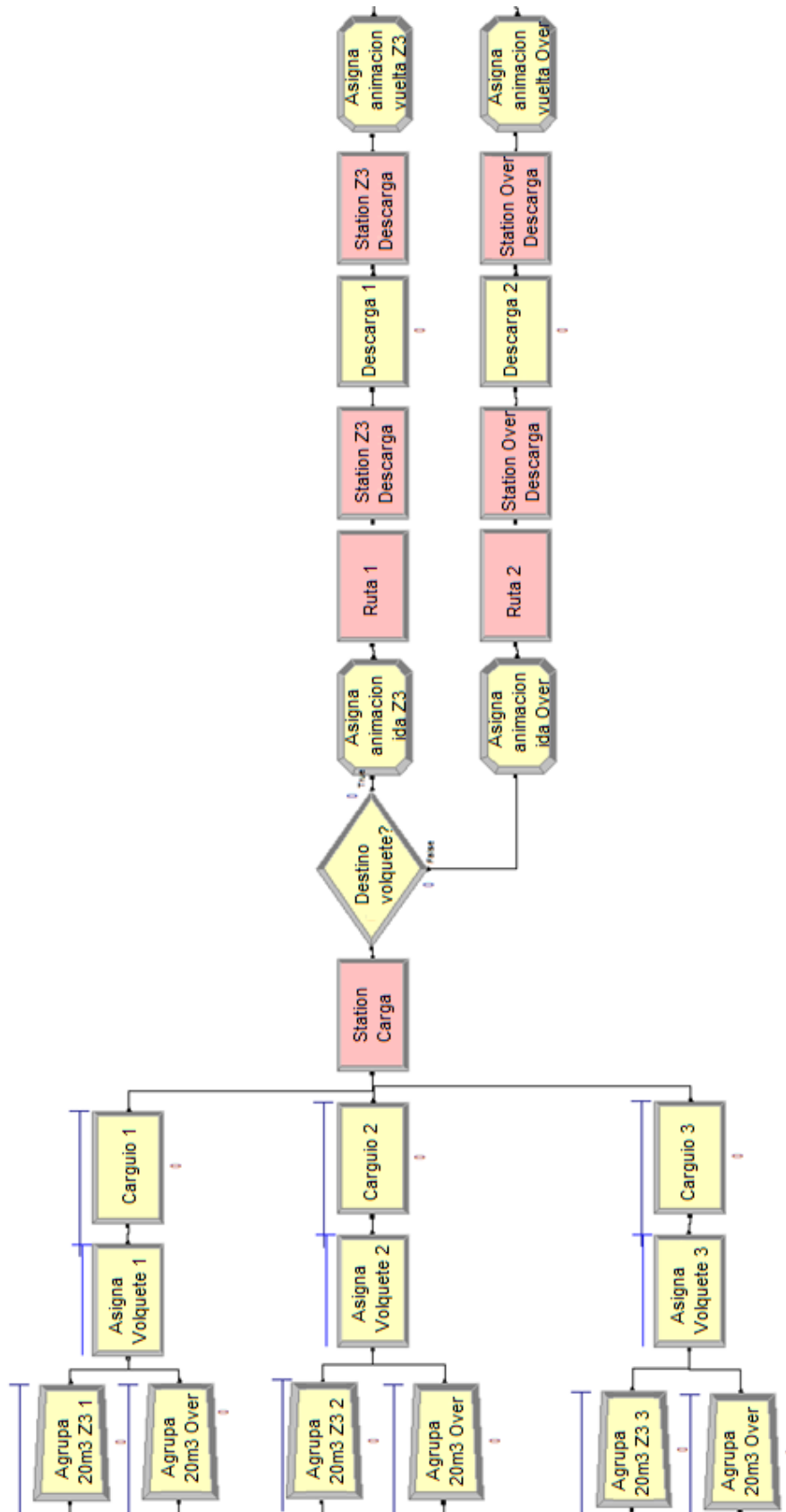
$$N = \frac{Z_{(1-\alpha/2)}^2 * S(n)^2}{e^2} = \frac{1.96^2 * 568^2}{250^2}$$

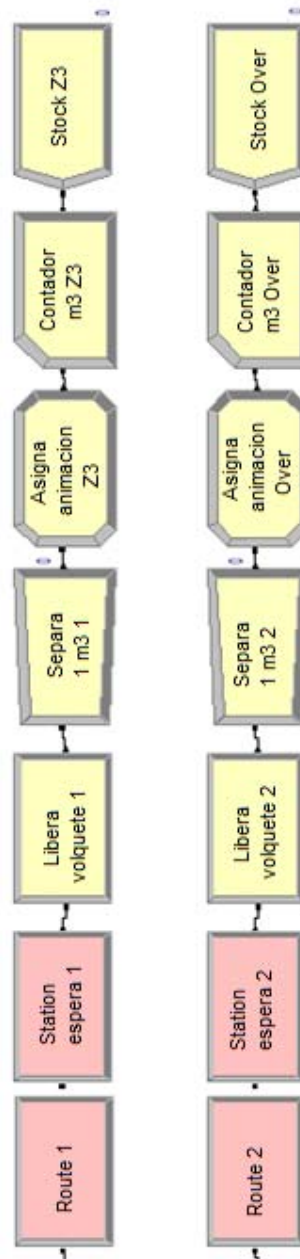
$$N = 19.83 = 20 \text{ replicas}$$

Ilustración 15 – Modelado en Software Arena Actual









Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16 – Animación en Software Arena



Fuente: Elaboración propia

4.7 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Se afirma que el modelo construido es válido al comparar la evidencia recogida con los resultados obtenidos de la simulación. La estructura del modelo fue verificada mediante la revisión lógica del funcionamiento del sistema lo cual respalda la utilidad del modelo. Para respaldar esta decisión se tomó como muestra los resultados de la variable producción mensual considerada de mayor importancia. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 15 – Validación del Modelo

Producción	Real	Resultado Simulación
Julio	116010	114764 ± 173.42
Agosto	114400	114354 ± 185.11

Fuente: Elaboración propia

4.8 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

El software arena permite visualizar diferentes tipos de reportes de los cuales se extrajo la información expuesta en la Tabla 16. Luego de realizar la simulación se obtuvieron las siguientes variables que permitirán conocer la problemática durante el funcionamiento real del sistema:

Tabla 16 – Resultados Modelo Actual

Variable	Valor Obtenido	HalfWidht (±)
U1: Utilización Tractor	100.00%	0.00%
U2: Utilización Excavadora 349DL 1	33.09%	0.01%
U3: Utilización Excavadora 349DL 2	31.25%	0.01%
U4: Utilización Excavadora 336DL	37.42%	0.01%
U5: Utilización Terex Finlay 390 1	81.28%	0.01%
U6: Utilización Terex Finlay 390 2	81.71%	0.01%
U7: Utilización Terex Finlay 595	82.62%	0.01%
U8: Utilización Cargador frontal 966H 1	13.29%	0.01%
U9: Utilización Cargador frontal 966H 2	12.55%	0.01%
U10: Utilización Cargador frontal 966H 3	9.08%	0.01%
U11: Utilización Volquete SVOL-565	39.20%	0.01%
U12: Utilización Volquete SVOL-567	37.95%	0.01%
U13: Utilización Volquete SVOL-568	38.16%	0.01%
U14: Utilización Volquete SVOL-569	41.21%	0.01%
U15: Utilización Volquete SVOL-571	41.89%	0.01%
U16: Utilización Volquete SVOL-574	41.54%	0.01%
U17: Utilización Zona de descarga	9.31%	0.01%
U18: Utilización Zona de descarga Over	4.08%	0.01%
Wq1: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 1	306.40	1.76
Wq2: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 2	347.18	1.73
Wq3: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 595	250.17	2.25

Wq4: Tiempo promedio en cola en zona de descarga	0.00010542	0.00
Y1: Producción promedio por hora	208.25	0.22
Y2: Producción promedio por turno día	2204.92	7.14
Y3: Producción promedio por turno noche	2868.63	9.14
Y4: Producción promedio por semana	26962.96	37.45
Y5: Producción promedio mensual	114559.00	142.10
Y6: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 1	38.16%	0.01%
Y7: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 2	35.75%	0.01%
Y8: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 595	26.12%	0.01%

Fuente: Elaboración propia

Podemos obtener las siguientes conclusiones del sistema actual:

- El tractor oruga D8T tiene una utilización del 100% ya que no depende de ningún elemento previo, iniciando el proceso productivo hasta la mitad del turno y en lo posterior se encarga de plataforma el material descargado.
- Dentro de los horarios determinados la utilización obtenida de las excavadoras tiene valores bajos debido al ritmo de trabajo de las zarandas de las cuales dependen, siendo la mayor utilización la excavadora 336DL por poseer un menor cucharón para la alimentación que requiere un número mayor de operaciones.

- El componente con mayor utilización son las zarandas bordeando el 80%, viéndose afectada por los acercamientos periódicos y los atoros constantes en estas. Ellas son determinantes al controlar el ritmo de trabajo formando el cuello de botella del proceso productivo por ser las de mayor utilización.
- Los cargadores frontales solo son utilizados entre el 13% y 9% del tiempo, estando parados durante mucho tiempo a la espera del material provisto por las zarandas.
- Los volquetes son utilizados alrededor del 40% del tiempo, teniendo esperas prolongadas para ser asignados y efectuar viajes de material.
- De las tres zarandas la de mayor porcentaje de material Z-3 producido es la Terex Finlay 390 1 con 38.16% del total. La de menor producción es la Terex Finlay 595 que solo produce cerca de la cuarta parte del total debido a su baja capacidad.
- Es necesario resolver el cuello de botella que generan las zarandas aumentando la disponibilidad de estas, además de evaluar los requerimientos reales de equipos por haber muchos tiempos muertos en general.

CAPITULO V

PLAN Y PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

5.1 PLAN DE PRODUCCIÓN

Es importante determinar un plan de producción que sirva para controlar los avances productivos y que a su vez sea de útil para determinar la magnitud de los cambios en el sistema productivo. Por tal motivo es relevante desarrollar el tema previo a las propuestas de optimización.

5.1.1 Esquema de Planeamiento

Para determinar el plan se siguió los siguientes pasos:

- Determinar la demanda como un valor estable producto de la diferencia entre lo producido y la necesidad total del cliente.
- Establecer un calendario laboral, con los turnos asignados por día, omitiendo fines de semana, feriados, etc.
- Calcular la cantidad de m^3 por turno diurno y nocturno.
- Elaborar plan de producción.

5.1.2 Demanda

Consideraremos la demanda de producción como un único valor estable, el cual luego será descompuesto en función a los días disponibles para la producción.

Desde el inicio de la producción el 13 de Abril del 2013 hasta el 31 de Julio del 2014 se tenía almacenados 1, 425, 412 m³ de material Z-3, que corresponden al 57.02% de la demanda, periodo en el cual se realizó el presente estudio.

Se consideró adicionalmente la producción del mes de Agosto como un periodo de implementación hasta que se puedan consolidar los cambios y se pueda levantar la producción a partir del 01 de Septiembre del 2014, acumulándose 1, 539, 812 m³ representando el 61.59% del total solicitado.

Para cumplir los 2, 500, 000 m³ solicitados por el cliente se tendrá que producir 960, 188 m³ de material Z-3, que representa el 38.41% faltante.

5.1.3 Calendario Laboral

Nuestro periodo de producción está comprendido entre el 01 de Septiembre del 2014 y el 18 de Marzo del 2015. Para este periodo se continuara con los horarios de trabajo llevados desde el inicio del proyecto, con 02 turnos de 12 horas de lunes a viernes y un turno de 12 horas los sábados.

No se programaron trabajos los días domingos ni feriados con el objetivo de minimizar los costos de la mano de obra, teniendo los siguientes días como no laborables según calendario local:

- 8 de Octubre del 2014- Batalla de Angamos

- 1 de Noviembre del 2014–Día de Todos los Santos
- 8 de Diciembre del 2014 –Inmaculada Concepción
- 24 de Diciembre del 2014 (Turno Noche) – Noche buena
- 25 de Diciembre del 2014 – Navidad
- 31 de Diciembre del 2014 (Turno Noche) – Año Nuevo
- 1 de Enero del 2015- Año nuevo

En total tenemos los siguientes días laborables y disponibles para la elaboración del plan de producción:

Días hasta fin de plazo:	199
Días domingos y feriados	33
Días laborables 02 turnos:	137
Días laborables 01 turno:	29
Total Turnos Día:	166
Total Turnos Noche:	137

5.1.4 Elaboración del Plan de Producción

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la cantidad de m³ a producir por turno:

$$(F_{td} \times \text{Cant.}_{td} \times P_{tn}) + (\text{Cant.}_{tn} \times P_{tn}) = P_{total}$$

Dónde:

F_{td} = Factor de turno día

Cant._{td} = Cantidad de turnos día

P_{tn} = Producción por turno noche

Cant._{tn} = Cantidad de turnos noche

P_{total} = Producción total restante m³

- De lo anterior se reemplaza y resuelve:

$$(1.10 \times 166 \times P_t) + (137 \times P_t) = 960188$$

$$P_t (1.10 \times 166 + 137) = 960188$$

$$P_t (1.10 \times 166 + 137) = 960188$$

$$P_t (319.6) = 960188$$

$$P_{tn} = 3004.34$$

- La cantidad de m³ a producir por día de un turno es:

$$P_{1\text{turno}} = 1.10 P_{tn}$$

$$P_{1\text{turno}} = 1.10 (3004.34)$$

$$P_{1\text{turno}} = 3304.78 \text{ m}^3$$

- La cantidad de m³ a producir por día de dos turnos es:

$$P_{td} + P_{tn} = P_{2\text{turnos}}$$

$$1.10 P_{tn} + P_{tn} = P_{2\text{turnos}}$$

$$P_{2\text{turnos}} = 1.10 (3004.34) + 3004.34$$

$$P_{2\text{turnos}} = 6309.12 \text{ m}^3$$

Considerando que la producción es medida en base a los viajes realizados por volquetes de 20 m³, se redondeó las cantidades a producir:

$$P_{2\text{turnos}} = 6320 \text{ m}^3$$

$$P_{1\text{turno}} = 3300 \text{ m}^3$$

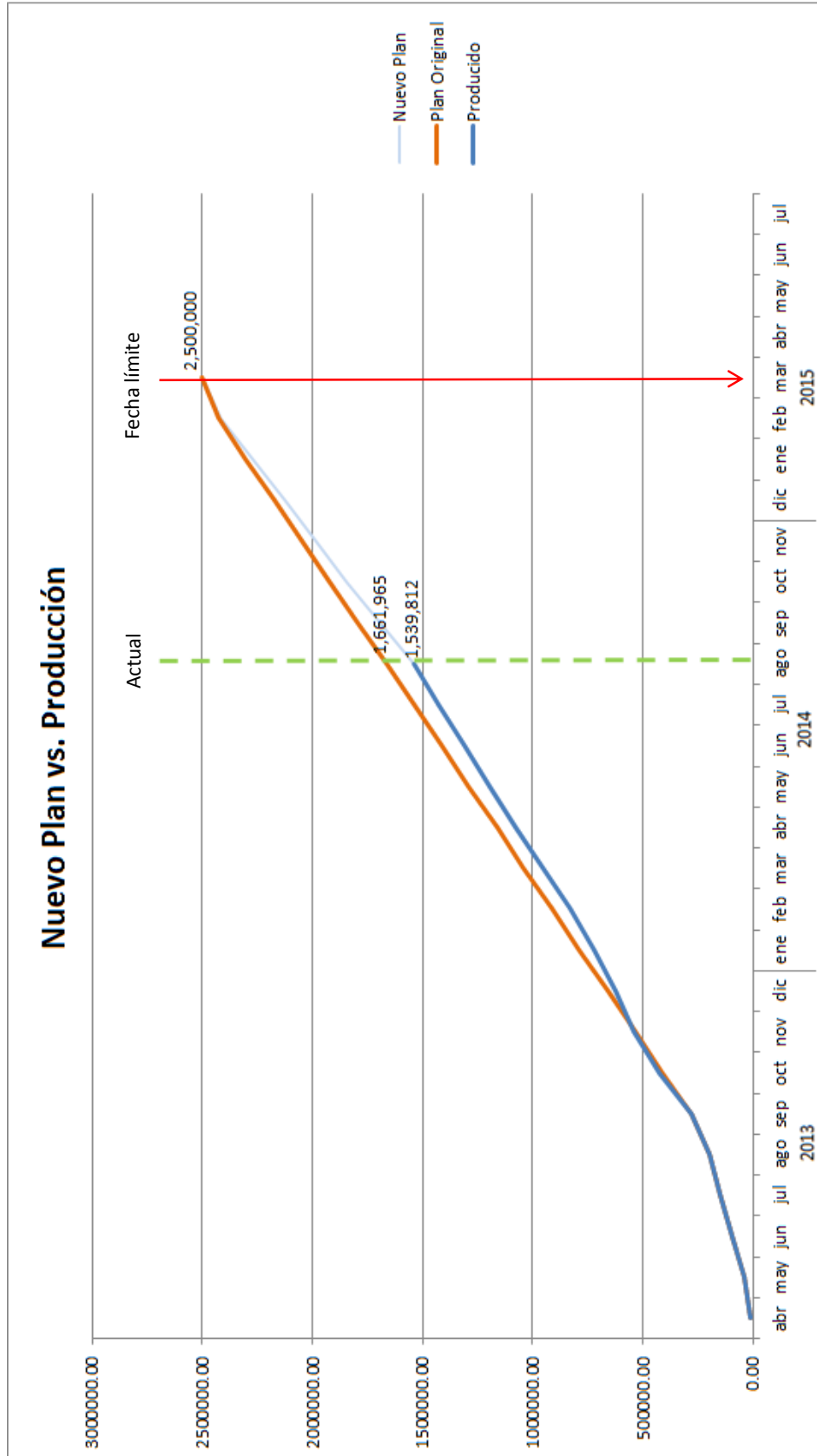
De esta manera se determina en base al cronograma la producción necesaria para lograr el objetivo del proyecto (Ver Gráfica n° 4), mostrándose el Plan Diario de Producción en el Anexo n° 2 – Plan de Producción diario. A continuación se presenta el resumen de este mediante el plan mensual de producción:

Tabla 17 – Plan Mensual de Producción

Año	Mes	Producción (m3)	Acumulado (m3)	
2013	Abril	12150	12150	
	Mayo	27090	39240	
	Junio	52860	92100	
	Julio	55365	147465	
	Agosto	49270	196735	
	Septiembre	79780	276515	
	Octubre	147960	424475	
	Noviembre	117160	541635	
	Diciembre	80280	621915	
	2014	Enero	100480	722395
		Febrero	104532	826927
		Marzo	126440	953367
Abril		121260	1074627	
Mayo		119190	1193817	
Junio		115585	1309402	
Julio		116010	1425412	
Agosto		114400	1539812	
Septiembre		152240	1692052	
Octubre		152240	1844292	
Noviembre		139600	1983892	
Diciembre		139880	2123772	
2015	Enero	149220	2272992	
	Febrero	139600	2412592	
	Marzo	87408	2500000	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica n° 4 – Plan de Producción Propuesto



5.2 PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN

Siendo ya conocidos los niveles de producción requerida, podemos proceder al planteamiento de la propuesta, basada en los problemas identificados:

5.2.1 Objetivos de la propuesta

Los objetivos que busca alcanzar esta propuesta son:

- Aumentar la producción hasta lograr los niveles planificados.
- Disminuir los tiempos muertos de los recursos durante la operación.
- Reducir los costos de operación identificando la adecuada necesidad de recursos.

5.2.2 Descripción de la Propuesta

La propuesta general podemos segmentarla en los siguientes puntos que en conjunto aportaran a la consecución de los objetivos:

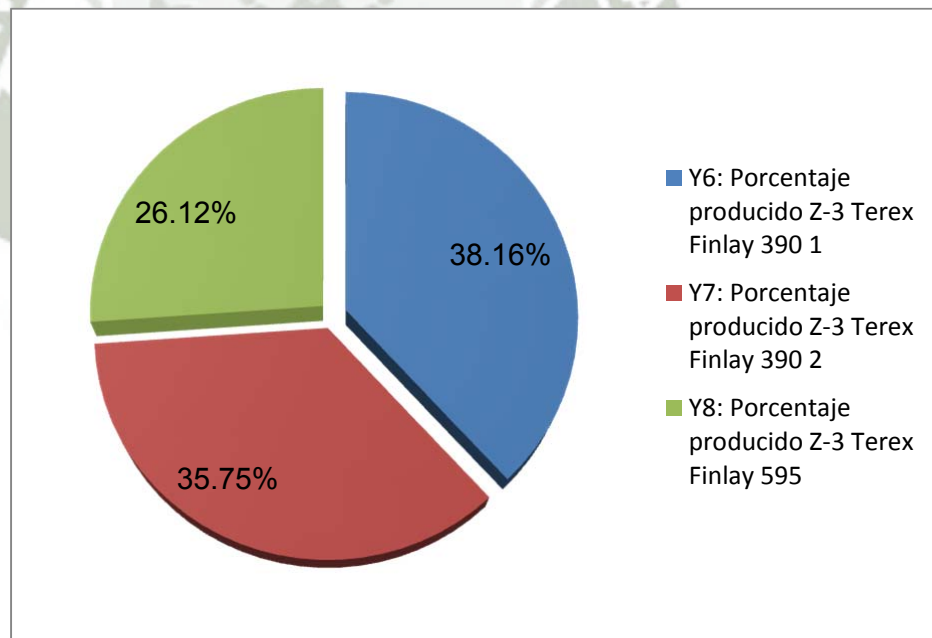
- **Retirar la zaranda móvil Terex Finlay modelo 595 y adquirir una nueva zaranda modelo 390:**

Basados en el capítulo tercero, análisis de la situación actual, se observó que la capacidad no es suficiente para conseguir la

producción diaria de Z-3 requerida (6320 m³ diarios) para el cumplimiento del contrato.

Al evaluar la toma de tiempos, se observa que la zaranda móvil 595 es la que demanda mayor tiempo para cumplir su operación, siendo aproximadamente 51% más lenta que las zarandas modelo 390. Un indicador importante para determinar que esta zaranda debe ser reemplazada, es la variable Y8: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 595 del total con un valor de 26.12%, mostrado con mayor claridad en la Gráfica n° 5:

Gráfica n° 5–Porcentaje producción por zaranda



Fuente: Elaboración propia

Se propone reemplazarla por una zaranda Terex Finlay de modelo 390 debido a que ya se conoce el funcionamiento que

esta desarrolla tanto por el personal de producción y por el personal de mantenimiento, ahorrando tiempo en la adaptación de un nuevo equipo con la capacitación que se requeriría por elegir otro modelo. Además se tiene comprobada su adaptación al tipo de material que se procesa y la comunicación con el proveedor representante de las ventas de ventas de Terex Finlay en Perú, Consorcio Mecánico Comercial S.A.C, para las facilidades de adquisición que se requieran.

Mediante esta propuesta se espera obtener un aumento de por lo menos un 10% en esta línea de producción.

- **Sustitución de excavadoras CAT modelo 349DL por 336DL:**

Uno de los principales problemas identificados en el funcionamiento del proceso productivo son los atoros en las zarandas móviles, problema que no solo inhabilita la zaranda sino también los equipos que trabajan en su línea de producción.

La causa principal de los atoros es la sobrealimentación, habiendo un exceso de material zarandeado en el cajón alimentador saturándolo y provocando que el equipo se detenga sin poder evacuar el material por la faja transportadora que forma el stockpile. Estafalla demora un promedio de 2 horas en ser solucionado, ya que se tiene que retirar manualmente todo el material del cajón alimentador y limpiar

las piezas involucradas, con una frecuencia de aproximadamente cada 3 turnos.

La alimentación es controlada actualmente por el criterio de los operadores, donde limitan el ritmo de trabajo esperando ciertos intervalos de tiempo para dejar el material sobre la parrilla. Este método no solo provoca fatiga en el operador colocándolo en un ritmo de trabajo lento, sino que además daña la maquinaria involucrada. Se hace muy difícil controlar el ritmo de alimentación por el tamaño del cucharón de las excavadoras, las cuales son demasiado grandes para lo que realmente se necesita, considerando que la capacidad máxima del cajón de una Terex Finlay 390 es de 7m^3 y la cantidad de material para su correcto funcionamiento es menor.

Ilustración 17- Niveles Cajón Alimentador Terex 390



Fuente: CO.ME.CO S.A.C. Elaboración propia

Las excavadoras 349D L poseen cucharones de tipo general, sin ningún refuerzo adicional, con una capacidad de 3.08m^3

nominales, mientras que la excavadora 336D L cuenta con un cucharón de 2.1 m^3 . El factor de carga de acuerdo a los manuales, para un material arcilloso de densidad aproximada 1.6 tn/m^3 , es 90% de la capacidad nominal. Lo que nos muestra que aproximadamente la cantidad alimentada por cada ciclo de excavación es 2.8 m^3 para las excavadoras 349D L y 1.8 m^3 para la excavadora 336D L.

Como se observó en la Ilustración 17 - Niveles Cajón Alimentador Terex 390, el nivel recomendable en el cajón alimentador no debe superar los 4.5 a 5 m^3 , lo cual se supera con 2 paladas de la excavadora 349D L. Por el contrario utilizando una excavadora 336D L de cucharón con capacidad efectiva de 1.8 m^3 se reduce la probabilidad de descuido en el operador garantizando la continuidad de la operación. La propuesta consiste en remplazar las 2 excavadoras 349D L por excavadoras 336D L.

- **Reducción de volquetes**

La utilización de los volquetes actualmente se encuentra entre un 38% y 42%, lo cual muestra que el número de volquetes con el que se trabaja es superior al que realmente se requiere, a pesar del aumento de la producción. Manteniendo el número actual solo se consumiría más combustible ya que los equipos se encuentran encendidos durante todo el día,

además de desperdiciar recursos de la empresa que podrían ser aprovechados para otras operaciones.

- **Reducción de un Cargadores Frontales 966H**

La utilización de los cargadores frontales actualmente se encuentra entre un 9% y 13%, destinando un cargador por línea de producción. Esta utilización no aumentara mucho con el incremento de la producción, lo que muestra una mala utilización de recursos que podrían ser aprovechados por la empresa en otras operaciones.

5.3 SIMULACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

Basándonos en el modelado del método actual y haciendo uso del software Arena 14.0, se efectuó las consideraciones necesarias para representar el sistema propuesto hasta la fecha límite de contrato.

5.3.1 Variables

De las variables utilizadas para el método actual se debe considerar:

- No utilizar la variable “X2: Alimentación excavadora 349DL” al ser removidas estas excavadoras para ser reemplazadas por excavadoras 336DL utilizando la variable “X3: Alimentación excavadora 336DL”.
- Las variables “X4: Zarandeo Terex Finlay 390 1” y “X5: Zarandeo Terex Finlay 390 2” fueron medidas haciendo uso de

excavadoras 349DL, por lo que serán nuevamente medidos utilizando una excavadora 336DL.

- Además las variables “X6: Zarandeo Terex Finlay 595”, “X14: Frecuencia Acercamiento a T595” y “X16: Tiempo de Acercamiento 595” también serán dejadas de lado al ser remplazada la zaranda 595 por una nueva zaranda modelo 390, que utilizara el tiempo resultante de producción menor de las otras dos zarandas, con el objetivo de colocarnos en un escenario pesimista que garantice mayores probabilidades de éxito.
- Los valores de la variable “X13: Frecuencia Acercamiento T390” serán convertidas proporcionalmente al uso de excavadoras 336DL ya que fueron medidas al uso de excavadoras 349DL.
- La frecuencia de fallos por atoro será convertida a excavadoras 336DL, así como será incrementada esperando solo se suscite el fallo una vez por semana gracias a la mejora de reemplazo de excavadoras.
- Se considera que el tiempo de movimiento de los cargadores frontales hacia otra línea de producción es despreciable debido a que los cargadores tienen bastantes tiempos muertos hasta que son requeridos.

Tabla 18 – Distribuciones Probabilísticas Propuesto

Variable	Distribución	Unidad
X1: Tiempo rebajado de material	NORM (18.9 , 2.59)	Seg.
X2: Alimentación excavadora 349DL	-	-
X3: Alimentación excavadora 336DL	23 + WEIB (3.68, 1.69)	Seg.
X4: Zarandeo Terex Finlay 390 1	29.5 + WEIB(7.22, 3.2)	Seg.
X5: Zarandeo Terex Finlay 390 2	32.5 + 9 * BETA(1.45, 1.86)	Seg.
X6: Zarandeo Terex Finlay 595	-	-
X7: Carguío volquetes	57 + 21 * BETA (1.9, 0.987)	Seg.
X8: Transporte a stock pile Z-3	176 + 65 * BETA (1.4, 1.88)	Seg.
X9: Transporte a stock pile Over	POIS(200)	Seg.
X10: Descarga volquetes	69 + 23 * BETA (1.37, 1.36)	Seg.
X11: Regreso de descarga Z-3	NORM (167, 12.6)	Seg.
X12: Regreso de descarga Over	142 + 48 * BETA(1.69, 1.84)	Seg.
X13: Frecuencia Acercamiento T390	TRIA(3000 , 3100 , 3200)	Count
X14: Frecuencia Acercamiento a T595	-	-
X15: Tiempo de Acercamiento 390	TRIA(1.5 , 1.75 , 2)	Hrs.
X16: Tiempo de Acercamiento 595	-	-
X17: Frecuencia Falla Atoro Zarandas	TRIA(8800, 8900 , 9000)	Count
X18: Tiempo de Atoro Zarandas	TRIA(1.75 , 2.0 , 2.25)	Hrs.

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Modelado del sistema propuesto

Se mantienen los componentes del sistema anterior pero se modifican los parámetros de simulación representando el periodo restante de plazo para el cumplimiento del contrato:

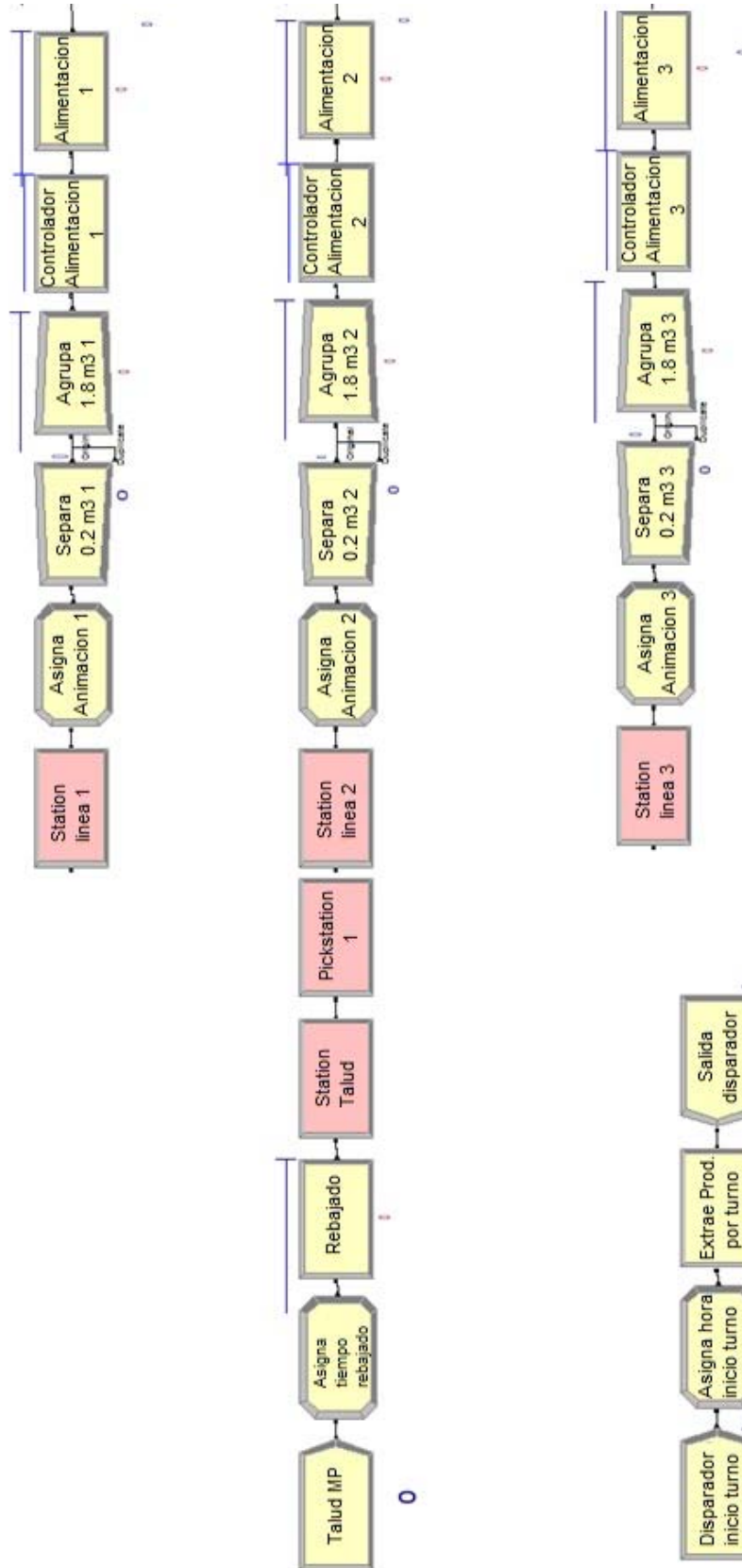
- **Componentes:**

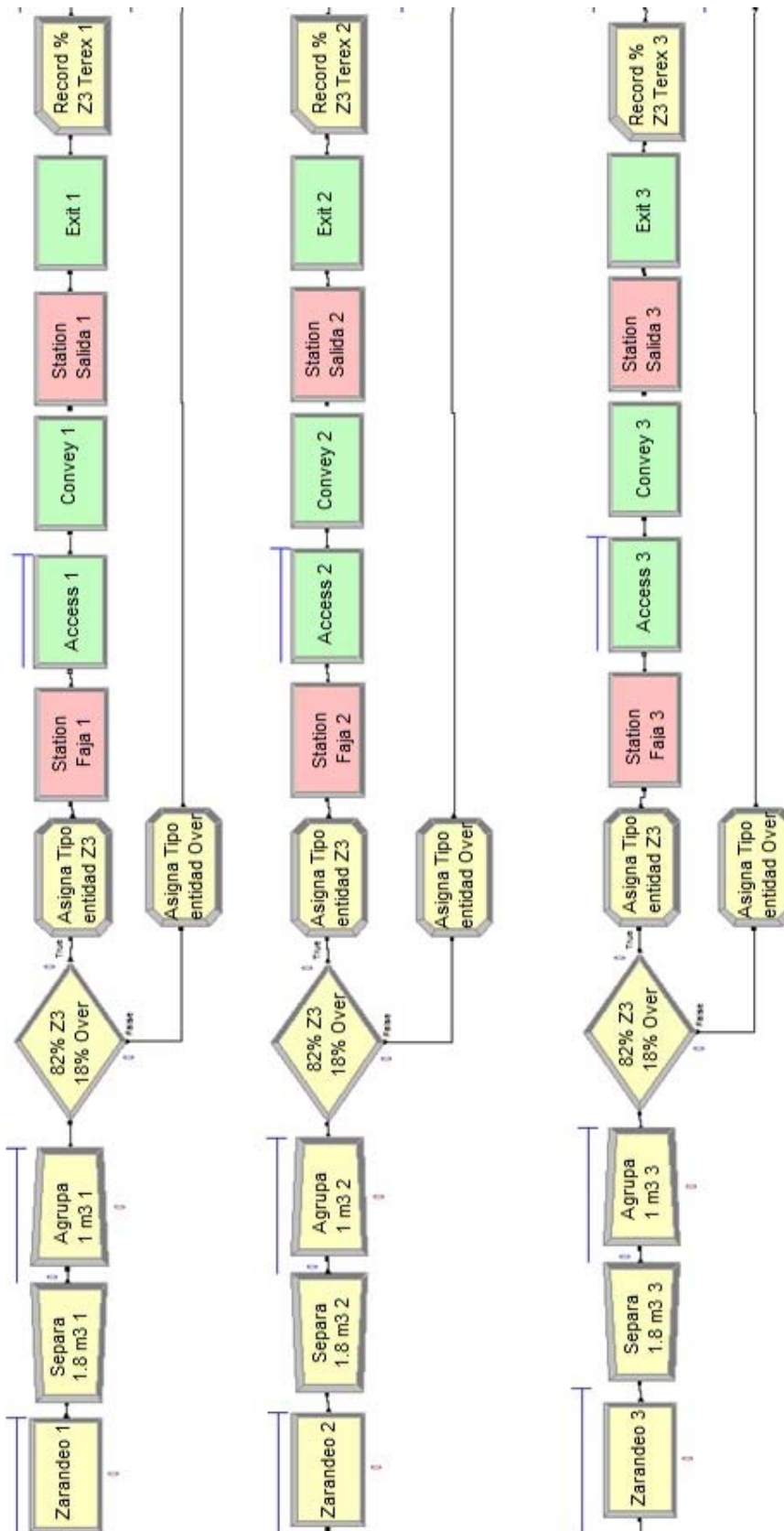
- Material Seleccionado
- Zarandas
- Tractor Oruga
- Excavadoras
- Cargadores Frontales
- Volquetes

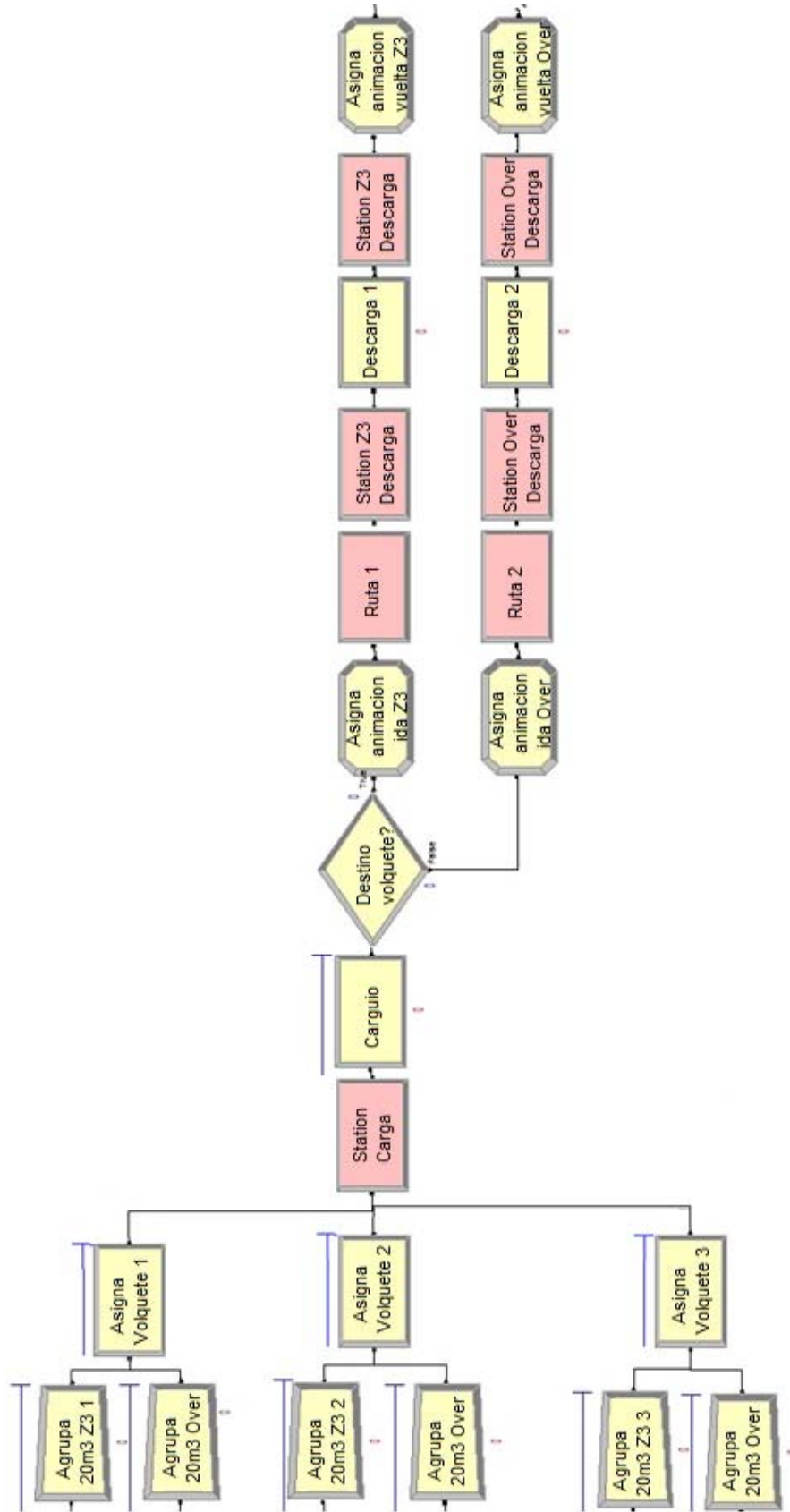
- **Parámetros:**

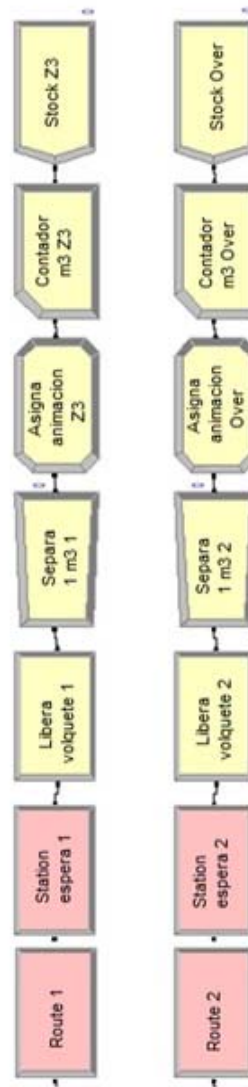
- Tiempo de Calentamiento: 336 horas – 18 de Agosto 2014 al 31 de Agosto 2014.
- Tiempo de Simulación: 5112 horas – 01 de Septiembre 2014 al 18 de Marzo 2015.
- Numero de réplicas: 20 réplicas.

Ilustración 18 – Modelado en Software Arena Propuesta



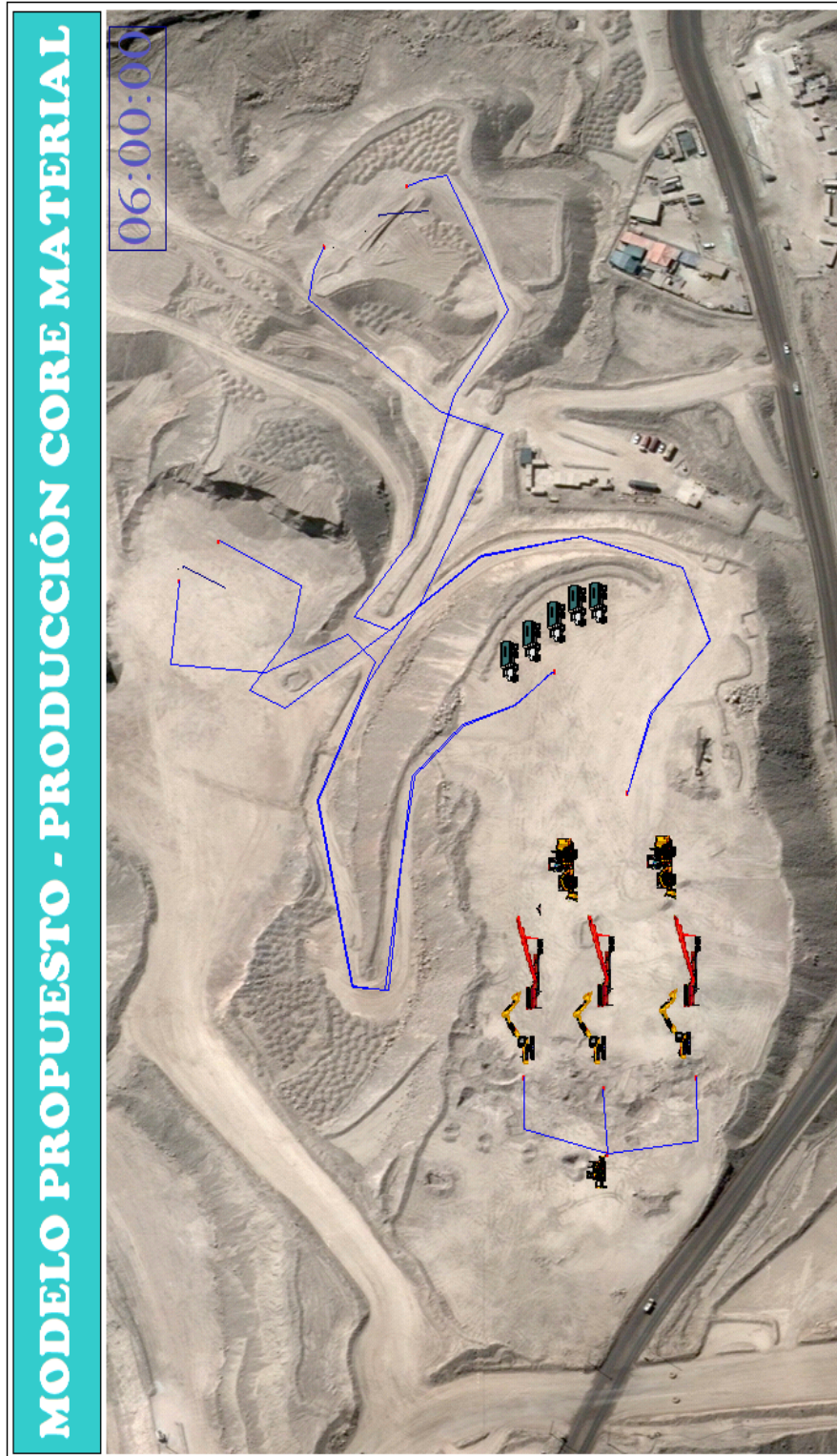






Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19 – Animación en Software Arena Propuesta



Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Evaluación de resultados

Los resultados obtenidos con las mejoras de producción correspondientes al modelo son las siguientes:

Tabla 19 – Resultados Modelo Propuesto

Variable	Valor Obtenido	Half Widht (±)	Valor Anterior
U1: Utilización Tractor	100.00%	0.00%	100.00%
U2: Utilización Excavadora 336DL 1	60.48%	0.01%	33.09%
U3: Utilización Excavadora 336DL 2	59.96%	0.01%	31.25%
U4: Utilización Excavadora 336DL 3	60.01%	0.01%	37.42%
U5: Utilización Terex Finlay 390 1	83.14%	0.01%	81.28%
U6: Utilización Terex Finlay 390 2	83.04%	0.01%	81.71%
U7: Utilización Terex Finlay 390 3	83.11%	0.01%	82.62%
U8: Utilización Cargador frontal 966H 1	21.95%	0.01%	13.29%
U9: Utilización Cargador frontal 966H 2	21.83%	0.01%	12.55%
U10: Utilización Volquete SVOL-565	50.02%	0.01%	39.20%
U11: Utilización Volquete SVOL-567	50.28%	0.01%	37.95%
U12: Utilización Volquete SVOL-568	50.18%	0.01%	38.16%
U13: Utilización Volquete SVOL-569	50.84%	0.01%	41.21%
U14: Utilización Volquete SVOL-571	50.87%	0.01%	41.89%
U15: Utilización Zona de descarga	11.50%	0.01%	9.31%
U16: Utilización Zona de descarga Over	5.04%	0.01%	4.08%

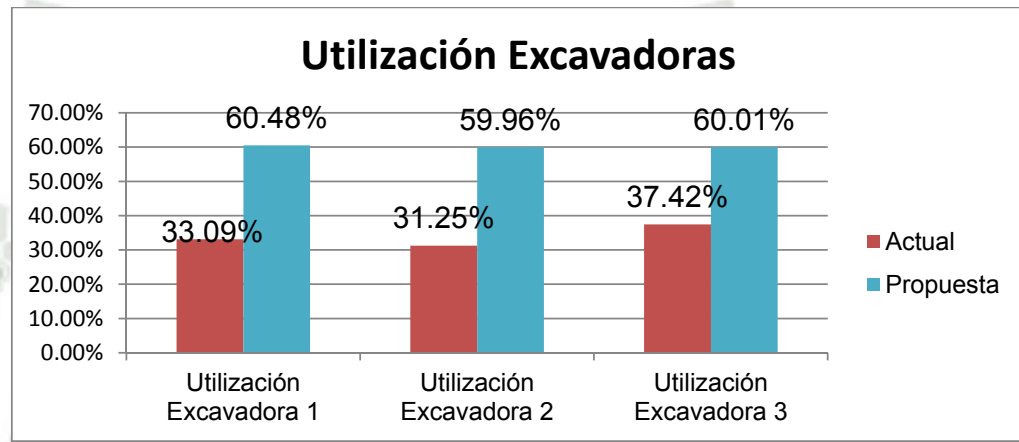
Wq1: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 1	181.40	1.79	306.4
Wq2: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 390 2	95.48	1.52	347.18
Wq3: Tiempo promedio en cola Terex Finlay 595	1340.3	2.31	250.17
Wq4: Tiempo promedio en cola en zona de descarga	0.0001054	0.00	0.001054
Y1: Producción promedio por hora	266.47	0.14	208.25
Y2: Producción promedio por turno día	3088.74	4.91	2204.92
Y3: Producción promedio por turno noche	3171.29	4.40	2868.63
Y4: Producción promedio por semana	34419.54	18.86	26962.96
Y5: Producción promedio mensual	145436.83	85.15	114559.00
Y6: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 1	33.53%	0.01%	38.16%
Y7: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 390 2	33.19%	0.01%	35.75%
Y8: Porcentaje producido Z-3 Terex Finlay 595	33.28%	0.01%	26.12%
Y9: Producción Septiembre	155013	267.23	-
Y10: Producción Octubre	156605	152.05	-
Y11: Producción Noviembre	137981	245.82	-
Y12: Producción Diciembre	144366	270.60	-
Y13: Producción Enero	143239	230.99	-
Y14: Producción Febrero	135417	200.48	-
Y15: Producción Marzo	89140	179.41	-
Y16: Producción Total	961761	557.02	-

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar mediante la comparación de resultados y según se sea conveniente, utilizando la herramienta Output Analyzer lo siguiente:

- Las excavadoras reemplazadas tiene una utilización aproximada de 60%, mientras que en el modelo actual se tenía una utilización máxima del 37% dentro del horario utilizado. Hay un incremento entre del 30% aproximadamente.

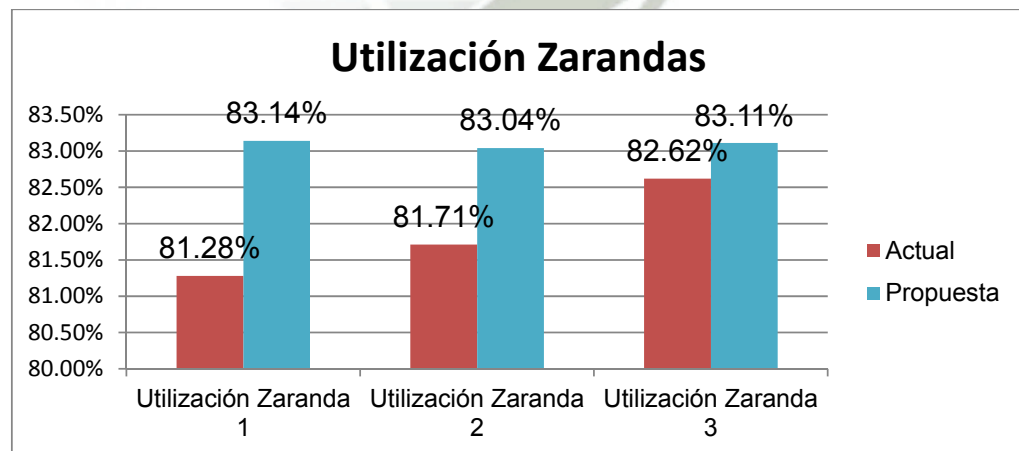
Gráfica n° 6 – Utilización Excavadoras



Fuente: Elaboración propia

- La utilización de las zarandas tuvo un aumento bajo de 2% al ser aprovechadas al máximo.

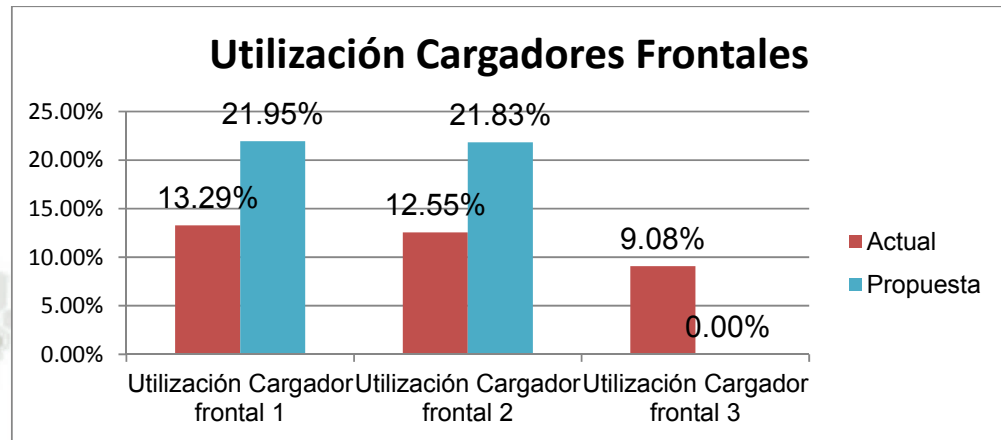
Gráfica n° 7 – Utilización Zarandas



Fuente: Elaboración propia

- Al dejar de utilizar un cargador frontal la utilización de los dos restantes se incrementa en 9% aproximadamente, pasando de 12.5% a 21.9% en promedio.

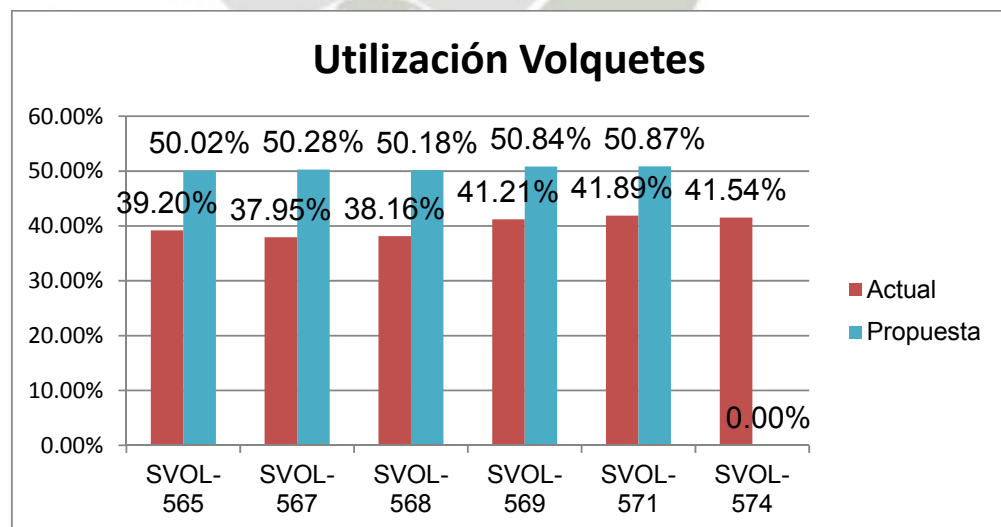
Gráfica n° 8 – Utilización Cargadores Frontales



Fuente: Elaboración propia

- La utilización de los volquetes se ve incrementada por la eliminación de un volquete, pasando de estar alrededor de 40% a 50.5% por unidad.

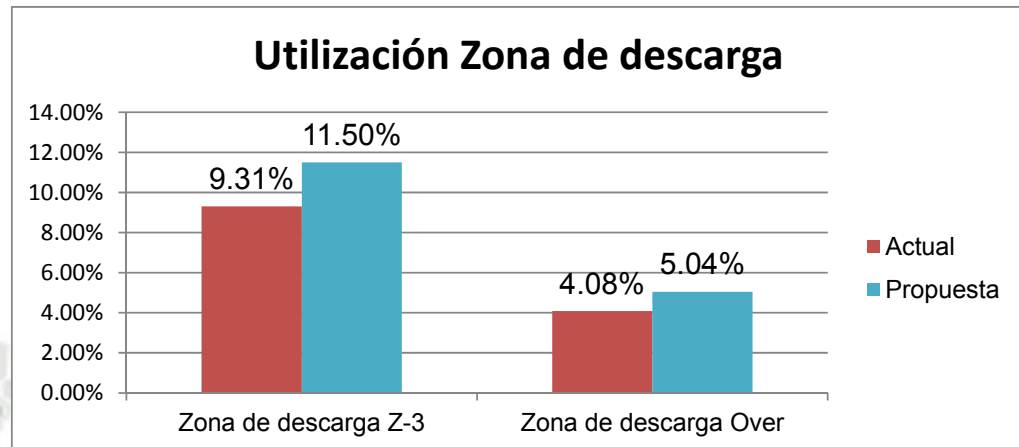
Gráfica n° 9– Utilización Volquetes



Fuente: Elaboración propia

- El aumento de la utilización de las zonas de descarga refleja el incremento de la producción.

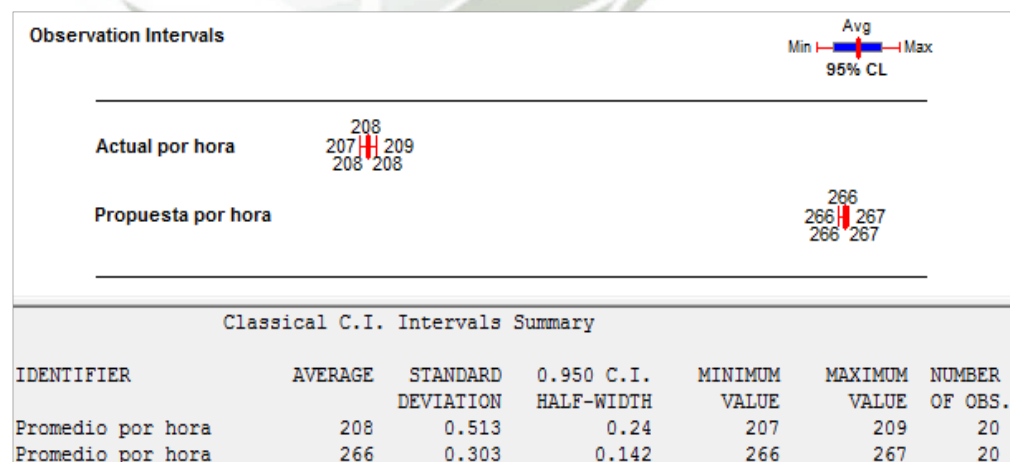
Gráfica n° 10– Utilización Zona de descarga



Fuente: Elaboración propia

- Utilizando el Output Analyzer se puede determinar el intervalo de confianza con una certeza del 95%, en la que se observa que el método propuesto supera al método actual, incrementándose el ratio en 27%.

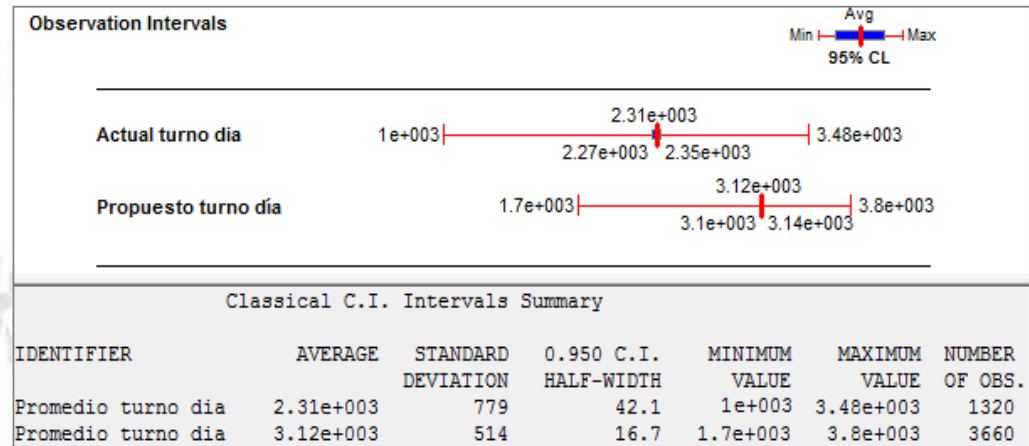
Gráfica n° 11– Ratio m³ de Z-3 por Hora



Fuente: Elaboración propia

- Comparando el nivel de producción de turno día se observa la mejora del intervalo de confianza en el método propuesto, siendo 3120 ± 514 mientras que el actual es 2310 ± 779 al 95% de confianza.

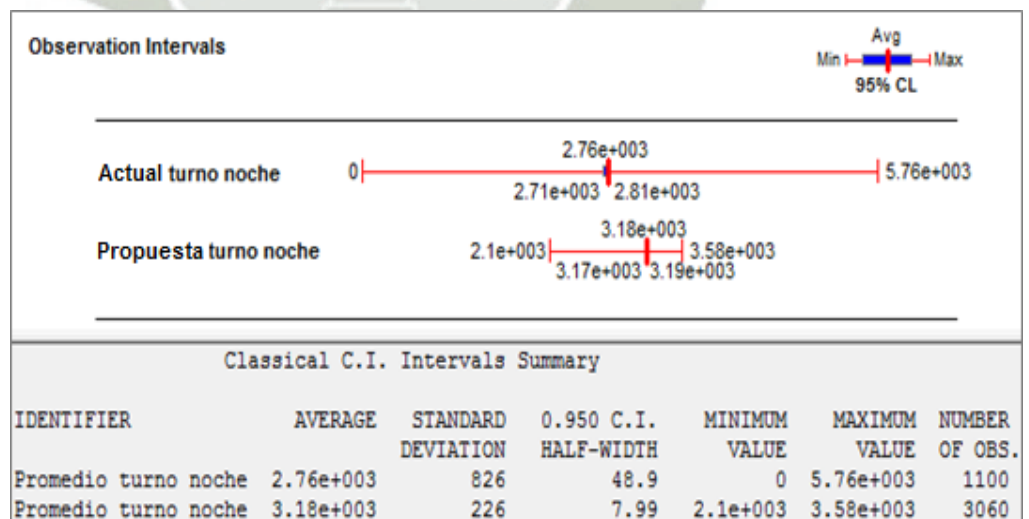
Gráfica n° 12– Ratio m^3 de Z-3 por turno día



Fuente: Elaboración propia

- El intervalo de confianza para el turno noche bajo el método actual es 2760 ± 826 y con la propuesta se eleva 3180 ± 226 .

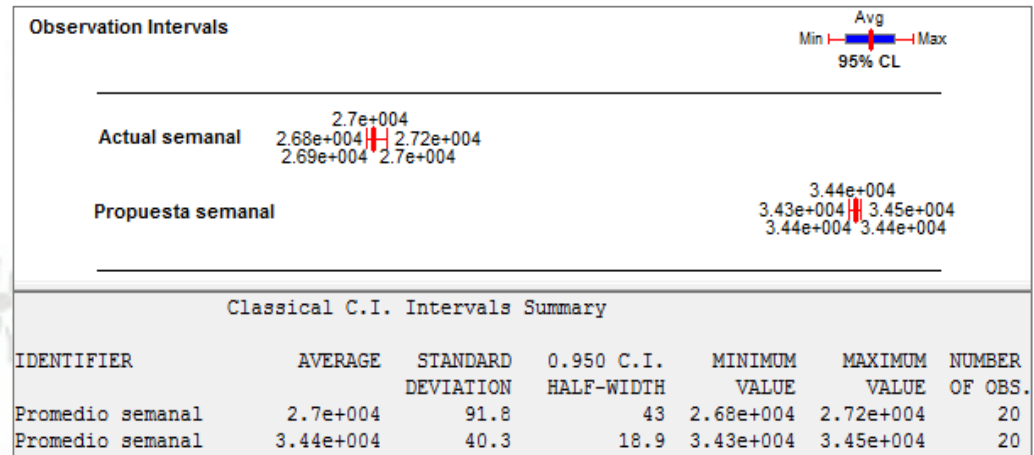
Gráfica n° 13– Ratio m^3 de Z-3 por turno noche



Fuente: Elaboración propia

- El intervalo de confianza para la producción semanal se incrementó en un 27.4%, de 27000 a 34400 m³, logrando el requerimiento semanal del plan de producción.

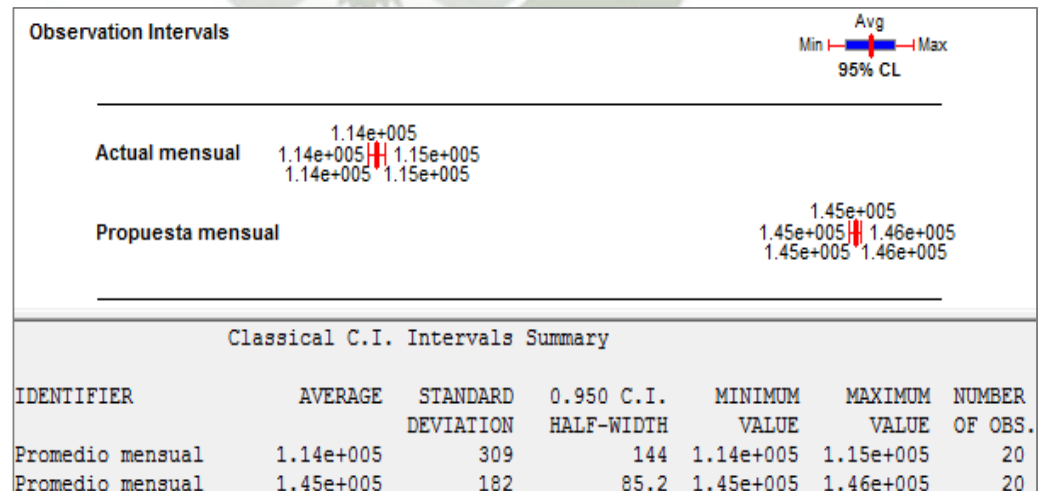
Gráfica n° 14– Ratio m³ de Z-3 por semana



Fuente: Elaboración propia

- La producción mensual promedio paso de ser 114000 a 145000 m³, mejora que permite la consecución de la meta de producción.

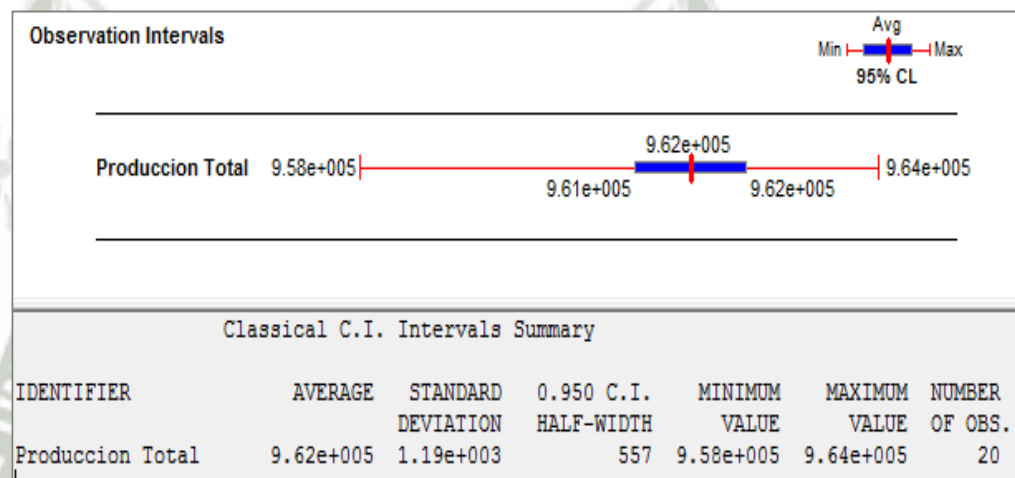
Gráfica n° 15– Ratio m³ de Z-3 por mes



Fuente: Elaboración propia

- La producción total bajo el método propuesto alcanzaría un promedio de 961761 m³ con un intervalo de confianza entre 961204 y 962318 con una probabilidad del 95%. Este resultado nos permite afirmar que con la propuesta se logra el objetivo propuesto de 960188 además de tener cierto margen de error a favor de nuestros intereses.

Gráfica n° 16– Producción Total Propuesta



Fuente: Elaboración propia

Se comprueba que bajo la propuesta se lograra con una probabilidad del 95% la meta productiva en el tiempo determinado en el alcance del proyecto.

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

La evaluación económica tiene como principal objetivo aclarar el beneficio costa de la inversión. Al implementar la propuesta se registraran variaciones que impactaran los gastos de operación, principalmente respecto al consumo de combustible, adquisición o alquiler de nuevos equipos, venta de equipos antiguos, entre otros.

6.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

La empresa cuenta con estadística respecto al consumo de combustible, en galones de diésel por hora, que permite evaluar el consumo según los recursos y el tiempo que son utilizados, ya sea activamente realizando una función o pasivamente esperando con motor prendido a realizar una actividad.

Tabla 20 – Consumos Diésel por Tipo de Equipo

Equipos	Consumo Activo (G/ hr)	Consumo Pasivo (G/ hr)
Tractor Oruga CAT D8T	7.84	3.92
Excavadoras CAT 349D L	9.17	4.58
Excavadoras CAT 336D L	8.26	4.13
Zarandas Terex Finlay 390	1.67	0.83
Zarandas Terex Finlay 595	2.12	1.06
Cargadores Frontales 966H	4.62	2.31
Volquetes Volvo FMX 8x4R	2.08	1.04

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Se evalúa tanto el método actual como el método propuesto a partir de setiembre del 2014 hasta la finalización del proyecto, asumiendo que bajo el método actual se conseguirá el objetivo en Mayo del 2015.

De continuar con método actual se utilizara los siguientes recursos directos que consumirían combustible:

- 1 Tractor Oruga CAT D8T
- 2 Excavadoras CAT 349D L
- 1 Excavadoras CAT 336D L
- 2 Zarandas Terex Finlay 390
- 1 Zarandas Terex Finlay 595
- 3 Cargadores Frontales 966H
- 6 Volquetes Volvo FMX 8x4R

Por el contrario con el método propuesto los recursos disminuyen:

- 1 Tractor Oruga CAT D8T
- 3 Excavadoras CAT 336D L
- 3 Zarandas Terex Finlay 390
- 2 Cargadores Frontales 966H
- 5 Volquetes Volvo FMX 8x4R

Utilizando las herramientas de simulación se determinó la cantidad mensual de horas en estado activo y pasivo para cada equipo, tanto en el método actual y la propuesta. El cálculo total de galones consumido y el monto en nuevos soles es expuesto a continuación:

Tabla 21- Horas Mensuales estado Activo Método Actual

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Tractor Oruga CAT D8T	421	421	386	386.5	412.5	386	421	421	210.5
Excavadoras CAT 349D L 1	139.31	139.31	127.73	127.89	136.5	127.73	139.31	139.31	69.65
Excavadoras CAT 349D L 2	131.56	131.56	120.63	120.78	128.91	120.63	131.56	131.56	65.78
Excavadoras CAT 336D L	157.54	157.54	144.44	144.63	154.36	144.44	157.54	157.54	78.77
Zarandas Terex Finlay 390 1	342.19	342.19	313.74	314.15	335.28	313.74	342.19	342.19	171.09
Zarandas Terex Finlay 390 2	344	344	315.4	315.81	337.05	315.4	344	344	172
Zarandas Terex Finlay 595	347.83	347.83	318.91	319.33	340.81	318.91	347.83	347.83	173.92
Cargadores Frontales 966H 1	55.95	55.95	51.3	51.37	54.82	51.3	55.95	55.95	27.98
Cargadores Frontales 966H 2	52.84	52.84	48.44	48.51	51.77	48.44	52.84	52.84	26.42
Cargadores Frontales 966H 3	38.23	38.23	35.05	35.09	37.46	35.05	38.23	38.23	19.11
Volquete SVOL-565	165.03	165.03	151.31	151.51	161.7	151.31	165.03	165.03	82.52
Volquete SVOL-567	159.77	159.77	146.49	146.68	156.54	146.49	159.77	159.77	79.88
Volquete SVOL-568	160.65	160.65	147.3	147.49	157.41	147.3	160.65	160.65	80.33
Volquete SVOL-569	173.49	173.49	159.07	159.28	169.99	159.07	173.49	173.49	86.75
Volquete SVOL-571	176.36	176.36	161.7	161.9	172.8	161.7	176.36	176.36	88.18
Volquete SVOL-574	174.88	174.88	160.34	160.55	171.35	160.34	174.88	174.88	87.44

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Tabla 22-Horas Mensuales estado Pasivo Método Actual

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Tractor Oruga CAT D8T	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excavadoras CAT 349D L 1	281.69	281.69	258.27	258.61	276	258.27	281.69	281.69	140.85
Excavadoras CAT 349D L 2	289.44	289.44	265.37	265.72	283.59	265.37	289.44	289.44	144.72
Excavadoras CAT 336D L	263.46	263.46	241.56	241.87	258.14	241.56	263.46	263.46	131.73
Zarandas Terex Finlay 390 1	78.81	78.81	72.26	72.35	77.22	72.26	78.81	78.81	39.41
Zarandas Terex Finlay 390 2	77	77	70.6	70.69	75.45	70.6	77	77	38.5
Zarandas Terex Finlay 595	73.17	73.17	67.09	67.17	71.69	67.09	73.17	73.17	36.58
Cargadores Frontales 966H 1	365.05	365.05	334.7	335.13	357.68	334.7	365.05	365.05	182.52
Cargadores Frontales 966H 2	368.16	368.16	337.56	337.99	360.73	337.56	368.16	368.16	184.08
Cargadores Frontales 966H 3	382.77	382.77	350.95	351.41	375.04	350.95	382.77	382.77	191.39
Volquete SVOL-565	255.97	255.97	234.69	234.99	250.8	234.69	255.97	255.97	127.98
Volquete SVOL-567	261.23	261.23	239.51	239.82	255.96	239.51	261.23	261.23	130.62
Volquete SVOL-568	260.35	260.35	238.7	239.01	255.09	238.7	260.35	260.35	130.17
Volquete SVOL-569	247.51	247.51	226.93	227.22	242.51	226.93	247.51	247.51	123.75
Volquete SVOL-571	244.64	244.64	224.3	224.6	239.7	224.3	244.64	244.64	122.32
Volquete SVOL-574	246.12	246.12	225.66	225.95	241.15	225.66	246.12	246.12	123.06

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Tabla 23- Horas Mensuales estado Activo Método Propuesto

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Tractor Oruga CAT D8T	421	421	386	386.5	412.5	386	245.5
Excavadoras CAT 336D L 1	254.62	254.62	233.45	233.76	249.48	233.45	148.48
Excavadoras CAT 336D L 2	252.43	252.43	231.45	231.75	247.34	231.45	147.2
Excavadoras CAT 336D L 3	252.64	252.64	231.64	231.94	247.54	231.64	147.32
Zarandas Terex Finlay 390 1	350.02	350.02	320.92	321.34	342.95	320.92	204.11
Zarandas Terex Finlay 390 2	349.6	349.6	320.53	320.95	342.54	320.53	203.86
Zarandas Terex Finlay 390 3	349.89	349.89	320.8	321.22	342.83	320.8	204.04
Cargadores Frontales 966H 1	92.41	92.41	84.73	84.84	90.54	84.73	53.89
Cargadores Frontales 966H 2	91.9	91.9	84.26	84.37	90.05	84.26	53.59
Volquete SVOL-565	210.58	210.58	193.08	193.33	206.33	193.08	122.8
Volquete SVOL-567	211.68	211.68	194.08	194.33	207.41	194.08	123.44
Volquete SVOL-568	211.26	211.26	193.69	193.95	206.99	193.69	123.19
Volquete SVOL-569	214.04	214.04	196.24	196.5	209.72	196.24	124.81
Volquete SVOL-571	214.16	214.16	196.36	196.61	209.84	196.36	124.89

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Tabla 24- Horas Mensuales estado Pasivo Método Propuesto

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Tractor Oruga CAT D8T	0	0	0	0	0	0	0
Excavadoras CAT 336D L 1	166.38	166.38	152.55	152.74	163.02	152.55	97.02
Excavadoras CAT 336D L 2	168.57	168.57	154.55	154.75	165.16	154.55	98.3
Excavadoras CAT 336D L 3	168.36	168.36	154.36	154.56	164.96	154.36	98.18
Zarandas Terex Finlay 390 1	70.98	70.98	65.08	65.16	69.55	65.08	41.39
Zarandas Terex Finlay 390 2	71.4	71.4	65.47	65.55	69.96	65.47	41.64
Zarandas Terex Finlay 390 3	71.11	71.11	65.2	65.28	69.67	65.2	41.46
Cargadores Frontales 966H 1	328.59	328.59	301.27	301.66	321.96	301.27	191.61
Cargadores Frontales 966H 2	329.1	329.1	301.74	302.13	322.45	301.74	191.91
Volquete SVOL-565	210.42	210.42	192.92	193.17	206.17	192.92	122.7
Volquete SVOL-567	209.32	209.32	191.92	192.17	205.09	191.92	122.06
Volquete SVOL-568	209.74	209.74	192.31	192.55	205.51	192.31	122.31
Volquete SVOL-569	206.96	206.96	189.76	190	202.78	189.76	120.69
Volquete SVOL-571	206.84	206.84	189.64	189.89	202.66	189.64	120.61

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Tabla 25- Costo Diésel Mensual Método Actual

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Tractor CAT D8T	3300.64	3300.64	3026.24	3030.16	3234	3026.24	3300.64	3300.64	1650.32
Exc. CAT 349D L	5099.65	5099.65	4675.73	4681.73	4996.73	4675.73	5099.65	5099.65	2549.8037
Exc. CAT 336D L	2389.37	2389.37	2190.71	2193.56	2341.13	2190.71	2389.37	2389.37	1194.6851
Terex 390	1275.25	1275.25	1169.23	1170.75	1249.50	1169.23	1275.25	1275.25	637.6256
Terex 595	814.95	814.95	747.20	748.17	798.50	747.20	814.95	814.95	407.4852
Cargadores 966H	3257.14	3257.14	2986.34	2990.22	3191.38	2986.34	3257.14	3257.14	1628.5731
Volquetes Volvo F	3677.62	3677.62	3371.84	3376.26	3603.38	3371.898	3677.62	3677.62	1838.824
Total	19814.65	19814.65	18167.37	18190.89	19414.64	18167.37	19814.65	19814.65	9907.3167
S/. Total	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
(S/.10.56 / GI)	209,242.77	209,242.77	191,847.48	192,095.80	205,018.62	191,847.48	209,242.77	209,242.77	104,621.26

Fuente: La empresa, Elaboración propia

Tabla 26- Costo Diésel Mensual Método Propuesto

Equipos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Tractor Oruga CAT D8T	3,300.64	3,300.64	3,026.24	3,030.16	3,234.00	3,026.24	1,924.72
Excavadoras CAT 336D L	8,353.71	8,353.71	7,659.25	7,669.20	8,185.08	7,659.25	4,871.34
Zarandas Terex Finlay 390	1,929.88	1,929.88	1,769.43	1,771.73	1,890.91	1,769.43	1,125.38
Cargadores Frontales 966H	2,370.78	2,370.78	2,173.69	2,176.51	2,322.91	2,173.69	1,382.49
Volquetes Volvo FMX 8x4R	3,293.39	3,293.39	3,019.59	3,023.51	3,226.90	3,019.59	1,920.50
Total	19,248.39	19,248.39	17,648.20	17,671.11	18,859.81	17,648.20	11,224.42
S/. Total	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
(S/.10.56 / GI)	203,263.03	203,263.03	186,364.94	186,606.93	199,159.59	186,364.94	118,529.90

Fuente: La empresa, Elaboración propia

6.2 ADQUISICIÓN Y VENTA DE EQUIPOS

La adquisición de nuevos equipos es un elemento importante para dar inicio a la propuesta, teniendo un plazo de ejecución previo a Septiembre del 2014. Para implementar la propuesta se debe adquirir los siguientes equipos:

- 2 Excavadoras CAT 336D L
- 1 Zaranda Terex Finlay 390

6.2.1 Adquisición Alternativa 1

Compra de equipos nuevos con los representantes de las empresas Caterpillar y Terex Finlay en Perú. Se realizó el contacto y se recibió las siguientes cotizaciones con el precio de compra aproximado, ya que puede tener ligeras variaciones por temas negociables por la empresa:

Tabla 27- Cotización Excavadora Nueva 336D L

Representante:	Ferreyros S.A.
Tipo:	Excavadora
Marca:	Caterpillar
Modelo :	336D L
Año:	2014
Inversión:	US\$ 415,000.00

Elaboración propia

Tabla 28 – Cotización Zaranda Terex Finlay 390

Representante:	CO.ME.CO. S.A.C.
Tipo:	Zaranda Vibratoria
Marca:	Terex Finlay
Modelo :	390
Año:	2012
Inversión:	US\$ 225,000.00

Elaboración propia

6.2.2 Adquisición Alternativa 2

Esta alternativa consiste en el alquiler de equipos con proveedores locales. Para lo cual se requiere el número de horas en las que el equipo estará encendido ya que el cobro se realiza mensual en dólares por hora de equipo encendido. Se presenta los pagos por alquiler en las siguientes tablas:

Tabla 29 –Flujo Alquiler Excavadora 336D L

Periodo	Horómetro	Alquiler Exc. 336DL (US\$ 75/hr)
Septiembre	421	\$ 31,575.00
Octubre	421	\$ 31,575.00
Noviembre	386	\$ 28,950.00
Diciembre	386.5	\$ 28,987.50
Enero	412.5	\$ 30,937.50
Febrero	386	\$ 28,950.00
Marzo	245.5	\$ 18,412.50

Elaboración propia

Tabla 30 – Flujo Alquiler Zaranda Terex 390

Periodo	Horómetro	Alquiler Terex 390 (US\$ 50/hr)
Septiembre	421	\$ 21,050.00
Octubre	421	\$ 21,050.00
Noviembre	386	\$ 19,300.00
Diciembre	386.5	\$ 19,325.00
Enero	412.5	\$ 20,625.00
Febrero	386	\$ 19,300.00
Marzo	245.5	\$ 12,275.00

Elaboración propia

6.2.3 Liquidación Equipos

Se consideró para la venta de los equipos los siguientes valores basados en la antigüedad del equipo según la oferta y demanda en el mercado:

Tabla 31 – Flujo Alquiler Zaranda Terex 390

Equipo	Agosto 2014	Mayo 2015
Excavadora 349D L 1	\$ 255,000.00	\$ 225,000.00
Excavadora 349D L 2	\$ 255,000.00	\$ 225,000.00
Terex Finlay 595	\$ 150,000.00	\$ 120,000.00
Cargador Frontal	\$ 130,000.00	\$ 110,000.00
Volquete	\$ 95,000.00	\$ 85,000.00

Elaboración propia

6.2.4 Depreciación

Es necesario considerar la depreciación ya que a menor número de equipos en el método propuesto, se dejara de percibir mayor depreciación y por la tanto se tendrá un pago mayor de impuestos. Para esto se registró el porcentaje de depreciación anual para cada equipo calculándose el monto mensual respectivamente:

Tabla 32 – Monto Depreciación Mensual

Equipo	Valor Contable	% Deprec.	Monto mensual
Excavadora 336D L	\$ 415,000.00	20%	\$ 6,916.67
Excavadora 349D L	\$ 450,000.00	20%	\$ 7,500.00
Terex Finlay 595	\$ 280,000.00	20%	\$ 4,666.67
Terex Finlay 390	\$ 300,000.00	20%	\$ 5,000.00
Volquete	\$ 120,000.00	20%	\$ 2,000.00
Cargador Frontal	\$ 190,000.00	20%	\$ 3,166.67

Elaboración propia

6.3 TASA DE DESCUENTO

Para hallar la tasa de descuento se hizo uso del método CAPM siendo una de las herramientas más utilizadas en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para un cierto activo o inversión. Se consultó la página del profesor Aswarth Damodaran⁶ y del BCRP las cuales brindan información valiosa para estos fines, obteniendo la siguiente información:

- $\beta_{\text{no apalancado}}$ (Procesamiento de materiales): 0.86

⁶<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/> - Damodaran Online

- Rf (Bonos EEUU 10 años) 2.3594%
- Rm 10.30%
- Riesgo País 1.67%

Para lo cual se procede a apalancar el beta teniendo en cuenta que la empresa tiene una política aproximada de relación deuda patrimonio de 0.4 a 0.6 respectivamente. La tasa de impuesto es 30%.

$$\beta_{\text{apalancado}} = \beta_{\text{no apalancado}} \times ((1 + (1-t) \times D/C))$$

$$\beta_{\text{apalancado}} = 0.86 \times ((1 + (1-0.3) \times 0.4/0.6))$$

$$\beta_{\text{apalancado}} = 1.03$$

Para calcular la tasa de descuento se utiliza la fórmula del CAPM sumándole la tasa del riesgo país multiplicada por un factor de riesgo de 1.5.

$$K_e = R_f + \beta_{\text{apalancado}} \times (R_m - R_f) + 1.5 \text{ RP}$$

$$K_e = 2.3594\% + 1.03 \times (10.3 - 2.3594) + 1.5 \times 1.67\%$$

$$\mathbf{K_e \text{ anual} = 13.06\%}$$

$$\mathbf{K_e \text{ mensual} = 1.03\%}$$

6.4 FLUJOS DE CAJA

Para la evaluación de los flujos de caja, se tendrán en cuenta que la inversión se realizara bajo capital propio proveniente de la venta de los antiguos equipos. Además solo se realizara el flujo de aquellas partidas afectas con el objetivo de determinar el ahorro al compararlo con el método actual y no mostrar un exceso de información de la empresa.

Tabla 33 – Flujo de Caja Método Actual

	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Liquidación equipos									765,000.00
Consumo Combustible	-74,701.25	-74,701.25	-68,491.00	-68,579.66	-73,193.20	-68,491.00	-74,701.25	-74,701.25	-37,350.58
Establecimiento de sitio								-75,000.00	-75,000.00
Depreciación	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33
Utilidad Bruta	-99,534.59	-99,534.59	-93,324.34	-93,412.99	-98,026.53	-93,324.34	-99,534.59	-174,534.59	627,816.08
Impuesto	29,860.38	29,860.38	27,997.30	28,023.90	29,407.96	27,997.30	29,860.38	52,360.38	188,344.82
Utilidad Neta	-69,674.21	-69,674.21	-65,327.04	-65,389.09	-68,618.57	-65,327.04	-69,674.21	-122,174.21	439,471.26

Tasa % = 1.03%

VAN = -166,598.61

Elaboración propia

Tabla 34 - Flujo de Caja Método Propuesto Alternativa 1

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Venta de equipos	885,000.00							
Compra de equipos	-1,055,000.00							
Liquidación equipos								800,000.00
Consumo								
Combustible	-72,566.44	-72,566.44	-72,566.44	-66,533.70	-66,620.09	-71,101.48	-66,533.70	-42,316.07
Depreciación	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33	-18,833.33
Utilidad Bruta	-170,000.00	-91,399.77	-91,399.77	-85,367.03	-85,453.42	-89,934.82	-85,367.03	738,850.59
Impuesto	51,000.00	27,419.93	27,419.93	25,610.11	25,636.03	26,980.45	25,610.11	221,655.18
Utilidad Neta	-119,000.00	-63,979.84	-63,979.84	-59,756.92	-59,817.39	-62,954.37	-59,756.92	517,195.42

Tasa % = 1.03%

VAN = 5,060.27

Elaboración propia

Tabla 35 - Flujo de Caja Método Propuesto Alternativa 2

	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Venta de equipos	885,000.00							
Pago Alquiler de equipos		-84,200.00	-84,200.00	-77,200.00	-77,300.00	-82,500.00	-77,200.00	-49,100.00
Liquidación equipos								
Consumo Combustible		-72,566.44	-72,566.44	-66,533.70	-66,620.09	-71,101.48	-66,533.70	-42,316.07
Depreciación		-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33	-24,833.33
Utilidad Bruta	885,000.00	-181,599.77	-181,599.77	-168,567.03	-168,753.42	-178,434.82	-168,567.03	-116,249.41
Impuesto	-265,500.00	54,479.93	54,479.93	50,570.11	50,626.03	53,530.45	50,570.11	34,874.82
Utilidad Neta	619,500.00	-127,119.84	-127,119.84	-117,996.92	-118,127.39	-124,904.37	-117,996.92	-81,374.58

Tasa % = 1.03%

VAN = -164,097.36

Elaboración propia

Con los valores actualizados se puede precisar el ahorro que provocara la inversión en los gastos de la empresa:

- Alternativa 1:

Ahorro = VAN Alternativa 1 - VAN Método Actual

Ahorro = US\$ 171,658.88

- Alternativa 2:

Ahorro = VAN Alternativa 2 - VAN Método Actual

Ahorro = US\$ 2,501.25

De esta forma recomendaremos comprar los equipos al implementar la propuesta en lugar de alquilarlos, sustentando que tenemos un ahorro de US\$ 171,658.88, el cual termina siendo simbólico por el beneficio real de la propuesta al terminar el contrato dentro de los plazos establecidos y manteniendo una reputación positiva para la empresa la cual es difícil de cuantificar.

CONCLUSIONES

PRIMERA:

Se logró optimizar el proceso de producción de material Z-3 utilizado por Concretos Supermix S.A. en su planta Core Material-CVPUE, aumentando los niveles de producción en un 27% y logrando el objetivo estratégico de la empresa, manteniendo la reputación positiva e incrementando la probabilidad de obtención de nuevos proyectos.

SEGUNDA:

Al realizar el diagnóstico situacional del sistema productivo de material de núcleo Z-3, se identificó los recursos que son participes de este, además de conocer las actividades realizadas por cada una de ellas. Luego de analizar el avance de la producción, se determina que de no realizar ninguna mejora no se conseguiría el objetivo del proyecto en la fecha establecida.

TERCERA:

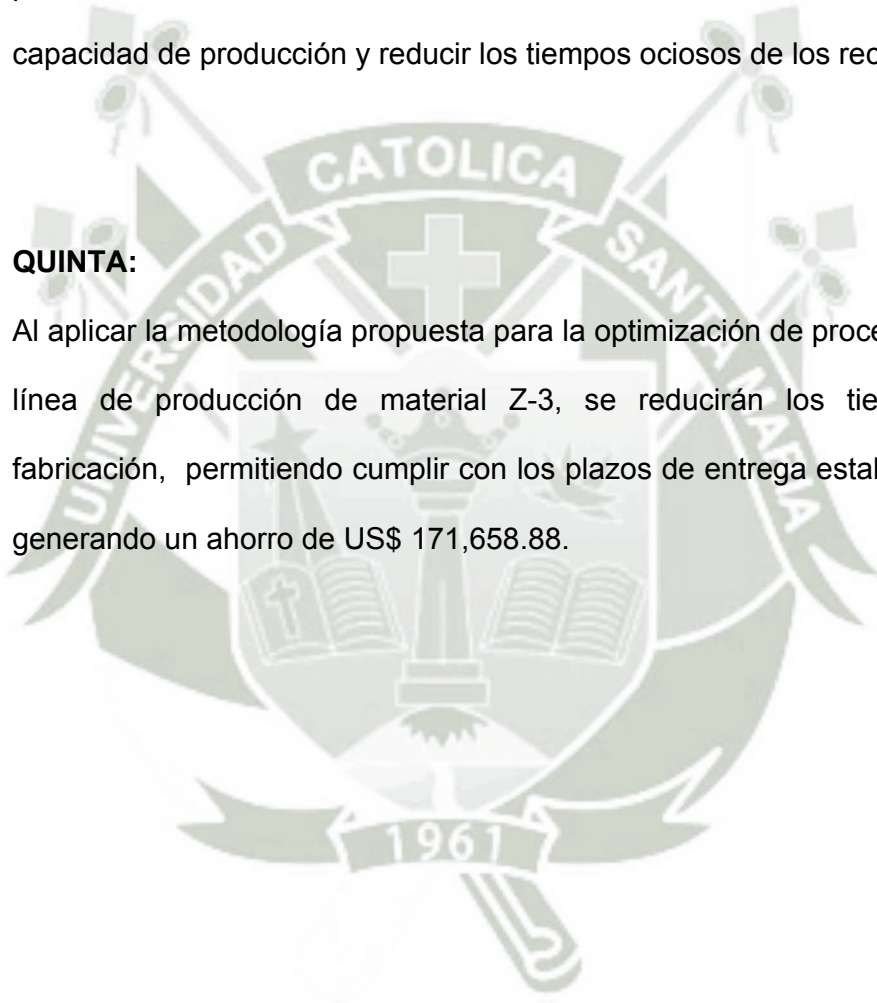
Se implementó un modelo de simulación haciendo uso del software Arena 14.0, el cual permite representar el sistema real actual y evaluar su problemática, pudiendo experimentar con él en busca de alternativas de solución reales observando el impacto de las decisiones antes de llevarlas a cabo en la realidad.

CUARTA:

Para mejorar la gestión productiva se propone reemplazar las excavadoras CAT 349D L por excavadoras modelo 336D L, reemplazar la zaranda vibratoria Terex Finlay 595 por una Terex Finlay modelo 390, utilizar solo dos cargadores frontales CAT 966H y cinco volquetes volvo, para así reducir la frecuencia de fallas en las zarandas, aumentar la capacidad de producción y reducir los tiempos ociosos de los recursos.

QUINTA:

Al aplicar la metodología propuesta para la optimización de procesos en la línea de producción de material Z-3, se reducirán los tiempos de fabricación, permitiendo cumplir con los plazos de entrega establecidos y generando un ahorro de US\$ 171,658.88.



RECOMENDACIONES

PRIMERA:

La empresa debe crear una área de planeamiento productivo, que se encargue de realizar mejores planes productivos, además de aumentar los niveles de supervisión y control en sus operaciones, para así solucionar los problemas a tiempo, en este o futuros proyectos, y no tener inconvenientes similares.

SEGUNDA:

Es de importancia trabajar en el compromiso de todos los trabajadores y áreas involucradas, por lo que la empresa debería implementar un plan de recompensas y mejora del clima laboral, lo que aumentara las probabilidades de éxito al implementar la presente propuesta.

TERCERA:

Se recomienda evaluar la posibilidad de utilizar fajas transportadoras en lugar de volquetes para el transporte de material en operaciones futuras, donde los stocks no estén muy alejados y los niveles de producción sean elevados.

BIBLIOGRAFÍA

- Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with ARENA*. Oxford: Elsevier.
- Arena Simulation Software - Rockwell Automatic*. (2014). Recuperado el 2014, de <https://www.arenasimulation.com/>
- Buffa, E. (1999). *Administración de la producción y las operaciones*.
- Cemex. (s.f.). Recuperado el 04 de Abril de 2014, de <http://www.cemex.com/ES/ProductosServicios/Agregados.aspx>
- Domínguez Valente, C., López Octaviano, M., & Martínez Martínez, G. (2008). *Simulación Digital*. Mexico: Tecnológico de Estudios Superiores Jcotitlan.
- El Constructor Civil*. (s.f.). Recuperado el 2 de Abril de 2014, de Extraído de: <http://www.elconstructorcivil.com/2010/12/los-agregados-en-la-construccion.html>
- Fernandez, E., Montes, J., & Vasquez, C. (1997). *La competitividad de la empresa*. Universidad de Oviedo.
- Freeport*. (s.f.). Recuperado el 17 de Marzo de 2014, de http://www.fcx.com/operations/peru_arequipa.htm
- Gomez Quevedo, J. (s.f.). *Curso de Simulación con Arena*.
- Grupo Gloria*. (s.f.). Recuperado el 10 de Abril de 2014, de <http://www.grupogloria.com/historia.html>
- Guasch Petit, A., Casonovas, J., & Piera, M. (2002). *Modelado y Simulación*. Universidad Politecnica de Catalunya.
- Knight Piésold Consultores, S. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental y Social Cerro Verde Production Unit Expansion*. Informe Final, Arequipa.
- Lopez Herrera, J. (2012). *Productividad*. Palibrio.
- Maynard, H. (1994). *Manual de Ingeniería y Organización Industrial (Vol. I)*.
- Munier, N. (1983). *Técnicas modernas para el planeamiento y control de producción*. Astrea.

- Sim, N., & Dennis, M. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios* (2da ed.). Mexico.
- Tawfik, L. (1992). *Administración de la producción* (1ra ed.). McGraw Hill.
- Torres Vega, P. (2010). *Simulación de Sistemas con el Software Arena*. Lima: Universidad de Lima.
- Tumay, K., & Harrell, C. (1996). *Simulation Made Easy: A Manager's Guide*. Engineering & Management Press.
- Vollman, T. (2000). *Sistemas de planificación y control* (3ra ed.). Madrid, España.

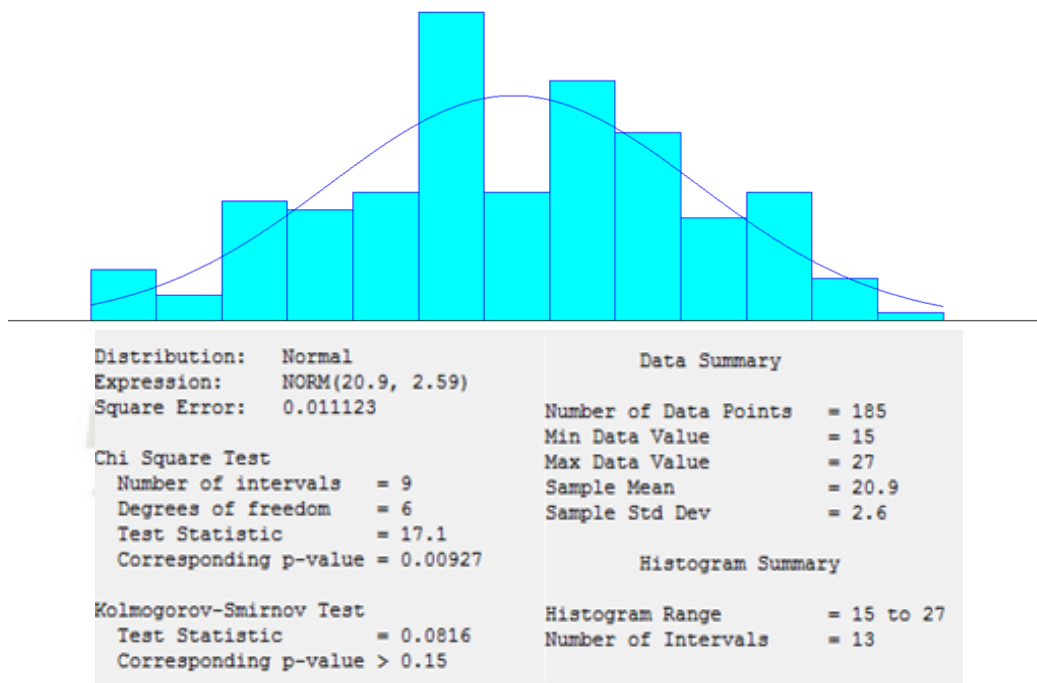


ANEXOS

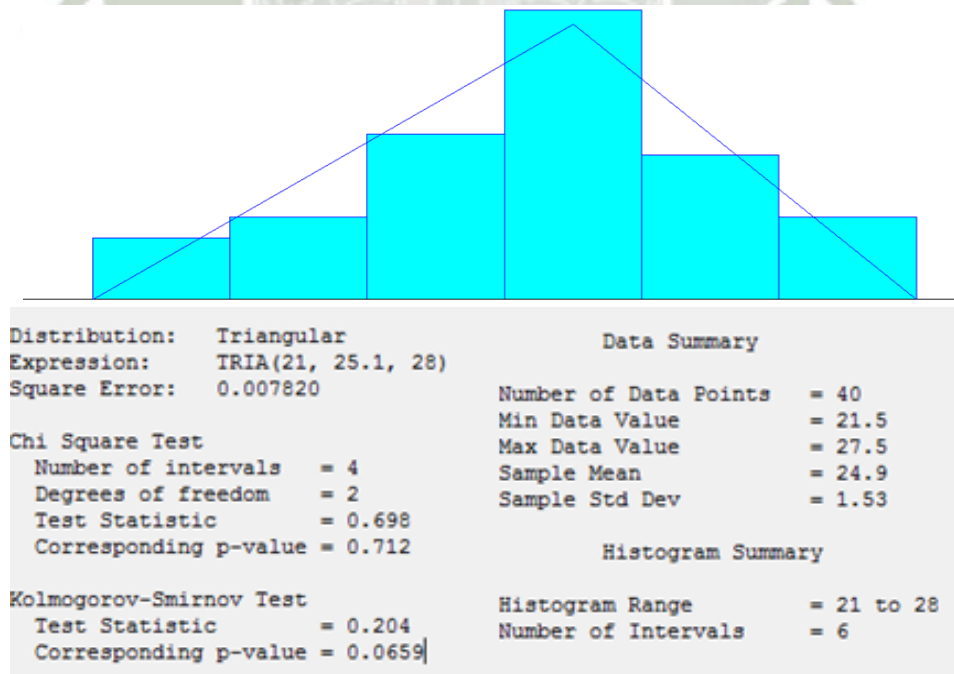


ANEXO N° 1 – Análisis de datos

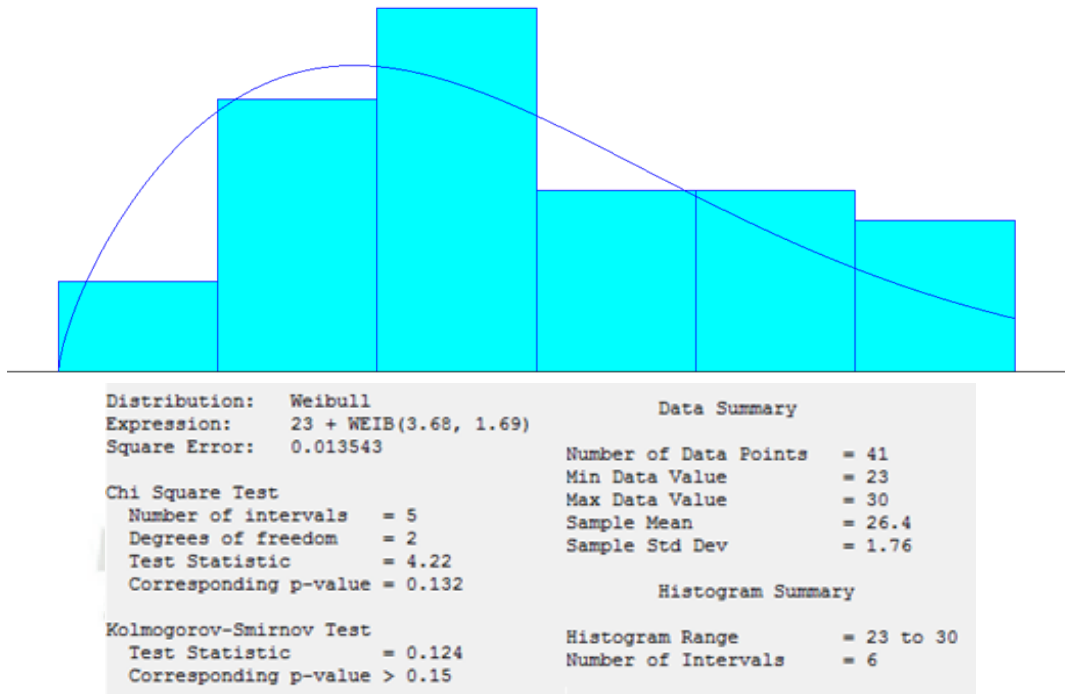
- X1: Tiempo Rebajado de Material



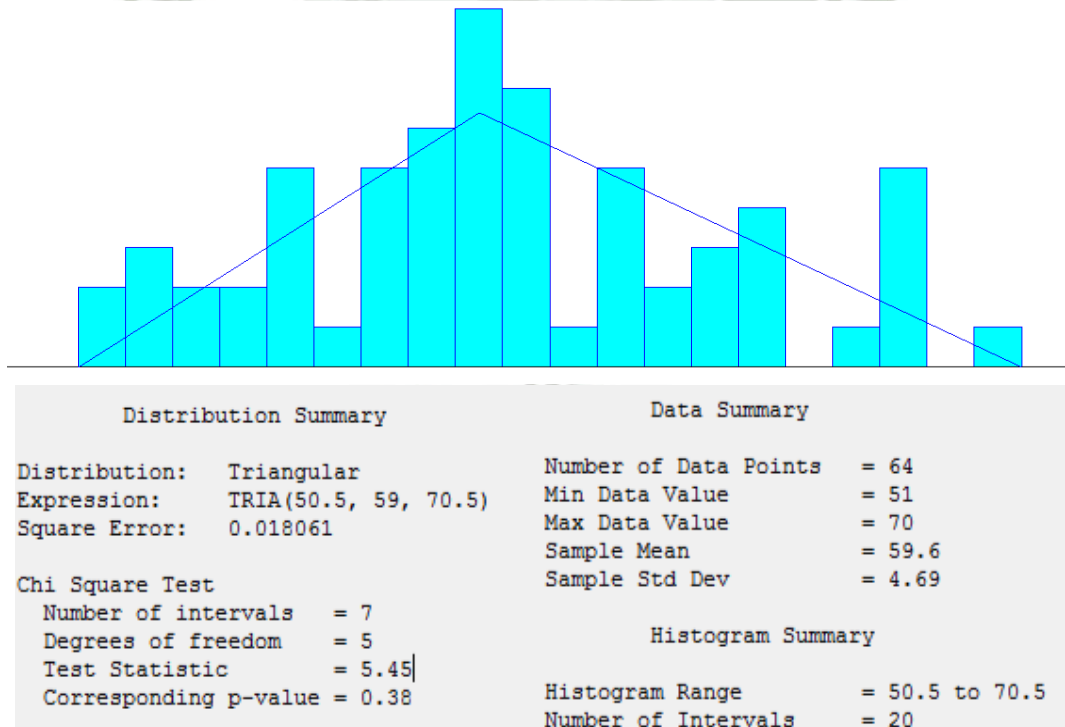
- X2: Tiempo Alimentación Excavadora 349DL



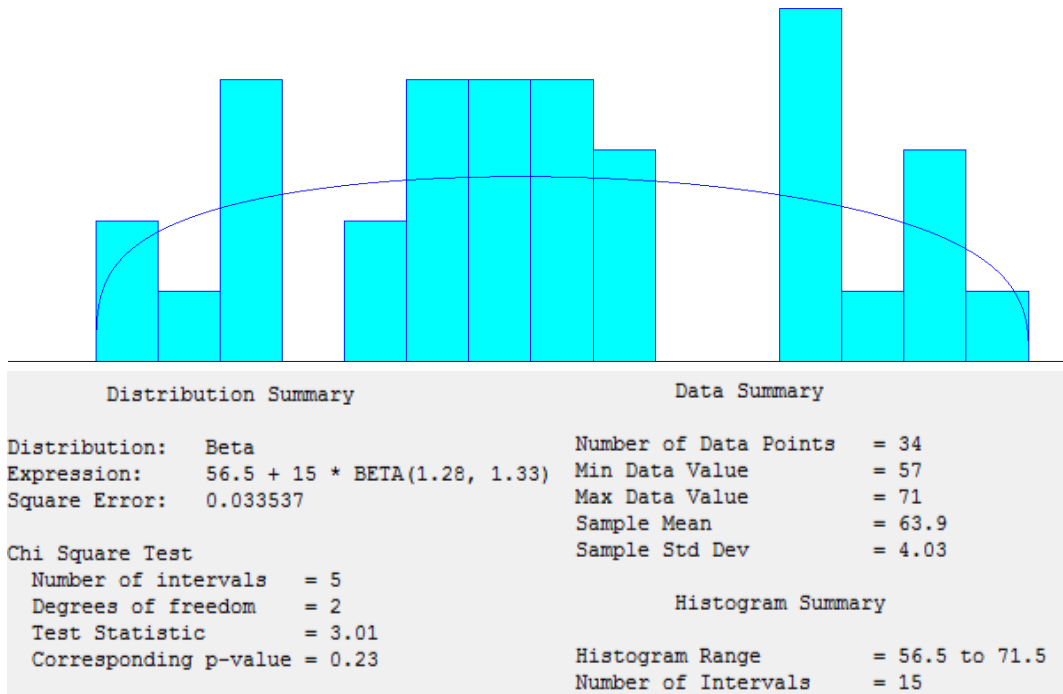
- X3: Tiempo Alimentación Excavadora 336DL



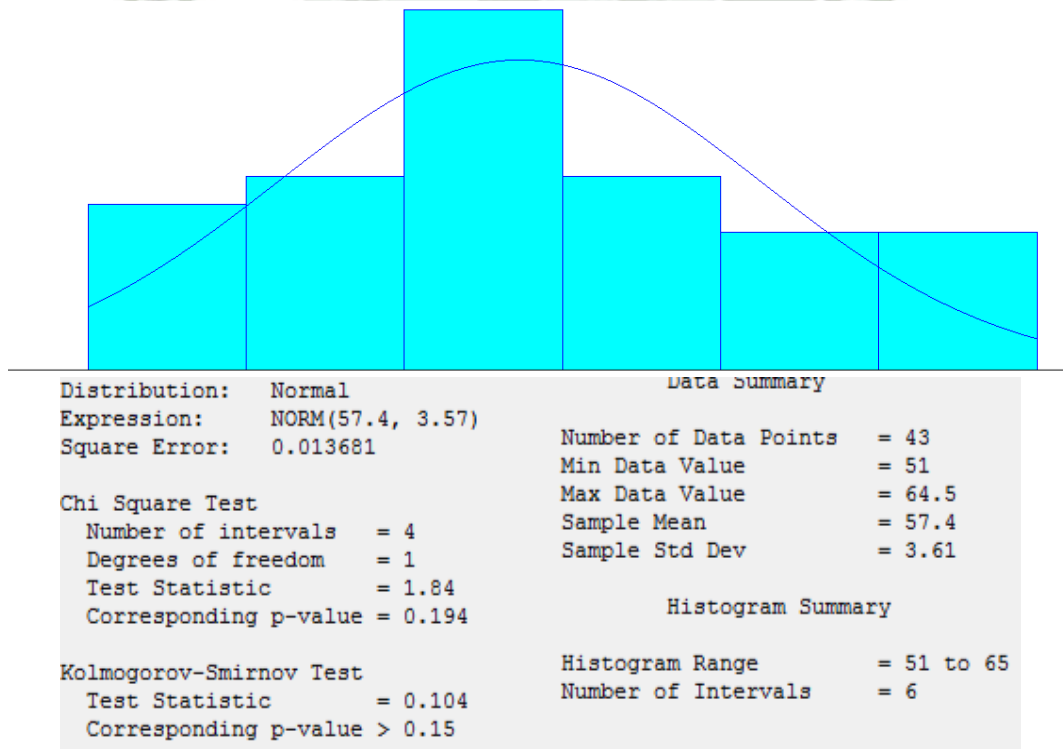
- X4: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 390 1



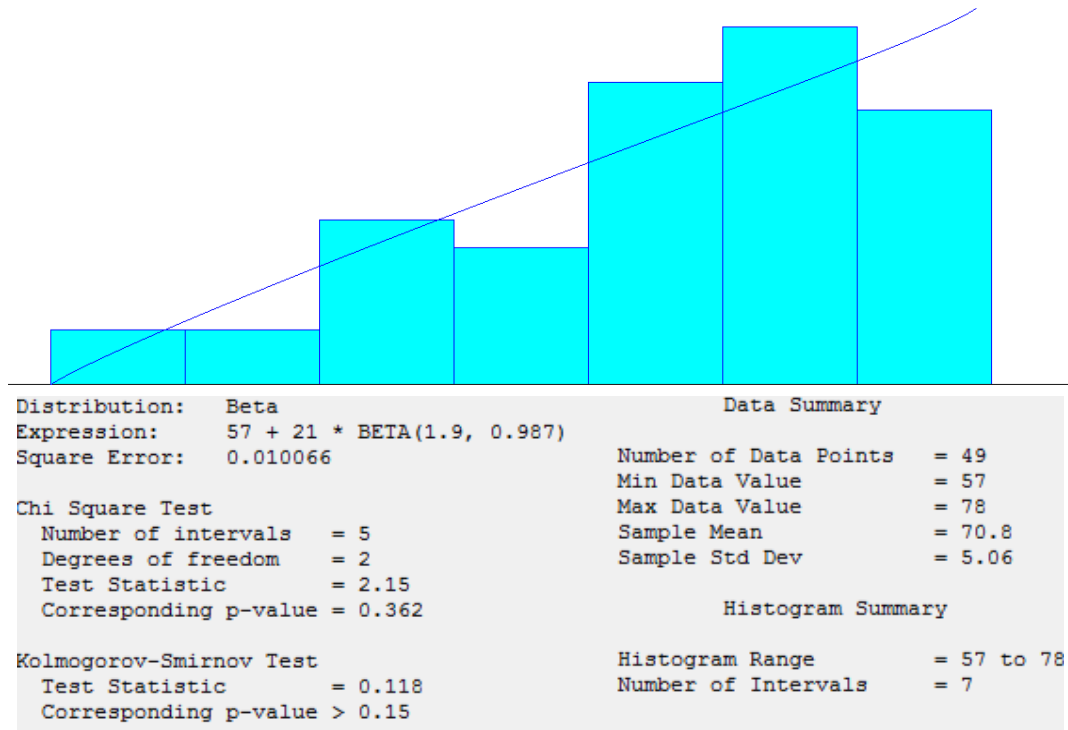
- X5: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 390 2



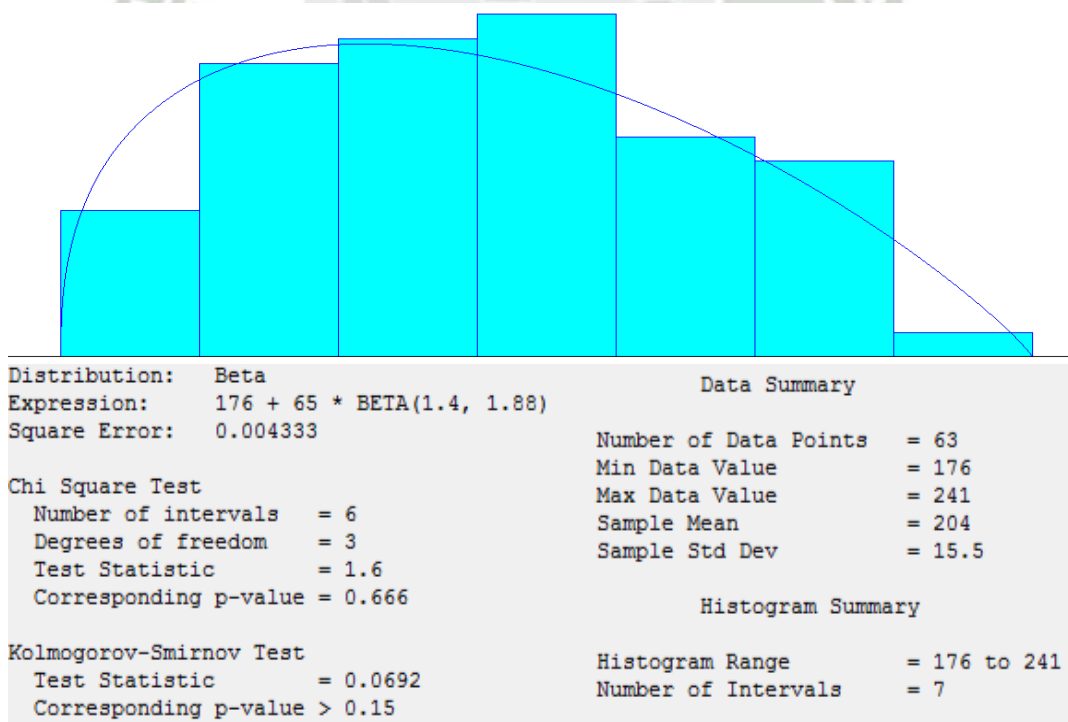
- X6: Tiempo Zarandeo Terex Finlay 595



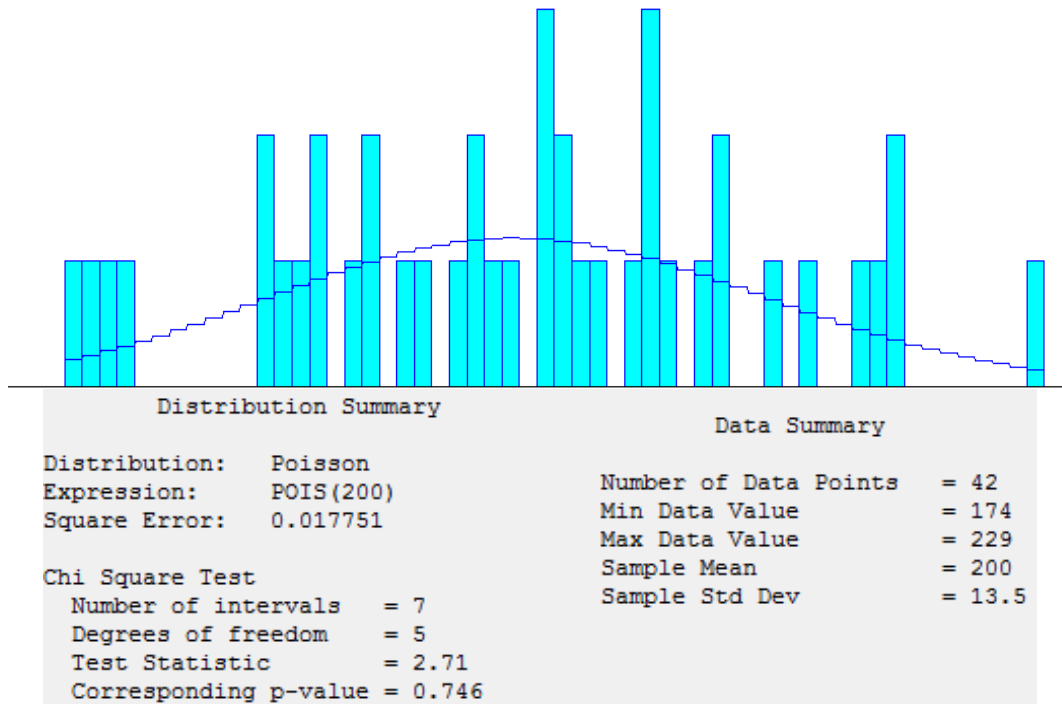
- X7: Tiempo Carguío Volquetes



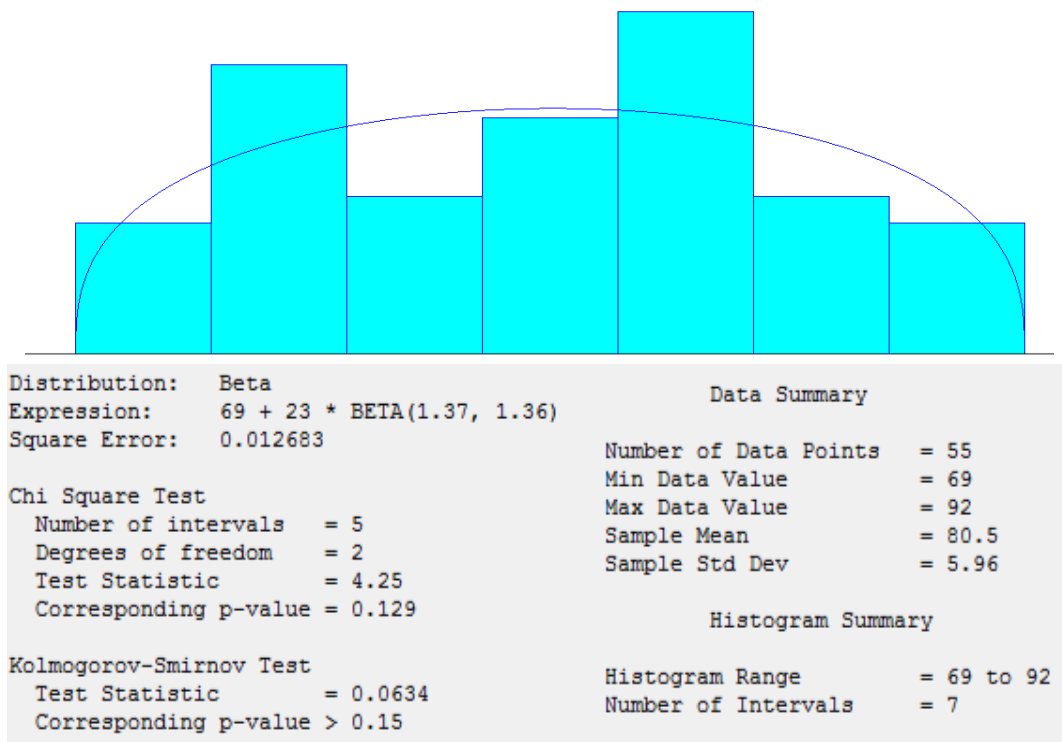
- X8: Tiempo Transporte a Stock Pile Z-3



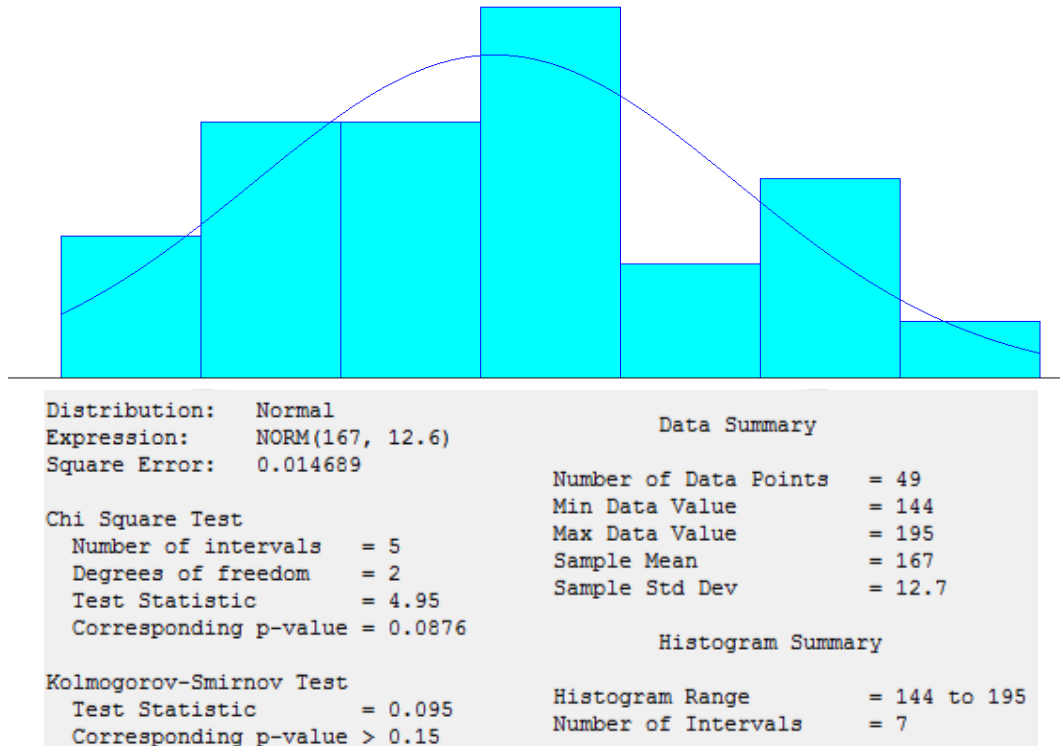
- X9: Tiempo Transporte a Stock Pile Over



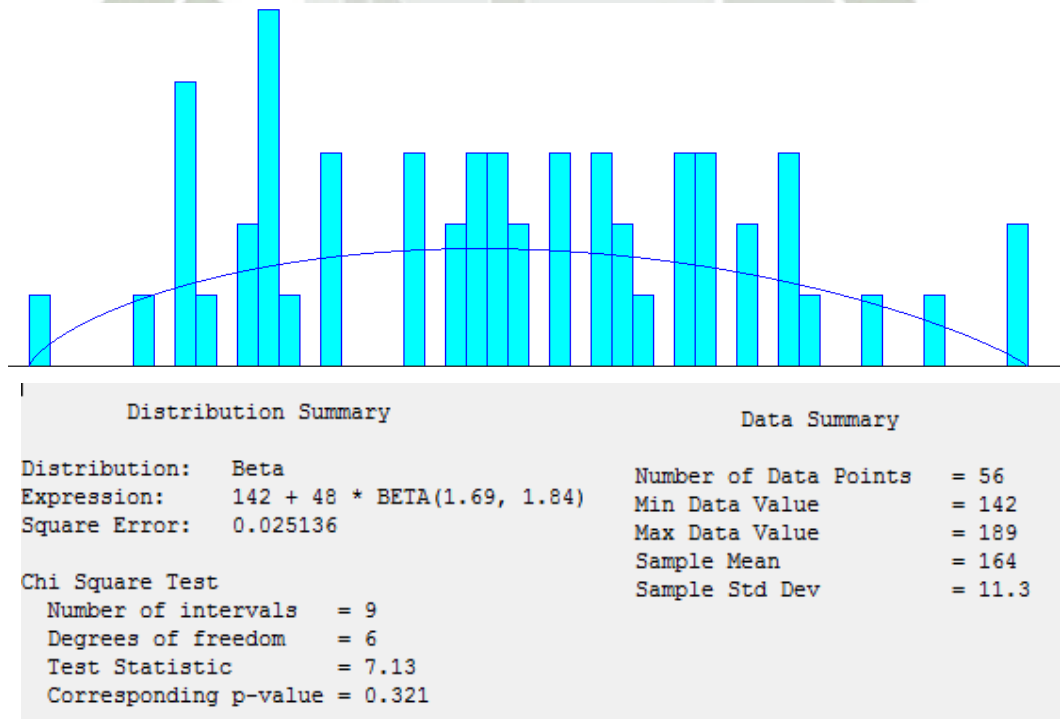
- X10: Tiempo Descarga Volquetes



- X11: Tiempo Regreso de Descarga Z-3



- X12: Tiempo Regreso de Descarga Over



ANEXO N° 2 – Plan de Producción Diario

Fecha	Día	Z -3 (m3)	Acumulado
01/09/2014	Lunes	6320.00	1546132.00
02/09/2014	Martes	6320.00	1552452.00
03/09/2014	Miércoles	6320.00	1558772.00
04/09/2014	Jueves	6320.00	1565092.00
05/09/2014	Viernes	6320.00	1571412.00
06/09/2014	Sábado	3300.00	1574712.00
07/09/2014	Domingo	0.00	1574712.00
08/09/2014	Lunes	6320.00	1581032.00
09/09/2014	Martes	6320.00	1587352.00
10/09/2014	Miércoles	6320.00	1593672.00
11/09/2014	Jueves	6320.00	1599992.00
12/09/2014	Viernes	6320.00	1606312.00
13/09/2014	Sábado	3300.00	1609612.00
14/09/2014	Domingo	0.00	1609612.00
15/09/2014	Lunes	6320.00	1615932.00
16/09/2014	Martes	6320.00	1622252.00
17/09/2014	Miércoles	6320.00	1628572.00
18/09/2014	Jueves	6320.00	1634892.00
19/09/2014	Viernes	6320.00	1641212.00
20/09/2014	Sábado	3300.00	1644512.00
21/09/2014	Domingo	0.00	1644512.00
22/09/2014	Lunes	6320.00	1650832.00
23/09/2014	Martes	6320.00	1657152.00
24/09/2014	Miércoles	6320.00	1663472.00
25/09/2014	Jueves	6320.00	1669792.00
26/09/2014	Viernes	6320.00	1676112.00
27/09/2014	Sábado	3300.00	1679412.00
28/09/2014	Domingo	0.00	1679412.00
29/09/2014	Lunes	6320.00	1685732.00
30/09/2014	Martes	6320.00	1692052.00
01/10/2014	Miércoles	6320.00	1698372.00
02/10/2014	Jueves	6320.00	1704692.00
03/10/2014	Viernes	6320.00	1711012.00
04/10/2014	Sábado	3300.00	1714312.00
05/10/2014	Domingo	0.00	1714312.00
06/10/2014	Lunes	6320.00	1720632.00
07/10/2014	Martes	6320.00	1726952.00
08/10/2014	Miércoles	0.00	1726952.00

Fecha	Día	Z -3 (m3)	Acumulado
09/10/2014	Jueves	6320.00	1733272.00
10/10/2014	Viernes	6320.00	1739592.00
11/10/2014	Sábado	3300.00	1742892.00
12/10/2014	Domingo	0.00	1742892.00
13/10/2014	Lunes	6320.00	1749212.00
14/10/2014	Martes	6320.00	1755532.00
15/10/2014	Miércoles	6320.00	1761852.00
16/10/2014	Jueves	6320.00	1768172.00
17/10/2014	Viernes	6320.00	1774492.00
18/10/2014	Sábado	3300.00	1777792.00
19/10/2014	Domingo	0.00	1777792.00
20/10/2014	Lunes	6320.00	1784112.00
21/10/2014	Martes	6320.00	1790432.00
22/10/2014	Miércoles	6320.00	1796752.00
23/10/2014	Jueves	6320.00	1803072.00
24/10/2014	Viernes	6320.00	1809392.00
25/10/2014	Sábado	3300.00	1812692.00
26/10/2014	Domingo	0.00	1812692.00
27/10/2014	Lunes	6320.00	1819012.00
28/10/2014	Martes	6320.00	1825332.00
29/10/2014	Miércoles	6320.00	1831652.00
30/10/2014	Jueves	6320.00	1837972.00
31/10/2014	Viernes	6320.00	1844292.00
01/11/2014	Sábado	0.00	1844292.00
02/11/2014	Domingo	0.00	1844292.00
03/11/2014	Lunes	6320.00	1850612.00
04/11/2014	Martes	6320.00	1856932.00
05/11/2014	Miércoles	6320.00	1863252.00
06/11/2014	Jueves	6320.00	1869572.00
07/11/2014	Viernes	6320.00	1875892.00
08/11/2014	Sábado	3300.00	1879192.00
09/11/2014	Domingo	0.00	1879192.00
10/11/2014	Lunes	6320.00	1885512.00
11/11/2014	Martes	6320.00	1891832.00
12/11/2014	Miércoles	6320.00	1898152.00
13/11/2014	Jueves	6320.00	1904472.00
14/11/2014	Viernes	6320.00	1910792.00
15/11/2014	Sábado	3300.00	1914092.00
16/11/2014	Domingo	0.00	1914092.00
17/11/2014	Lunes	6320.00	1920412.00
18/11/2014	Martes	6320.00	1926732.00

Fecha	Día	Z -3 (m3)	Acumulado
19/11/2014	Miércoles	6320.00	1933052.00
20/11/2014	Jueves	6320.00	1939372.00
21/11/2014	Viernes	6320.00	1945692.00
22/11/2014	Sábado	3300.00	1948992.00
23/11/2014	Domingo	0.00	1948992.00
24/11/2014	Lunes	6320.00	1955312.00
25/11/2014	Martes	6320.00	1961632.00
26/11/2014	Miércoles	6320.00	1967952.00
27/11/2014	Jueves	6320.00	1974272.00
28/11/2014	Viernes	6320.00	1980592.00
29/11/2014	Sábado	3300.00	1983892.00
30/11/2014	Domingo	0.00	1983892.00
01/12/2014	Lunes	6320.00	1990212.00
02/12/2014	Martes	6320.00	1996532.00
03/12/2014	Miércoles	6320.00	2002852.00
04/12/2014	Jueves	6320.00	2009172.00
05/12/2014	Viernes	6320.00	2015492.00
06/12/2014	Sábado	3300.00	2018792.00
07/12/2014	Domingo	0.00	2018792.00
08/12/2014	Lunes	0.00	2018792.00
09/12/2014	Martes	6320.00	2025112.00
10/12/2014	Miércoles	6320.00	2031432.00
11/12/2014	Jueves	6320.00	2037752.00
12/12/2014	Viernes	6320.00	2044072.00
13/12/2014	Sábado	3300.00	2047372.00
14/12/2014	Domingo	0.00	2047372.00
15/12/2014	Lunes	6320.00	2053692.00
16/12/2014	Martes	6320.00	2060012.00
17/12/2014	Miércoles	6320.00	2066332.00
18/12/2014	Jueves	6320.00	2072652.00
19/12/2014	Viernes	6320.00	2078972.00
20/12/2014	Sábado	3300.00	2082272.00
21/12/2014	Domingo	0.00	2082272.00
22/12/2014	Lunes	6320.00	2088592.00
23/12/2014	Martes	6320.00	2094912.00
24/12/2014	Miércoles	3300.00	2098212.00
25/12/2014	Jueves	0.00	2098212.00
26/12/2014	Viernes	6320.00	2104532.00
27/12/2014	Sábado	3300.00	2107832.00
28/12/2014	Domingo	0.00	2107832.00
29/12/2014	Lunes	6320.00	2114152.00

Fecha	Día	Z -3 (m3)	Acumulado
30/12/2014	Martes	6320.00	2120472.00
31/12/2014	Miércoles	3300.00	2123772.00
01/01/2015	Jueves	0.00	2123772.00
02/01/2015	Viernes	6320.00	2130092.00
03/01/2015	Sábado	3300.00	2133392.00
04/01/2015	Domingo	0.00	2133392.00
05/01/2015	Lunes	6320.00	2139712.00
06/01/2015	Martes	6320.00	2146032.00
07/01/2015	Miércoles	6320.00	2152352.00
08/01/2015	Jueves	6320.00	2158672.00
09/01/2015	Viernes	6320.00	2164992.00
10/01/2015	Sábado	3300.00	2168292.00
11/01/2015	Domingo	0.00	2168292.00
12/01/2015	Lunes	6320.00	2174612.00
13/01/2015	Martes	6320.00	2180932.00
14/01/2015	Miércoles	6320.00	2187252.00
15/01/2015	Jueves	6320.00	2193572.00
16/01/2015	Viernes	6320.00	2199892.00
17/01/2015	Sábado	3300.00	2203192.00
18/01/2015	Domingo	0.00	2203192.00
19/01/2015	Lunes	6320.00	2209512.00
20/01/2015	Martes	6320.00	2215832.00
21/01/2015	Miércoles	6320.00	2222152.00
22/01/2015	Jueves	6320.00	2228472.00
23/01/2015	Viernes	6320.00	2234792.00
24/01/2015	Sábado	3300.00	2238092.00
25/01/2015	Domingo	0.00	2238092.00
26/01/2015	Lunes	6320.00	2244412.00
27/01/2015	Martes	6320.00	2250732.00
28/01/2015	Miércoles	6320.00	2257052.00
29/01/2015	Jueves	6320.00	2263372.00
30/01/2015	Viernes	6320.00	2269692.00
31/01/2015	Sábado	3300.00	2272992.00
01/02/2015	Domingo	0.00	2272992.00
02/02/2015	Lunes	6320.00	2279312.00
03/02/2015	Martes	6320.00	2285632.00
04/02/2015	Miércoles	6320.00	2291952.00
05/02/2015	Jueves	6320.00	2298272.00
06/02/2015	Viernes	6320.00	2304592.00
07/02/2015	Sábado	3300.00	2307892.00
08/02/2015	Domingo	0.00	2307892.00

Fecha	Día	Z -3 (m3)	Acumulado
09/02/2015	Lunes	6320.00	2314212.00
10/02/2015	Martes	6320.00	2320532.00
11/02/2015	Miércoles	6320.00	2326852.00
12/02/2015	Jueves	6320.00	2333172.00
13/02/2015	Viernes	6320.00	2339492.00
14/02/2015	Sábado	3300.00	2342792.00
15/02/2015	Domingo	0.00	2342792.00
16/02/2015	Lunes	6320.00	2349112.00
17/02/2015	Martes	6320.00	2355432.00
18/02/2015	Miércoles	6320.00	2361752.00
19/02/2015	Jueves	6320.00	2368072.00
20/02/2015	Viernes	6320.00	2374392.00
21/02/2015	Sábado	3300.00	2377692.00
22/02/2015	Domingo	0.00	2377692.00
23/02/2015	Lunes	6320.00	2384012.00
24/02/2015	Martes	6320.00	2390332.00
25/02/2015	Miércoles	6320.00	2396652.00
26/02/2015	Jueves	6320.00	2402972.00
27/02/2015	Viernes	6320.00	2409292.00
28/02/2015	Sábado	3300.00	2412592.00
01/03/2015	Domingo	0.00	2412592.00
02/03/2015	Lunes	6320.00	2418912.00
03/03/2015	Martes	6320.00	2425232.00
04/03/2015	Miércoles	6320.00	2431552.00
05/03/2015	Jueves	6320.00	2437872.00
06/03/2015	Viernes	6320.00	2444192.00
07/03/2015	Sábado	3300.00	2447492.00
08/03/2015	Domingo	0.00	2447492.00
09/03/2015	Lunes	6320.00	2453812.00
10/03/2015	Martes	6320.00	2460132.00
11/03/2015	Miércoles	6320.00	2466452.00
12/03/2015	Jueves	6320.00	2472772.00
13/03/2015	Viernes	6320.00	2479092.00
14/03/2015	Sábado	3300.00	2482392.00
15/03/2015	Domingo	0.00	2482392.00
16/03/2015	Lunes	6320.00	2488712.00
17/03/2015	Martes	6320.00	2495032.00
18/03/2015	Miércoles	4968.00	2500000.00