

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE MINAS

MINERÍA DE CAMPO (3230)

**ANÁLISIS DE INDICADORES PARA EL CONTROL DE LAS ACTIVIDADES EN
MINA Y TRITURACIÓN DE LA CANTERA “EL MELERO” PERTENECIENTE
A LA EMPRESA FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS C.A.**

Autora: Rodríguez P. Yexi M.
Tutora académica: Silva Katherine.
Tutor industrial: Marrero Oswald.

Caracas, Marzo de 2011.

RESUMEN

En la industria minera los indicadores de producción sirven para medir los resultados de los esfuerzos realizados por los trabajadores, también ayudan a establecer comparaciones en el tiempo y presentar el aporte de cada elemento dentro de la estructura productiva, es por esta razón que el siguiente trabajo está orientado al estudio de los indicadores que afectan la producción en la Cantera El Melero, en busca de una solución para minimizar las causas que no hacen posible la máxima producción en los últimos meses.

Los jefes de cantera necesitan conocer de manera detallada el rendimiento de cada uno de los equipos de carga y acarreo, así como los de trituración con respecto a la producción. Por ello se planteó este trabajo técnico, con el objetivo de analizar estadísticamente los indicadores de control de las actividades que inciden en el rendimiento de las operaciones mineras y la producción, en el periodo comprendido por los meses de junio, julio y agosto del 2010. Es requerido para la implementación de un sistema de control y gestión que permita optimizar tiempos, reducir costos y monitorear todas las actividades del proceso productivo de la cantera.

La metodología utilizada consistió en la revisión bibliográfica sobre el estudio estadístico de los indicadores de control más adecuados para las operaciones mineras. En la primera etapa del control, se establecen los estándares o criterios de evaluación de la cantera en función de la cantidad como: volumen de producción, cantidad de existencias, cantidad de materiales primas, números de horas; se recopilan los datos correspondientes a las horas de parada, número de fallas, producción diaria y despacho, correspondiente al período señalado anteriormente. Esta fase permitió seleccionar un programa estadístico de tratamiento de datos versátil y de fácil manejo, en virtud del gran número de datos obtenidos. Los resultados del análisis estadístico revelan que el factor que más afectó la producción durante el trimestre seleccionado, fue la falla que presentó el alimentador primario de la trituradora, ocasionando una reducción considerable en la producción de meta calizas.

Los resultados obtenidos permitieron establecer la incidencia de la frecuencia de las fallas sobre la producción. Finalmente se puede establecer que el análisis de los indicadores permite determinar si hay una tendencia en el comportamiento de la frecuencia de las fallas y los tiempos de parada en función de la producción, así establecer la segunda etapa del control, que tiene como fin evaluar lo que se está haciendo, para luego comparar el desempeño con lo que fue establecido como estándar (producir 20000 T/mes), verificar si hay desvío o variación y finalmente tomar las acciones correctivas.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	III
TABLA DE FIGURAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivo General	2
1.3 Objetivos Específicos	
1.4 Justificación	4
CAPITULO II. ASPECTOS GENERALES DE LA CANTERA EL MELERO	
2.1 Ubicación y accesos	5
2.1.1 Ubicación relativa	5
2.1.2 Ubicación geográfica	5
2.1.3 Acceso	5
2.2 Geografía física de la zona	6
2.2.1 Topografía	6
2.2.2 Drenaje natural	6
2.2.3 Clima y vegetación	6
2.3 Geología	7
2.3.1 Geología regional	7
2.3.2 Geología local	8
2.3.3 Recursos geológicos y reservas	9
2.4 Generalidades de la cantera	10
2.4.1 Servicios de la cantera El Melero	11
2.4.2 Arranque	11
2.4.3 Acarreo	11
2.4.4 Labores de Explotación	12
2.4.5 Maquinaria y Equipos	13
CAPITULO III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
3.1 Indicadores de gestión	16
3.2 Selección de indicadores	17
3.3 Técnicas estadísticas	18
3.3.1 Carta de Control	19
3.3.2 Diagrama de Caja	20
3.3.3 Gráfica de Pareto	21

CAPITULO IV. PROGRAMA ESTADISTICO	
4.1 Minitab	22
4.2 Seis Sigma	23
CAPITULO V. METODOLOGÍA	
5.1 Obtención de datos	26
5.2 Aplicación de las técnicas estadísticas.	26
CAPITULO VI. RESULTADOS	
6.1 Gráficas obtenidas para cada camión	27
6.2 Gráficas obtenidas del mes de Junio.	34
6.2.1 Producción primaria y secundaria.	35
6.2.2 Paradas en trituración Primaria.	36
6.2.3 Paradas en trituración Secundaria.	38
6.2.4 Despacho.	40
6.3 Gráficas obtenidas del mes de Julio.	41
6.3.1 Producción primaria y secundaria.	41
6.3.2 Paradas en trituración Primaria.	43
6.3.3 Paradas en trituración Secundaria.	45
6.3.4 Despacho.	47
6.4 Gráficas obtenidas del mes de Agosto.	48
6.4.1 Producción primaria y secundaria.	48
6.4.2 Paradas en trituración Primaria.	50
6.4.3 Paradas en trituración Secundaria.	52
6.4.4 Despacho.	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	58

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Ubicación del Estado Miranda.	6
Figura N° 2. Camión Iveco de 20tn.	12
Figura N° 3. Bancos de explotación.	13
Figura N° 4. Trituradora de mandíbula (vista superior de la boca de admisión)	14
Figura N° 5. Trituradora de cono	15
Figura N° 6. Cintas transportadoras.	15
Figura 7. Carta de control típica	20
Figura 8. Diagrama de Caja.	21
Figura N° 9. Grafica de Pareto.	21
Figura N° 10. Esquema de de mejora de proceso Seis sigma..	23
Figura N°11. Histograma de frecuencia del Camión N° 6	28
Figura N° 12. Diagrama de caja del Camión N° 6.	28
Figura N° 13. Histograma de frecuencia del Camión N° 9	29
Figura N° 14. Diagrama de caja del Camión N° 9.	29
Figura N° 15. Histograma de frecuencia del camión N° 11	30
Figura N° 16. Diagrama de caja del Camión N° 11	31
Figura N° 17. Histograma de frecuencia del camión N° 12	32
Figura N° 18. Diagrama de caja del Camión N° 12	32
Figura N° 19 Patrón General de los Camiones	33

INTRODUCCIÓN

En las operaciones mineras se presentan diferentes inconvenientes los cuales traen como consecuencias la disminución de la producción, se estableció un sistema de indicadores que involucren los procesos productivos y administrativos, a fin de identificar los factores causantes de esa disminución de producción y así poder establecer medidas para solventar las consecuencias. Varios trabajos indican que el control de gestión a partir del uso de indicadores permiten cuantificar los problemas del proceso productivo.

Varios investigadores plantean el uso de indicadores de gestión aunado al uso de técnicas estadísticas para poder retroalimentar un proceso dado, monitorear el avance o la ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos.

Dado que en el país actualmente el rubro de materiales de construcción está en excesiva demanda, Fabrica Nacional de Cemento (FNC), en sus diferentes áreas desea implementar medidas para optimizar la producción. Los supervisores de algunas canteras como es el caso de “El melero” están enfocados en implementar técnicas estadísticas en función de indicadores de gestión para aumentar la calidad de la producción.

En esta cantera durante el trimestre junio-agosto 2010 no pudo cumplir con los requerimientos de la planta de cemento, causando serios retrasos en las entregas del material. Por tal motivo los supervisores de la cantera identificaron que la forma más efectiva de solventar los inconvenientes, es conocer de manera detallada el rendimiento de cada uno de los equipos de carga y acarreo, así como los de trituración con respecto a la producción. Esto con el propósito de extrapolar los resultados para la implementación de un sistema de control y gestión que permita optimizar los tiempos, reducir costos de producción y monitorear las actividades del proceso de la cantera.

La metodología de trabajo utilizada consistió en la revisión de los indicadores de control más adecuados para las operaciones mineras. En la primera etapa del control, se establece los estándares o criterios de evaluación de la cantera en función de la cantidad

como: volumen de producción, cantidad de existencias, cantidad de materiales primas, números de horas; se recopilaron los datos correspondientes a las horas de parada, número de fallas, producción diaria y despacho, correspondiente a los meses junio, julio y agosto del 2010. Esta fase permitió seleccionar un programa computacional estadístico de tratamiento de datos versátil y de fácil manejo, en virtud del gran número de datos obtenidos.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la primera parte, se describe el planteamiento del problema con sus respectivos objetivos, en el segundo capítulo los aspectos generales de la cantera, en el capítulo tres los elementos más resaltantes del fundamento teórico necesarios para comprender el presente estudio, en el cuarto capítulo se presenta la el programa estadístico utilizado, en el quinto capítulo la metodología experimental que se va a desarrollar en este trabajo, el en sexto capítulo se desarrolla la discusión de los resultados, finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones que puedan brindar a la cantera un mejor funcionamiento.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. – Planteamiento del Problema

La cantera El Melero durante el trimestre comprendido entre junio y agosto de 2010 no logro cumplir con los planes de producción proyectados. Causando retraso en las entrega de material a la planta procesadora de la meta calizas. Los jefes a cargo de la cantera atribuyen este inconveniente a fallas de los equipos de carga, acarreo, y de trituración primaria, generando la necesidad de solventar los inconvenientes a través de estrategias efectivas. En este orden de ideas se plantea conocer de manera detallada el rendimiento de cada uno de los equipos de carga y acarreo, así como los de trituración con respecto a la producción.

En este trabajo se propone analizar estadísticamente los indicadores de control de las actividades que inciden en el rendimiento de las operaciones mineras y de la producción, en el período estudiado entre junio y agosto. Con el propósito de dar los primeros pasos en la implementación de un sistema de control y gestión que permita optimiza tiempos, reducir costos y monitorear todas las actividades del proceso productivo de la cantera.

1.2. Objetivo General

Analizar los indicadores para el control de las actividades de mina y trituración de la cantera El Melero.

1.3. Objetivos Específicos

- Realizar investigación bibliografía sobre indicadores de gestión y técnicas de análisis estadístico para el control de calidad.
- Establecer los indicadores de las actividades en mina y en la planta de trituración utilizando los datos de los meses junio, julio y agosto.

- Analizar los indicadores utilizando herramientas estadísticas con programas computacionales.
- Identificación de los problemas más frecuentes.
- Proponer soluciones en función de los análisis realizados.

1.4. Justificación

La cantera necesita conocer el rendimiento de los equipos de carga, acarreo, y maquinaria de trituración con respecto a la producción para identificar las fallas y sus posibles soluciones. Y de esta forma poder alcanzar las metas de producción mensual. Los indicadores de gestión son una herramienta que puede facilitar este trabajo y estimar cuantitativamente ritmo del proceso productivo. Lo que permite establecer planes de mantenimiento preventivo para equipos y maquinaria, y por ende aumentar la eficiencia.

CAPÍTULO II

CANTERA EL MELERO

2. Generalidades

2.1 Ubicación y Acceso

2.1.1 Ubicación Relativa

La cantera El Melero se encuentra ubicada en el municipio Cristóbal Rojas, sector Las Brisas, debajo del aeropuerto “Machado Zuloaga” mejor conocido como el “Aeropuerto Caracas” del estado Miranda, aproximadamente a 6,5 Km al norte de la población de Charallave. La cantera está lometa meta calizasda en terrenos pertenecientes a la empresa Fábrica Nacional de Cementos[1].

2.1.2 Ubicación geográfica

El Melero se encuentra al Oeste del cuerpo de meta calizas que aflora con dirección N 60° 0' en el flanco Sur de la Fila El Peñón, en las cabeceras de la Quebrada de Caiza, aproximadamente entre las coordenadas 66° 52' y 100° 20'. [1]

2.1.3 Acceso

Su acceso se logra a través de carretera desde la Autopista Regional del Centro, vía Oriente, en la salida del Aeropuerto Caracas, por un recorrido de aproximadamente 10 Km. En la figura 1 se muestra la ubicación del estado Miranda al cual pertenece la Cantera El Melero.



Figura N° 1. Ubicación del estado Miranda. Tomado de http://www.gobiernoenlinea.ve/images/mapa_miranda.

2.2 Geografía física de la zona

2.2.1 Topografía

La topografía de la zona es la típica configuración de la Serranía del Interior, con un relieve definido por el desarrollo de valles encajados, pendientes fuertes y cerros de topes irregulares. Esta parte de la serranía tiene una orientación noroeste-sureste a este-oeste, con laderas de pendientes fuertes; hasta algunos sectores donde el terreno es inaccesible, como lo es el extremo noroeste de la cantera, donde la meta calizas en alguna época desarrolló una topografía de riscos.

2.2.2 Drenaje natural

La cantera está enclavada en una ladera descendente hacia el Sur, hasta la Quebrada de Caiza, que es la principal receptora de agua de la zona.

2.2.3 Clima y Vegetación

En esta región, los aspectos climáticos que intervienen son principalmente el relieve y la acción de los vientos alisios del noreste.

Se registra una temperatura media anual de 29°C para los 700 msnm y responde al tipo de clima Awi, con una pluviosidad que sigue el régimen de las zonas de clima tropical de sabana (seco en verano y lluviosos en invierno); las lluvias máximas se producen en junio, julio y agosto, siendo la media anual de 800 mm.

En general la ladera está cubierta por una vegetación de poca a mediana altura; sin embargo en las partes altas de la cuenca de la quebrada Caiza se desarrolla una vegetación boscosa más densa.

Entre las especies arbóreas del bosque Caducifolio se reconoce el samán, copaiba, caro, yagrumo, jabillo, aceite, alguno robles, dividive, etc. Y entre los arbustos predominantes, el alcornoque, cují y guayaba sabanera.

2.3 Geología

2.3.1 Geología Regional

El área El Melero se encuentra, ubicada geológicamente dentro de lo que se ha denominado “Faja de Paracotos” sobre un espacio identificado Litológicamente por rocas pertenecientes a la Formación Las Mercedes del Grupo Caracas.

El marco Litológicamente regional está conformado por una espesa secuencia cuarzo-muscovítico-grafitoso-calcáreos y lentes o bloques rotados de meta meta calizas marmórea, intensamente plegados y fallados.

En este sector de la Serranía del Interior es típico el predominio de la roca

esquistosa, grafitosa y calcárea, con esporádicos lentes o bloques de meta meta calizas masiva recristalizada, pero intensamente plegadas.

Esta configuración estratigráfica y estructural hace imposible conocer la raíz, y por lo tanto, la dimensión de estos cuerpos calcáreos; para ello se hace necesario realizar la actividad de perforación.

2.3.2 Geología Local

Litológicamente, lo dominante en el área de la cantera, es la presencia de esquistos cuarzo-feldespáticos-micáceos, intercalados con esquistos grafitosos, calcáreos, en general muy plegados, con abundantes venas y vetas de calcita blanca y cuarzo. La roca se muestra con diferentes grados de meteorización.

La infiltración del agua de lluvia a través de las grietas del esquistos ha causado que los planos de foliación y diaclasas estén cubiertos por una película de óxido de hierro, color marrón claro rojizo; éste fenómeno es observado tanto en los cortes en superficie como en los núcleos de perforación.

Dentro de los esquistos se reconocen intercalaciones de lentes de meta meta calizas, con espesores de pocos centímetros hasta 15 cm.; excepcionalmente hasta 50 cm.

La litología más importante la constituye la roca meta meta calizas, la cual se presenta como una roca densa, cristalina, a veces con ligera textura arenosa. La meta meta calizas tiene una condición física de roca sana y dura de color predominantemente gris medio a oscuro, a veces tiende a un color gris azulado.

Es común la presencia de vetas y venas irregulares de calcita blanca y/o cuarzo, cortando la roca en diferentes direcciones.

Generalmente en las cercanías del contacto con los esquistos, la meta calizas desarrolla una estructura esquistosa, o cierta laminación e intercalación de capas delgadas de meta meta calizas y esquistos de semejante espesor, en un espacio de aproximadamente 10 a 20 metros.

Estructuralmente parece predominar una orientación general nor-oeste, con valores que varían entre N 15 - 70 0, con buzamientos al suroeste, entre 15 y 60 grados; sin embargo, localmente se observan sitios con fuerte plegamiento que modifica esta matriz estructural.

2.3.3 Recursos geológicos y Reservas

Para el cálculo de reserva se tomaron en cuenta los criterios químicos, litológicos y estructurales. Los químicos fueron establecidos por la FNC apegado a las necesidades de la planta (óxido de calcio (CaO) > 42%); los criterios litológicos son producto del estudio geológico de superficie y la revisión y descripción de los núcleos de perforación. Los criterios estructurales corresponden a la interpretación geológica del yacimiento a profundidad, en virtud de la información generada por las perforaciones y las observaciones de la geología de superficie.

En la Tabla siguiente se resumen los criterios químicos y litológicos.

Tabla I. Criterios Químicos y Litológicos.

Tipo Litológico	Tipo Químico	% CaO	Características Litológicas
CM	1	> 48	META CALIZAS MASIVA a ligeramente foliada, grano medio a grueso, negra, bien cristalizada, vetas de calcita blanca, generalmente gruesa.
CL	1 2	> 48 42-48	META CALIZAS LAMINADA, grano fino, gris medio a oscuro, buena foliación, aspecto arenoso, buena cristalización. Intercalación de lentes calcáreos, grafitosos y esquistos calcáreos cuarzo-feldespáticos, generalmente replegados.

--	--	--	--

Sobre los criterios químicos y litológicos descritos, se determinó el volumen de reservas del yacimiento Melero, las cuales fueron medidas siguiendo el método de los perfiles paralelos.

El tipo litológico META CALIZAS MASIVA (CM) constituye la mejor calidad de meta calizas y por ello ha sido explotada preferiblemente en la cantera Melero; sin embargo se ha incorporado el tipo litológico META CALIZAS LAMINAR (CL) (Tipos químicos 1 y 2) al volumen de reservas útiles, porque a pesar de que puedan incluir horizontes lenticulares, con relativamente altos valores de sílice y alúmina, pueden ser explotadas para confeccionar mezclas y así equilibrar y optimizar el aprovechamiento del total de reservas.

En atención a lo anterior, se realizó un nuevo cálculo de reservas, tomando en cuenta no solo el tipo litológico “meta calizas masiva” (CM), sino también el tipo litológico “meta calizas laminar” (CL), ambos con valores de CaO por encima del 42%. De aquí resultó un nuevo valor de reservas, en el sector tradicional de la cantera, de 3.647.288, 44 toneladas de meta calizas aptas para la producción de cemento.

2.4 Operaciones de la Cantera

2.4.1 Planificación de la Cantera El Melero

La cantera cuenta con un departamento de planificación que se encarga de la coordinación de las actividades a realizarse diariamente en la mina, como por ejemplo establecer el frente de explotación, el nivel topográfico en el que trabajaran los equipos.etc.

La planificación de la cantera también cuenta con un taller de mantenimiento que

se encarga de las labores de reparación y mantenimiento preventivo de la planta y equipos móviles. Con respecto al abastecimiento de agua para el riego de las vías la misma proviene de un pozo ubicado en los alrededores de la cantera.

2.4.2 Arranque

Mediante el método de explotación a cielo abierto el arranque de meta calizas se realiza por medio de perforación y voladura. La perforación se hace con perforadoras neumáticas montadas sobre orugas, la inclinación de las perforaciones es de 90°, esencialmente rectas. La configuración de la malla es la denominada coloquialmente como “tribolillo”, es decir, el área de influencia entre barrenos es de forma triangular. La malla de perforación nominal es de 3,5m x 4,0m con un diámetro de barreno igual a 4,5 pulgadas.

En la tabla II se muestra la carga unitaria por barreno más utilizado, cabe destacar que el explosivo comúnmente utilizado es el Nitrato de Amonio (Comercialmente conocido como ANFO).

Tabla II. Carga unitaria por barreno

Item	Cantidad
Explosivo: Anfo (30Kg)	60 Kg
Booster de pentolita	1 de 340 gr
Emulsión explosiva: Senatel Magnafrac plus 65x 400	2 (1,47 kg)
Detonador: EXEL HANDIDET 42/350 50”	1

2.4.3 Acarreo

Las meta calizas es transportada por medio de camiones marca Iveco de 20tn de capacidad, desde la cantera hasta los patios de almacenamiento de trituración primaria, la distancia recorrida por dichos camiones (desde la cantera hasta los patios de

almacenamiento de la trituración primaria) es de aproximadamente 2 Km, en algunas ocasiones los camiones descargan el material directamente en el alimentador de la trituradora primaria. En la figura N° 2 se puede visualizar un camión Iveco de 20tn, cargado.



Figura N° 2. Camión Iveco de 20tn.

2.4.4 Labores de Explotación

El método de explotación aplicado en la cantera es a Cielo Abierto, a través de bancos de 10m de altura, un ancho de berma de 7,5m, una pendiente de talud de los bancos de 76° y un ángulo de talud final de 45°. En la figura 3 se observa la disposición de los bancos.



Figura N° 3. Bancos de explotación. Tomado de tesis de Yoxela Corniel.

2.4.5 Maquinaria y Equipos

En la cantera El Melero posee equipos pesados para las labores de carga, acarreo, perforación y labores complementarias está constituido por lo siguiente:

Carga y Acarreo:

- 7 camiones, marca IVECO.
- 1 Tractor, marca CAT, modelo D8.
- 1 Cargador frontal marca CAT, modelo 966.

Perforación y equipo complementario:

- 2 Perforadora neumática montada sobre orugas con su compresor
- 1 Camión cisterna
- 1 Vehículo para la lubricación
- 1 Vehículo de apoyo
- 1 Vehículo para la supervisión

La maquinaria con la que cuenta la Cantera El Melero es

- Trituradoras :
 1. Una trituradora de mandíbula que recibe el materia proveniente de mina y tiene una salida (Sa) de aproximadamente 5 pulgadas (véase la figura 4).
 2. Dos trituradoras de cono, estos trituran el material que viene de trituración primaria (ver figura 5).
- Cintas transportadoras (ver figura 6)
- Cribas
- Tolvas



Figura N° 4. Trituradora de mandíbula (vista superior de la boca de admisión)



Figura N° 5. Trituradora de cono



Figura N° 6. Cintas transportadoras.

CAPITULO III

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Indicadores de gestión

3.1.1 Generalidades

En general todas las actividades pueden medirse con parámetros que enfocados a la toma de decisiones, las cuales permiten monitorear la gestión, de esta forma se asegura que las actividades vayan en el sentido correcto y permiten evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades. Estas señales son conocidas como indicadores de gestión.

Un indicador de gestión de acuerdo con Jaramillo [2] es una expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso. Los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en su desempeño global.

Además de permitir retroalimentar un proceso dado, monitorear el avance o la ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos, entre otros. La eficiencia de los indicadores está relacionada directamente con su tiempo de respuesta. [2-3]

Entre los diversos beneficios que puede proporcionar a una organización la implementación de un sistema de indicadores de gestión, se destacan la satisfacción del cliente y Monitoreo del proceso. Lo que permite el mejoramiento continuo, a través de un seguimiento exhaustivo a cada eslabón de la cadena que conforma el proceso. Las mediciones son las herramientas básicas no sólo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones.

Los indicadores de gestión deben cumplir con unos requisitos y elementos para poder apoyar la gestión para conseguir el objetivo. Estas características se muestran en la tabla III.

Tabla III. Características de los indicadores de gestión [2].

Simplicidad	Capacidad para definir el evento que se pretende medir, de manera poco costosa en tiempo y recurso.
Adecuación	Facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.
Validez en el tiempo	Puede definirse como la propiedad de ser permanente por un periodo deseado.
Participación de los usuarios	Es la habilidad para estar involucrados desde el diseño, y debe proporcionárseles los recursos y formación necesarios para su ejecución.
Utilidad	Es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que han llevado a que alcance un valor particular y mejorarlas.
Oportunidad	Entendida como la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo. Igualmente requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar

3.1.2 Selección de indicadores

Es importante ajustar o administrar que el conjunto de indicadores de cada proceso esté alineado con los de sus respectivas unidades de negocio y por tanto con la Misión de la organización, para lograr la efectividad de los objetivos estratégicos propuestos [2]. En la tabla IV se presentan las dimensiones de los indicadores de gestión especificando el tipo de estrategia, el tiempo de seguimiento y el objetivo de cada acción

Para definir si el indicador de control en un proceso es importante, se debe desarrollar de acuerdo con Jaramillo [2], un criterio para la selección de los indicadores. Este autor plantea que una técnica sencilla consiste en responder cuatro (4) preguntas básicas:

- Es fácil de medir
- Se mide rápidamente
- Proporciona información relevante
- Se grafica fácilmente?

Tabla IV. Dimensiones de los Indicadores de Gestión [2].

Tipo	Revisión	Enfoque	Propósito
Planeación Estratégica	Desempeño global de la organización	Largo plazo (Anuales)	Alcances de la Visión y la Misión
Planeación Funcional	Desempeño de las áreas funcionales	Corto y mediano plazo (Mensuales o Semestrales)	Apoyo de las áreas funcionales para el logro de las metas estratégicas de la organización
Planeación Operativa	Desempeño individual de empleados, equipos, productos, servicios y procesos.	Cotidiano (Semanales, diarias, horas)	Alineamiento del desempeño de empleados, equipos, productos, servicios y de los procesos con las metas de la organización y de las áreas funcionales

En el caso que las respuestas a todas las preguntas sean afirmativas, se considera que ya está definido un indicador apropiado. Sin embargo, Jaramillo plantea que requiere de un poco de tiempo evaluar cada pregunta de manera concreta y asegurar que si se responde afirmativa o negativamente, la respuesta está asegurada.

3.2 Técnicas estadísticas

El Control Estadístico en los procesos de producción con el fin de mejorar los procesos productivos, disminuyendo costos para así ofrecer productos realmente competitivos. En la literatura de control de gestión y calidad coinciden en la necesidad de usar técnicas de estadísticas como herramientas básicas para obtener el Control Estadístico del Proceso (CEP).

Existen una gran variedad de métodos o técnicas para aplicar el control estadístico de proceso, para este trabajo los métodos utilizados son los expuestos a continuación:

3.2.1 Gráficos de control

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una Carta de Control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso [4].

La carta de control contiene una **línea central** que representa el valor promedio de la característica de la calidad que corresponde al estado bajo control. También se muestran en la carta otras dos líneas horizontales, llamadas el **límite de control superior** (UCL, por sus siglas en inglés) y el **límite de control inferior** (LCL. Por sus siglas en inglés). Estos límites se eligen de tal modo que si el proceso está bajo control, casi todos los puntos muestrales se localizarán cercanos entre ellos, como se muestra en la figura 7.

En esta figura se observa una línea quebrada irregular, que muestra las fluctuaciones de una variable X a lo largo del tiempo. Esta es la fluctuación esperable y natural del proceso. Los valores se mueven alrededor de un valor central (El promedio de los datos), la mayor parte del tiempo cerca del mismo. Pero en algún momento puede ocurrir que aparezca uno o más valores demasiado alejados del promedio.

El poder distinguir si esta variación se produce por la fluctuación natural del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien, son el tipo de respuesta que provee el control estadístico de procesos. La carta de control es un recurso para describir de manera precisa lo que se pretendió exactamente por medio del control estadístico; como tal puede usarse en una variedad de formas. En muchas aplicaciones se usa para la vigilancia en línea de un proceso. Es decir, se colectan datos muestrales y se usan para construir la carta de control.

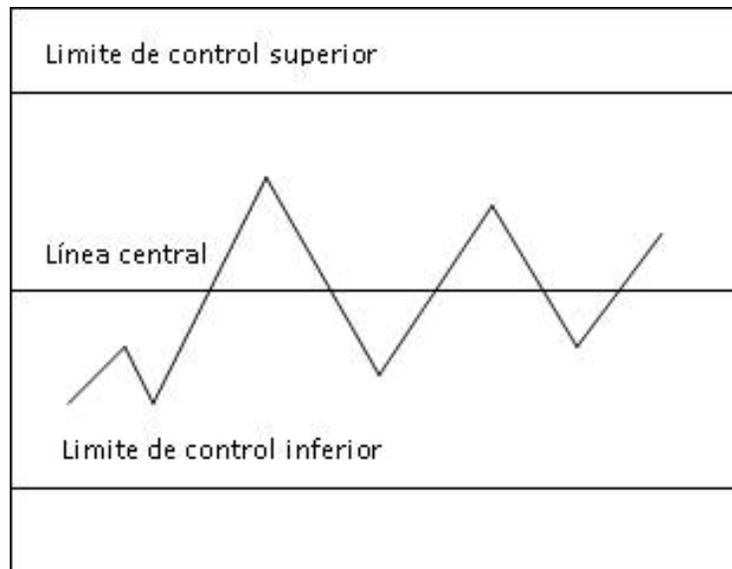


Figura 7. Carta de control típica

El uso más importante de una carta de control es para mejorar los procesos. Se ha encontrado que, en general:

1. La mayoría de los procesos no operan en un estado de control estadístico.
2. Por consiguiente, el uso rutinario y atento de las cartas de control identificará las causas asignables. Si estas causas pueden eliminarse del proceso, la variabilidad se reducirá y el proceso será mejorado.
3. La carta de control solo detectará las causas asignables.

3.2.2 Diagrama de Caja

El diagrama de caja es una representación gráfica que muestra simultáneamente varias características importantes de los datos, tales como la lometa meta calizasción o la tendencia central, la dispersión o variabilidad, el apartamiento de la simetría, y la identificación de observaciones que se lometa meta calizasn inusualmente lejos del grueso de los datos (a estas observaciones se les llama con frecuencia “puntos atípicos”).

Un diagrama de caja muestra los tres cuarteles, el mínimo, y el máximo de los datos en una caja rectangular, alineada sea horizontal o verticalmente.

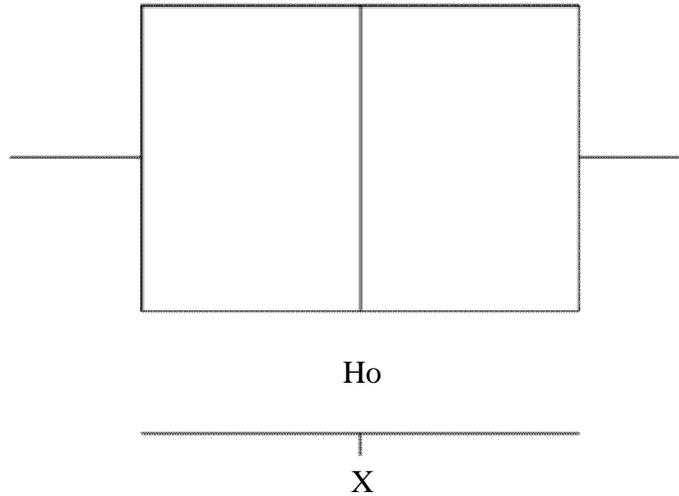


Figura 8. Diagrama de Caja

3.2.3 Gráfica de Pareto

La gráfica de Pareto es tan solo una distribución de frecuencia (o histograma) de datos de atributos ordenados por categorías. En esta gráfica el usuario puede identificar visualmente de inmediato los tipos de defectos que ocurren en un proceso con mayor frecuencia. La gráfica de Pareto no identifica automáticamente los defectos más importantes, sino solo los que ocurren con mayor frecuencia.

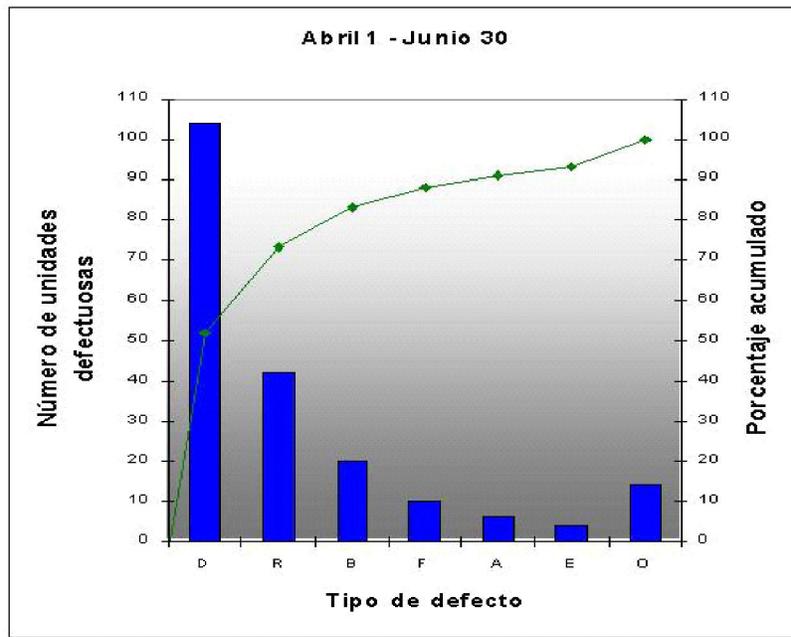


Figura N° 9. Grafica de Pareto. Tomado de 7 herramientas para el control de calidad, Universidad Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, JICA.

CAPITULO IV

PROGRAMA ESTADÍSTICO

4.1 Minitab

Minitab es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. En 1972, instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pennsylvania (Pennsylvania State University) desarrollaron MINITAB como una versión ligera de OMNITAB, un programa de análisis estadístico del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos[4].

Uno de los desarrolladores originales, Barbara Ryan, es la presidenta y directora ejecutiva de Minitab. Inc. La cual es una compañía privada cuya sede principal se encuentra en State College, Pensilvania, y tiene subsidiarias en el Reino Unido, Francia y Australia. Además, Minitab tiene representantes y distribuidores en muchos países alrededor del mundo.

En poco tiempo, Minitab llegó a ser, y continúa siendo, el principal software del mundo para la enseñanza de estadística. En todo el mundo, Minitab ha sido el software con el que más estudiantes han aprendido estadística.

Asimismo, Minitab es el software utilizado con mayor frecuencia en Six Sigma, la principal metodología del mundo para el mejoramiento de la calidad.

4.2 Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de *mejora de procesos*, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los **defectos** o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente (figura N°10). La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 *defectos* por millón de eventos u oportunidades ([DPMO](#)), entendiéndose

como *defecto* cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.



Figura N° 10. Esquema de de mejora de proceso [5].

Seis sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma representa tradicionalmente la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología seis sigma es reducir ésta de modo que mi proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

Seis sigma es una evolución de las teorías sobre calidad de más éxito desarrolladas después de la segunda guerra mundial. Especialmente pueden considerarse precursoras directas:

- TQM, Total Quality Management o Sistema de Calidad Total
- SPC, Statistical Process Control o Control Estadístico de Procesos

Seis sigma ha ido evolucionando desde su aplicación meramente como herramienta de calidad a incluirse dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación. Aunque nació en las empresas del sector industrial, muchas de sus herramientas se aplican con éxito en el sector servicios en la actualidad.

El proceso Seis Sigma (six sigma) se caracteriza por 5 etapas bien concretas:

- **Definir** el problema o el defecto
- **Medir** y recopilar datos
- **Analizar** datos

- **Mejorar**
- **Controlar**

-Definir

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

-Medir

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

Analizar

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "focos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

Mejorar

En la fase de mejora (*Improve* en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

Controlar

Fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se

hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

- Recopilación de data de mina y trituración de los meses junio, julio y agosto.
- Toma de tiempo de carga y acarreo realizados por los camiones.
- Familiarización con el programa Minitab, utilidad y funcionamiento.
- Construcción de un patrón aleatorio para el análisis estadístico de los ciclos de carga y acarreo.
- Realización de graficas con los datos obtenidos de mina y trituración.
- Identificación de los problemas y propuestas para su solución.

CAPÍTULO V

METODOLOGÍA

5.1 Obtención de datos

- Documentación bibliográfica sobre el estudio estadístico de los indicadores en mina y trituración, para establecer los mismos.
- Toma de tiempo de los viajes realizados por los camiones, para la obtención de la data de cada camión.
- Revisión de los archivos de la cantera para obtener los datos de producción, horas de paradas y despacho.

5.2 Aplicación de técnicas estadísticas

En el desarrollo de este trabajo se utilizaron las siguientes técnicas estadísticas Cartas de control, Diagrama de Pareto y diagramas de caja, con la ayuda del programa MINITAB, para la ejecución de dicho programa se tuvo que seguir una serie de pasos a continuación:

- 1.-Familiarización con el programa Minitab, utilidad y funcionamiento.
- 2.- Para obtener las graficas de la parte de carga y acarreo fue necesario tener un patrón aleatorio de los ciclos de carga y acarreo, el cual se elaboro tomando en cuenta la media y la desviación estándar de los viajes de cada camión establecido por el jefe de cantera, con el fin de tener una distribución normal de los datos, para la elaboración de este patrón se utilizo una hoja de cálculo (Excel). Esta normalización de los datos se realizo ya que programa lo exige a la hora de cargar los datos.
- 3.- En cuanto a la producción, horas de paradas y despacho, se obtuvieron los datos de los archivos de la cantera de los meses Junio, Julio y Agosto, los cuales fueron clasificados correspondientemente al área mencionada (producción, horas de paradas y despacho).
- 4.- Luego de tener los datos clasificados los mismos fueron cargados al programa Minitab para generar las graficas.
- 5.- Una vez completadas las graficas se hizo la identificación de los problemas causantes de la disminución de producción de meta meta calizas en la cantera, y así realizar propuestas para la solución de los problemas encontrados.

CAPÍTULO VI RESULTADOS

6.1 Histogramas de frecuencia

Como se explicó en el capítulo II las representaciones de los histogramas de frecuencia o distribución normal permite establecer la media cae en el punto central de la máxima frecuencia, si hay una distribución simétrica de desviaciones positivas y negativas alrededor del valor máximo y cuando aumenta la magnitud de la desviación la frecuencia.

A continuación se presentan los histogramas de frecuencia obtenidos para cada camión, en el programa MINITAB. En la parte izquierda de las figuras se presenta los histogramas y en la derecha los valores estadísticos que caracterizan este comportamiento. Finalmente en la parte inferior muestra los intervalos de confianza.

Camión 6

En la figura 11, se puede observar que existe una buena distribución del número de viajes realizados por el camión, el mismo tiene un promedio de 12,3 viajes por día, lo cual es bastante cercano a lo deseado (13 viajes/ día). Sin embargo la desviación estándar esta alrededor de cinco (5) lo que deja un intervalo muy amplio entre el número de viajes por día. Como se ve reflejado en el intervalo de confianza.

En la grafica de la figura 12 se observa la representación de la media (H_0) del número de viajes realizados por el camión N° 6. Se visualiza también que este valor se encuentra en la frontera del rango permisible, quiere decir que este valor de $H_0 = 12,31$ es aceptable con respecto al valor que se espera tener el cual es 13 viajes/día.

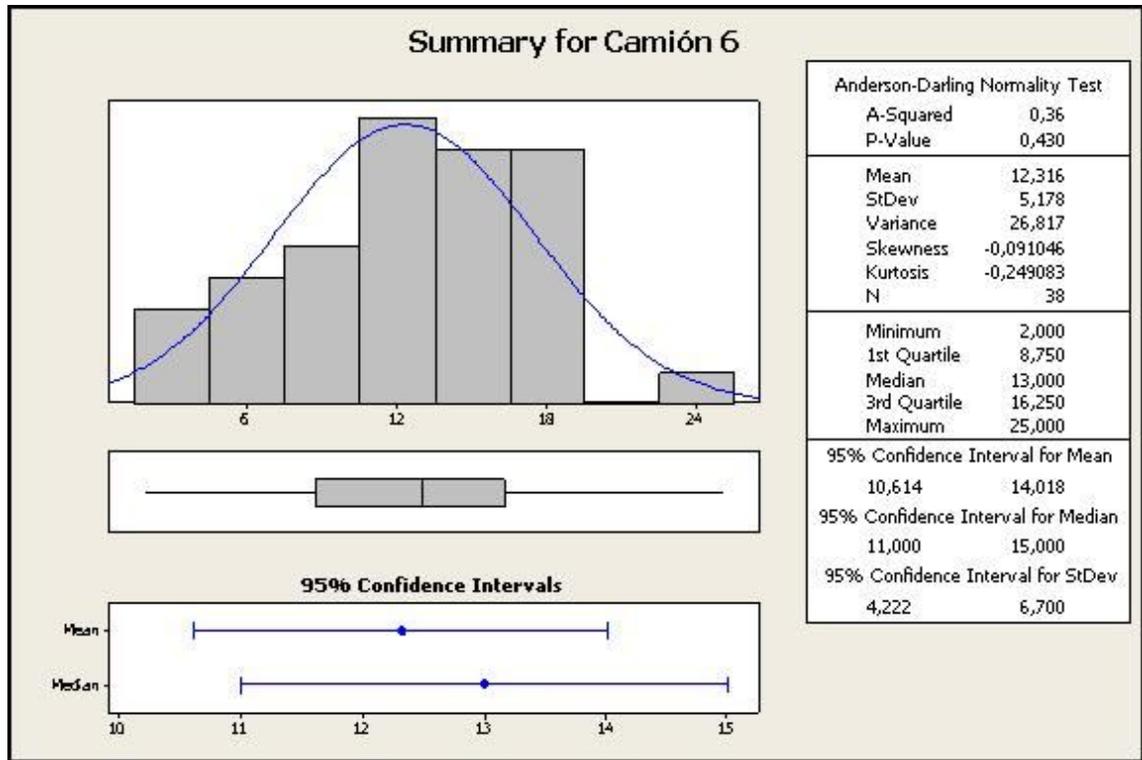


Figura N°11. Histograma de frecuencia del Camión N° 6

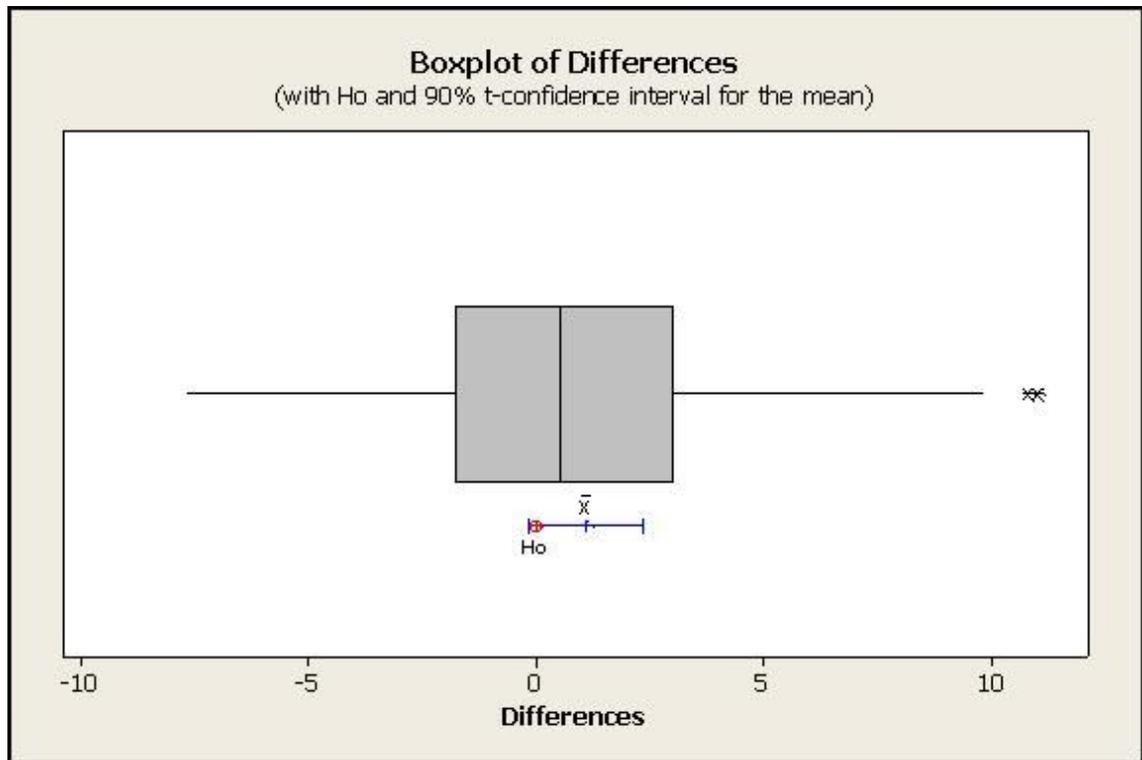


Figura N° 12. Diagrama de caja del Camión N° 6.

Camión N° 9

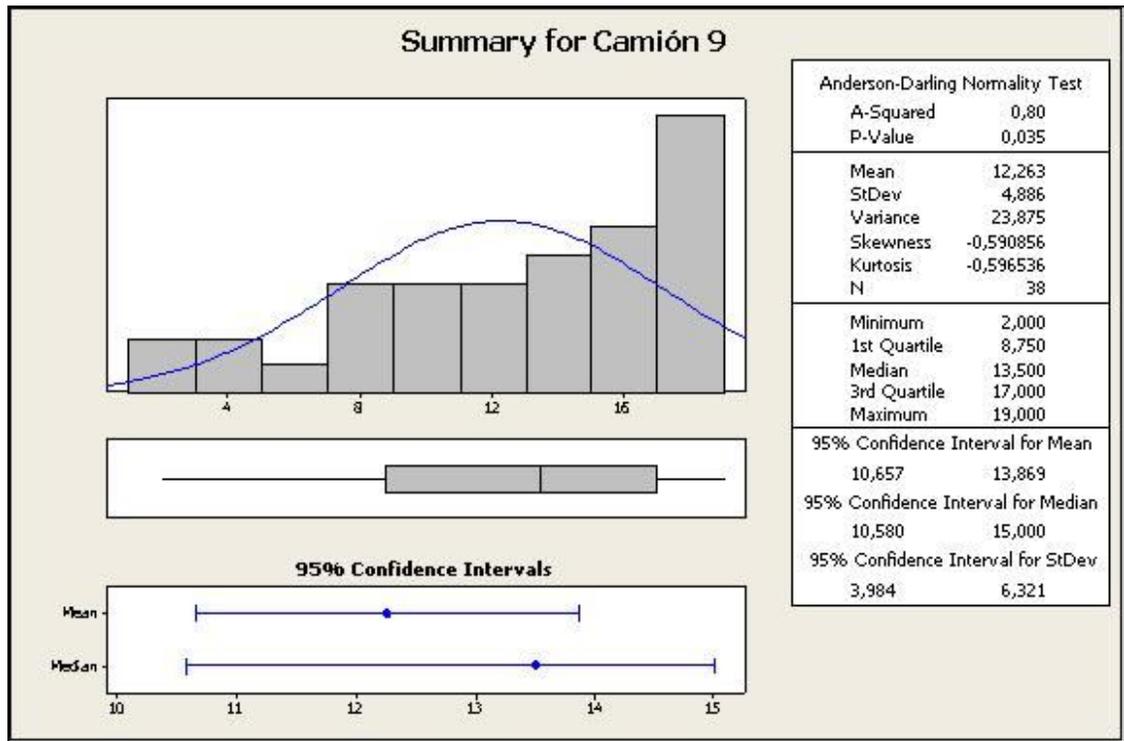


Figura N° 13. Histograma de frecuencia del Camión N° 9

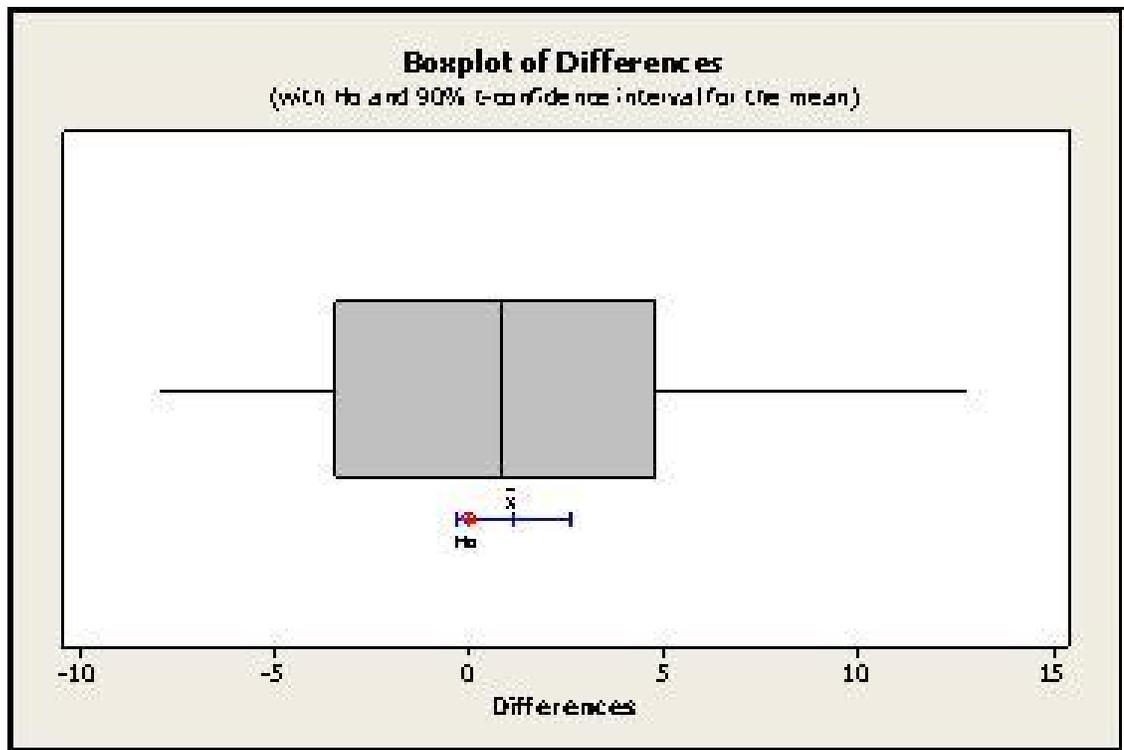


Figura N° 14. Diagrama de caja del Camión N° 9.

En la figura 13 la gráfica muestra que la media para este camión es de 12,26 con una desviación estándar de 4,55. El comportamiento es similar al camión 6. Mientras que la figura 3.4 muestra que H_0 también se encuentra dentro de los límites siendo su valor 12,26, indicando esto que el rendimiento del camión N° 9 es aceptable, sin embargo se debe trabajar en el desempeño del mismo para aumentar su eficiencia y de esta manera el número de viajes.

Camión N° 11

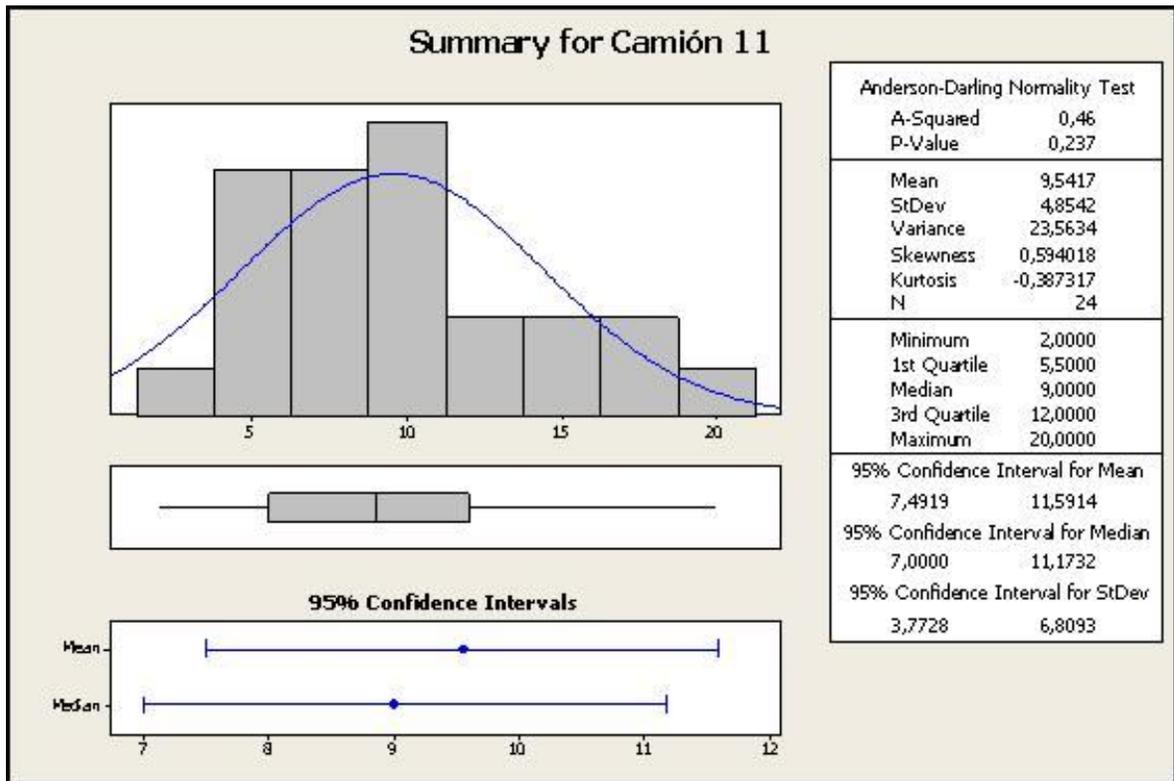


Figura N° 15. Histograma de frecuencia del camión N° 11

En este caso se observa que la distribución para el camión 11 es menos estable, debido a que el promedio de viajes realizados por este camión es de 9,54 viajes por día, teniendo un rendimiento bastante bajo con respecto a los otros camiones.

Debido a que el rendimiento de este camión es bajo se observa que H_0 está fuera del rango aceptable siendo este valor 9,54, por lo que se dice que el camión tiene un mal desempeño, debido a esto se debe realizar un análisis que muestre las causas del mal desempeño, con el fin de buscar una solución a este problema para así maximizar la producción de la cantera.

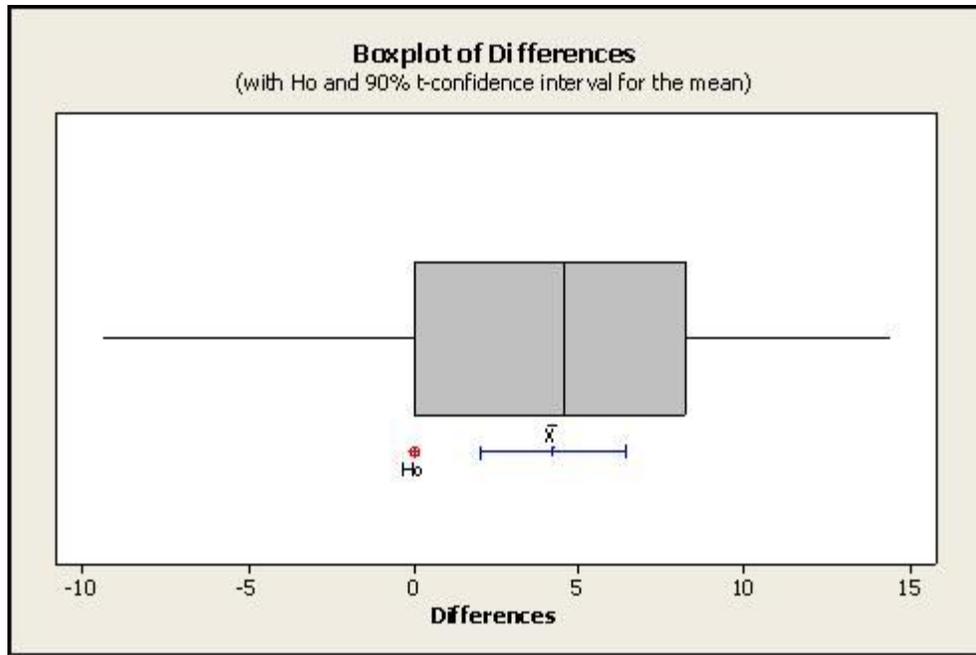
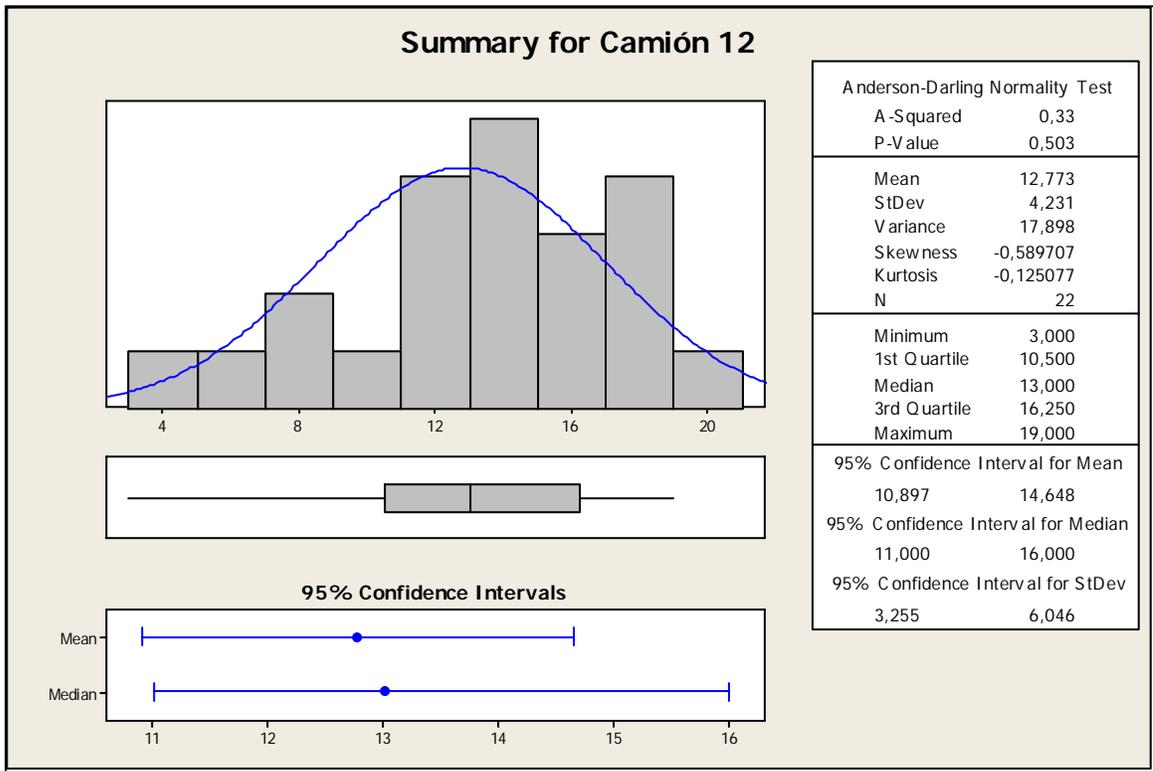


Figura N° 16. Diagrama de caja del Camión N° 11

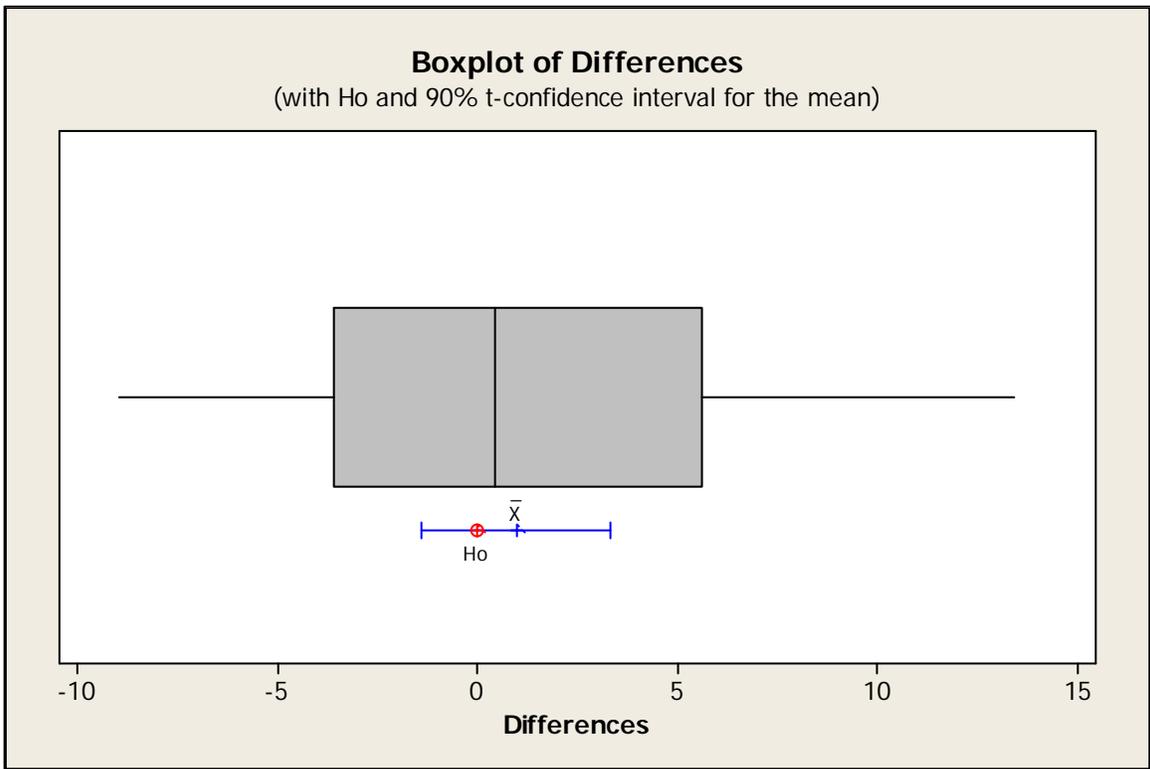
Camión N° 12

En la grafica N° 17 se observa una distribución bastante buena, debido a que el desempeño del camión N° 12 es el mejor con respecto a los otros camiones, alcanzando este una media muy cercana al valor deseado, dicho valor es 12,77. El desempeño de cada camión depende no solo del mantenimiento que se le realice al mismo sino también la seriedad con que trabaje el personal que lo opera.

Esta grafica muestra una media que esta muy cercana a la del patrón, pudiéndose decir que el camión 12 es el que mejor desempeño tuvo en cuanto al número de viajes realizados diariamente.

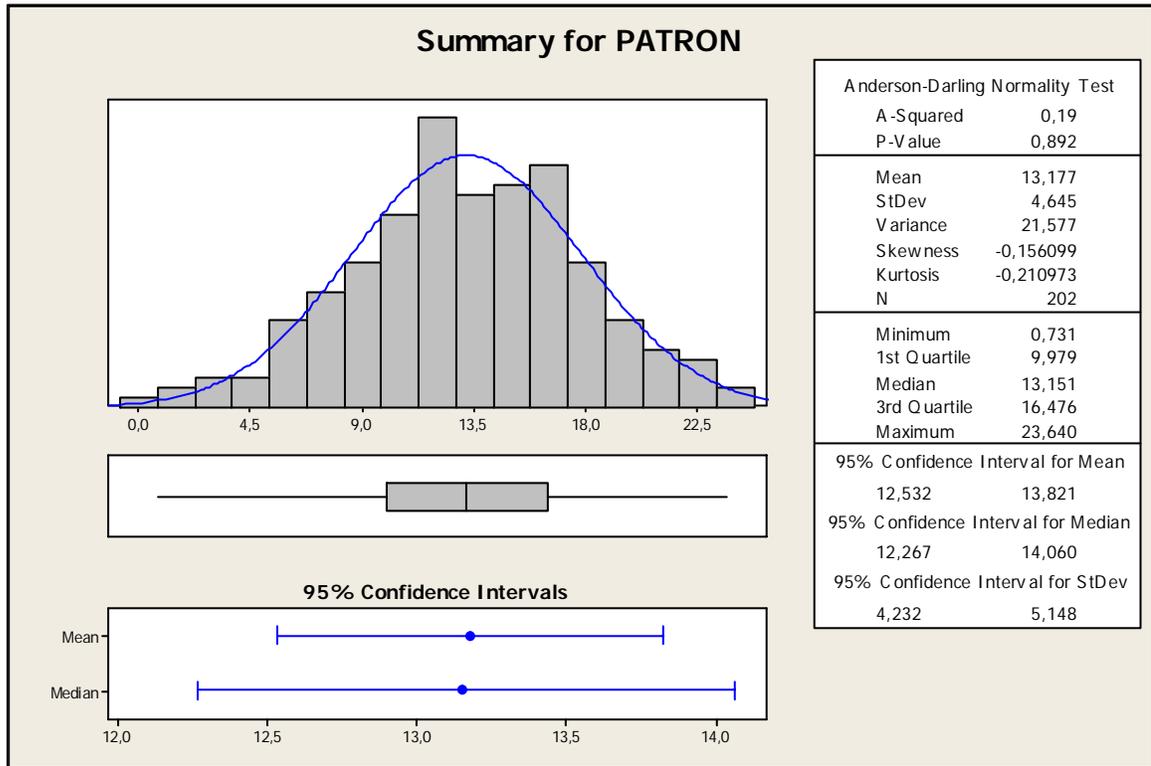


Grafica Nº 17



Grafica Nº 18

Patrón General de los Camiones



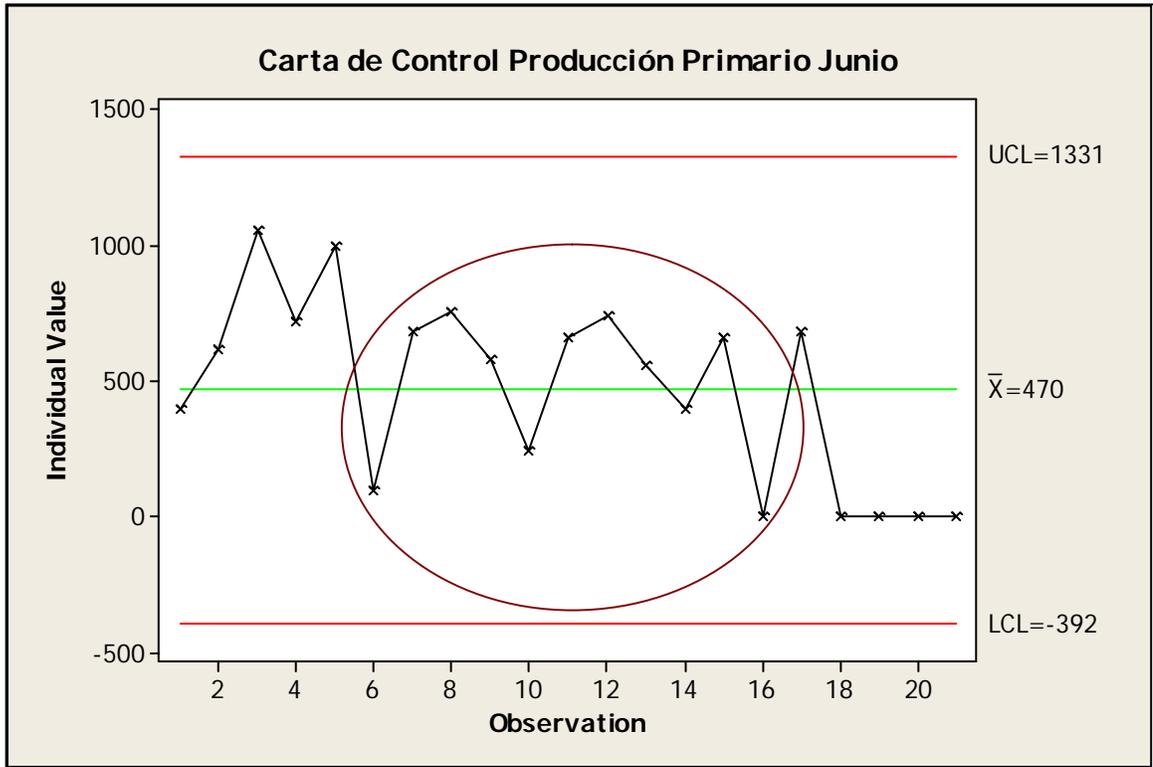
Grafica Nº 19

En la grafica patrón se observa que lo deseable es que cada camión realice 13 viajes por día, anteriormente se pudo observar que ningún camión cumple con ese número de viajes, sin embargo los camiones 6, 9 y 12 tienen un promedio bastante cercano a dicho valor.

6.2 Cartas de control

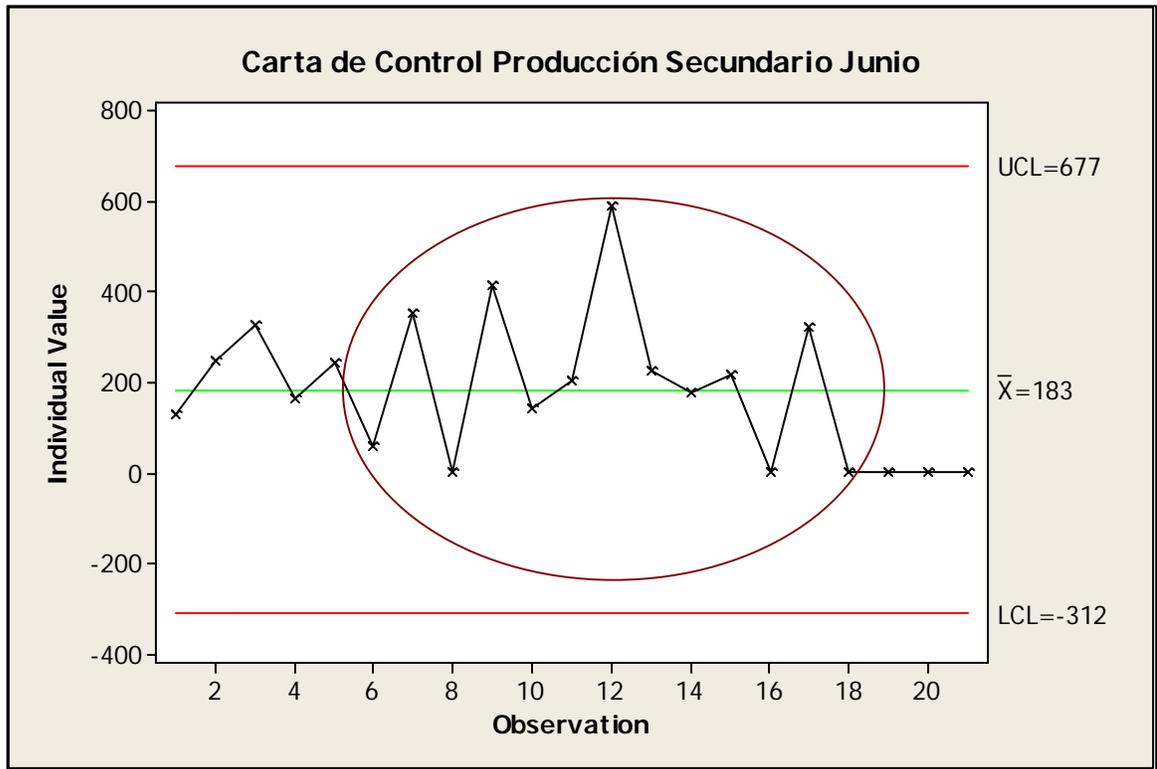
Gráficas obtenidas del mes de Junio.

6.2.1 Produccion primaria y secundaria.



Grafica Nº 20. Carta de Control Producción Primario

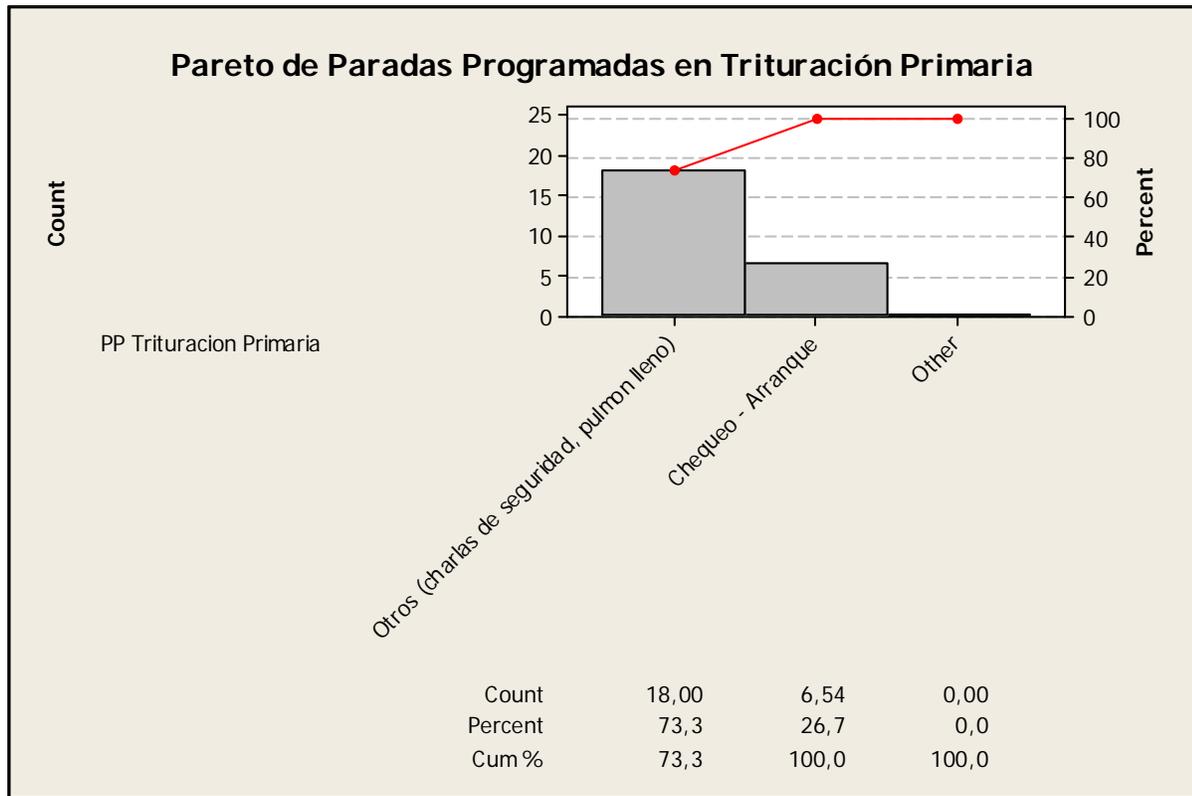
Se puede observar que existe una tendencia aleatoria con respecto a la grafica en general, sin embargo a partir de la observación 6 se muestra un patrón en la trituration primaria, lo cual fue ocasionada por las paradas realizadas a causa de la falta de alimentación siendo esta la principal con un 20,49% con respecto a las horas de operación de la cantera, seguida por falla en el alimentador primario con un 4,29%, chequeo y arranque con 3,72% y otras causas como lluvias, falta de riego con 2,98%.



Grafica Nº 21. Carta de Control Producción Secundario

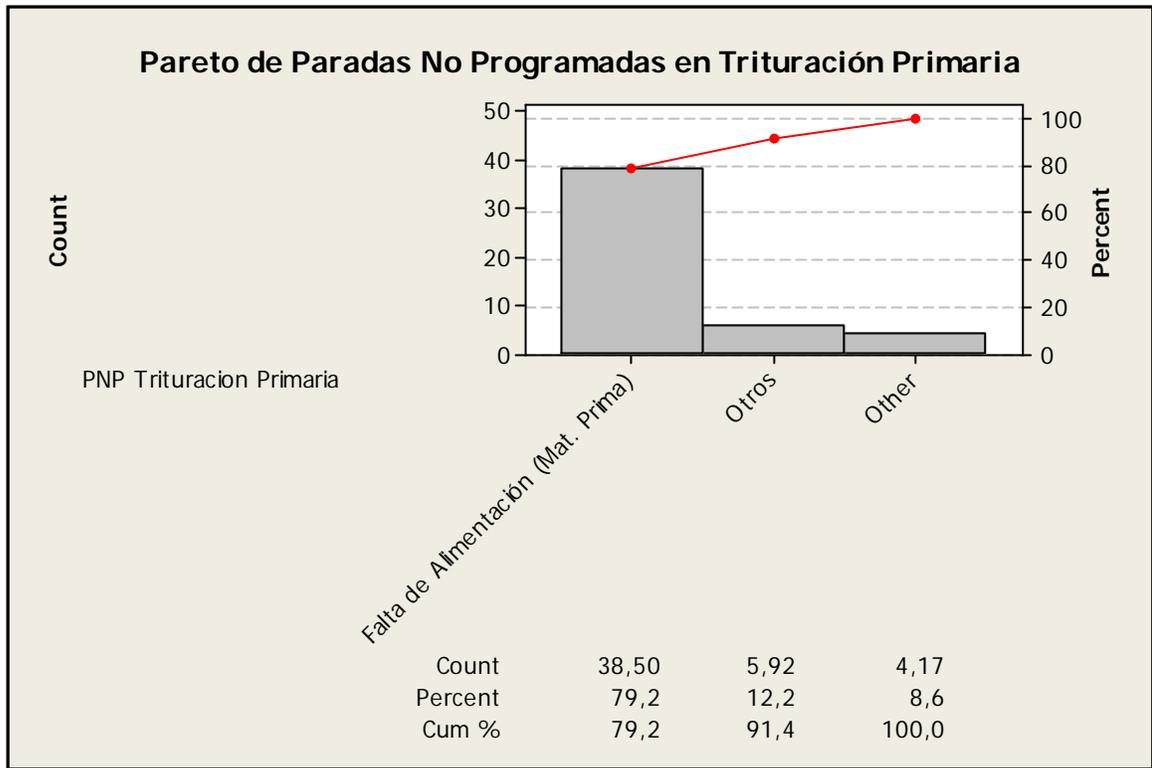
En este caso la gráfica muestra un comportamiento menos aleatorio estando los puntos dentro del rango o límites bajo control, sin embargo a partir de la observación 6 se presenta un patrón en la curva hasta la observación 18, este patrón pudo ser causado por la cantidad de horas invertidas en la limpieza de material acumulado, comidas, charlas, chequeo y arranque, reparación y adaptaciones, falta de alimentación, etc.

6.2.2 Paradas en trituración Primaria JUNIO.



Grafica N° 22

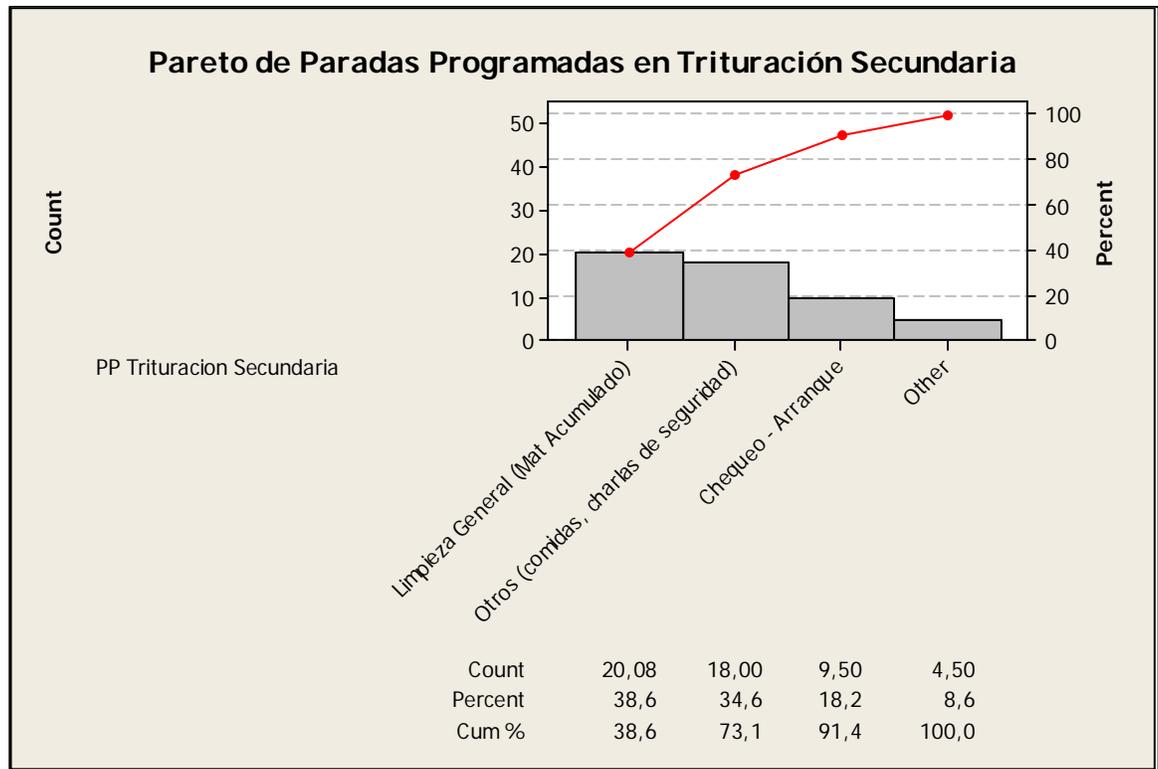
Se observa que el punto al cual se debe prestar más atención en las horas de paradas programadas para la trituración primaria en el mes de junio es el punto "otros" constituido por charlas de seguridad y pulmon lleno, este representa un 73,3% en las paradas seguido por chequeo y arranque con un 26,7%.



Grafica Nº 23

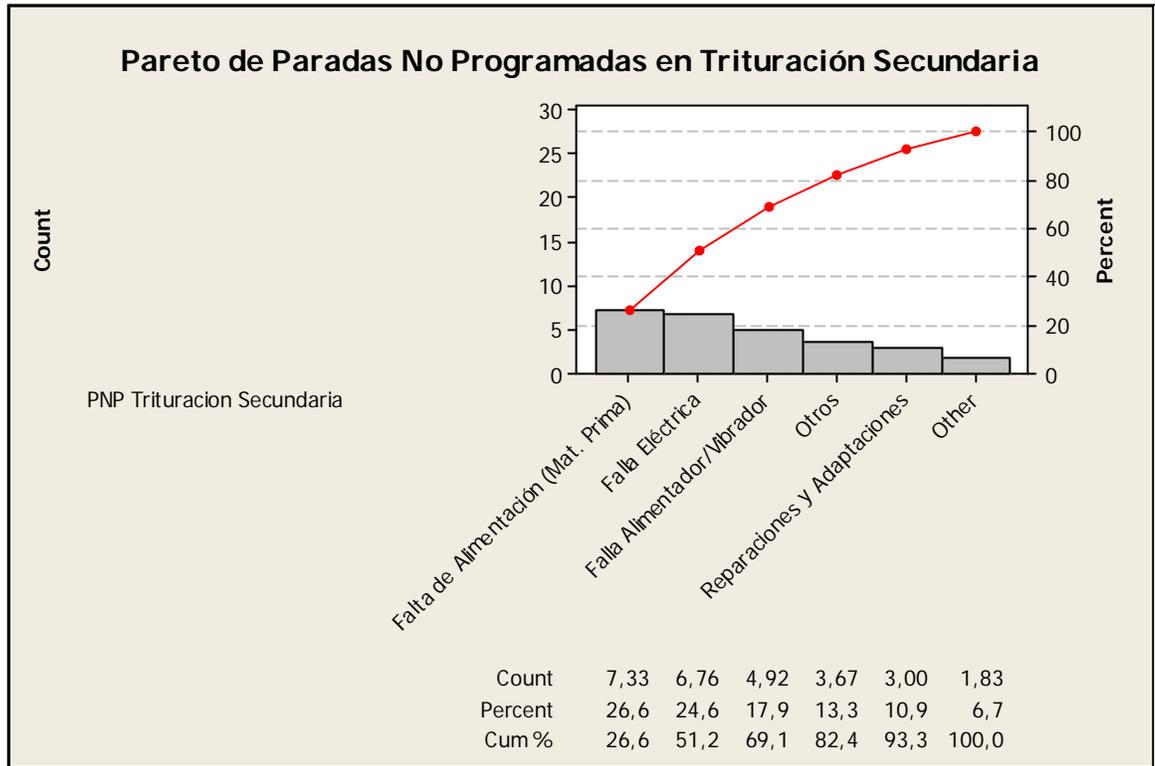
En esta grafica se visualiza que el principal problema que causa las horas de paradas no programadas en trituración primaria es la falta de alimentación representando este el 79,2%, esto se debe a la falla mecánica que presento la retro excavadora, por tan motivo no se pudo realizar la alimentación a la trituradora primaria ya que los camiones no pudieron ser cargados y no se cuenta con otro equipo que realice el trabajo.

6.2.3 Paradas en trituración Secundaria JUNIO.



Grafica N° 24

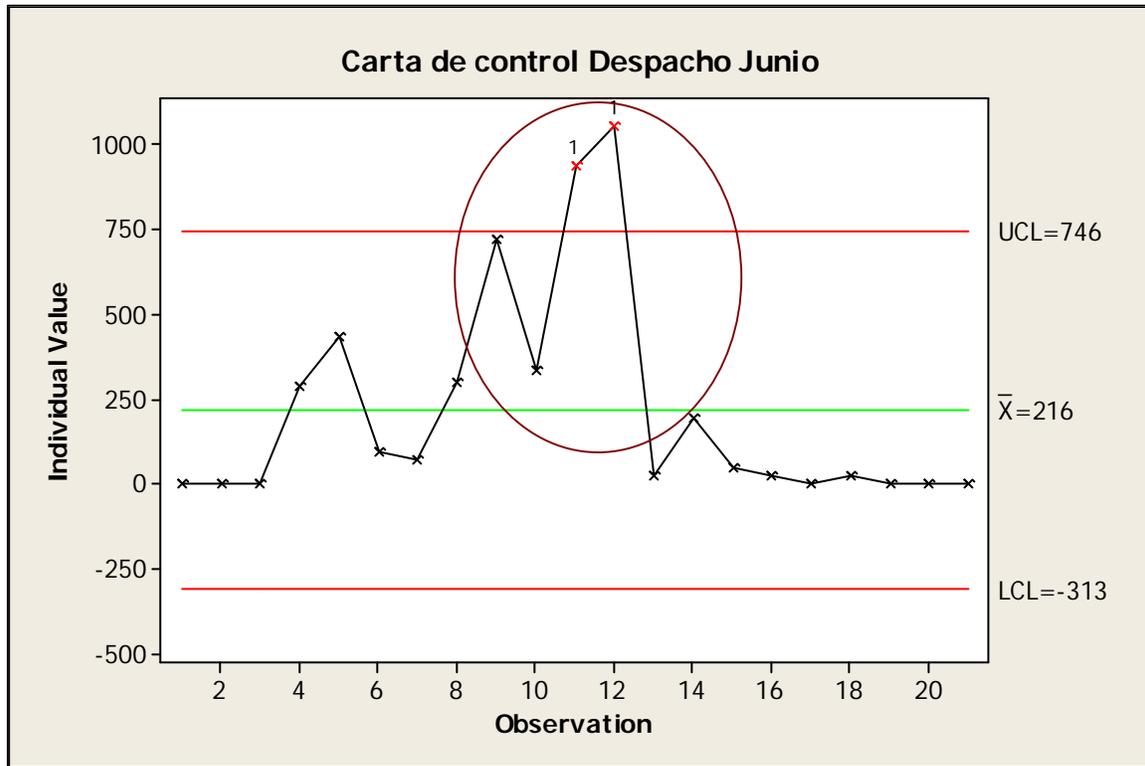
La mayor cantidad de horas utilizadas en las paradas programadas de trituración secundaria fueron a causa de la limpieza de material acumulado, este incidente tuvo un 38,6% dentro de dichas horas, por lo tanto se recomienda programar jornadas de limpieza donde la cantidad de horas utilizadas en esta actividad no sean elevadas y así evitar que el ritmo de producción se vea afectado.



Grafica N° 25

En el caso de las paradas no programadas en trituración secundaria se nota que la principal causa de estas paradas es debido a la falta de alimentación, esto fue ocasionado por las paradas realizadas en trituración primaria a causa de la falta de camiones y la falla mecánica que presentó la retro excavadora.

6.2.4 Despacho JUNIO.

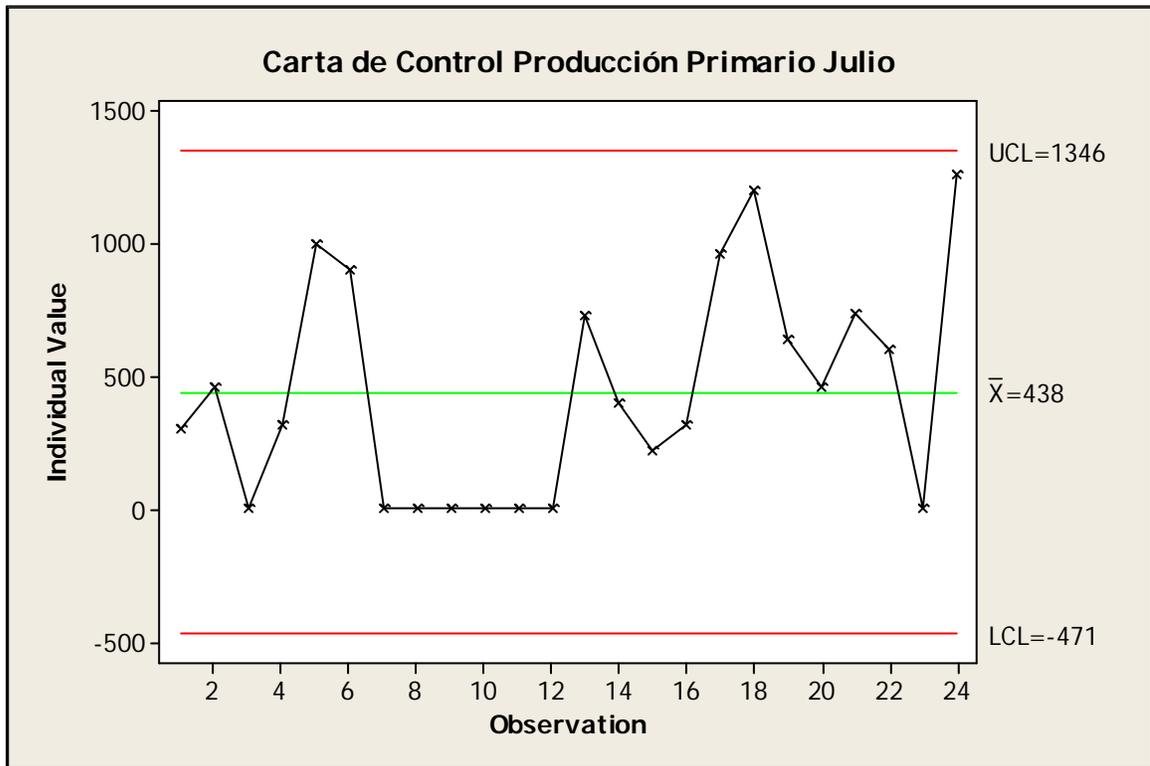


Grafica N° 26

En la grafica se puede observar que hay dos puntos fuera de los límites de control, indicando esto la falta de control estadístico, es decir, no existe una programación en el área de despacho. Se puede visualizar que los días 15 y 16 el despacho fue mayor con respecto a los otros días ocasionando que se localicen estos dos puntos fuera de los límites, también se puede ver que hay días en los cuales no se efectuó despacho por ello la carta no muestra ningún patrón.

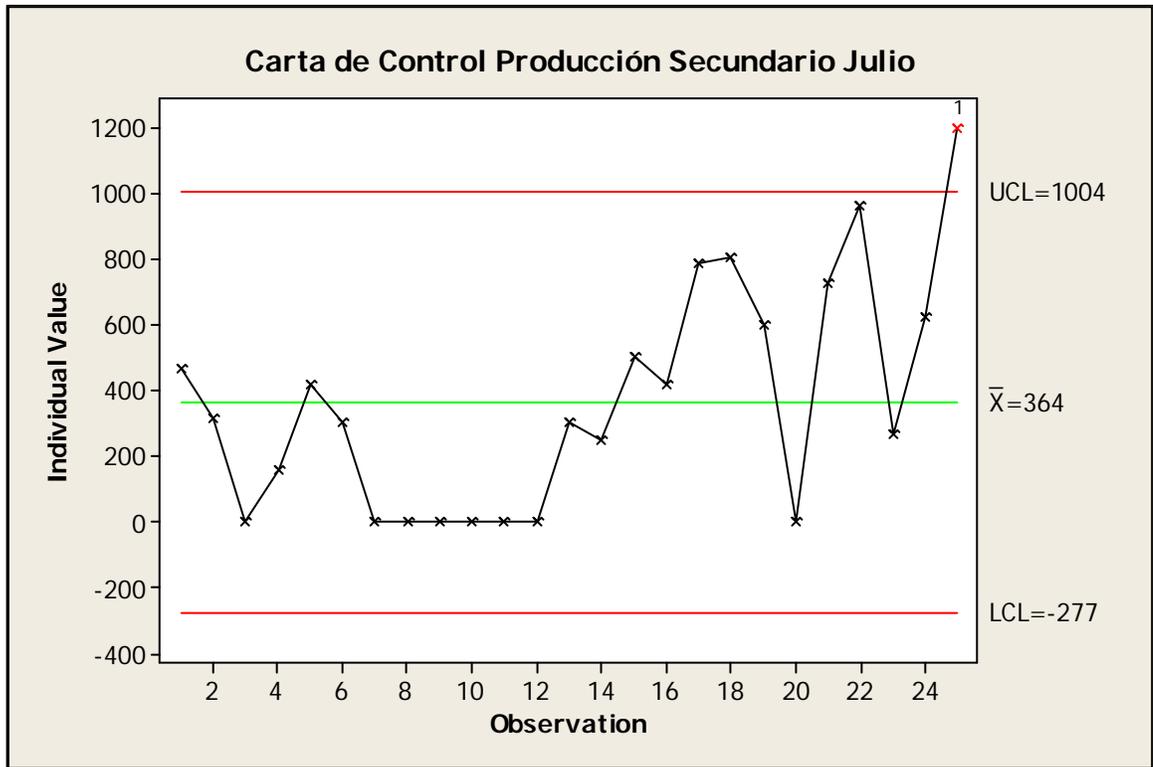
6.3 Gráficas obtenidas del mes de Julio.

6.3.1 Producción primaria y secundaria.



Gráfica N° 27

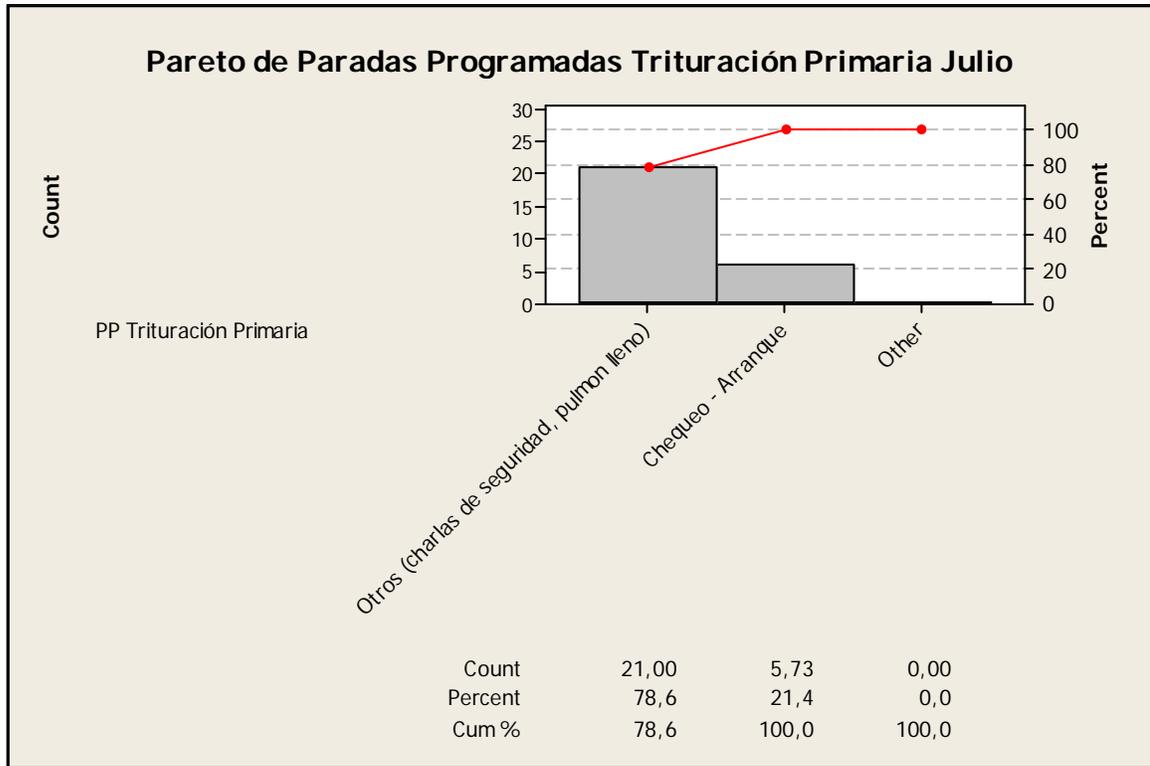
En la figura se puede observar que hay mucha variabilidad en la producción, esta variabilidad se debe a que desde el día 9 hasta el día 18 la producción es cero (0) ya que el alimentador 1 presentó fallas, a partir del día 19 se inicia la trituración y se observa el incremento de la producción.



Gráfica N° 28

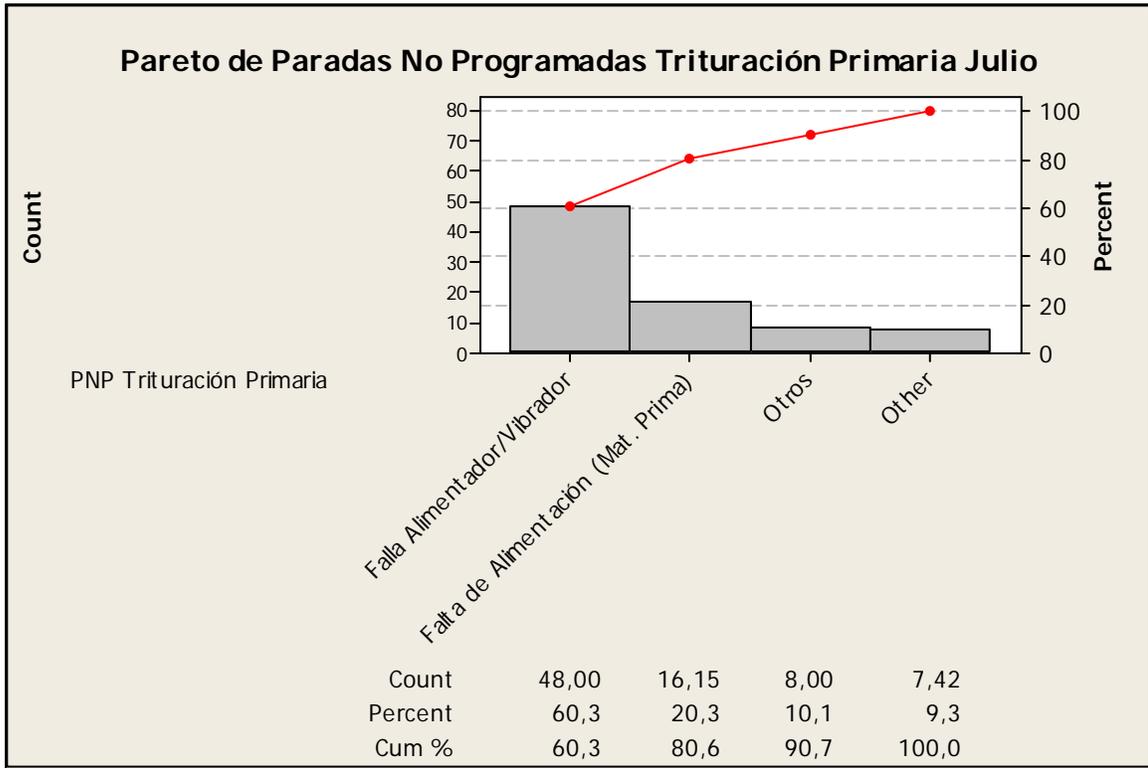
El comportamiento de esta gráfica es similar al de la gráfica anterior, desde la observación 7 la producción es cero esto es ocasionado por paradas realizadas debido a que el rodillo de cola de la cinta 4 presento problemas y por el reemplazo de acople de bomba del cono 2. También se puede visualizar que a partir de la observación 12 la gráfica sigue un patrón esto es porque la producción aumenta considerable, otro punto importante al cual hacer hincapié es la observación 25 ya que este se encuentra fuera del limite de control superior, esto se debe a que ese día la producción es mayor con respecto a los días anteriores.

6.3.2 Paradas en trituración Primaria JULIO.



Gráfica N°29

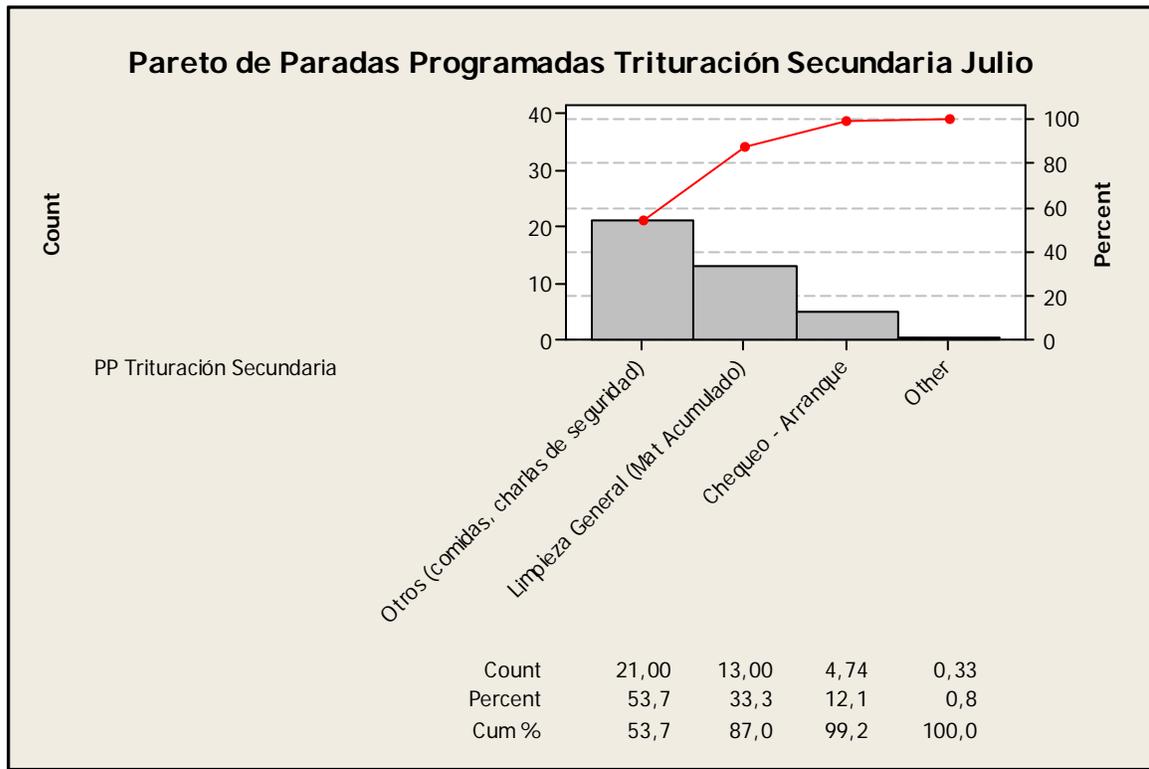
Para el mes de Julio la mayor cantidad de horas programadas en la trituración primaria fue ocupada por otros (charlas de seguridad, pulmon lleno) 21 horas y chequeo-arranque 5,73horas con 78,6% y 21,4% respectivamente.



Gráfica N° 30

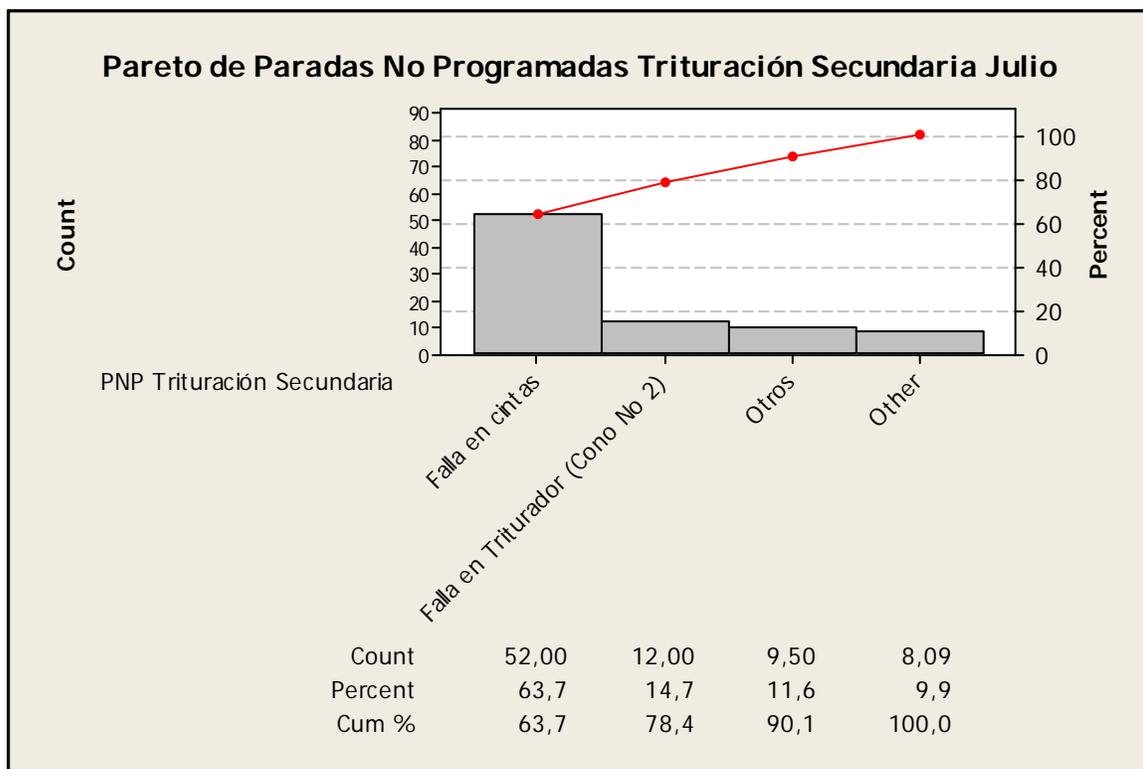
Las horas de paradas no programadas en la trituración secundaria fueron causadas por falla en el alimentador primario, por ente existe la falta de alimentación de materia prima teniendo este motivo 16,15 horas de paradas.

6.3.3 Paradas en trituración Secundaria JULIO.



Gráfica N° 31

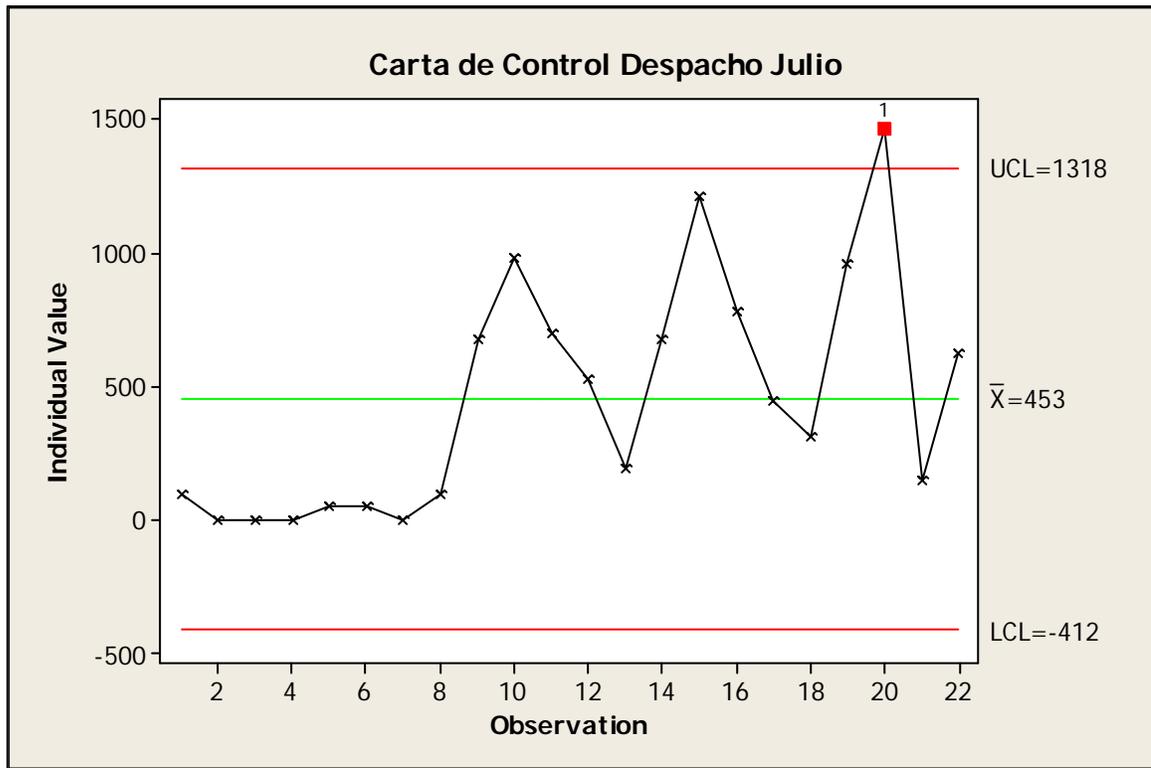
Las horas de paradas en la trituración secundaria para el mes de Julio fueron ocupadas en charlas de seguridad, comidas, limpieza de material acumulado y chequeo-arranque cada uno con 21; 13; 4,74 respectivamente, esto fue causado por falla en el rodillo de cola de la cinta 4 y falla en el cono 2.



Gráfica N°32

La mayor cantidad de paradas no programadas en la trituración secundaria fue por fallas en las cintas transportadoras, específicamente en la cinta 4 ocasionando esto 52 horas de paradas, 12 horas de paradas por falla en el cono 2 y aproximadamente 18 horas de paradas no especificadas.

6.3.4 Despacho JULIO

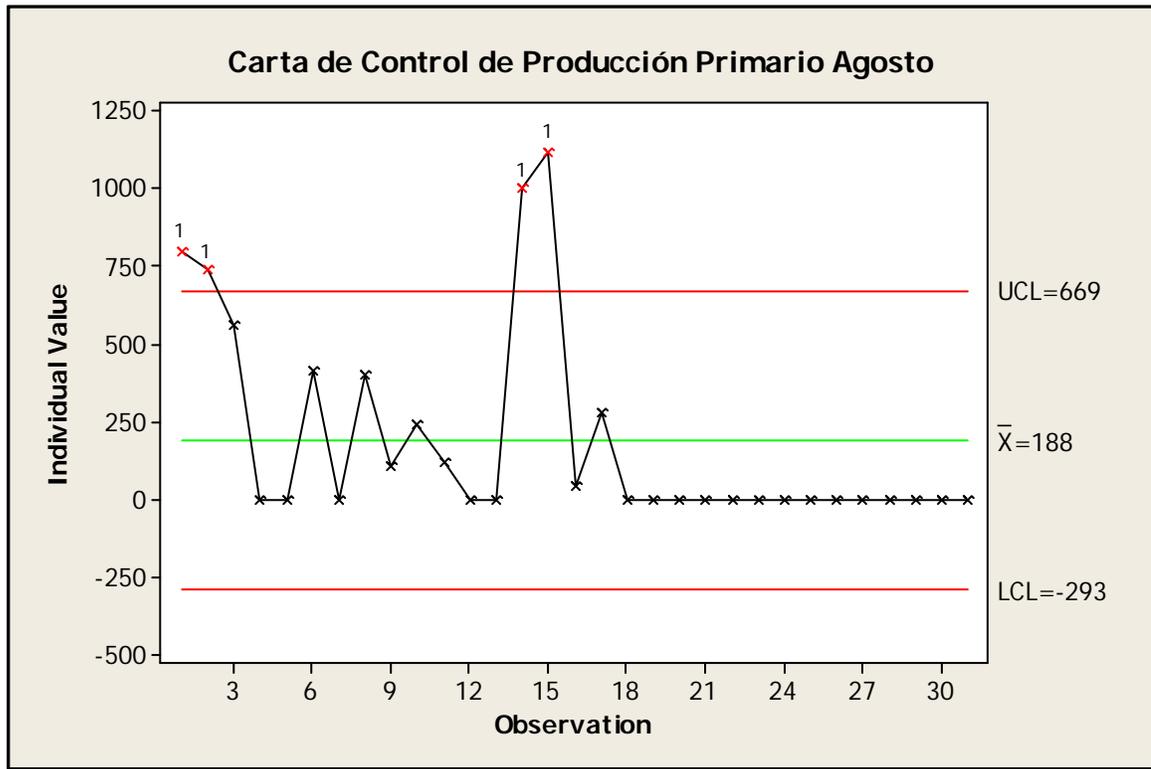


Grafica N°33

En esta grafica se puede visualizar un patrón de tendencia a partir de la observación 8, esto se debe a que hubo días que no se realizo despacho y otros que si, sin embargo los días en que se realizo despacho tuvieron similitud en cuanto a la cantidad de toneladas despachadas, es decir, no hubo una variabilidad significativa. También en la gráfica se observa un punto que se encuentra fuera del límite de control superior, esto se debe a que el día 28 el despacho fue mucho mayor con respecto a los otros días.

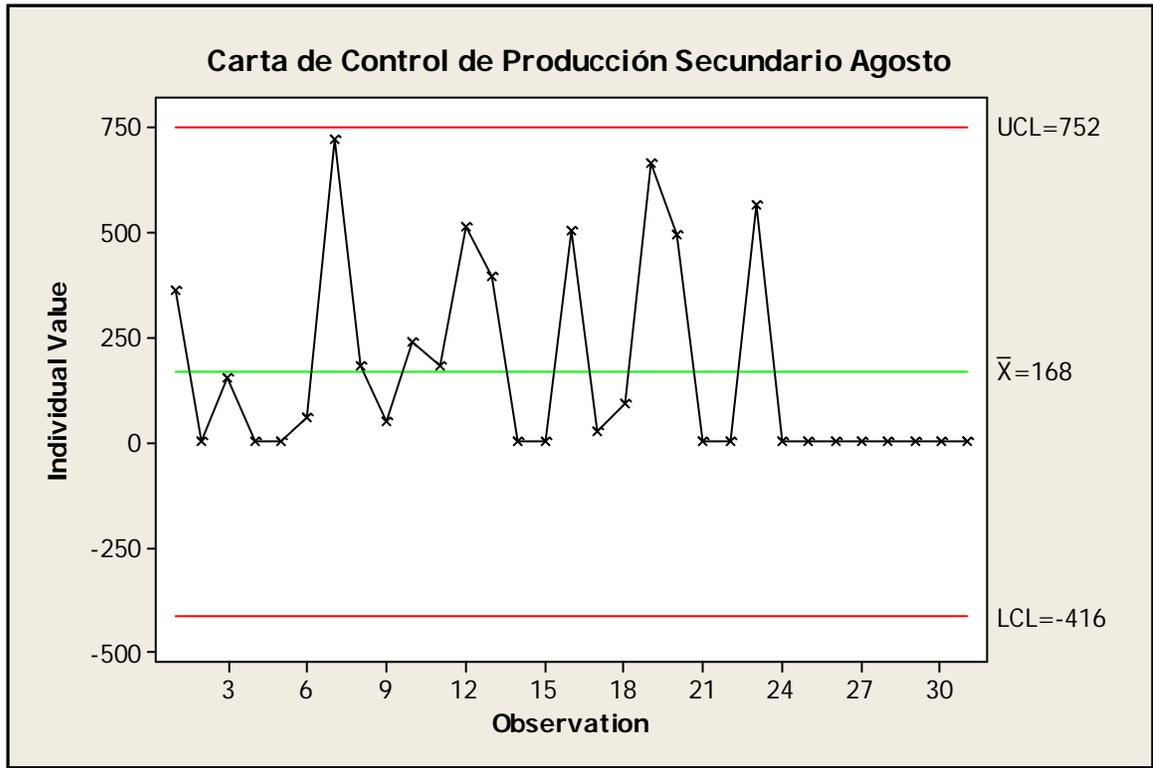
6.4 Gráficas obtenidas del mes de Agosto.

6.4.1 Producción primaria y secundaria.



Gráfica N° 34

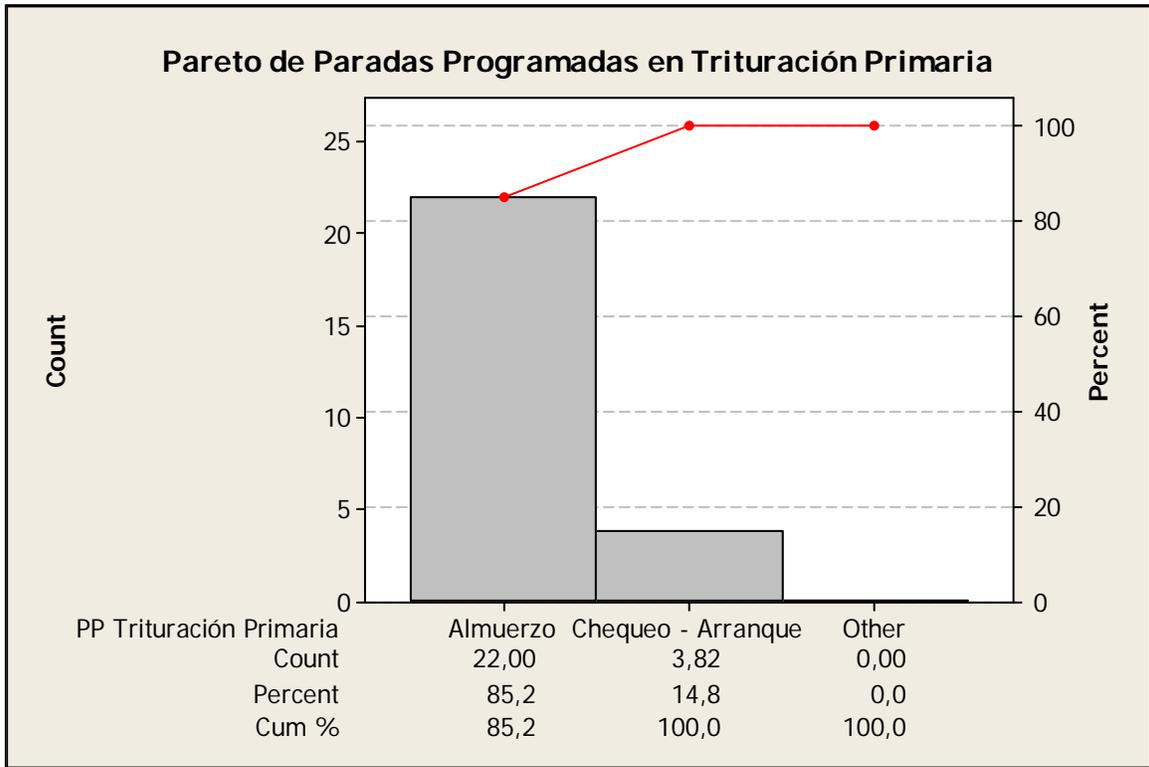
En la gráfica se puede observar que hay muchos puntos alejados de la línea central la cual es el promedio de producción durante el mes de Agosto, también se observan varios puntos fuera del límite de control superior lo que indica una condición fuera de control, esto es debido a la variabilidad que hubo en la producción ya que se presentaron numerosas fallas tanto en los equipos de carga y acarreo como en los de trituración, a partir de la observación 18 la producción es cero porque se están realizando reparaciones de tolva y alimentador 1.



Gráfica N°35

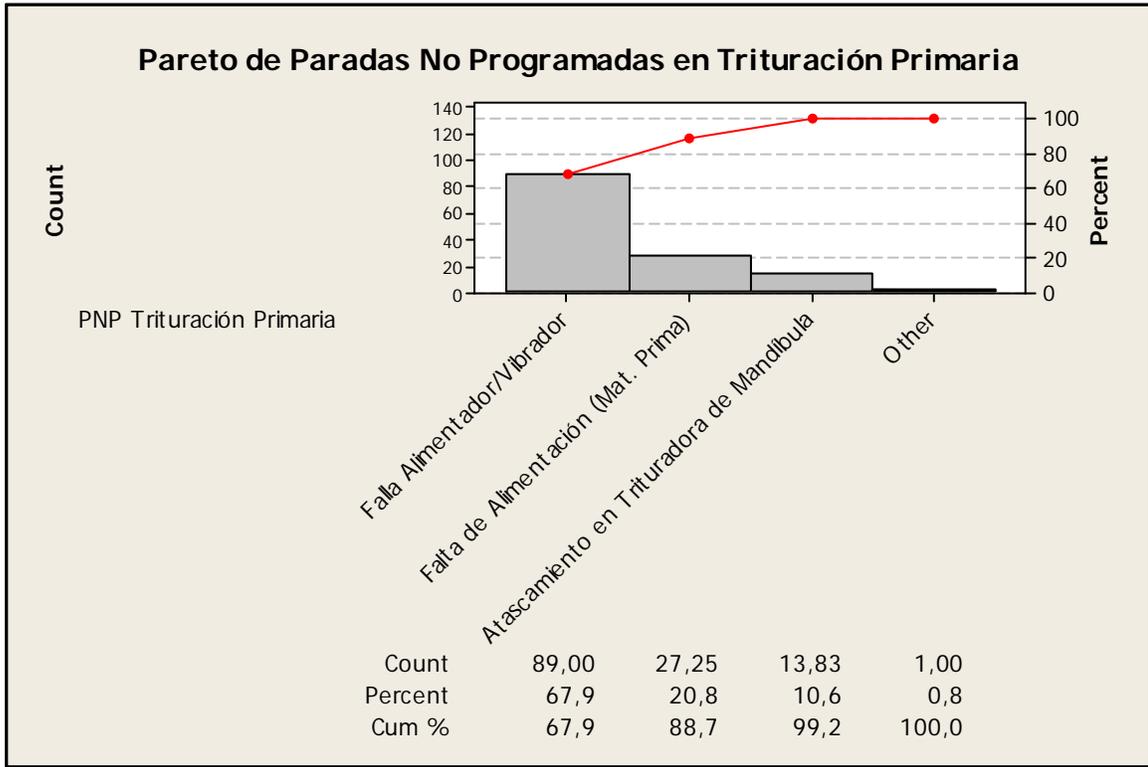
En este caso se muestra una gráfica con un comportamiento fuera de control debido a que los puntos se encuentran distribuidos muy aleatoriamente sin mostrar ningún patrón, lo esperado es que estos puntos u observaciones estén distribuidos muy cercanos a la línea central.

6.4.2 Paradas en trituración Primaria AGOSTO.



Gráfica N° 36

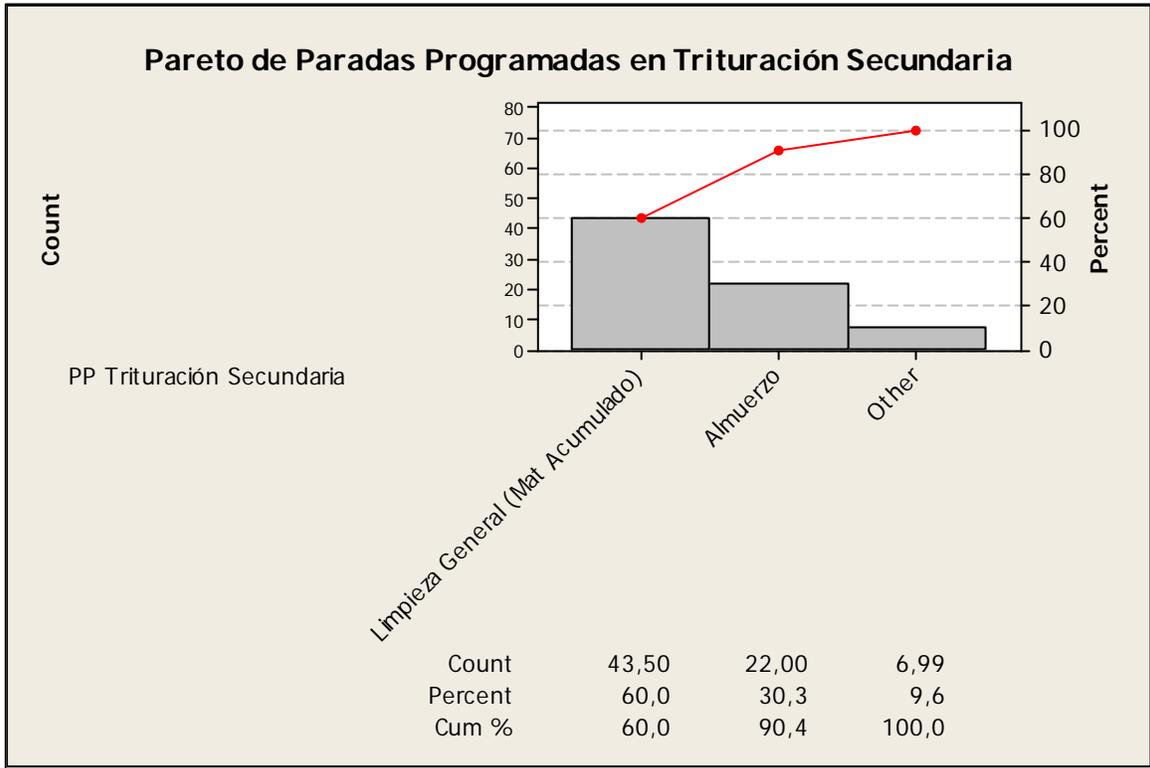
Para el mes de Agosto se observa que hubo 22 horas de paradas por almuerzo representando un 85,2% en las horas de paradas programadas en producción primaria. Es necesario programar un turno de trabajo con otro personal que labore en la hora de almuerzo ya que con 22 horas de paradas se está dejando de producir 1452 toneladas al mes, esto con un rendimiento de 66 tn/h.



Gráfica N°37

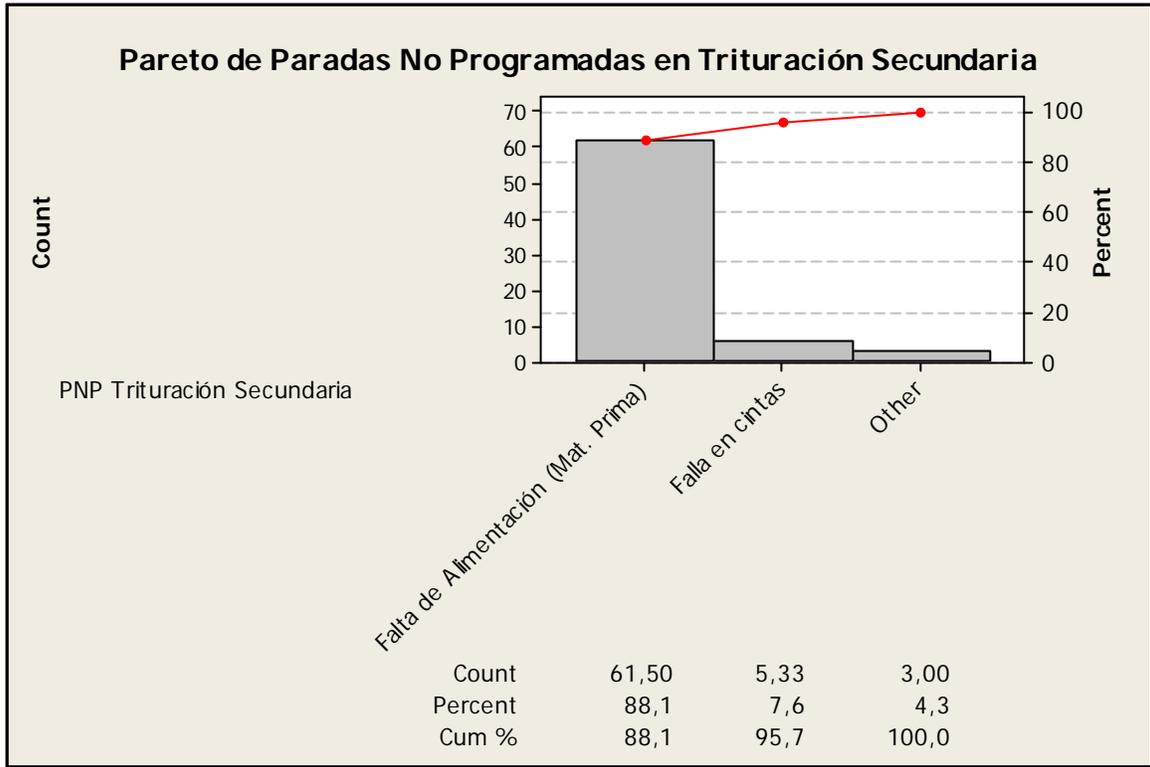
En este caso hubo 89 horas de paradas por falla en el alimentador 1, ocasionando esto que hubiese 27,25 horas de paradas por falta de alimentación, por otro lado se observa que hubo 13,83 horas de paradas no programadas por atascamiento en la trituradora de mandíbula.

6.4.3 Paradas en trituración Secundaria AGOSTO.



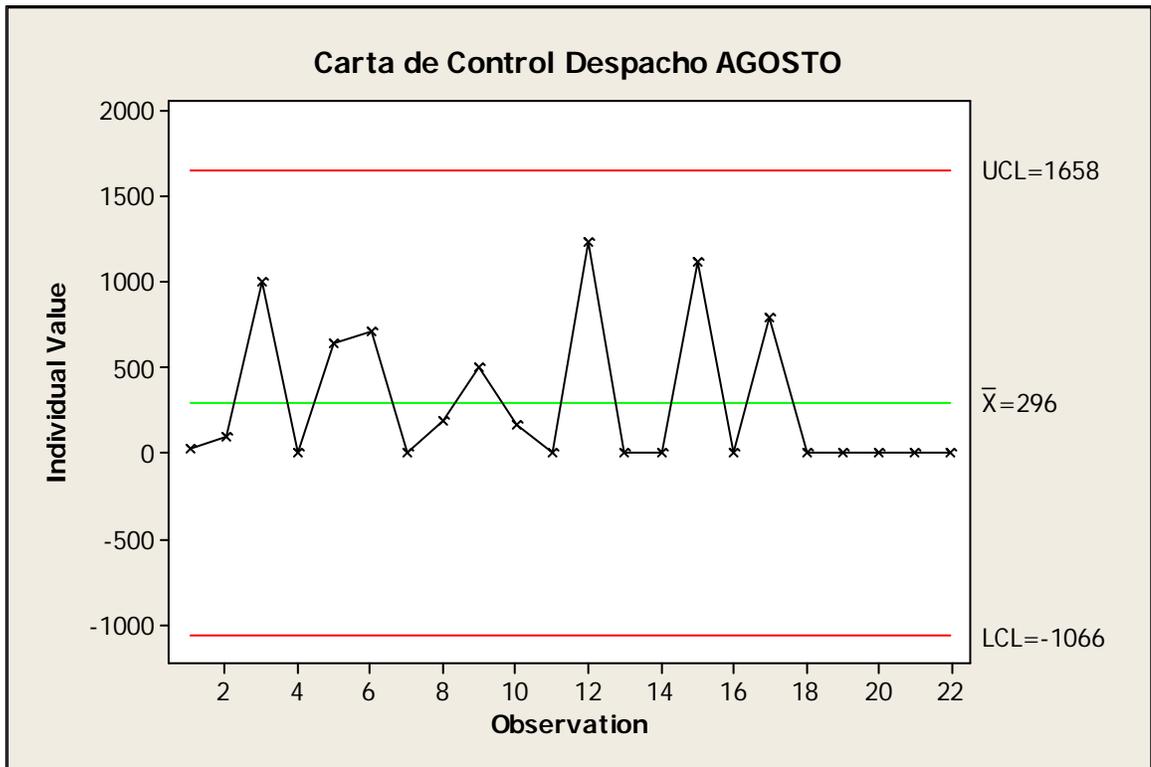
Gráfica N° 38

En la producción secundaria se observa que durante el mes hubo 43,50 horas de paradas por limpieza de material acumulado o limpieza en general, esto es debido a que se presentaron fallas en el alimentador y por la tanto no hubo trituración mientras se realizaban las reparaciones.



En las horas de paradas no programadas de trituración secundaria se tiene que el problema principal fue la falta de alimentación con 61,50 horas de paradas por dicho motivo, esto es causado por la falla mecánica presente en el alimentador 1, también se observa que hubo 5,33 horas de paradas por fallas en las cinta 4.

6.4.4 Despacho AGOSTO



Gráfica N° 40

En la gráfica se puede observar un estado bajo control ya que la curva se apega considerablemente a la línea central, sin embargo se nota que hubo días en los cuales no se despacho, esto se debe a la falta de material ya que no se realizo trituración por aproximadamente 11 días causado por las fallas que presentan los equipos de carga, acarreo y trituración.

CONCLUSIONES

Analizando los diferentes indicadores de gestión que afectan la producción de la Cantera “El Melero” se puede concluir lo siguiente:

- El desempeño mostrado por cada uno de los camiones fue menor que el valor de la media de viajes realizados por día, y el camión N° 12 presento el mayor desempeño (12, 77 viajes/día). Sin embargo los valores obtenidos por los otros camiones están alrededor de 12 viajes/día. Por otra parte el camión N° 11 que obtuvo la media más baja un 27 % menor que la media establecida por la Cantera.
- La producción de meta calizas para el mes de junio se vio afectada por diferentes factores siendo el principal la falta de alimentación a la trituradora primaria, causando paradas de planta con elevados porcentajes en cuanto a las horas de operación de la cantera. El porcentaje e horas paradas en el mes por este motivo fue de 20%.
- Las paradas en trituración primaria en el mes de julio fueron causadas por falla en el alimentador 48 horas de paradas, otros (charlas de seguridad, pulmon lleno) 21 horas de paradas, falta de alimentación 16,15 horas, falla en cintas 6,92 horas de paradas, entre otras.
- Las paradas en trituración secundaria en el mes de julio se atribuyen a fallas en las cintas transportadoras con un 43,1% de horas de paradas.
- Analizando todas las paradas realizadas en la trituración primaria en el mes de Agosto se estima que se dejo de producir 5874tn de meta calizas debido a 89 horas de paradas por fallas en el alimentador 1, por lo tanto no se pudo realizar el proceso de alimentación generando esto 27,25 horas de paradas por tal motivo.
- La principal razón de todas las paradas en trituración secundaria fue la falta de alimentación ocasionando este motivo 61,50 horas de paradas, esto fue gracias a que no hubo trituración primaria por fallas en el alimentador 1, debido a eso se

presento la escasez de material en el pulmon, además hubo una parada de 43,50 horas por limpieza de material acumulado.

RECOMENDACIONES

Con el fin de que la Cantera El Melero tenga un mejor funcionamiento en cuanto a rendimiento de equipos y cumplimiento de metas de producción se recomienda:

- Al Departamento de Planificación desarrollar medición de los procesos utilizando las técnicas estadísticas con los indicadores identificados en este trabajo y actualizarlos en función de la dinámica del proceso.
- Utilizar este estudio como una primera parte del desarrollo de la implementación del control e gestión de la calidad de producción en la cantera.
- Planificar en función de los indicadores las labores de mantenimiento preventivo a los equipos y maquinarias.
- Planificar las actividades de despacho con el departamento encargado.
- Realizar la supervisión permanente al personal encargado de los camiones.
- Planificar jornadas de limpieza en la planta de reducción de tamaño del mineral para garantizar su eficiencia, evitando fallas en las cintas transportadoras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Plan de explotación noviembre 2009, Cantera El Melero.
- [2] Pérez Jaramillo, Carlos Mario Los Indicadores de Gestión (Soporte. 1998) Rincón Bermúdez, Rafael David. “Los indicadores de Gestión Organizacional”. Artículo, Una Guía para su definición.
- [3] Montgomery, D. (2007). Diseño y análisis de experimentos. 2da ed. México, Limusa Wiley. 700 p.
- [4] <http://www.minitab.com/es-ES/company/company-info/default.aspx>
- [5] Torres-Oviedo Jorge, Aguilar Daniel y Espinosa Rodolfo, Uso de metodología seis sigma en las minas de peñoles, XXVIII Convención Minera Internacional, AIMMGAM AC, Veracruz, 28 al 31 de octubre de 2009, pág. 573.
- [6] Corniel Yoxela, Estudio geológico de la Cantera El Melero, Tesis de grado UCV, 2010.

ANEXOS

ANEXO I
Patrón aleatorio de los ciclos de carga y acarreo

	Media	Des. Estándar
Nº aleatorio	13	4,88
0,15149331	7,97335685	
0,81415747	17,3594086	
0,05184171	5,0590066	
0,34880744	11,1039144	
0,8491695	18,0404445	
0,90496134	19,3945099	
0,83661827	17,7855909	
0,63934526	14,7407411	
0,2211013	9,2498219	
0,64715108	14,8428846	
0,88211956	18,7859678	
0,50750492	13,0918082	
0,41717447	11,9794592	
0,28176217	10,1812408	
0,39763946	11,7338262	
0,42842859	12,1197638	
0,80848976	17,257041	
0,38923236	11,6271568	
0,86236451	18,324101	
0,49315567	12,9162737	
0,49317821	12,9165494	
0,71448654	15,764714	
0,18365578	8,60057922	
0,89473425	19,1102739	
0,39643306	11,7185577	
0,58041424	13,9904121	
0,45953881	12,5042131	
0,34197074	11,0133981	
0,70596992	15,6432484	
0,5419338	13,513897	
0,54316228	13,5290102	
0,60806062	14,3384273	
0,97466344	22,53668	
0,38101238	11,5222238	
0,13390337	7,59233772	
0,27636667	10,102894	
0,4084141	11,8696631	
0,24615866	9,64925648	
0,73554364	16,0727731	
0,98538534	23,6402539	

0,68078313	15,2930623
0,18243794	8,57816698
0,93430507	20,3621811
0,02137728	3,11263288
0,15757679	8,0982011
0,77295833	16,6532894
0,4351228	12,2028689
0,5523009	13,6416064
0,35848131	11,2308967
0,85625016	18,1904785
0,44413763	12,3144237
0,08700364	6,36593412
0,67411955	15,2024283
0,73945141	16,1312766
0,36358979	11,2974667
0,02663244	3,56809569
0,76848657	16,5812945
0,51790771	13,2191269
0,58291528	14,0216628
0,02224809	3,19419522
0,70986757	15,6986297
0,8207518	17,4809818
0,81480375	17,3712033
0,39891549	11,7499625
0,96034201	21,5627834
0,73016738	15,9929982
0,18518904	8,62866489
0,95287734	21,1662726
0,41963782	12,0102379
0,47437719	12,6863572
0,06973319	5,78842809
0,06094144	5,45103714
0,71716322	15,8032422
0,47134502	12,6491804
0,29074826	10,3101436
0,64999314	14,8802735
0,79398578	17,0032067
0,94569334	20,8297511
0,86566187	18,3978466
0,87652844	18,6500944
0,59711741	14,1999571
0,5013933	13,0170433
0,39489568	11,699082
0,48178801	12,7771472
0,85138441	18,0868602

0,65759548	14,9808388
0,45656648	12,4676523
0,15077548	7,95840802
0,97735997	22,7699723
0,86363144	18,3522914
0,93565334	20,4140615
0,26281207	9,9026644
0,28869964	10,2809246
0,53047096	13,3730944
0,96659381	21,9447181
0,12913343	7,48317453
0,43070465	12,1480473
0,16169959	8,18101592
0,26300942	9,90561647
0,22681679	9,34306914
0,77901508	16,7520909
0,91838643	19,8041822
0,68443388	15,343053
0,0364559	4,24829359
0,24467252	9,62620747
0,14011756	7,7306185
0,30593239	10,5238225
0,77330079	16,6588356
0,79833889	17,0782288
0,69757203	15,525059
0,06625002	5,65893833
0,85278654	18,1164827
0,42791731	12,1134063
0,78724654	16,8888904
0,75959274	16,4403664
0,17162118	8,37484219
0,70293741	15,6003943
0,75965581	16,4413557
0,79106591	16,9534113
0,2696182	10,0038357
0,13171097	7,54250223
0,74473572	16,2111126
0,26078979	9,87234738
0,42787631	12,1128964
0,38452279	11,5671171
0,60963363	14,3584177
0,42320334	12,0547184
0,49135409	12,894232
0,79984786	17,1044603
0,51716346	13,2100142

0,27369548	10,0638294
0,17463943	8,43237379
0,34518169	11,0559935
0,24068457	9,5639814
0,97452343	22,5251465
0,0059664	0,7310678
0,8073308	17,2363386
0,00709874	1,03313014
0,92809982	20,1335069
0,07967595	6,13259736
0,7088054	15,6835032
0,38916415	11,6262887
0,19243392	8,75946478
0,10486376	6,87894272
0,07835183	6,08872243
0,70468245	15,6250297
0,8977112	19,1908523
0,63301953	14,6585235
0,09615813	6,63766312
0,5803106	13,9891181
0,44175157	12,2849344
0,65350217	14,9265899
0,25618245	9,80282033
0,17913998	8,51700012
0,54511846	13,5530865
0,81975596	17,4624451
0,03463204	4,13453664
0,33262319	10,8885156
0,90362786	19,3562176
0,74051314	16,1472496
0,790882	16,9502888
0,46349654	12,5528521
0,21081354	9,07842411
0,61114744	14,3776773
0,29035206	10,3045002
0,75887907	16,4291828
0,16267034	8,20031429
0,79673141	17,0504139
0,91054617	19,5593345
0,68521903	15,3538364
0,74743839	16,2522782
0,80370939	17,172135
0,44127905	12,2790915
0,01287765	2,11817692
0,68268997	15,3191428

0,90950214	19,5279539
0,43180666	12,1617312
0,98454417	23,5320557
0,41965651	12,0104713
0,65795351	14,9855953
0,97274598	22,3831529
0,54963859	13,6087717
0,21193747	9,0973824
0,64923023	14,8702262
0,30139926	10,460544
0,25347242	9,76162036
0,56391686	13,7852284
0,43876949	12,248042
0,36645169	11,3346221
0,13334143	7,57961814
0,75754955	16,4083963
0,10547249	6,8952605
0,05665862	5,27272758
0,65560789	14,9544669
0,93637479	20,4421699
0,34816532	11,0954411
0,54294989	13,5263969
0,52218506	13,2715153
0,59077614	14,1201647
0,22377131	9,29355107
0,86934732	18,4817586
0,07137157	5,84761857

Patrón de cada uno de los camiones utilizando el número de viajes realizados por los mismos.

Camión 6	Camión 9	Camión 11	Camión 12	Patrón 6	Patrón 9	Patrón 11	Patrón 12
8	8	4	9	7,9734	7,9734	7,9734	7,9734
25	11	12	11	17,3594	17,3594	17,3594	17,3594
9	8	9	14	5,059	5,059	5,059	5,059
11	9	4	18	11,1039	11,1039	11,1039	11,1039
17	17	9	16	18,0404	18,0404	18,0404	18,0404
11	15	5	6	19,3945	19,3945	19,3945	19,3945
17	10	11	8	17,7856	17,7856	17,7856	17,7856
14	2	2	7	14,7407	14,7407	14,7407	14,7407
9	14	10	12	9,2498	9,2498	9,2498	9,2498
12	11	7	13	14,8429	14,8429	14,8429	14,8429
9	10	7	17	18,786	18,786	18,786	18,786
11	13	10	11	13,0918	13,0918	13,0918	13,0918
11	17	7	17	11,9795	11,9795	11,9795	11,9795
15	17	7	13	10,1812	10,1812	10,1812	10,1812
15	15	17	18	11,7338	11,7338	11,7338	11,7338
13	16	8	13	12,1198	12,1198	12,1198	12,1198
18	14	16	12	17,257	17,257	17,257	17,257
16	13	12	19	11,6272	11,6272	11,6272	11,6272
18	18	10	13	18,3241	18,3241	18,3241	18,3241
19	17	20	16	12,9163	12,9163	12,9163	12,9163
13	17	5	15	12,9165	12,9165	12,9165	12,9165
5	6	4	3	15,7647	15,7647	15,7647	15,7647
6	14	18		8,6006	8,6006	8,6006	
17	18	15		19,1103	19,1103	19,1103	
4	19			11,7186	11,7186		
3	15			13,9904	13,9904		
13	15			12,5042	12,5042		
15	19			11,0134	11,0134		
17	8			15,6432	15,6432		
8	11			13,5139	13,5139		
12	16			13,529	13,529		
14	11			14,3384	14,3384		
19	17			22,5367	22,5367		
16	7			11,5222	11,5222		
6	4			7,5923	7,5923		
5	2			10,1029	10,1029		
15	3			11,8697	11,8697		
2	9			9,6493	9,6493		

Produccion primaria y secundaria JUNIO (tn/día).

Fecha	Produccion primario	Produccion secundario
01/06/2010	400	131
02/06/2010	620	250
03/06/2010	1060	328
04/06/2010	720	166
05/06/2010	0	0
06/06/2010	0	0
07/06/2010	1000	246
08/06/2010	100	60
09/06/2010	680	356
10/06/2010	760	0
11/06/2010	580	414
12/06/2010	0	0
13/06/2010	0	0
14/06/2010	240	144
15/06/2010	660	204
16/06/2010	740	590
17/06/2010	560	227
18/06/2010	400	180
19/06/2010	0	0
20/06/2010	0	0
21/06/2010	660	216
22/06/2010	0	0
23/06/2010	680	324
24/06/2010	0	0
25/06/2010	0	0
26/06/2010	0	0
27/06/2010	0	0
28/06/2010	0	0
29/06/2010	0	0
30/06/2010	0	0

Paradas en trituración Primaria. JUNIO

Trituración Primaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Engrase Rodamientos	0,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Cambio de Frente	0,00
Alineación Cintas	0,00
Otros (charlas de seguridad, pulmon lleno)	18,00
Chequeo - Arranque	6,54

Trituración Primaria	
Paradas No Programadas	Horas
Pulmon Lleno	0,00
Incidente Equip. Móviles	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	38,50
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Atascamiento en Trituradora de Mandíbula	0,00
Falla Alimentador/Vibrador	4,00
Falla en Trituradora de Mandíbula	0,00
Falla en Cintas	0,17
Otros	5,92

Paradas en trituración Secundaria JUNIO.

Trituración Secundaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Engrase Rodamientos	0,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	20,08
Reparaciones y Adaptaciones	4,50
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Mantenimiento Mecánico (FNC)	0,00
Alineación Cintas	0,00
Otros (comidas, charlas de seguridad)	18,00
Chequeo - Arranque	9,50

Trituración Secundaria	
Paradas No Programadas	Horas
Incidente Producción	0,00
Incidente Equip. Móviles	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	7,33
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	3,00
Falla Alimentador/Vibrador	4,92
Falla en Criba No 1	1,83
Falla en Triturador (Cono No 1)	0,00
Falla en Triturador (Cono No 2)	0,00
Falla en cintas	0,00
Falla en Criba No 2	0,00
Falla Eléctrica	6,76
Otros	3,67

Despacho JUNIO (tn/día).

Fecha	Despacho
01/06/2010	0
02/06/2010	0
03/06/2010	0
04/06/2010	288
05/06/2010	0
06/06/2010	0
07/06/2010	432
08/06/2010	96
09/06/2010	71
10/06/2010	299
11/06/2010	720
12/06/2010	0
13/06/2010	0
14/06/2010	336
15/06/2010	935
16/06/2010	1054
17/06/2010	24
18/06/2010	192
19/06/2010	0
20/06/2010	0
21/06/2010	48
22/06/2010	24
23/06/2010	0
24/06/2010	0
25/06/2010	24
26/06/2010	0
27/06/2010	0
28/06/2010	0
29/06/2010	0
30/06/2010	0

Producción primaria y secundaria JULIO (tn/ día).

Fecha	Produccion primario	Produccion secundario
01/07/2010	300	468
02/07/2010	460	312
03/07/2010	0	0
04/07/2010	0	0
05/07/2010	0	0
06/07/2010	320	156
07/07/2010	1000	420
08/07/2010	900	300
09/07/2010	0	0
10/07/2010	0	0
11/07/2010	0	0
12/07/2010	0	0
13/07/2010	0	0
14/07/2010	0	0
15/07/2010	0	0
16/07/2010	0	0
17/07/2010	0	300
18/07/2010	0	0
19/07/2010	728	250
20/07/2010	400	504
21/07/2010	220	420
22/07/2010	320	784
23/07/2010	960	805
24/07/2010	1200	598
25/07/2010	0	0
26/07/2010	640	0
27/07/2010	460	728
28/07/2010	740	960
29/07/2010	600	264
30/07/2010	0	624
31/07/2010	1260	1200

Paradas en trituración Primaria JULIO.

Trituración Primaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Engrase Rodamientos	0,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Cambio de Frente	0,00
Alineación Cintas	0,00
Otros (charlas de seguridad, pulmon lleno)	21,00
Chequeo - Arranque	5,73

Trituración Primaria	
Paradas No Programadas	Horas
Pulmon Lleno	0,00
Incidente Equip. Móviles	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	16,15
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Atascamiento en Trituradora de Mandíbula	0,50
Falla Alimentador/Vibrador	48,00
Falla en Trituradora de Mandíbula	0,00
Falla en Cintas	6,92
Otros	8,00

Paradas en trituración Secundaria JULIO.

Trituración Secundaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Engrase Rodamientos	0,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	13,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Mantenimiento Mecánico (FNC)	0,33
Alineación Cintas	0,00
Otros (comidas, charlas de seguridad)	21,00
Chequeo - Arranque	4,74

Trituración Secundaria	
Paradas No Programadas	Horas
Incidente Producción	0,00
Incidente Equip. Móviles	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	4,92
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Falla Alimentador/Vibrador	3,00
Falla en Criba No 1	0,00
Falla en Triturador (Cono No 1)	0,00
Falla en Triturador (Cono No 2)	12,00
Falla en cintas	52,00
Falla en Criba No 2	0,00
Falla Eléctrica	0,17
Otros	9,50

Despacho JULIO (tn/día).

Fecha	Despacho
01/07/2010	96
02/07/2010	0
03/07/2010	0
04/07/2010	0
05/07/2010	0
06/07/2010	0
07/07/2010	48
08/07/2010	48
09/07/2010	0
10/07/2010	0
11/07/2010	0
12/07/2010	92
13/07/2010	672
14/07/2010	984
15/07/2010	696
16/07/2010	528
17/07/2010	0
18/07/2010	0
19/07/2010	192
20/07/2010	672
21/07/2010	1208
22/07/2010	780
23/07/2010	442
24/07/2010	0
25/07/2010	0
26/07/2010	312
27/07/2010	960
28/07/2010	1463
29/07/2010	144
30/07/2010	624
31/07/2010	0

Producción primaria y secundaria AGOSTO (tn/día).

Fecha	Producción primario	Producción secundario
01/08/2010	800	360
02/08/2010	740	0
03/08/2010	560	156
04/08/2010	0	0
05/08/2010	0	0
06/08/2010	416	60
07/08/2010	0	720
08/08/2010	400	180
09/08/2010	104	48
10/08/2010	240	240
11/08/2010	120	180
12/08/2010	0	516
13/08/2010	0	396
14/08/2010	1000	0
15/08/2010	1120	0
16/08/2010	40	502
17/08/2010	280	24
18/08/2010	0	91
19/08/2010	0	663
20/08/2010	0	494
21/08/2010	0	0
22/08/2010	0	0
23/08/2010	0	568
24/08/2010	0	0
25/08/2010	0	0
26/08/2010	0	0
27/08/2010	0	0
28/08/2010	0	0
29/08/2010	0	0
30/08/2010	0	0
31/08/2010	0	0

Paradas en trituración Primaria AGOSTO.

Trituración Primaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio de piezas por desgaste	0,00
Lubricacion	0,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Mantenimiento Mecánico (FNC)	0,00
Mantenimiento de Cintas	0,00
Almuerzo	22,00
Chequeo - Arranque	3,82

Trituración Primaria	
Paradas No Programadas	Horas
Pulmon Lleno	0,00
Incidente Cantera	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	27,25
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Atascamiento en Trituradora de Mandíbula	13,83
Falla Alimentador/Vibrador	89,00
Falla en Trituradora de Mandíbula	0,00
Falla en Cintas	0,00
Falla Eléctrica	1,00
Otros (LLUVIA, sindicato, falta de riego)	

Paradas en trituración Secundaria AGOSTO.

Trituración Secundaria	
Paradas Programadas	Horas
Cambio de piezas por desgaste	0,00
Lubricación	1,00
Limpieza General (Mat Acumulado)	43,50
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Mantenimiento Eléctrico (FNC)	0,00
Mantenimiento Mecánico (FNC)	0,00
Mantenimiento de Cintas	0,00
Almuerzo	22,00
Chequeo - Arranque	5,99

Trituración Secundaria	
Paradas No Programadas	Horas
Incidente Producción	0,00
Incidente Equip. Móviles	0,00
Falta de Alimentación (Mat. Prima)	61,50
Cambio Piezas por Desgaste	0,00
Reparaciones y Adaptaciones	0,00
Falla Alimentador/Vibrador	0,00
Falla en Criba No 1	0,17
Falla en Triturador (Cono No 1)	0,00
Falla en Triturador (Cono No 2)	2,50
Falla en cintas	5,33
Falla en Criba No 2	0,00
Falla Eléctrica	0,00
Otros	0,33

Despacho AGOSTO (tn/día).

Fecha	Despacho
01/08/2010	0
02/08/2010	24
03/08/2010	96
04/08/2010	1008
05/08/2010	0
06/08/2010	648
07/08/2010	0
08/08/2010	0
09/08/2010	720
10/08/2010	0
11/08/2010	192
12/08/2010	504
13/08/2010	168
14/08/2010	0
15/08/2010	0
16/08/2010	0
17/08/2010	1242
18/08/2010	0
19/08/2010	0
20/08/2010	1122
21/08/2010	0
22/08/2010	0
23/08/2010	0
24/08/2010	794
25/08/2010	0
26/08/2010	0
27/08/2010	0
28/08/2010	0
29/08/2010	0
30/08/2010	0
31/08/2010	0