

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION:

El agregado (piedras chancadas), Árido compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estable se dividen en: gruesos, finos y rellenos minerales, es un material indispensable y básico en la producción de concreto. El concreto es, por supuesto, esencial en la construcción de calles, carreteras, edificios, puentes y aeropuertos, así como otras obras públicas.

El cemento asfalto sustancia negra, bituminosa, sólida o semisólida, dependiendo de la temperatura, cuyos componentes predominantes son bitúmenes que se dan en la naturaleza o por la destilación de petróleo. El asfalto refinado para cumplir con las especificaciones para pavimentos se llama cemento asfáltico que se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas. A las temperaturas normales es semisólido y su grado de solidez se mide con una prueba de penetración. Se calienta hasta que se licua, antes de incorporarle el agregado en las mezclas para pavimentos.

Las “Plantas de agregados y Asfalto” son el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de tal manera para producir mezcla asfáltica en caliente. La mezcla asfáltica en caliente, es la capa de superficie para pavimentos constituida de agregados pétreos mezclados con material bituminoso, en planta central y en caliente. Puede ser de textura abierta o cerrada según las características de graduación de los agregados pétreos. Las mezclas asfálticas en caliente están constituidas por cemento asfáltico y agregados pétreos. Los agregados pétreos se dividen en: gruesos, finos y rellenos minerales; el cemento asfáltico es un ligante denso que se emplea en la preparación de las mezclas y necesita calentarse para obtener fluidez.

El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente es la dosificación exacta de los agregados, regularmente por peso, al igual la dosificación del cemento asfáltico. Las plantas de asfalto pueden clasificarse de acuerdo a: forma de producción, su capacidad de producción y de acuerdo a su movilidad. Por su forma de producción, se dividen en

continuas (convencionales y de tambor secador-mezclador) e intermitentes (de bachada). Según su capacidad de producción, ésta se da en Toneladas por hora y de acuerdo a su movilidad en portátiles y estacionarias.

Las plantas continuas como su nombre lo indica, producen de manera continua, en las de tambor secador-mezclador el proceso de secado y mezclado se realiza conjuntamente en el tambor, no así en las convencionales, donde los materiales son previamente secados antes de ser mezclados. Las intermitentes producen por bachada; los agregados son secados y posteriormente son mezclados con el cemento asfáltico en un recipiente (mezclador), después la mezcla es vertida al camión. Muchos de los elementos que componen las plantas de asfalto son similares en su concepción, no importando el tipo de plata, las variantes se dañen los elementos que se utilizan en el secado y mezclado y en la forma de estos procesos, otra variante es el equipo utilizado en la recolección de polvos.

Para la implementación y posterior montaje de una planta debe tomarse en cuenta: las consideraciones legales, mercado, estudio económico-financiero, estudio técnico y las consideraciones ambientales. Esto con el fin de lograr la correcta selección y ubicación de la planta. El montaje debe realizarse de forma planificada tomando en consideración las medidas de seguridad industrial necesarias.

La ejecución de la construcción de carreteras, requiere de una adecuada organización que permita una acertada elección de los agregados, y el tipo de asfalto, su correcta utilización y su aprovechamiento óptimo, para garantizar la conclusión de las mismas con resultados satisfactorios, en los plazos previstos.

La cantidad y calidad de producción de agregados y de asfaltos es muy importante para la construcción de una carretera, y el desarrollo de un pueblo o país. El desarrollo de esta industria es necesario para asegurar la cantidad y calidad del producto a obtener para asegurar el trabajo final de una carretera.

Para este fin las maquinarias elegidas deben ser las que mejor respondan a las características del material que se va a utilizar ya sea para la obtención de agregados o de asfaltos, principalmente en lo referente a su contenido de roca, su granulometría, contenido de humedad.

La aplicación del agregado en la preparación del asfalto, es de mayor interés por su influencia sobre la resistencia mecánica del pavimento y la adherencia con las pastas de cemento asfáltico.

Convencionalmente los áridos se clasifican en arenas y áridos gruesos (piedra). Estas características son determinadas generalmente por tres métodos: Tamizado, Microscopio, Prueba de sedimentación. De estas técnicas la más utilizada por las plantas procesadoras de áridos es el de tamizado.

1.2. JUSTIFICACION:

Existen diferentes tipos de equipos para realizar la producción de mezclas asfálticas, Uno de los principales aspectos a considerar es la capacidad de producción. La producción teórica, se dispone de la información que proporcionan los fabricantes, de acuerdo a las características particulares de cada máquina; estos valores deben ajustarse a la práctica de acuerdo a los elementos operativos, las condiciones mecánicas, climáticas y económicas.

La necesidad de conocer la metodología de funcionamiento y proceso de producción de las plantas de agregados y asfaltos, hace que se tenga que realizar un estudio del mismo, desde la materia prima (Agregado pétreo), la dosificación necesaria de cada tipo de material para tener una mezcla compacta y cumpla con todas las condiciones, para su posterior uso. Esto a objeto de beneficiar a los proyectos que cuenta el SEDECA (Servicio Departamental de Caminos), con un producto de calidad optimizando tiempos y costos de producción, y como una herramienta más para que el ingeniero civil pueda realizar o cumplir con su trabajo de manera eficiente con un producto de buena calidad, utilizando metodología para una suficiente producción de concreto asfáltico y posterior comercialización y uso en la construcción de una carpeta asfáltica.

La cantidad y calidad de producción de esta industria es necesario para asegurar la prosperidad y crecimiento vial del departamento debido que para la construcción de una carretera es necesario contar con las condiciones óptimas de producción de asfalto. Por lo tanto de acuerdo a las razones mencionadas y la falta de conocimientos sobre el proceso de generación de asfaltos y agregados justifican un estudio del mismo, para su posterior utilización en la construcción de carreteras.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el control de la metodología de operación y cantidad de producción de las plantas procesadoras de agregados y asfaltos, que nos proporcione datos suficientes para poder realizar un adecuado proceso metodológico la producción de agregados y asfalto aplicado a las plantas del SEDECA en la localidad de San José de Charaja.

1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO:

- Analizar, los componentes y su sistema de operación de las plantas procesadoras de agregados y asfalto.
- Establecer los aspectos generales, información necesaria acerca de los métodos, equipo y materiales necesarios para llevar a cabo el proceso de obtención de agregados y mezcla asfáltica.
- Realizar un control metodológico de la operación y funcionamiento, secuencia de los trabajos, de las plantas en su proceso de obtención de agregados y la mezcla asfáltica.
- Verificar si los porcentajes que se utilizan de cada material en el proceso de producción están dentro del rango establecido, de acuerdo a datos especificados, por el laboratorio del SEDECA, que garantice una mezcla asfáltica óptima.
- Analizar los resultados y principales problemas de producción y proponer una solución metodológica optima para la mejor producción de los agregados y mezcla asfáltica en la planta del SEDECA.
- Conclusiones y recomendaciones.

1.4. ALCANCE:

El alcance del presente proyecto es el de realizar un control de la metodología que se utiliza en la generación de agregados y asfaltos, tomando en cuenta tres aspectos:

La **materia prima** a utilizar desde que es traída del banco en forma natural, posterior proceso de obtención, clasificación por características de forma y tamaño, y para posterior uso en el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica.

El equipo, su funcionamiento, sus componentes, el procedimiento de operación que se realiza como el secado, mezclado, dosificado, sistema de control de producción y la capacidad de producción de la mezcla asfáltica.

El producto a obtener, tomando en cuenta cada una de las etapas del proceso de obtención y cumpliendo con las normas de calidad y los datos específicos de la cantidad de cada material a utilizar, esto en cuanto a los porcentajes de cada tamiz y contenido de cemento asfáltico.

Si no se cuenta con este control no se pueden llegar este propósito, el de poder ofrecer un producto garantizado, a los proyectos beneficiados de todo el valle central, para su posterior uso en la construcción de carreteras.

1.5. UBICACIÓN:

Las plantas procesadoras de agregados y asfalto, se encuentra ubicado en la comunidad de Charaja pasando la localidad del Valle de la Concepción, entre las comunidades de Chocloca y Juntas del Rosario, a orillas de la quebrada Armaos, que pertenece a la provincia Uriondo del Departamento de Tarija respectivamente.

Fig. 1. Mapa de ubicación Geográfica.



CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE LAS PLANTAS TRITURADORAS DE AGREGADOS PETREOS

2.1. INFORMACION GENERAL.

La planta chancadora de piedras consta de maquinarias utilizadas para transformar los grandes bloques de piedras en piedras pequeñas, arenilla y arena. Existen dos tipos de plantas, portátil y estacionaria. La planta portátil es usada en la construcción de caminos ubicados en zonas altas o en trabajos públicos de pequeño y mediano tamaño. Las plantas estacionarias, por otro lado, son más adecuadas para grandes escalas de producción y están ubicadas en función a los centros de abastecimiento. Actualmente existen dos clases de plantas estacionarias. Una usa el método de procesamiento tradicional y el otro usa el nuevo proceso de fragmentación. La única diferencia mecánica está en la estación de la chancadora secundaria. El proceso tradicional usa dos o tres estaciones chancadoras de piedras, mientras que el proceso moderno usa una sola máquina fragmentadora.

2.2. MATERIAL BÁSICO.

2.2.1 Agregados Pétreos.

Definición de agregados pétreos.

Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en las capas de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas; se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. (Smith M. R. and L. Collins, 1994).

2.2.2. TIPOS DE AGREGADOS PÉTREOS.

El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

a) Agregados Naturales.

Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final.

b) Agregados de Trituración.

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

c) Agregados Artificiales.

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

d) Agregados Marginales.

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

2.2.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS.

Las propiedades de los agregados se pueden conceptuar bajo dos puntos de vista: uno como elementos aislados, o individuales, y otro como conjunto.

Propiedades individuales.

Los agregados como elementos aislados tienen propiedades físicas macroscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades de superficie, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc. Asimismo presentan unas propiedades químicas macroscópicas: solubilidad, alterabilidad, hinchamiento, etc.

Propiedades de conjunto.

Las propiedades de conjunto de los agregados pétreos son sus características como un todo. La distribución de la redondez o desgaste de los agregados es una propiedad de gran interés, por cuanto va influir sobre el rozamiento entre los elementos del agregado.

2.2.4. NATURALEZA PETROLÓGICA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS.

Desde un punto de vista práctico, los agregados se pueden clasificar en tres grandes grupos: agregados calizos, agregados silíceos y agregados ígneos y metamórficos.

Agregados Calizos.

La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con los ligantes asfálticos.

Fig. 2.1. Roca caliza



Fuente. es.wikipedia.org.

Agregados Silíceos.

Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material utilización en las todas capas. Se extraen de yacimientos granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por machaqueos sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten. Pueden no aportar una suficiente adhesividad con

los ligantes asfálticos, sin embargo, si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

Fig. 2.2. Roca silícea



Fuente. es.wikipedia.org.

Agregados Ígneos y Metamórficos.

Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, gabros, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc. Sus cualidades para resistir al pulimento los hacen idóneos para garantizar la textura superficial necesaria en un periodo de tiempo, incluso con tráficos muy intensos. En este grupo tan amplio, los agregados de naturaleza más ácida pueden presentar una deficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes, o también el problema se resuelve empleando emulsiones adecuadas y en el caso de mezclas asfálticas, con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

Fig. 2.3. Granito



Fuente. es.wikipedia.org.

2.2.5. CONSIDERACIONES ACERCA DEL EMPLEO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS.

Cuando se pretende hacer uso de los agregados pétreos para la construcción de pavimentos se deben considerar algunos aspectos fundamentales para su buen desempeño a la hora de formar parte en alguna de las capas del paquete estructural y principalmente en la elaboración de las mezclas asfálticas.

1. Naturaleza e identificación:

Evaluación de la naturaleza petrográfica de los agregados, grado de alteración de los componentes minerales, porosidad y propiedades químicas.

2. Propiedades geométricas:

Principal y básicamente la forma y angulosidad de las partículas; con relación al conjunto del esqueleto mineral se estudia la distribución granulométrica.

3. Propiedades mecánicas:

Engloban los parámetros básicos de resistencia al desgaste y al pulimento.

4. Ausencia de impurezas:

Es fundamental que los agregados a emplear en la construcción de pavimentos estén libres de impurezas capaces de afectar el buen comportamiento de las capas. El empleo de agregados sucios en la construcción de un pavimento, puede ser una causa suficiente para provocar su degradación.

5. Inalterabilidad:

Es imprescindible la evaluación de las posibles degradaciones que puedan sufrir los agregados pétreos que se van a utilizar en una obra; así, los materiales evolutivos han de ser empleados con especiales precauciones para evitar comportamientos anómalos que puedan afectar la vida útil de las capas.

6. Adhesividad:

Los agregados pétreos han de ser afines con los ligantes asfálticos que vayan a ser empleados en la construcción del pavimento, y en caso de problemas de afinidad, será necesario el uso de activantes, para garantizar el buen comportamiento de las mezclas asfálticas.

2.2.6. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PARA PAVIMENTOS.

Las principales características que se deben tener en cuenta en los agregados para la construcción de pavimentos asfálticos son las siguientes:

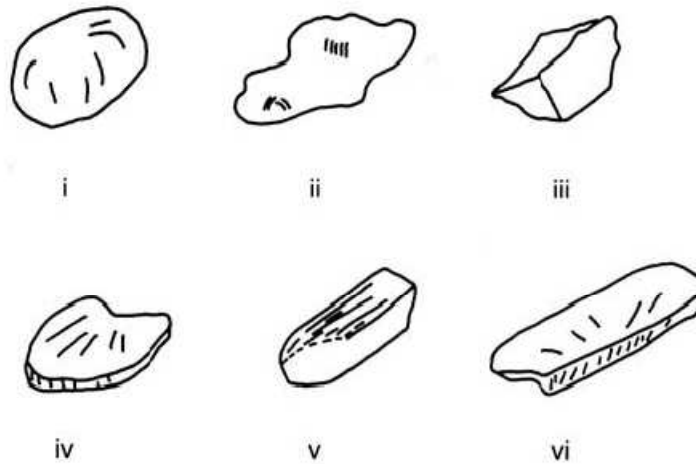
2.2.6.1 Forma y angulosidad.

La forma de las partículas del agregado grueso afecta fundamentalmente, al esqueleto mineral. Según su forma, las partículas pueden clasificarse en redondeadas, irregulares, angulares, lajosas, alargadas y alargadas - lajosas.

Las lajosas y alargadas-lajosas (agujas), pueden romperse con facilidad durante la compactación o después bajo la acción del tráfico, modificando con ello la granulometría del agregado inicial. Se deben imponer limitaciones en el contenido de partículas de mala

forma. Aparte de la forma de las partículas del agregado grueso, se debe tener en cuenta su angulosidad, que influye junto a la textura superficial de las partículas, en la resistencia del esqueleto mineral, por su contribución al rozamiento interno.

Figura No. 2.4 Forma de las Partículas de Agregado Pétreo.



i. Redondeada, ii. Irregular, iii. Angular, iv. Lajosa, v. Alargada, vi. Alargada - Lajosa.

Los agregados pétreos generalmente más deseados para la elaboración de mezclas asfálticas son aquellos con una alta proporción de partículas aproximadamente equidimensionales (cuboides). Los factores intrínsecos, como la composición de la roca afectan a la forma de los agregados durante los procesos de trituración.

2.2.6.2. Resistencia al desgaste.

La resistencia mecánica del esqueleto mineral es un factor predominante en la evolución del comportamiento de una capa de rodadura después de su puesta en servicio. La evaluación de dicha resistencia se realiza mediante diversos ensayos de laboratorio; sin embargo, ninguno de ellos caracteriza el estado tensional del agregado en el conjunto de la capa. Se realizan una serie de ensayos que tienden a reproducir en laboratorio de manera más sencilla el comportamiento que luego tendrán los agregados en servicio, para ello se preparan las muestras con granulometrías próximas a las que van a ser puestas en obra, sometiénolas a un desgaste que, de forma indirecta, proporciona información de la

resistencia mecánica del material. La prueba de Los Ángeles es un ejemplo de este tipo de ensayos.

2.2.6.3. Resistencia al pulimento.

La resistencia al pulimento de las partículas del agregado, es la resistencia a perder aspereza en su textura superficial, tiene gran importancia desde el punto de vista de la resistencia al deslizamiento cuando dichas partículas van a ser empleadas en una capa de rodadura. Para su evaluación se han desarrollado los ensayos de pulimento acelerado.

2.2.6.4. Adhesividad y resistencia al desplazamiento.

La adhesividad de los agregados pétreos con los ligantes asfálticos es de gran importancia, debido a que se pueden presentar fenómenos fisicoquímicos en la superficie de los agregados empleados en las capa de rodadura. En estos fenómenos complejos intervienen tanto factores físicos como la textura del agregado, la porosidad del mismo, viscosidad y tensión superficial del ligante, espesor de la película de ligante, etc. Y a su vez factores químicos relativos al ligante y al agregado. Si los agregados están absolutamente secos, se dejan mojar fácilmente por los ligantes asfálticos; sin embargo la situación es muy diferente con algo de humedad que siempre puede existir, ya que la superficie del agregado se polariza con un signo u otro dependiendo de su naturaleza. Atendiendo a ese criterio los agregados se clasifican en ácidos y básicos.

1. Agregados Ácidos.

La acidez es por lo general consecuencia de un alto contenido en sílice y determina una gran afinidad del agregado por el agua (hidrofilia) y una polaridad negativa. La adhesividad entre los agregados silíceos (o ácidos en general) y los ligantes asfálticos no es buena, pudiendo llegar a ser necesaria la disminución de la tensión superficial del ligante mediante procesos de activación en los que se carga electro polarmente para crear una adhesividad.

2. Agregados Básicos.

Son menos hidrofílicos que los silíceos y se cargan positivamente en presencia de agua. Por ello pueden presentar cierta atracción por los ácidos libres en los ligantes y, en consecuencia una mejor adhesividad con los mismos.

En los pavimentos asfálticos aparte de cuidar y verificar que el ligante asfáltico moje al agregado, se debe tener en cuenta la posibilidad de que el agua en combinación con la acción de los vehículos y en ocasiones con el polvo y suciedad existentes, perturbe la adhesividad, desplazando el ligante asfáltico de la superficie del agregado, que quedará de nuevo descubierta o lavada. La adhesividad pasiva o también llamada resistencia al desplazamiento del ligante dependerá también de los mismos factores químicos y físicos anteriormente citados: afinidad polar por el ligante, espesor de la película y viscosidad del mismo, tensión superficial (ángulo de contacto) y textura superficial.

2.2.6.5. Plasticidad y limpieza.

Para que un agregado pétreo se comporte adecuadamente dentro de cualquier capa, debe estar completamente limpio, libre de partículas de naturaleza orgánica, polvo o arcillas.

Se establece en las normativas, que todos los finos deben tener reducida su plasticidad e incluso que no sean plásticos en la mayoría de los casos. Las fracciones gruesas deben estar exentas de polvo, fijando los límites admisibles a través del denominado coeficiente de limpieza.

Se debe garantizar que en presencia de agua, la capa en cuestión conserve sus características resistentes y que, en su caso, no haya problemas de adhesividad con los ligantes asfálticos. En ocasiones aunque el agregado fino no sea plástico, puede estar contaminado por partículas no arcillosas, que no se hayan podido detectar mediante los límites de Atterberg, pero igualmente nocivas. Un ensayo muy utilizado para caracterizar desde este punto de vista el agregado fino (realmente todo el material inferior a 5 mm., es decir, se incluye parte del agregado grueso y el polvo mineral) es el denominado Equivalente de Arena.

2.2.6.6. Alterabilidad.

Los fallos detectados en una carpeta asfáltica al poco tiempo después de su puesta en servicio, comúnmente suelen ser ocasionados por procesos de alteración de los agregados en alguna de sus capas, los cuales pueden desencadenarse debido a alguna reacción química con alguno de los componentes de los ligantes asfálticos o conglomerantes, por la acción de la helada o, simplemente, por la siempre inevitable presencia de agua.

2.2.6.7. Resistencia al desprendimiento.

Los defectos de adhesión significan la quiebra de las fuerzas de unión entre el agregado y su cubierta de conglomerante asfáltico, lo que conduce a una separación física, una posible consecuencia de los defectos de adhesión, es el fallo mecánico por desgaste y desflechado de la superficie, pero el fallo mecánico no se produce inmediatamente después del fallo de adhesión, si el desprendimiento, aunque sea permanente, se produce a un nivel inferior de la construcción y el grado de entrecruzamiento físico de las partículas de agregado es suficiente para resistir el esfuerzo del tráfico. Dado que el desprendimiento es un fenómeno asociado a la presencia de agua. Se deduce que los pavimentos densos, de bajo contenido en huecos, son prácticamente inmunes y que el comportamiento de los agregados pétreos en los ensayos de deslizamiento es bastante irrelevante en dicho uso.

2.2.6.8. Aptitud para contribuir a la resistencia y rigidez de la mezcla en conjunto.

Esta propiedad se refiere tanto a los agregados gruesos, finos y polvo mineral; siempre que se cumpla que la resistencia y durabilidad intrínseca de las partículas del agregado es la adecuada a las propiedades de la masa de agregados de entrecruzado y rozamiento interno. A este respecto tanto la angulosidad como la irregularidad de la textura superficial contribuyen en gran medida a las resistencias mecánicas y a la deformación de la mezcla asfáltica.

2.2.7. CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO PÉTREO DE ACUERDO A SU TAMAÑO.

2.2.7.1. Agregado grueso.

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como agregado grueso, a la parte del agregado pétreo total que queda retenido en el tamiz #4. Y según la normativa Europea UNE-EN 933-2., se define como agregado grueso, a la parte del agregado pétreo total que queda retenido en el tamiz 2 mm.

Características y propiedades deseables de los agregados gruesos para su utilización en las mezclas asfálticas.

- Granulometría.

La granulometría es la característica física principal y fundamental de todo conjunto de partículas porque influye de forma muy importante en la resistencia mecánica del conjunto (esqueleto mineral). Normalmente se utilizan granulometrías sensiblemente continuas, a fin de conseguir la máxima compacidad del conjunto, aunque también se emplean granulometrías discontinuas en el caso de algunas mezclas asfálticas. Para encajar una granulometría dentro de algún Huso normalizado se parte de fracciones uniformes que se mezclan en las proporciones adecuadas. Los análisis granulométricos se realizan por tamizado; el procedimiento es análogo al que se emplea para suelos.

El tamaño máximo de los agregados viene normalmente limitado por consideraciones relativas al espesor de la capa extendida, trabajabilidad, segregación, etc. Por otra parte la influencia de las partículas finas obliga normalmente a limitar su porcentaje y su plasticidad.

En las mezclas asfálticas tiene una especial importancia la fracción de tamaño inferior a 63µm, llamada, como se ha indicado, polvo mineral o Fíller, pues algunas características relevantes de la mezcla dependen del mástico formado por la unión del polvo mineral y del ligante asfáltico.

- Rozamiento interno.

La resistencia a la deformación o capacidad de soporte de una capa de firme depende esencialmente del rozamiento interno del esqueleto mineral y, en su caso, de la cohesión que proporciona el eventual ligante o conglomerante. El rozamiento interno aumenta con partículas angulosas y de textura superficial áspera como por ejemplo los agregados triturados. También influye de forma importante la granulometría del agregado y el porcentaje de huecos del material compactado. A mayores densidades corresponden generalmente mayores resistencias mecánicas, por lo que la compactación es un factor de primer orden. La cohesión debe confiarse exclusivamente al ligante asfáltico o conglomerante. La cohesión entre las partículas suele ser despreciable, y cuando existe se debe únicamente a la plasticidad de la fracción fina, y en general es más nociva que útil. Sólo interesa una cierta plasticidad de los finos y muy reducida de todas formas, cuando se trata de capas granulares no revestidas en caminos de baja intensidad de tráfico.

- Angulosidad.

La angulosidad del agregado grueso beneficia al esqueleto mineral debido al rozamiento interno que se genera entre las partículas, esto contribuye a que las partículas gruesas permanezcan en su lugar cuando el pavimento entre en funcionamiento y no se produzcan desplazamientos. El empleo de agregados triturados trae consigo el aumento de la angulosidad de las partículas. La mayoría de las normativas establecen un mínimo de angulosidad del agregado grueso, dependiendo de las condiciones de tráfico al que va a estar expuesto el pavimento.

- Forma del agregado.

Las exigencias de forma para el agregado grueso varían ligeramente, con un mismo tráfico, para las mezclas asfálticas. Lo ideal es que las partículas presenten formas cuboides, evitando o restringiendo las formas planas, alargadas y en forma de lajas, ya que como lo hemos dicho antes, este tipo de forma es muy susceptible a quebrarse bajo condiciones de carga de tráfico, lo que modifica las granulometrías y las propiedades iniciales de las mezclas.

Existen restricciones en las normativas de materiales para pavimentos en donde se restringe el uso de partículas con estas formas no deseadas, por medio de los índices de lajas y de agujas de las distintas fracciones del árido grueso.

- Resistencia a la fragmentación.

Los agregados pétreos deben de cumplir con un cierto mínimo de resistencia a la fragmentación o al desgaste, lo que da una orientación del comportamiento que tendrá dicho agregado dentro de la mezcla asfáltica al entrar en servicio el pavimento.

- Resistencia al pulimento.

En el ensayo de Pulimento Acelerado, determina el grado de pulimento del agregado o coeficiente de pulido acelerado con el mismo péndulo de fricción con el que se mide el coeficiente de rozamiento en una superficie de rodadura. El coeficiente de pulido acelerado depende fundamentalmente de la naturaleza petrográfica de la roca origen, fue diseñado como un medio para predecir la susceptibilidad de una piedra al pulido cuando se utiliza como ya lo hemos dicho en la capa de rodadura de un pavimento flexible.

- Limpieza.

El agregado grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa. El contenido de impurezas del agregado grueso, según las normativas deberá ser mínimo, algo muy aproximado al cinco por mil (0,5%) en masa. Aunque se podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros, y realizando una nueva comprobación.

La exigencia anterior podría cuestionarse considerando que en las plantas asfálticas modernas existen poderosos sistemas para extraer el polvo e impurezas del agregado. Sin embargo en una secuencia lógica de exigencias de calidad y prevenciones, la limpieza inicial del agregado está totalmente justificada.

- Adhesividad.

El agregado grueso tiene un comportamiento específico respecto a la adhesividad y a la resistencia al desplazamiento. Se preconiza la comprobación de la adhesividad agregado –

ligante mediante una evaluación global de resistencia conservada en los ensayos de inmersión – compresión, o de pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro. Estos criterios se refieren obviamente a las propiedades de las mezclas terminadas más que a la caracterización inicial de los materiales simples: agregados y ligantes.

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad agregado–ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Se enmarcan unos parámetros mínimos en los valores de inmersión – compresión según el tipo de mezcla asfáltica a utilizar. Se podrá mejorar la adhesividad entre el agregado y el ligante asfáltico mediante activantes o cualquier otro producto sancionado por la experiencia. Se establecerán las especificaciones que tendrán que cumplir dichos aditivos y las mezclas resultantes.

2.2.7.2. Agregado fino.

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS y ASHTO, se define como agregado fino, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz #4 y queda retenido en el tamiz #200.

Características y propiedades deseables de los Agregados Finos para su utilización en las mezclas asfálticas.

- Procedencia.

El agregado fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales. Existen limitaciones en la proporción de agregado fino no triturado a emplear en las mezclas. Regularmente se emplea arena natural en la elaboración de mezclas asfálticas que van a ser empleadas en pavimentos con una baja intensidad de tráfico y a bajos niveles de cargas, se deberá señalar la proporción máxima de arena natural no triturada, a emplear en la mezcla, la cual regularmente no será superior al 10% de la masa total del agregado combinado y sin que supere el porcentaje de agregado fino triturado empleado en la mezcla, la limitación de la cantidad de arena rodada o no triturada que puede incorporarse a la mezcla, se hace por temor a una disminución de la rigidez final de ésta. Hay autores y administraciones que consideran que una proporción del orden del 10% puede mejorar al tiempo la manejabilidad, la compacidad e incluso la estabilidad de la mezcla.

- Limpieza.

El agregado fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga y otras materias extrañas, para evitar que se presenten comportamientos extraños del material dentro de la mezcla, tales como reacciones químicas, pérdida de estabilidad de la mezcla, abundamientos, entre otros.

- Resistencia a la fragmentación.

El material que se triture para obtener agregado fino deberá cumplir las condiciones exigidas al agregado grueso sobre el coeficiente de desgaste de Los Ángeles.

Se recomienda usar agregado fino de otra naturaleza, que mejore alguna característica, especialmente la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de agregado grueso con coeficiente de desgaste de Los Ángeles inferior a 25 para capas de rodadura e intermedias y a30 para capas de base.

- Adhesividad.

Respecto a los fenómenos de adhesividad agregado fino – ligante, hay que tener en cuenta que las acciones químicas o químico – físicas en las partículas de menor tamaño son más complejas. Su mayor superficie específica, facilidad para acumular humedad y gran heterogeneidad de su naturaleza determinan una mayor sensibilidad a toda clase de transformaciones químicas, fenómenos polares y de adhesividad, absorción, etc.

2.2.7.3. Polvo mineral (Fíller).

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como polvo mineral, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz #200. Y según la normativa Europea UNE-EN 933-2., se define como polvo mineral, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz 0.063mm.

El Fíller o polvo mineral de aportación es un producto comercial de naturaleza pulverulenta (cemento normalmente o cenizas volantes de central térmica) o un polvo en general calizo, especialmente preparado para utilizarlo en mástico para mezclas asfálticas. Cuando se trata de un producto comercial, se garantiza perfectamente su control y se conocen sus

propiedades tanto físicas como químicas y su futuro comportamiento en la mezcla. Cuando se utiliza el otro tipo de filler, (de recuperación), que es aquel que se obtiene de las plantas asfálticas, no se sabe exactamente cuáles son sus componentes y en ocasiones varía su composición con el tiempo y puede estar o no, dentro de las normativas, debido a que es un residuo.

Características deseables o de mayor interés acerca del polvo mineral (Fíller).

Las características que más suelen interesar de un polvo mineral son:

- Finura.

Al ocupar parcialmente los espacios libres dejados por la estructura granular compactada y conformada por las partículas mayores, reduce el volumen de vacíos de la mezcla evitando un aumento pronunciado de la cantidad de ligante asfáltico. El polvo mineral consigue cumplir con su función de rellenar, dependiendo del volumen de vacíos existente una vez que se haya compactado la estructura granular y en función de la granulometría y de las partículas de mayor tamaño.

La densidad aparente del polvo mineral en Tolueno es una medida relativa del grado de finura del polvo, cualidad muy importante para las características finales de las mezclas. La densidad aparente del polvo mineral, en algunas normas aparece comprendida entre cinco y ocho decigramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm³).

- Modificación del comportamiento reológico.

El empleo del polvo mineral, incrementa la magnitud de la resistencia a la deformación de la mezcla, sin modificar la naturaleza viscosa del ligante, originando como consecuencia un aumento de la resistencia al corte de las mezclas asfálticas.

- Acción estabilizante frente al agua.

Se incrementa la durabilidad de las mezclas asfálticas frente a la acción del agua debido a que se reduce parcialmente la porosidad de la estructura granular evitando el acceso del agua al interior, y por otro lado debido a que algunos polvos minerales presentan una mayor

afinidad con el ligante asfáltico, mejoran la resistencia a la acción de desplazamiento que ejerce el agua sobre el ligante asfáltico.

Las características de finura y comportamiento reológico se hayan vinculadas el tamaño y forma de las partículas. La acción estabilizante frente al agua depende además del tamaño y forma de las partículas, de la composición química de los rellenos minerales. Las funciones del polvo mineral no pueden apartarse del contenido y consistencia del ligante asfáltico en la mezcla.

- Procedencia del polvo mineral.

El polvo mineral podrá proceder de los agregados, separándose de ellos por medio de los ciclones de la central de fabricación, o aportarse a la mezcla por separado de aquéllos como un producto comercial o especialmente preparado.

Las proporciones del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deben cumplir lo que fijan las normas, debido a que es un material que se debe de utilizar en proporciones adecuadas en cada tipo de mezcla y condiciones, para obtener un resultado óptimo.

El polvo mineral que quede inevitablemente adherido a los agregados tras su paso por el secador de la planta de asfalto en ningún caso podrá rebasar ciertos límites que algunas normas contienen, este valor está aproximadamente dentro del dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla. Si se asegurase que el polvo mineral procedente de los agregados cumple las condiciones exigidas al de aportación, se podrá rebajar la proporción mínima de éste.

Propiedades del polvo mineral como componente de las mezclas asfálticas.

En la interface Fíller-asfalto y en el comportamiento de la mezcla asfáltica, tienen que ver las propiedades físicas y químicas tanto como las características geométricas, propiedades de superficie, adsorción, adhesión, etc.

La irregularidad geométrica (forma, angulosidad y textura de superficie), es uno de los aspectos más importantes en el papel del Fíller dentro de la mezcla. La irregularidad geométrica afecta directamente el contenido óptimo de asfalto en la mezcla, a las características de interface del mástico y a su comportamiento reológico. Todos estos

aspectos influyen directamente en el comportamiento estructural y mecánico de las mezclas.

Para la caracterización físico-química del Fíller y su influencia en el comportamiento y durabilidad de las mezclas asfálticas, el factor más significativo es la intensidad de adsorción. En los sistemas Fíller –asfalto , existe adsorción entre un sólido y una fase viscosa, los factores que influyen más en el mecanismo de adsorción son la composición del asfalto y las propiedades del Fíller, es decir, su composición mineralógica, sus características estructurales, la textura superficial y la superficie específica, el tipo de adsorción depende del tipo de Fíller principalmente, todos los procesos de adsorción son exotérmicos y la cantidad de calor liberado depende del carácter de la interacción entre los átomos y moléculas adsorbidos y de la superficie del sólido.

Las propiedades de los fílleres tienen un efecto muy importante en la durabilidad potencial de las mezclas asfálticas, el efecto del Fíller suele manifestarse, si es activo suele mantener resistencia por más tiempo que si no es activo.

La durabilidad potencial de la mezcla asfáltica suele mejorar con un incremento en el contenido de asfalto por encima del óptimo básico, es decir las condiciones óptimas de durabilidad se obtienen para contenidos de asfalto superiores al óptimo convencional, en este caso las muestras con fílleres no activos resultan ser más sensibles al contenido de asfalto que en aquellas que contienen filleres activos.

2.2.8. Ensayos para caracterizar los agregados pétreos.

a). Esqueleto Mineral.

- Análisis Granulométrico.

Por medio de este ensayo podemos determinar la distribución de tamaños de las partículas, el cual consiste en hacer pasar una cierta cantidad de muestra de agregado por una serie de tamices normalizados, en Europa los tamices UNE, y en América los tamices ASTM, en un orden sucesivo de mayor a menor abertura del tamiz, quedando retenida parte de la muestra en cada tamiz. Se representan en una gráfica el porcentaje que pasa en cada uno de ellos, pudiéndose observar si la curva granulométrica es continua, o sea que contenga todos los tamaños o si es discontinua un solo tamaño. Si se quiere conocer con exactitud el contenido

de Filler (Polvo Mineral) que pasa por el tamiz 0.063 mm se hace el ensayo con el agregado lavado y secado en la estufa.

Partícula	Tamaño
<u>Arcillas</u>	< 0,002 mm
<u>Limos</u>	0,002 – 0,06 mm
<u>Arenas</u>	0,06 – 2 mm
<u>Gravas</u>	2 – 60 mm
<u>Cantos rodados</u>	60 – 250 mm
<u>Bloques</u>	>250 mm

Escala granulométrica

b). Agregados Gruesos. (Partículas mayores a 2 mm.)

- Estudio Petrográfico.

En este ensayo se determina la composición mineralógica y las características de la naturaleza de los agregados pétreos, haciendo primero una descripción macroscópica del agregado, analizando su aspecto y determinando las características físicas como homogeneidad, dureza y tenacidad, enseguida se lleva a cabo el estudio propiamente petrográfico, mediante un microscopio polarizante que permite identificar los constituyentes minerales del agregado por su color, forma, exfoliación y relieve, por último se determina el tamaño de los cristales y su posición. La muestra es una sección delgada de agregado de un espesor uniforme aproximado a 30 μ . Este estudio permite identificar los tamaños de grano, el grado de alteración del agregado y la presencia de componentes no deseables.

- Índice de Lajas y Agujas.

La forma de las partículas de agregado grueso, afecta al esqueleto mineral, las formas pueden ser redondeadas, cúbicas, lajas o agujas, siendo estas dos últimas peligrosas, porque durante el proceso de compactación o por las tensiones del tráfico, se pueden romper y eso varía su contenido en la granulometría. Se definen los índices de lajas y agujas como los porcentajes en peso, respecto a la muestra total, de las partículas que son, respectivamente, lajas o agujas. Los métodos utilizados para la determinación de dichos índices de forma se basan generalmente en la medida directa de las dimensiones de las partículas.

Los ensayos se realizan por calibres de ranuras para determinar el índice de lajas y los calibres de las agujas para sacar el índice de agujas. Se hace pasar el retenido de cada tamiz por estos calibres y se expresa como resultado. El índice de lajas es el cociente entre lo que pasa por el calibre de ranuras y el total de muestra.

Fig. 2.5. Equipo para determinar el índice de lajas y agujas



Fuente.: es.wikipedia.org.

- Forma y Caras de Fractura.

La forma de las partículas de mayor o menor angulosidad influye en la resistencia del esqueleto mineral. Para realizar este ensayo se determina el porcentaje de partículas con dos o más caras de fractura.

- Ensayo de Desgaste de los Ángeles.

Este ensayo caracteriza la resistencia que presentan los agregados al desgaste. La máquina de los Ángeles consiste en un cilindro hueco de acero, con sus extremos cerrados y una abertura para introducir los áridos, que puede girar en posición horizontal. Se introducen en el cilindro unas bolas de acero como la carga abrasiva y se hace girar un determinado número de vueltas. Se determina el coeficiente de desgaste de los ángeles que es la diferencia entre el peso original de la muestra y el peso después del ensayo expresada en porcentaje del peso inicial.

Si el desgaste es mayor de 50%, se asume que el agregado es de mala calidad, si el desgaste es menor de 20%, el agregado es excelente.

Se puede decir que coeficientes Los Ángeles superiores a 50, corresponden a agregados de muy mala calidad, no aptos para construcción de capas de firme. Por el contrario, coeficientes inferiores a 20 corresponden a áridos excelentes, con resistencia al desgaste suficiente para cualquier posible aplicación y, en particular, para capas de rodadura bituminosas, que hayan de soportar tráfico pesado.

Fig. 2.6. Máquina de abrasión de Los Ángeles



Fuente. es.wikipedia.org.

- Ensayo de Friabilidad.

Este tipo de ensayo proporciona una medida relativa de la resistencia del agregado a la trituración o la degradación bajo cargas. Se toma una muestra de agregado con un peso determinado y una granulometría dada, se dispone en un cilindro de acero en el que se encaja un pistón que se mueve a velocidad constante y ejerce una presión que varía según la muestra. El resultado es el cociente de friabilidad, calculado como el porcentaje en peso de la muestra que pasa por un tamiz determinado referido al total de material.

- Ensayo de Péndulo de Fricción.

La máquina de pulido acelerado simula la acción de una rueda llena de polvo sobre las muestras de agregado pétreo colocadas sobre una lámina de resina de poliéster y montadas en moldes normalizados sobre una pista rotatoria. El pulido de las muestras se mide posteriormente utilizando un péndulo de fricción normalizado.

Primero se introducen los agregados a analizar en una probeta de mortero hidráulico y se someten a ciclos de pulido mediante abrasivos introducidos en húmedo entre las probetas colocadas periféricamente en una rueda de ensayo (máquina de pulimento acelerado), durante tres horas en arena silíceá normalizada y 3 horas con palo de esmeril. El grado de pulimento conseguido para cada muestra se mide mediante el ensayo de fricción con un péndulo, calculando la pérdida de energía del mismo por un ángulo suplementario de oscilación. Los valores habituales del coeficiente de rozamiento oscilan entre 0.40 y 0.5

Fig. 2.7. Péndulo de Fricción.



Fuente: es.wikipedia.org.

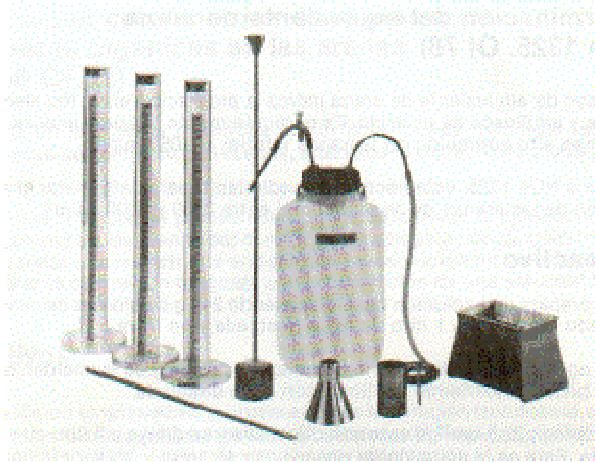
c). Agregados Finos. (Partículas entre 2 y 0,063 mm).

- Equivalente de Arena.

Con este ensayo podemos evaluar la limpieza y plasticidad de los agregados finos. El ensayo consiste en introducir una muestra de agregado en una probeta que contiene una solución floculante, se mezcla el agregado con la solución y se añade agua, dejando reposar el conjunto durante 20 minutos. Después de este tiempo se puede observar el agregado limpio en la parte inferior, en la zona intermedia las partículas contaminantes en suspensión y en la superficie el líquido relativamente limpio. Con la relación de alturas de estas zonas se determina el equivalente de arena. Se define como agregado muy contaminado el que tiene un Equivalente de Arena menor de 20 y como agregado muy limpio el que tiene un equivalente de arena mayor que 50.

Resultados de equivalentes de arena inferiores a 20 corresponden a agregados muy contaminados por partículas nocivas que, en general, no deben utilizarse en capas de firme; por el contrario, valores superiores a 50 reflejan un grado de limpieza suficiente para la mayor parte de las aplicaciones.

Fig. 2.8. Material para el ensayo de Equivalente de Arena.



Fuente: es.wikipedia.org.

- Coeficiente de Limpieza.

Consiste en comparar dos granulometrías de una misma muestra de agregados, antes y después de un lavado y secado del material. Las distorsiones entre las dos curvas no deben superar unos determinados valores.

- Riedel-Weber.

Un ensayo específico que se utiliza para evaluar la adhesividad del agregado fino con los ligantes asfálticos, es el procedimiento denominado Riedel-Weber: consiste en introducir el agregado envuelto por el ligante en diversas soluciones de carbonato sódico con concentraciones crecientes, observando cuál de ellas produce el desplazamiento del ligante.

d) Polvo Mineral (Fíller). (Partículas menores de 0.063 mm).

- Emulsibilidad.

Es una medida de la afinidad del Fíller hacia los ligantes asfálticos, para verificar que no sean desplazados por el agua. El método de ensayo permite cuantificar esta propiedad mediante el concepto denominado coeficiente de Emulsibilidad, que se define en las condiciones de ensayo, como la máxima cantidad de ligante asfáltico que se puede dispersaren forma de emulsión directa (ligante en agua) en un gramo de polvo mineral, sin

que se produzca la inversión de la emulsión (agua en ligante). Una proporción mayor de ligante lleva a la coagulación de éste, como consecuencia de la referida inversión, separándose, entonces, en agua del sistema.

- Densidad aparente en tolueno.

Da una idea de la finura del Fíller que debe limitarse para evitar problemas en la envuelta con el ligante. El método consiste en medir el volumen ocupado por una cantidad especificada de la muestra de polvo mineral, cuando se sedimenta el tolueno. La densidad aparente determinada en estas condiciones, es una medida relativa del grado de finura del polvo mineral. Valores de la densidad aparente en tolueno entre 0.5 y 0.8 gr./cm³ corresponden a una actividad media adecuada para su utilización en mezclas asfálticas.

2.3. PLANTA DE TRITURACIÓN AGREGADOS PÉTREOS.

La planta de trituración de productos pétreos es la encargada producir los agregados necesarios para la producción de mezclas asfálticas, su producción depende del tamaño de la planta, de los requerimientos y los horarios de producción, para ello se necesita de material en greña, el cual es obtenido de los lechos de ríos o bien de canteras de roca apropiada para la obtención de estos agregados, a continuación se describe el proceso general de producción.

2.4. CARACTERISTICAS DE LAS PLANTA.

2.4.1. EQUIPO DE TRITURACIÓN.

Existe una diversidad de maquinaria y equipo que es utilizado paralelamente durante el proceso de trituración, uno de los más importantes y necesarios para que la planta de trituración cumpla con los tiempos y volúmenes de producción requeridos por los programas de necesidades es el tipo de triturador, estos pueden ser: Trituradora de mandíbula, de impacto, cono, o de martillo.

Fig. 2.9. Tipos de Trituradoras.



Trituradora de mandíbula



Trituradora de impacto



Trituradora de Cono



Trituradora de martillo

Fuente: LIMING.com.

2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRITURACIÓN.

El proceso de producción de agregados pétreos, es la consecución de operaciones para lo cual la planta de trituración consta de varios elementos para llevar a cabo este fin, desde el reconocimiento de los bancos de explotación, acarreo, trituración primaria, trituración secundaria, lavado, almacenaje y despacho.

Pasos a seguir en el Proceso de trituración.

1. Se procede a efectuar sondeos de bancos o depósitos prometedores.
2. La localización y extensión del depósito de ser posible deberá ser localizada en un mapa a escala señalando su ubicación.
3. Por medio de laboratorio, es necesario conocer en detalle la calidad del material, por lo que se requerirán los resultados de los sondeos efectuados al banco.
4. Mediante una excavadora o pala cargadora se procederá a extraer el material en greña del banco ó río, el cual será cargado por dicha maquina en camiones de volteo o volquetas para alimentar la tolva de la planta de trituración.
5. El material en greña que se descarga en la tolva del primario es reducido por las quijadas de tal manera que el producto pueda ser procesado por el cono o secundario.
6. Se traslada el material desde el primario por medio de una banda transportadora llamada principal, hasta la criba donde será lavado y clasificado por su tamaño en uno o varios pisos de tamices con la abertura necesaria a fin de obtener la granulometría del material deseado.
7. La trituración secundaria o del cono es donde el sobre tamaño del material que no pasa por los tamices de la criba, es reducido al tamaño requerido, transportándose nuevamente este material hacia la banda principal por medio de una banda llamada de retorno para repetirse el cribado del material.
8. El agregado que pasa por los tamices de la criba es transportado en el caso del agregado grueso por una banda llamada de producción al almacenamiento o apilamiento, mientras el agregado fino cae junto al agua utilizada en el lavado, en un canal que lo deposita en un gusano lavador de arena, la cual es transportada por otra banda de producción al almacenamiento o apilamiento correspondiente, donde permanecerá hasta su posterior uso en donde sea requerido.

2.5. MAQUINARIA NECESARIA.

2.5.2. Cargadores.

Se utiliza para el apilamiento, carga y acarreo de la greña o agregados producidos, así como para la alimentación de la tolva de entrada al proceso de producción de la planta de trituración, usualmente un cargador frontal, de acuerdo a la capacidad de la planta de trituración.

2.7. MEDIO AMBIENTE.

El control de la contaminación del medio ambiente es importante en este tipo de actividad productiva, durante el proceso de trituración se producen altos niveles de ruido, polvo, además de generar aguas residuales y desechos sólidos.

Ruido.

El proceso de producción de agregados pétreos genera ruidos arriba del máximo generalmente aceptados como los son 85 decibeles, por lo que es necesario al encontrarse en el área de producción contar con el equipo de protección del sistema auditivo mínimo.

Polvo.

Durante el proceso, principalmente en el elemento primario y bandas transportadoras, se genera cierta cantidad de polvo proveniente de la greña, por lo tanto es necesaria la protección del sentido del olfato por medio de mascarillas.

CAPITULO III
GENERALIDADES SOBRE LAS PLANTAS DE ASFALTO Y LA
PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

3.1. LIGANTES ASFALTICOS.

3.1.1. Generalidades de los asfaltos.

Dentro del nombre genérico de ligantes asfálticos se incluyen materiales de distinta procedencia, los asfaltos y los alquitranes, que tienen en común su aspecto y una serie de propiedades aglomerantes. Ambos son materiales termoplásticos, viscosos, su color es negro y están formados por una mezcla compleja de hidrocarburos.

Actualmente en carreteras se usa el asfalto, que puede ser de origen natural (rocas o lagos asfálticos) o artificial el cual es un producto de la refinación del petróleo crudo. Se ilustra el proceso de destilación para la obtención del ligante en refinería. Dadas sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad, tiene gran variedad de aplicaciones en la construcción de pavimentos flexibles como por ejemplo, mezclas asfálticas, bases estabilizadas, riegos de sello, emulsiones asfálticas, riegos de liga, riegos de impregnación, entre otros.

3.1.2 Definición de asfaltos.

Los asfaltos son una mezcla compleja de hidrocarburos de peso molecular elevado, que se presenta en forma de cuerpo viscoso más o menos elástico, no cristalino y de color negro, provienen de la destilación natural o artificial del petróleo.

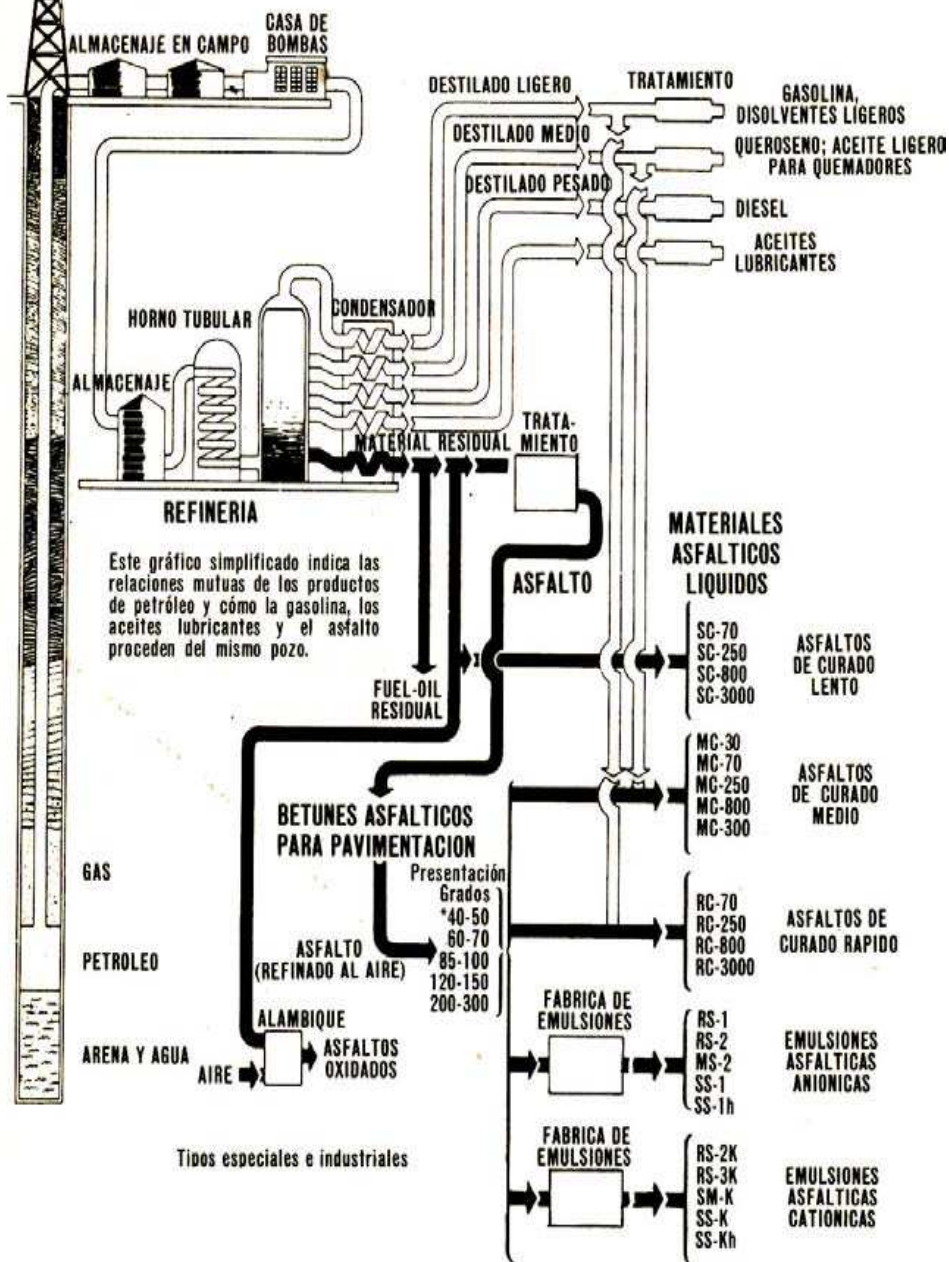
(Wikipedia.com. 2012).

Aunque el asfalto puede considerarse como un desecho, también puede verse como un producto de gran calidad, sobre el que se fundamenta gran parte de la construcción de los pavimentos flexibles, denominados también carpetas asfálticas o carpetas bituminosas, en virtud de este dúctil, flexible y tenaz material que los constituye y caracteriza.

Fig. 3.1.

POZO DE PETROLEO

ESQUEMA DE FABRICACION DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS



3.2. CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA.

Plantas para mezcla asfáltica en caliente.

Las “Plantas de asfalto”, como comúnmente suele llamárseles en el mercado, tanto por los fabricantes, comerciantes y operadores de estos equipos, la mayoría de veces refiriéndose a Las Plantas para la producción de mezcla asfáltica en caliente, difieren de las plantas para la producción de asfalto en frío, en que los agregados son secados y mezclados a temperaturas de entre 150° a 180° , dependiendo esto de las condiciones de diseño de la planta y de las especificaciones para el tipo de mezcla a producir. Técnicamente, podríamos describir una “Planta de Asfalto” como el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de alguna manera para producir mezcla asfáltica en caliente. El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados, siendo, ésta por peso, al igual que la de el cemento asfáltico en una forma fluida, siendo esto en los límites de temperatura requeridos, de esta forma se obtiene una mezcla de gran calidad según el diseño establecido.

Para poder lograr esto, es necesario cuidar el buen desempeño de todos los elementos que integran la planta, desde el montaje, operación-control y mantenimiento.

Surgimiento de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.

Con el aporte intensivo del asfalto en obras viales que ocurrió a principios del siglo XIX, esto debido a dos acontecimientos casi simultáneos: El primero la aparición del automotor con rodado neumático, que sustituyó a la llanta maciza de caucho y segundo la explotación masiva del petróleo y cuya industrialización convirtió a este en productor principal de asfaltos y tomando en consideración que en el primer caso el automóvil obtuvo pronto el favor del público que reclamó buenos caminos para mayor seguridad y comodidad, además el transporte carretero comercial creó la dependencia “camino-camiión” exigiendo amplias carreteras para más y mejores vehículos, en el segundo caso el petróleo produjo grandes volúmenes de asfalto aptos

para un directo uso vial (cementos asfálticos) y asfaltos diluidos con las fracciones livianas.

Las emulsiones bituminosas de tipo aniónico aparecieron por entonces (1905) como paliativo del polvo, mientras que las catiónicas lo hicieron entre 1951 y 1957 en Europa y EE.UU. respectivamente; en Argentina las aniónicas comenzaron a producirse a mediados de la década del '30 y las catiónicas a fines del '60. Tanta actividad volcada al campo vial hizo que se hablara de la "era del automóvil y la construcción de carreteras". Los primeros trabajos asfálticos en calles y caminos fueron hechos con procesos sencillos para distribuir tanto el ligante como los áridos (a mano), apareciendo luego lanzas con pico regador y bomba manual.

El ritmo de las obras viales y la necesidad de mejorar los trabajos y reducir costos hizo progresar la operación vial. Los métodos manuales se mecanizaron apareciendo: regadores de asfalto a presión, distribuidores de piedra, aplanadoras vibrantes, rodillos con neumáticos de presión controlada, etc. Las mezclas asfálticas en sitio cambiaron niveladoras y rastras por motos niveladoras y plantas móviles o fijas. Las primeras mezclas calientes irrumpieron en el mercado alrededor de 1870 con plantas intermitentes (pastones) de simple concepción. Hacia 1900 se había mejorado su diseño incluyendo tolvas de árido, elevadores de materiales fríos y calientes, secadores rotativos, tanques para acopiar asfalto, mezcladoras que permitían cargar vagones a camiones. Entre 1930 y 1940 se incorporan cintas transportadoras, colectores de polvo y otros aditamentos, en las décadas del 50 y 60 se desarrollan plantas de mayor capacidad, hacia 1970 se introducen sistemas computarizados para dosificación y controles de elaboración, polvo y ruido. Todo este proceso mantuvo la operatoria fundamental: secado-cribado-proporcionado-mezclado.

Para 1910 existían en EE.UU. pequeñas plantas en caliente, de mezclado en tambor que hacia 1930 fueron reemplazadas por las de mezclador continuo, de mayor producción. En 1960 el procedimiento de secado y mezclado en tambor fue rescatado y actualmente estas plantas (tambor mezclador) producen mezclas de gran calidad y compiten además en el reciclado de pavimentos. Los silos para acopio de mezcla caliente forman parte de las plantas de tambor mezclador; también suelen encontrarse

estos sitios en instalaciones discontinuas para independizar las operaciones de carga de los camiones, o si los de gran capacidad, dotados de revestimiento aislante, permiten al acopio de mezcla caliente durante varios días conservando su trabajabilidad.

En la actualidad como se mencionó anteriormente tienen gran importancia los sistemas de control, que monitorean la mayoría de los parámetros de operación de las plantas, en su mayoría son plantas de tambor mezclador, dado que estas presentan características innovadoras, una de ellas es que estas están dotadas de colectores de polvo húmedos o secos, que las hace más limpias que las convencionales.

Clasificación de las plantas para mezcla asfáltica en caliente.

Las plantas para mezcla asfáltica en caliente pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. De acuerdo a la forma de producción:

- Continuas:**
- Convencionales
 - Tambor mezclador

Discontinuas:- De bachada por peso de mazada

2. Según su capacidad de producción:

- Se clasifican según su capacidad de producción en Ton / hora

3. De acuerdo a su movilidad:

- **Portátiles**
- **Estacionarias**

Las plantas continuas tanto convencionales como de tambor mezclador pueden ser portátiles o estacionarias. Las plantas discontinuas o de bachada son regularmente estacionarias. La capacidad es independiente de las otras clasificaciones.

Plantas continuas.

Como su nombre lo indica, en este tipo de plantas llegan al mezclador cada uno de los agregados: agregado grueso, agregado fino, relleno mineral y el cemento asfáltico en forma continua. Los mecanismos de alimentación están sincronizados con el objeto de que la cantidad de material suministrada en todo momento guarde las proporciones debidas. La diferencia fundamental entre las plantas continuas del tipo convencional y las de tambor mezclador se centra en que en las plantas convencionales el secado de los agregados ocurre antes del mezclado, de forma independiente, y en las plantas de tambor mezclador los procesos de secado y mezclado ocurre en el mismo barril; siendo más simple en las segundas.

Plantas Discontinuas.

En este tipo de plantas, la dosificación de los agregados se realiza pesando en un recipiente interno (mezclador) cada uno de los agregados calientes, almacenados en los silos del agregado cribado de manera sucesiva y acumulativa, en un orden predeterminado hasta obtener el peso total para ser mezclado. Este peso total está determinado por la capacidad del mezclador y los pesos de cada uno de los agregados, por la proporción establecida de granulometría prevista en el diseño del tipo de mezcla.

La dosificación del cemento asfáltico en este tipo de plantas puede realizarse de las siguientes maneras:

- a) Por peso: Se pesa en un recipiente y luego se vierte sobre el mezclador.
- b) Por medida directa del volumen: El cemento asfáltico se vierte en un recipiente de volumen conocido, que generalmente sirve de cuerpo de bomba para su inyección.

c) Por medida indirecta del volumen: Mediante bombas continuas de caudal constante que suministra la cantidad de cemento asfáltico durante un tiempo establecido.

Selección de la planta.

Los aspectos que hay que evaluar para la selección de una planta, dependerá exclusivamente del criterio de la empresa constructora que la implementará. Por lo regular un factor importante a considerar en la selección de un planta de asfalto es la capacidad en Ton/hora, esto se hace con la necesidad de cubrir los requerimientos de los proyectos de pavimentación que se realizarán utilizando la mezcla que esta planta producirá, además es importante mencionar que los costos de adquisición de una planta son elevados y es más conveniente muchas veces resolver los problemas de producción de otra forma.

3.3. MONTAJE DE LAS PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

3.3.1. Consideraciones generales para puesta en marcha de una planta para mezcla asfáltica en caliente.

Para la implementación, selección del tipo de planta, ubicación y puesta en marcha de una planta para mezcla asfáltica en caliente, deben de tomarse en consideración: los aspectos de mercado, aspectos legales; técnicos, financieros y ambientales, principalmente. De alguna manera todos estos aspectos están relacionados unos con otros y será necesario un adecuado estudio de cada uno de ellos, para definir las relaciones entre ellos y poder obtener resultados optimizados para la toma de decisiones.

Del estudio correcto de los aspectos mencionados anteriormente, dependerá el que se eviten problemas posteriores y por ende el éxito del proyecto sobre la implementación de la planta, que por supuesto se verá reflejado en que el proyecto sea rentable.

- **Consideraciones legales.**

Es el conjunto de normas que se deben de cumplir para la inscripción de la empresa y posterior autorización para operar. Dependiendo el lugar donde se desee implementar la planta se deberán cumplir con distintos requerimientos de las autoridades respectivas, esto implicará en muchos casos pagar los respectivos impuestos y cumplir con las leyes gubernamentales y/o municipales.

- **Estudio de mercado.**

El estudio de mercado consiste en evaluar y cuantificar la oferta y la demanda del producto, en este caso la mezcla asfáltica, tomando en cuenta el análisis de precio y los canales de comercialización, para poder evaluar la capacidad de penetración del producto en el mercado. Debemos analizar a quién venderemos nuestro producto, el precio y la cantidad promedio del mismo.

De este estudio dependerá mucho el tipo de planta que se desee implementar, influye significativamente en la capacidad de la misma. También el estudio de mercado nos hace ver si es factible económicamente implementar la planta.

- **Estudio económico-financiero.**

Consiste en calcular todos los costos de implementación de la planta, desde el transporte, montaje, operación y mantenimiento de la misma y también los costos de los insumos utilizados en la producción de la mezcla (costos de producción), incluyendo estos, la materia prima: cemento asfáltico y agregados; diesel, lubricantes y mano de obra, así también los gastos administrativos. Se debe tomar en consideración la vida útil del proyecto, las fuentes de financiamiento y las razones de rentabilidad.

- **Estudio técnico.**

Consiste en el estudio de los métodos de producción, evaluación de los recursos destinados para la producción con que se cuenta, análisis del proceso de producción, esto con el fin de establecer parámetros como el tipo de maquinaria y equipos a

utilizar. Con esto logramos: mejorar los estándares de calidad, reducir los costos y mejorar parámetros ambientales entre otros.

- **Consideraciones Ambientales.**

Son todas las consideraciones necesarias para preservar el medio ambiente, entre las que podemos mencionar:

Realización de un estudio de Impacto ambiental que incluye:

- Determinar área de influencia
- Determinar impactos ambientales
- Plan de seguridad para proteger el medio ambiente
- Medidas de mitigación
- Plan de recuperación ambiental
- Planes de seguridad y salud ocupacional

En la actualidad uno de los requisitos para la autorización de un proyecto de esta categoría, en este caso la implementación de una planta de asfalto es el realizar un estudio de impacto ambiental. Hay que tomar en consideración que muchos de los productos utilizados en la fabricación de la mezcla asfáltica necesitan ser manejados adecuadamente, además por la naturaleza del proceso se genera ruido y polvo que contaminan el ambiente. De alguna manera es necesario justificar los impactos ambientales por la implantación de la planta con los beneficios que traerá esta.

3.3.2. Ubicación de la planta.

Son varios los factores que se deben tomar en cuenta para determinar la ubicación de una planta de asfalto:

- Suficiente área para los equipos fijos y móviles

- Proximidad al mercado de mezcla asfáltica
- Proximidad a los proyectos a realizar
- Accesibilidad
- Disponibilidad cercana de materias primas
- Aspectos legales
- Consideraciones ambientales respecto al lugar

De alguna manera se deben integrar estos factores y buscar la opción óptima para la ubicación de la planta. Hay que considerar que el área de trabajo comprende área para la planta en si, área para el apilamiento de agregados, área para el tráfico de camiones y maquinaria alimentadora de agregados, área para rampa de carga de agregados, además áreas para: taller de mecánica, laboratorio, administración, seguridad entre otras.

3.3.3. Posicionamiento de la planta.

Luego de seleccionado el lugar para el montaje de la planta, esta deberá posicionarse de acuerdo al tráfico de los camiones, asimismo con la dirección del viento, que prevalezca en el lugar; de preferencia la cabina de control deberá situarse de manera que el viento arrastre el polvo lejos de ella al igual que de los motores eléctricos de la planta.

La mayoría de plantas traen esquemas sobre el posicionamiento de todos sus elementos principales, pero algunas veces es necesario hacer modificaciones debido a otros factores, como el área con que se cuenta para su montaje, o por la implementación de otros elementos de interés para la compañía, como una planta productora de emulsión por ejemplo. Los tanques de combustible y de almacenamiento de cemento asfáltico deben situarse de tal forma que la longitud de las tuberías de alimentación sean las mínimas, y a la vez se facilite el abastecimiento

de los mismos, sin que se estorbe el funcionamiento de la planta. Se debe establecer y señalar la forma del tránsito de los camiones dentro de la planta.

3.3.4. Cimentaciones.

El fin principal de los cimientos es soportar las cargas concentradas de los puntos de apoyo de los distintos elementos de la planta, y distribuirlos sobre el suelo, cuidando que el esfuerzo unitario este dentro de los límites permisibles, para el tipo de suelo que se tenga. De no conocerse las características del suelo, debe efectuarse un estudio para establecer su valor de soporte. De encontrarse un suelo que no cumpla con el soporte adecuado, como un suelo orgánico, deberá hacerse un vaciado hasta encontrarse suelo firme o rellenar y compactar hasta lograr el nivel deseado, sin olvidar que esto influirá en el tipo y dimensiones de la cimentación. Si el suelo firme está muy profundo se puede utilizar una cimentación sobre pilotes. Si es necesario para incrementar la capacidad de soporte del suelo se puede realizar una sub-base de mampostería sobre la que se apoyen los cimientos.

Por lo general los cimientos se hacen de concreto de alta resistencia, de ser necesario de concreto armado, de dimensiones establecidas según el tipo de suelo y la capacidad de carga a soportar.

Las construcción de los cimientos se realiza previo al montaje de los distintos elementos; los cimientos se deben proyectar de una manera exacta según las posiciones de los distintos puntos de apoyo de los elementos, ajuste y nivelación, con una secuencia que permita y haga más fácil el montaje de todos los elementos y dispositivos de la planta.

El acabado de los cimientos debe de ser lo más fino posible tratando de conseguir la máxima adherencia entre el cimiento y la placa de apoyo o bastidor.

Fig. 3.2. Posición de cimientos.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

En la figura 3.2 se puede observar los cimientos y sus dimensiones del cuerpo principal de una planta procesadora de asfalto, tipo discontinua.

3.3.5. Montaje de la planta.

Para el montaje de las plantas es necesaria la utilización de grúas, y su montaje requiere de mucho tiempo, muchos de sus componentes vienen por separado y no en conjunto, lo que hace necesario armarlos posteriormente a su transporte. El montaje en este tipo de plantas es difícil y peligroso por lo que se deben tomar las medidas precautorias necesarias. Además es necesario contar con personal altamente calificado y con toda la herramienta necesaria.

El montaje de todos los elementos de la planta se realiza posteriormente a la cimentación, en plantas pequeñas, por lo regular plantas de tambor, únicamente es

necesario la utilización de un cargador frontal para el montaje de la planta, tomando en consideración que la mayoría de los componentes de la planta son remolques: conjunto de tolvas y tambor, tanque de cemento asfáltico y combustible, generadores eléctricos, cabina de control; En estos casos el montaje principal de estos remolques, consiste en:

- Ubicarlos
- Bajar el bastidor del remolque y retirar el camión
- Colocar los apoyos de la planta
- Anclar
- Colocar todas las partes que fueron removidas para el transporte
- Realizar la conexión de tuberías
- Realizar la conexión Eléctrica

Estos pasos son los básicos, posteriormente se deberán realizar las revisiones de todo el equipo, reparaciones si fuera necesario, Colocación de dispositivos del equipo de control, calibrar y realización de pruebas.

3.3.6. Realización de Rampa para alimentación de agregados.

En la mayoría de los casos, a excepción de algún caso especial, se debe realizar una rampa para alimentar los agregados a las tolvas del sistema de alimentación y dosificación, esta rampa se hace necesario debido a la diferencia de nivel entre el suelo y el borde de las tolvas, y además es necesario que la alimentación de los agregados, por medio del cargador frontal se realice de una manera suave, para evitar apelmazamiento.

Las dimensiones de la rampa será de acuerdo a la cantidad de tolvas que posea la planta, del ancho que ocupen estas y su nivel en la parte frontal lo suficiente para una caída suave y precisa de los agregados. La pendiente deberá ser lo más suave posible

aunque estará limitada por el espacio con que se disponga para la realización de la misma.

Figura. 3.3. Rampa para carga de agregados a los silos.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

El material con que se construya la rampa de preferencia deberá ser un material de fácil compactación, podría ser basalto, con una capa superficial de desperdicio de mezcla asfáltica (material proveniente de pruebas de producción de mezcla asfáltica, por lo tanto mal lograda) para impermeabilizarla, o solamente de desperdicio, bien compactado.

En algunos casos las plantas, en su sistema de alimentación y dosificación vienen equipadas con un sistema de tabiques que protegen el sistema de dosificación, haciendo innecesario la construcción del muro frontal de la rampa.

3.3.7. Instalación del sistema de aire comprimido.

El sistema de aire comprimido, está compuesto principalmente por dos o tres compresores dependiendo el caso, el sistema de tuberías y mangueras, unidades de

mantenimiento, válvulas y elementos neumáticos. El sistema neumático se utiliza para realizar las siguientes funciones:

- Proveer aire comprimido para el funcionamiento del quemador
- Abrir y cerrar la compuerta del silo de almacenamiento de mezcla asfáltica
- Accionar compuertas para control de temperaturas
- Proveer aire comprimido al sistema del filtro de mangas

En la mayoría de los casos es necesario montar los compresores en un lugar apropiado, en algunos casos los compresores vienen montados a la estructura de uno de los remolques, he incluso el sistema viene totalmente instalado.

3.3.8. Instalación de Compresores.

Como se mencionó anteriormente, en muchos casos es necesario montar los compresores, por lo general de tipo reciprocantes, en un lugar apropiado tomando en consideración los siguientes factores:

- Ventilación de los compresores
- Accesibilidad para reparaciones y/o mantenimiento
- Seguridad para operar
- Protección contra las inclemencias del ambiente
- Cercanos a las instalaciones de mayor consumo de aire
- Abastecimiento de aire libre y frío

Fig. 3.4. Compresor de aire.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

3.3.9. Líneas de aire comprimido.

Se recomienda para las líneas de aire comprimido la utilización de tubos de acero o de hierro galvanizado. Hay también tubos hidráulicos, que son de acero fabricados en frío de muy buena calidad.

Los tubos de plástico PVC no son recomendables, ya que los mismos se rompen con facilidad. No se debe olvidar la caída de presión cuando se escogen los accesorios necesarios para las líneas de aire comprimido, escójalos de baja resistencia al flujo. Escoja las piezas con radio de curvatura grande (por lo menos dos veces el diámetro).

Es de suma importancia colocar las tuberías de tal forma que no obstruyan el paso en algún lugar o que representen un peligro, se pueden instalar pegadas por medio de abrazaderas a la estructura. Se deben evitar por completo las fugas por mínimas que sean, para evitar que el compresor tenga que trabajar más tiempo para compensar la pérdida; la fuga a la larga representa grandes costos.

3.3.10. Montaje del sistema de almacenamiento, calentamiento y alimentación del cemento asfáltico.

En las plantas convencionales el montaje de este sistema puede ser difícil ya que el sistema se compone de caldera, tuberías, serpentines, accesorios, bombas y tanques,

muchos de estos elementos deben instalarse por separado; los tanques se colocan de forma que las tuberías sean las mínimas, para el montaje de estos es necesario la utilización de grúas, para levantarlos y colocarlos sobre los cimientos establecidos para estos. Luego se procederá a la instalación de las tuberías, bombas y accesorios; la caldera deberá ubicarse en un lugar apropiado, donde no sufra daños por las inclemencias del medio.

El hecho de instalar el sistema por separado requiera más tiempo, personal calificado, herramienta y utilización de grúa. Por estas razones las plantas más modernas, por lo regular de tambor secador-mezclador; el sistema es un conjunto montado sobre un remolque, sólo es necesario montar este y hacer las conexiones necesarias, reduciendo tiempo y costos.

Tanques de cemento asfáltico.

Los tanque son depósitos cilíndricos que se pueden montar con la utilización de una grúa, en sus bases están provistos de elementos para su apoyo algunas veces con orificios para su respectivo anclaje. Se recomienda realizar una pileta de mampostería con suelo fundido de concreto por cualquier derrame. En la mayoría de casos actualmente los tanques de cemento asfáltico vienen montados sobre un remolque, al que es necesario colocar los puntos de apoyo después de desengancharlo y no es necesaria la utilización de grúa.

Es necesario verificar que los tanques estén provistos de una válvula de ventilación para evitar que trabajen a presión.

Tuberías de cemento asfáltico.

Las tuberías, son el medio de conducción y distribución de los fluidos, en nuestro caso el cemento asfáltico; esta conducción se realiza a cierta temperatura y presión. La adecuada disposición de ductos y tuberías, además de dar un buen aspecto a la instalación, tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción. La

instalación de los diferentes equipos interconectados por tuberías debe considerarse desde el punto de vista de facilidad de acceso y de trabajo. En general la red de conductos y tuberías, es la última etapa de la ejecución de un proyecto, pero de antemano debe preverse el espacio necesario para las mismas. Las tuberías de cemento asfáltico se deben instalar de tal forma que se haga fácil su reparación y mantenimiento, además la colocación de material aislante. Las tuberías para las líneas de cemento asfáltico en algunos tramos deben de ser del tipo encamisadas, estas tuberías son compuestas por dos tubos concéntricos, en donde por el tubo interior circula el cemento asfáltico y en el tubo exterior circula el aceite térmico, el cual provee calor para mantenerla fluidez del cemento asfáltico.

Fig. 3.5. Tuberías Encamisadas



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

Instalación de la Caldera.

Cuando el sistema de calentamiento no viene integrado e instalado en un solo remolque, se tiene que ubicar la caldera en un lugar apropiado, tomando en consideración lo siguiente:

- Accesibilidad

- Protección contra el medio
- Seguridad para su operación
- Cercana a las instalaciones
- Fácil control de la temperatura

Fig. 3.6. Instalación independiente de Caldera.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

3.3.11 Montaje del sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación de combustible está compuesto principalmente por los tanques de almacenamiento y tuberías. Este sistema es el encargado de suministrar el combustible principalmente para el quemador del secador, algunas veces suministra combustible para el funcionamiento de la caldera.

Tanques de combustible.

Los tanques de combustible son cilindros metálicos en la mayoría de los casos, aunque en ocasiones pueden ser cilindros de base elíptica. Para plantas pequeñas y plantas de tambor secador-mezclador, los tanques de combustibles son depósitos montados sobre un remolque, siendo necesario únicamente posicionarlos, poner los bastidores y puntos de apoyo sobre los cimientos; se recomienda retirar las llantas del remolque una vez este haya sido montado, pues estas sufren deterioro al estar expuestas a las distintas condiciones del ambiente, se queman con el sol.

En otros casos los tanques de combustible, está integrado en el depósito de cemento asfáltico, únicamente equipado con una división metálica, ahorrando aún más el trabajo en la instalación y el montaje de la planta.

Fig. 3.7. Tanque Máster integrado



Fuente: CIBER.Com

Tuberías de combustible.

Para el diseño e instalación de las tuberías del sistema de alimentación de combustible se debe considerar el tipo de combustible que se utilizará para el funcionamiento del quemador, pues este influirá en el tipo de tubería y accesorios a utilizar. En general las tuberías del sistema de alimentación de combustible son más

sencillas, especialmente si el combustible a utilizar es diesel, pues este fluye más fácilmente que otros combustibles más pesados. El montaje de las tuberías deberá realizarse posterior al montaje de los tanques de combustible, y deberán instalarse de acuerdo a la mejor disposición, evitando que representen un peligro tanto para la operación de la planta como para el personal.

3.3.12. Montaje de Caseta de Control.

En la mayoría de los casos la caseta de control es una unidad independiente, exceptuando algunas veces en la que la cabina de mandos, viene montada en el remolque del sistema de alimentación de agregados, siendo de esta forma únicamente habrá que colocar el remolque en su posición. De no ser así la caseta de control habrá que ubicarla considerando los siguientes factores:

- Tránsito de los camiones
- Ubicación del silo de almacenamiento
- La dirección del viento no debe facilitar la llegada de polvo
- Facilitar la vista del operador hacia las tolvas
- La posición y nivel de la caseta debe facilitar la vista del operador hacia la carga de los camiones

Como se mencionó es necesario en muchos casos, que la caseta de control sea instalada a un nivel superior al del suelo, esto hace necesario la construcción de un módulo de gradas, estas se pueden construir de metal o de mampostería.

Fig. 3.8. Caseta de Control



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

3.4. MESCLA ASFALTICA.

3.4.1. Definición de Mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua éste. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan. (Kraemer et al.2004).

Es la capa de superficie para pavimentos, constituida de agregados pétreos, mezclados con material bituminoso; en planta central, en caliente o en frío, o bien en el camino. La mezcla puede ser de textura abierta o cerrada dependiendo de las características de graduación de los agregados pétreos. Las mezclas asfálticas en caliente están constituidas por dos materiales: agregados pétreos y cemento asfáltico. Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (Fíller) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el

correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto.

Fig. 3.9. Mezcla asfáltica compactada.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

Agregado Pétreo.

La función del agregado pétreo es soportar las cargas aplicadas a la estructura del pavimento, donde intervienen las resistencias al desgaste por fricción y la adherencia entre los fragmentos individuales de los agregados. Los agregados con formas angulosas y superficie áspera hacen más estables las mezclas asfálticas. En las mezclas se utilizan agregados que están natural o artificialmente bien graduados, esto significa que existirán espacios determinados, entre estos; el agregado fino sirve para rellenar estos vacíos. El agregado fino influye en la densidad, y por lo tanto en la resistencia, la granulometría influye en la manejabilidad. Cuando se utiliza un exceso de agregado grueso, la mezcla se hace áspera y dura para manejarse. Cuando se usa un exceso de relleno mineral la mezcla se hace viscosa y también difícil de manejar.

Cemento Asfáltico.

El cemento asfáltico es el encargado de unir entre sí, los agregados pétreos; todas las partículas y de impermeabilizar el pavimento. Para cualquiera de los métodos de diseño uno de los objetivos principales es la obtención de la mejor proporción del cemento asfáltico, para cada combinación predeterminada de los agregados. Conocer la proporción correcta de cemento asfáltico influye mucho en todos los factores que permiten obtener una buena mezcla, además de reducir los costos, debido a la correcta utilización principalmente del cemento asfáltico.

Considerando la mezcla de agregados sin asfalto, todo el espacio entre sus partículas está vacío, el volumen de estos vacíos de los agregados depende de la granulometría y puede variar; Cuando se añade el cemento asfáltico se llena una porción de estos vacíos llenos de aire, los que son muy importantes para las características de la mezcla. Se usa el termino vacíos llenos de aire, ya que estos no pesan y se expresan como porcentaje total de la mezcla compactada.

El cemento asfáltico experimenta cambios de volumen, dependiendo de la temperatura y si la carpeta asfáltica no tiene vacíos llenos de aire cuando se coloca, o los pierde por efecto del tránsito, entonces al dilatarse el asfalto, brotará en la superficie, condición llamada afloramiento.

Las pérdidas de cemento asfáltico por afloramiento debilitan la carpeta asfáltica y reducen el índice de rugosidad de la superficie, haciéndola resbaladiza y por ende peligrosa. Un exceso de cemento asfáltico en la mezcla incide también en la estabilidad de ésta ya que puede generar desplazamiento de partículas por lo cual es incorrecto elaborar mezclas ricas en contenido de cemento asfáltico. Por otra parte el volumen de vacíos llenos de aire debe ser generalmente de 2% o 3% y no debe excederse del 5%. Un exceso de vacíos llenos de aire provocará la desintegración del pavimento, debido que permite la penetración de agua; acelerando el proceso de desintegración, además con la presencia de exceso de aire, el cemento asfáltico endurece y envejece afectando su elasticidad y con esto su durabilidad.

En resumen las proporciones de los agregados y del cemento asfáltico influyen directamente en las características de la mezcla según sea el caso del diseño de la misma.

3.4.2. Clasificación de las Mezclas Asfálticas.

Existen varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre las distintas mezclas y las clasificaciones pueden ser diversas:

a) Por Fracciones de agregado pétreo empleado.

- Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
- Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
- Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
- Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.

b) Por la Temperatura de puesta en obra.

- **Mezclas asfálticas en Caliente:** Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150°, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores a la ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

- **Mezclas asfálticas en Frío:** El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

c) Por la proporción de Vacíos en la mezcla asfáltica.

Este parámetro suele ser imprescindible para que no se produzcan deformaciones como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas.

- Mezclas Cerradas o Densas: La proporción de vacíos no supera el 6 %.
- Mezclas Semi-cerradas o Semi-densas: La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.
- Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos supera el 12 %.
- Mezclas Porosas o Drenantes: La proporción de vacíos es superior al 20 %.

d) Por el Tamaño máximo del agregado pétreo.

- Mezclas Gruesas: Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.
- Mezclas Finas: También llamadas micro aglomerados, pueden denominarse también morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que ha de extenderse una mezcla que vendría a ser del doble al triple del tamaño máximo.

e) Por la Estructura del agregado pétreo.

- Mezclas con Esqueleto mineral: Poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable.

- Mezclas sin Esqueleto mineral: No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas.

f) Por la Granulometría.

- Mezclas Continuas: Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

- Mezclas Discontinuas: Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

3.4.3. Tipología de las Mezclas Asfálticas.

3.4.3.1 Mezcla Asfáltica en Caliente.

Constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente. Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los firmes. Existen a su vez subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características. Se fabrican con asfaltos aunque en ocasiones se recurre al empleo de asfaltos modificados, las proporciones pueden variar desde el 3% al 6% de asfalto en volumen de agregados pétreos.

3.4.3.2. Mezcla Asfáltica en Frío.

Son las mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, y su principal campo de aplicación es en la construcción y en la conservación de carreteras secundarias. Para retrasar el envejecimiento de las mezclas abiertas en frío se suele recomendar el sellado por medio de lechadas asfálticas.

Se caracterizan por su trabajabilidad tras la fabricación incluso durante semanas, la cual se debe a que el ligante permanece un largo periodo de tiempo con una viscosidad baja debido a que se emplean emulsiones con asfalto fluidificado: el aumento de la viscosidad es muy lento en los acopios, haciendo viable el almacenamiento, pero después de la puesta en obra en una capa de espesor reducido, el endurecimiento es relativamente rápido en las capas ya extendidas debido a la evaporación del fluidificante. Existe un grupo de mezclas en frío, el cual se fabrica con una emulsión de rotura lenta, sin ningún tipo de fluidificante, pero es menos usual, y pueden compactarse después de haber roto la emulsión. El proceso de aumento paulatino de la resistencia se le suele llamar maduración, que consiste básicamente en la evaporación del agua procedente de la rotura de la emulsión con el consiguiente aumento de la cohesión de la mezcla.

3.4.3.3. Mezcla Porosa o Drenante.

Se emplean en capas de rodadura, principalmente en las vías de circulación rápida, se fabrican con asfaltos modificados en proporciones que varían entre el 4.5 % y 5 % de la masa de agregados pétreos, con asfaltos normales, se aplican en vías secundarias, en vías urbanas o en capas de base bajo los pavimentos de hormigón.

Utilizadas como mezclas en caliente para tráficos de elevada intensidad y como capas de rodadura en espesores de unos 4 cm., se consigue que el agua lluvia caída sobre la calzada se evacue rápidamente por infiltración.

3.4.3.4 Microaglomerados.

Son mezclas con un tamaño máximo de agregado pétreo limitado inferior a 10 mm., lo que permite aplicarlas en capas de pequeño espesor. Tanto los micro aglomerados en Frío (se le suele llamar a las lechadas asfálticas más gruesas) como los micro aglomerados en Caliente son por su pequeño espesor (que es inferior a 3 cm.) tratamientos superficiales con una gran variedad de aplicaciones.

Tradicionalmente se han considerado adecuados para las zonas urbanas, porque se evitan problemas con las alturas libres de los gálibos y la altura de los bordillos debido a que se extienden capas de pequeño espesor.

Hay Microaglomerados con texturas rugosas hechas con agregados pétreos de gran calidad y asfaltos modificados, para las vías de alta velocidad de circulación.

3.4.3.5. Masillas.

Son unas mezclas con elevadas proporciones de polvo mineral y de ligante, de manera que si hay agregado grueso, se haya disperso en la masilla formada por aquellos, este tipo de mezcla no trabaja por rozamiento interno y su resistencia se debe a la cohesión que proporciona la viscosidad de la masilla.

Las proporciones de asfalto son altas debido a la gran superficie específica de la materia mineral. Dada la sensibilidad a los cambios de temperatura que puede tener una estructura de este tipo, es necesario rigidizar la masilla y disminuir su susceptibilidad térmica mediante el empleo de asfaltos duros, cuidando la calidad del polvo mineral y mejorando el ligante con adiciones de fibras. Los asfaltos fundidos, son de este tipo, son mezclas de gran calidad, pero su empleo está justificado únicamente en los tableros de los puentes y en las vías urbanas, incluso en aceras, de los países con climas fríos y húmedos.

3.4.3.6 Mezclas de alto módulo.

Su proceso de elaboración es en caliente, citando específicamente las mezclas de alto módulo para capas de base, se fabrican con asfaltos muy duros. A veces modificados, con contenidos asfálticos próximos al 6 % de la masa de los agregados pétreos, la proporción del polvo mineral también es alta, entre el 8% - 10%. Son mezclas con un elevado módulo de elasticidad, del orden de los 13,000 Mpa. a 20 grados centígrados y una resistencia a la fatiga relativamente elevada. Se utilizan en capas de espesores de entre 8 y 15 cm., tanto para rehabilitaciones como para la construcción de firmes nuevos con tráficos pesados de intensidad media o alta. Su principal ventaja frente a las bases de grava- cemento es la ausencia de agrietamiento debido a la retracción o como las mezclas convencionales en gran espesor la ventaja es una mayor capacidad de absorción de tensiones y en general una mayor resistencia a la fatiga, permitiendo ahorrar espesor.

3.4.4. Consideraciones para la selección y proyecto de una mezcla asfáltica.

En muchas ocasiones, el proyecto de una mezcla asfáltica se reduce a determinar su contenido de ligante, sin embargo, esa es solo la última fase de un proceso más amplio, que requiere de un estudio cuidadoso de todos los factores involucrados, a fin de garantizar un comportamiento adecuado de la mezcla y un considerable ahorro económico en la solución.

Las fases de las que consta el proyecto de una mezcla son las siguientes:

a) Análisis de las condiciones en las que va a trabajar la mezcla: tráfico, tipo de infraestructura (carretera, vía urbana, aeropuerto, etc.), espesor de la capa de rodadura, naturaleza de las capas subyacentes, intensidad del tráfico pesado, clima, etc. Asimismo, hay que distinguir si se trata de una capa nueva o de una rehabilitación.

b) Determinación de las propiedades fundamentales que ha de tener la mezcla, dadas las condiciones en las que ha de trabajar. Debe establecerse la resistencia a las deformaciones plásticas o la flexibilidad, entre otras.

c) Elección del tipo de mezcla que mejor se adapte a los requerimientos planteados, incorporando en este análisis las consideraciones económicas o de puesta en obra que haya que considerar.

d) Materiales disponibles, elección de los agregados pétreos, los cuales deben cumplir con determinadas especificaciones, pero que en general serán los disponibles en un radio limitado y, por lo tanto, a un costo razonable. Asimismo, hay que elegir el polvo mineral de aportación.

e) Elección del tipo de ligante: asfalto, asfalto modificado, emulsión asfáltica, el costo es siempre un factor muy relevante.

f) Dosificación o determinación del contenido óptimo de ligante según un proceso que debe adaptarse al tipo de mezcla, la cual debe hacerse para distintas combinaciones de las fracciones disponibles del agregado pétreo, de manera que las granulometrías conjuntas analizadas estén dentro de un huso previamente seleccionado.

g) Otros factores a tener en cuenta en el diseño y selección de una mezcla asfáltica son los siguientes: Exigencias de seguridad vial, Estructura del paquete, Técnicas de Diseño y Ejecución, Sitio de construcción del pavimento (topografía, temperatura, terreno, periodo de lluvias trazado de la vía, entre otros), Condiciones de drenaje, Consideraciones económicas.

Existen también principios que se aplican de acuerdo con las siguientes reglas:

a) Tipo de mezclas asfálticas según su composición granulométrica.

El tipo de mezcla asfáltica a emplear se determinará en función de:

- La categoría del tráfico.
- La sección de paquete estructural correspondiente.

b) Tipo de ligante asfáltico.

El tipo de ligante asfáltico a emplear dependerá de:

- El tipo de mezcla.
- La categoría del tráfico.
- El clima de la zona en que se encuentre la carretera.

c) Relación Fíller /Asfalto.

La relación ponderal de los contenidos de fíller y asfalto de la mezcla asfáltica, dependerá de:

- El tipo de mezcla.
- La categoría del tráfico.
- La zona en que se encuentre la carretera.

3.4.5. Tipos de deterioros de las mezclas Asfálticas.

La durabilidad de las mezclas asfálticas es una propiedad básica de los pavimentos, deben presentar resistencia al agotamiento y a la acción del agua. La durabilidad

potencial es la resistencia de la mezcla asfáltica a las combinaciones de cambios de temperatura y efectos de agua, por lo tanto, la baja durabilidad potencial de las capas del paquete asfáltico es una de las principales razones que más influyen en el deterioro y el agotamiento de las buenas condiciones de servicio de los pavimentos.

Los deterioros de los pavimentos asfálticos se deben a una serie de factores como lo pueden ser el medioambiente (lluvia, gradientes de temperatura), tráfico (cargas por eje, presión de inflado de los neumáticos, intensidad), materiales inadecuados, procesos de elaboración de las mezclas inapropiados, técnicas de construcción deficientes (transporte, extensión y compactación), fórmula de trabajo deficiente. Todos estos defectos se pueden detectar una vez que se haya concluido la obra, como por ejemplo una mala textura superficial, geometría, aspecto y también estos defectos se pueden detectar en un periodo considerable de tiempo durante la vida de servicio del pavimento, los cuales son objeto de estudios y clasificaciones cada vez más rigurosas, indican la patología en general del firme.

Se mencionan a continuación los deterioros o fallos debidos solamente a formulaciones defectuosas de las mezclas asfálticas y de su puesta en obra.

3.4.5.1. Fallos en la construcción.

Durante la fase de construcción y puesta en obra de las mezclas asfálticas se pueden producir errores y fallos accidentales, como:

1. La segregación de la mezcla del pavimento, que a su vez se puede clasificar en los tipos siguientes:

- Segregación aleatoria.
- Segregación transversal.
- Segregación longitudinal, bien sea en el centro o en los lados.

2. Defectos en las mezclas difíciles de compactar.

Los dos tipos extremos de mala compactibilidad de las mezclas ocurren con las poco trabajables y con las blandas.

Las mezclas poco trabajables también llamadas agrias, tienen un esqueleto mineral con rozamiento interno muy elevado, debido al empleo de agregados cúbicos, duros y de alta textura, así como a granulometrías determinadas y a morteros rígidos. El mayor peligro, suponiendo que su comportamiento estructural sea el previsto, radica en la necesidad de que la compactación sea enérgica y contundente sin llegar a romper las partículas minerales. Una mala densidad final reduce la durabilidad notablemente.

Las mezclas blandas se caracterizan por la dificultad de compactación al responder como un material parcialmente plástico ante las pasadas de los rodillos, con fenómeno similar al colchoneo. Pueden producirse mezclas blandas por algunos de los factores siguientes:

- Uso de agregados pétreos con partículas redondeadas o pulidas tales como la arena natural.
- Falta de la cantidad adecuada de Fíller mineral.
- Excesiva humedad en la mezcla.

3.4.5.2. Exudaciones.

La exudación se caracteriza por la presencia de ligante libre o polvo mineral incorporado en la superficie del pavimento. Las superficies ricas en asfalto, especialmente en tiempo húmedo, pueden llegar a ser deslizantes si han perdido su textura. Las causas de las exudaciones son las siguientes:

- Exceso de ligante asfáltico.
- Escaso contenido de vacíos.

- Migración de los ligantes asfálticos de las capas inferiores debido a partes exudadas en las capas inferiores, dotaciones irregulares en los tratamientos de adherencia entre capas asfálticas y ligante asfáltico libre por mala adhesividad con los agregados pétreos.

3.4.5.3 Segregaciones.

La segregación, disgregación y peladura, es la separación de las partículas minerales de la superficie del pavimento. El agregado fino, se separa de las partículas de mayor tamaño, lo que da lugar a una apariencia de capa de pavimento erosionada y rugosa. Las causas de este defecto son las siguientes:

- Esfuerzos cortantes horizontales en la superficie de rodadura, debidos a la acción de los neumáticos de los vehículos.
- Entrada de agua en el pavimento a través de los huecos de la propia mezcla. La presión hidrostática considerable creada por las sollicitaciones del tráfico puede causar la separación de las partículas minerales de la capa superficial. Este tipo de disgregación ocurre inmediatamente después de la puesta en obra de la capa asfáltica, con malas condiciones climatológicas o compactación escasa. La extensión de la disgregación puede limitarse con el tiempo.
- Emisiones y vertidos de carburantes de los vehículos con el tiempo, de forma que los disolventes actúan contaminando los ligantes asfálticos.

Las segregaciones importantes pueden crear una dificultad al tráfico. Aparte de la incomodidad para los vehículos, estos suelen producir un incremento en el mismo deterioro. Otros factores que contribuyen a la segregación son los siguientes:

- Bajo contenido de ligante asfáltico.
- Agregados absorbentes que reducen el contenido efectivo de ligante asfáltico en la mezcla.
- Alta viscosidad del ligante asfáltico que llega a producir una mezcla frágil.

- Contaminación de ligante asfáltico como resultado de partículas de fuel que no se han quemado en la planta asfáltica.
- Sobrecalentamiento en la manipulación, que haya envejecido al ligante asfáltico.
- Mala granulometría de la mezcla con insuficiencia de finos.
- Baja compactación del material que aumenta la permeabilidad, acelera el envejecimiento del ligante asfáltico y no permite la cohesión adecuada del mismo.
- Mala calidad del mortero formado por agregado fino, polvo y ligante asfáltico, que se traduce por una escasa resistencia después de sometido a la acción del agua. El mortero superficial puede desaparecer a causa de la abrasión.

La segregación en la superficie puede clasificarse en los tipos siguientes:

1) Segregación aleatoria, que tiene un origen más difícil de determinar. Sus causas pueden ser:

- No disponer de acopios uniformes.
- Vertidos en los dosificadores en frío.
- Error en la carga del árido en los dosificadores en frío.
- Demasiadas operaciones de arrancado y parada en las plantas de tambor secador.
- Diferencias notables de nivel en la mezcla almacenada en el silo.
- Operaciones irregulares en la descarga de los camiones.
- Demanda descompensada de la extendedora.

2) Segregación transversal, se pone de manifiesto con una peculiar mancha en la superficie.

El grado de segregación se cuantifica por los cambios de textura y es fácilmente reconocible.

Esta segregación puede ser debida a:

- Empleo del material inicial que proviene del arranque de la planta.
- Inadecuadas operaciones de carga de los camiones.
- Vaciado excesivo y mal manejo de las alas de las tolvas de las extendedoras.
- Material segregado en la tolva de carga de las plantas.
- Compuertas de la mezcladora mal cerradas.
- Almacenamiento de los dosificadores primarios al límite de su capacidad.

3) Segregación longitudinal, bien sea en el centro o en los lados, se puede producir en el centro de la banda extendida o en los bordes, y puede deberse a defectos en los husillos o a una velocidad inadecuada de la extendedora.

3.4.5.4 Desenvuelta o Desplazamiento de los agregados pétreos.

El desplazamiento del ligante asfáltico por el agua se puede producir al disminuir la adhesividad entre él y la superficie mineral de las partículas. El ligante es desplazado por el agua o por el vapor de agua y a veces por la combinación de algún agente que haya contaminado el pavimento. Se identifica de la forma siguiente:

- La desenvuelta por el agua puede observarse visualmente cuando afecta a las partículas del árido grueso.
- También puede afectar a la cohesión del mortero. La observación directa es difícil debiendo recurrirse a ensayos de estabilidad y resistencia al agua.
- El desplazamiento o desenvuelta por el agua, en algunos casos, comienza en la interface de las capas asfálticas consecutivas siendo difícil de identificar visualmente en la superficie.

En escasas ocasiones el desplazamiento se acompaña de manchas exudadas del ligante en la superficie del pavimento. A veces al fenómeno anterior se añade el de la concentración de ligante en algunos puntos.

Existen diferentes causas por las que el agua puede desplazar al asfalto en su contacto con las superficies minerales del agregado:

- **Agua interior o exterior al agregado pétreo:**

Los agregados hidrofílicos absorben agua tanto en superficie como en interior y en muchas ocasiones no se ha secado completamente en la planta asfáltica.

- **Tipo de agregado pétreo:**

Todos los agregados pueden estar sometidos a los efectos del agua en los fenómenos de desplazamiento de ligante. Sin embargo, los agregados con altos contenidos de sílice, son más sensibles a éste fenómeno que los calizos.

- **Agregados sucios:**

El ligante no se adhiere bien a las partículas que tienen una película de polvo. En presencia de agua, estas partículas se descubren rápidamente por lo que el polvo permite fácilmente la entrada de agua en la superficie mineral.

- **Emulsificación:**

El ligante sometido a la acción energética del tráfico, puede emulsionarse especialmente con agentes químicos o minerales presentes, tales como polvo arcilloso.

- **Alto contenido de vacíos:**

El alto contenido de vacíos de la mezcla permite el paso del agua y del vapor a través de ella. Este fenómeno puede agravarse si el drenaje de la capa es insuficiente.

- **Agua libre:**

El agua libre existe como consecuencia de un drenaje inadecuado del pavimento. En algunos casos, especialmente en capas superiores, puede quedar atrapada el agua durante la construcción.

3.4.5.5. Textura superficial inadecuada.

La textura de la superficie de rodadura es una característica esencial para la seguridad de la rodadura de los vehículos. Se ha convenido es distinguir unas texturas tipo, según su profundidad media:

- 1) Micro textura, con profundidad media en círculo de arena de aproximadamente 0.4.
- 2) Macro textura, con profundidad media en círculo de arena de aproximadamente 0.7.
- 3) Mega textura.
- 4) Combinación posible de las anteriores texturas.

Las causas de una textura inadecuada son las siguientes:

- Pulimento de los agregados, por ser blandos.
- Y/o granulometría con excesivos finos.
- Exceso de ligante en superficie.
- Segregaciones de la mezcla en la puesta en la puesta en obra.
- Contaminaciones de la superficie.

Una mala mega textura se debe relacionar con defectos en la extensión de la capa de mezcla o con las irregularidades reflejadas de la capa inferior.

3.4.5.6. Agrietamientos y Fisuras.

El agrietamiento y fisuración es un mecanismo habitual de fallo mecánico por fatiga de una capa de pavimento. Aparte de ello, las grietas prematuras indican un problema de diseño o de construcción de la mezcla asfáltica. Las causas son las siguientes:

- Las grietas se producen por unas tensiones mayores que la tensión de rotura de la mezcla.
- Las grietas comienzan en la zona donde la tracción por flexión es máxima y progresan bajo las cargas repetidas. Se suele formar un mapa de grietas formado por un conjunto de grietas longitudinales y transversales.
- La deformación elástica transversal se produce con las flexiones de la capa de pavimento.

La grieta inicial comienza longitudinalmente al lado exterior de la huella de la rueda. Esta grieta es seguida por otra paralela en el borde interior de la huella.

- El uso del asfalto de alta viscosidad puede ocasionar que las mezclas sean menos resistentes al efecto acumulado de las flexiones.
- Los cambios extremos de temperaturas pueden causar en un pavimento cambios de volumen que producen grietas térmicas que, usualmente son transversales.
- La combinación de grietas longitudinales y de transversales, puede formar elementos o losas rectangulares independientes. Aunque la causa de este agrietamiento no sea debido a las cargas, una vez producida, las sollicitaciones del tráfico incrementarán severamente el deterioro al haber perdido las capas su continuidad física y resistente.
- También se producen grietas longitudinales en las juntas de trabajo. Ocurren cuando las juntas se compactan de forma insuficiente y/o a baja temperatura. Cuando crecen las grietas longitudinales, el agua penetra en el firme, deteriorándolo.

- Las grietas aleatorias por fatiga, se suelen formar por la fatiga de la mezcla asfáltica en alguna de las capas. Estas grietas están relacionadas con las sollicitaciones del tráfico. Las grietas comienzan en la parte inferior de las capas donde las tensiones son más altas, formándose una o dos grietas longitudinales próximas a las huellas de las ruedas y terminan con un estado generalizado de superficie agrietada. Normalmente la fatiga es más acusada en la parte externa del carril con más tráfico, debido a las condiciones de borde.
- Las grietas generalizadas en las zonas de rodadura pueden ser causadas también por una inadecuada compactación, o mal diseño, de las capas inferiores que puede agravarse con la presencia de agua, más que por típico fenómeno de fatiga. En éste caso, en la capa inferior se refleja el asentamiento, deformación o agrietamiento causado por las malas prestaciones mecánicas.

3.4.5.7. Bombeo de finos.

Aunque éste es un defecto muy habitual en los pavimentos de concreto hidráulico, también puede producirse en las grietas de las capas superiores asfálticas rígidas, si el soporte tiene exceso de finos, humedad u otras contaminaciones. También se ha detectado muy frecuentemente el fenómeno en las grietas reflejadas de las bases tratadas con cemento, línea débil por la que penetra el agua, deteriorando la base.

3.5. ESTADÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES DE PRODUCCIÓN.

La estadística, es una ciencia con base matemática referente a la recolección, análisis e interpretación de datos, que busca explicar condiciones regulares en fenómenos de tipo aleatorio .Es transversal a una amplia variedad de disciplinas, desde la Física hasta las Ciencias Sociales, desde las ciencias de la salud hasta el control de calidad. Se usa para la toma de decisiones en áreas de negocios o instituciones gubernamentales.

La Estadística se divide en dos ramas:

- **La estadística descriptiva.**- Que se dedica a los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos en estudio. Los datos pueden ser resumidos numéricamente o gráficamente. Ejemplos básicos de parámetros estadísticos son: la media y la desviación estándar. Algunos ejemplos gráficos son: histograma, pirámide poblacional, etc.
- **La inferencia estadística.**- Que se dedica a la generación de los modelos, inferencias y predicciones asociadas a los fenómenos en cuestión teniendo en cuenta la aleatoriedad de las observaciones. Se usa para modelar patrones en los datos y extraer inferencias acerca de la población bajo estudio. Estas inferencias pueden tomar la forma de respuestas a preguntas si/no (prueba de hipótesis), estimaciones de características numéricas (estimación), pronósticos de futuras observaciones, descripciones de asociación (correlación) o modelamiento de relaciones entre variables (análisis de regresión). Otras técnicas de modelamiento incluyen series de tiempo y minería de datos.

Ambas ramas (descriptiva e inferencial) comprenden la Estadística Aplicada. Hay también una disciplina llamada Estadística Matemática, la cual se refiere a las bases teóricas de la materia. La palabra “Estadística”, también se refiere al resultado de aplicar un algoritmo estadístico a un conjunto de datos, como en estadísticas económicas, estadísticas criminales, etc.

3.5.1. Datos estadísticos.

Los datos estadísticos no son otra cosa que el producto de las observaciones efectuadas en las personas y objetos en los cuales se produce el fenómeno que queremos estudiar. Dicho en otras palabras, son los antecedentes (en cifras) necesarios para llegar al conocimiento de un hecho o para reducir las consecuencias de este.

Los datos estadísticos se pueden encontrar de forma no ordenada, por lo que es muy difícil en general, obtener conclusiones de los datos presentados de esta manera. Para poder obtener una precisa y rápida información con propósitos de descripción o análisis, estos deben organizarse de una manera sistemática; es decir, se requiere que los datos sean clasificados. Esta clasificación u organización puede muy bien hacerse antes de la recopilación de los datos.

3.5.1.1 Clasificación de los datos estadísticos.

Los Datos Estadísticos pueden ser clasificados en: cualitativos, cuantitativos, cronológicos y geográficos.

- **Datos cualitativos:** Cuando los datos son cualitativos, la diferencia entre ellos es de clase y no de cantidad.
- **Datos cuantitativos:** Cuando los valores de los datos representan diferentes magnitudes, decimos que son datos cuantitativos.
- **Datos cronológicos:** Cuando los valores de los datos varían en diferentes instantes o períodos de tiempo, los datos son reconocidos como cronológicos.
- **Datos geográficos:** Cuando los datos están referidos a una determinada zona se dice que son datos geográficos.

3.5.2. Medidas de tendencia central.

En los capítulos anteriores, nos referimos a la clasificación, ordenación y presentación de datos estadísticos, limitando el análisis de la información a la interpretación porcentual de las distribuciones de frecuencia. El análisis estadístico propiamente dicho, parte de la búsqueda de parámetros sobre los cuales pueda recaer la representación de toda la información.

Las medidas de tendencia central, llamadas así porque tienden a localizarse en el centro de la información, son de gran importancia en el manejo de las técnicas estadísticas, sin embargo, su interpretación no debe hacerse aisladamente de las medidas de dispersión, ya que la representatividad de ellas está asociada con el grado

de concentración de la información.

3.5.2.1. Media aritmética.

Cotidiana e inconscientemente estamos utilizando la media aritmética. Cuando por ejemplo, decimos que un determinado fumador consume una cajetilla de cigarrillos diaria, no aseguramos que diariamente deba consumir exactamente los 20 cigarrillos que contiene un paquete sino que es el resultado de la observación, es decir, dicho sujeto puede consumir 18, un día; 19 otro; 20, 21, 22; pero según nuestro criterio, el número de unidades estará alrededor de 20.

Matemáticamente, la media aritmética se define como la suma de los valores observados dividida entre el número de observaciones:¹

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

\bar{X} : Media aritmética de la variable X.

x_i : Valores de la variable X.

N: Número de observaciones.

Σ : Signo de sumatoria, indica que se debe sumar.

a) Media aritmética ponderada.-

Hemos visto que la Media Aritmética se calcula con base a la magnitud de los datos, otorgándole igual importancia a cada uno de ellos. Sin embargo en muchas ocasiones la magnitud del dato esta ponderada con un determinado peso que lo afecta relativamente.

¹ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

La Media Aritmética ponderada tiene en cuenta la importancia relativa de cada uno de los datos, para lo cual la definimos con la siguiente expresión: ²

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_1^n x_i w_i}{\sum_1^n w_i}$$

\bar{X}_w Media aritmética ponderada.

x_i : Valor de la variable X.

w_i : Ponderación del ítem x_i .

3.5.2.2. La mediana.

Otra medida de tendencia central, utilizada principalmente en estadística no paramétrica, es la mediana, la cual no se basa en la magnitud de los datos, como la media aritmética, sino en la posición central que ocupa en el orden de su magnitud, dividiendo la información en dos partes iguales, dejando igual número de datos por encima y por debajo de ella.

a) La mediana cuando los datos no están agrupados en intervalos.-

Partiendo de la información bruta, ordenamos los datos ascendente o descendientemente:

Si n es impar ³ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$

$$Me = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}$$

Si n es par ⁴

$$Me = \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}}{2}$$

² Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

³ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

⁴ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

b) La mediana cuando la información se encuentra agrupada en intervalos.-

Si la información esta agrupada en intervalos iguales, entonces la mediana se calcula según la siguiente expresión:⁵

$$Me = LI + \frac{\frac{n}{2} - f_{a_{(g-1)}}}{f_i} A ,$$

Me: Mediana

LI: Límite inferior del intervalo donde se encuentra la mediana (intervalo mediano), el cual se determina observando en que clase se encuentra la posición $n/2$.)

n: Número de observaciones.

f_i : Frecuencia del intervalo mediano.

A: Amplitud del intervalo.

3.5.2.3. La moda.

La moda, como su nombre lo indica, es el valor más común (de mayor frecuencia dentro de una distribución). Una información puede tener una moda y se llama unimodal, dos modas y se llama bimodal, o varias modas y llamarse multimodal. Sin embargo puede ocurrir que la información no posea moda.

⁵ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

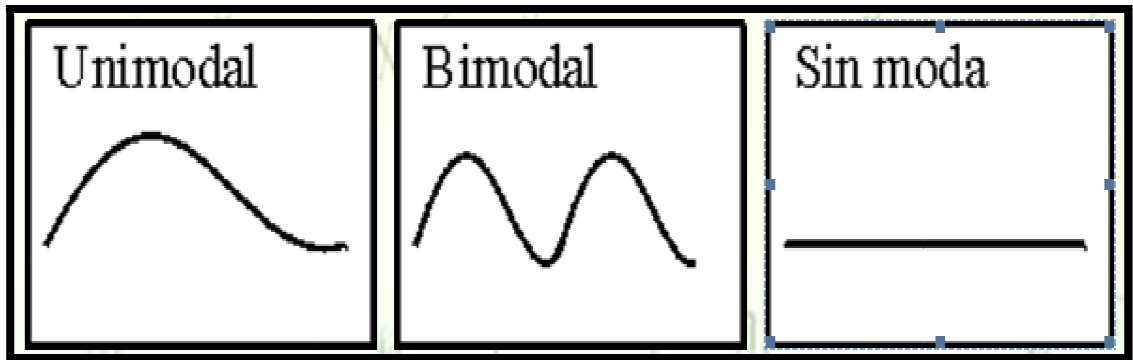


Figura1-Tipos de moda ⁶

a) La moda cuando los datos no están agrupados en intervalos.-

Se tomarán los datos que se repiten más dentro de la planilla

b) Cálculo de la moda cuando la información está agrupada en intervalos.-

Cuando la información se encuentra agrupada en intervalos de igual tamaño la moda se calcula con la siguiente expresión:⁷

$$Mo = LI + \frac{f_m - f_{(m-1)}}{2f_m - f_{(m-1)} - f_{(m+1)}} A$$

Mo : Moda.

LI : Límite inferior del intervalo modal.

f_m : Frecuencia de la clase modal.

$f_{(m-1)}$: Frecuencia de la clase pre modal.

$f_{(m+1)}$: Frecuencia de la clase pos modal.

A : Amplitud de los intervalos.

3.5.3. Medidas de dispersión.

⁶ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

⁷ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

Las Medidas de Dispersión, también llamadas Medidas de Variabilidad, muestran la variabilidad de una distribución, indicando por medio de un número, si las diferentes puntuaciones de una variable están muy alejadas de la media.

Cuanto mayor sea ese valor, mayor será la variabilidad, cuanto menor sea, más homogénea será a la media. Así se sabe si todos los casos son parecidos o varían mucho entre ellos.

Para calcular la variabilidad que una distribución tiene respecto de su media, se calcula la media de las desviaciones de las puntuaciones respecto a la media aritmética.

Pero la suma de las desviaciones es siempre cero, así que se adoptan dos clases de estrategias para salvar este problema. Una es tomando las desviaciones en valor absoluto (Desviación media) y otra es tomando las desviaciones al cuadrado (Varianza).

Para medir el grado de dispersión de una variable, se utilizan principalmente los siguientes indicadores:

- Rango o recorrido.
- Desviación estándar.
- Varianza.
- Coeficiente de variabilidad.
- Covarianza.

3.5.3.1. Rango o recorrido.-

Es la medida de dispersión más sencilla ya que solo considera los dos valores extremos de una colección de datos, sin embargo, su mayor utilización está en el campo de la estadística no paramétrica:⁸

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$$

⁸ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

$X_{m\acute{a}x}$, $X_{m\acute{i}n}$ son el máximo y el mínimo valor de la variable X, respectivamente.

3.5.3.2. Desviación estándar.

La variancia a veces no se interpreta claramente, ya que se mide en unidades cuadráticas. Para evitar ese problema se define otra medida de dispersión, que es la Desviación Típica, o Desviación Estándar, que se halla como la raíz cuadrada positiva de la variancia. La desviación típica informa sobre la dispersión de los datos respecto al valor de la media; cuanto mayor sea su valor, más dispersos estaran los datos.

Esta medida viene representada en la mayoría de los casos por S, dado que es su inicial de su nominación en inglés.

Desviación estándar muestral: ⁹

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

Desviación estándar poblacional: ¹⁰

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}}$$

3.5.3.3. Varianza.

El problema de los signos en la desviación media, es eludido tomando los valores absolutos de las diferencias de los datos con respecto a la media aritmética. Ahora bien, la variancia obvia los signos elevando las diferencias al cuadrado, lo cual resulta ser más elegante, aparte de que es supremamente útil en el ajuste de modelos estadísticos que generalmente conllevan formas cuadráticas.

La variancia es uno de los parámetros más importantes en estadística paramétrica, se puede decir que, teniendo conocimiento de la variancia de una población, se ha

⁹ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

¹⁰ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

avanzado mucho en el conocimiento de la población misma. Numéricamente definimos la varianza, como desviación cuadrática media de los datos con respecto a la media aritmética: ¹¹

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{X})^2 f_i}{n}$$

S^2 : Varianza.

x_i : Valor de la variable X.

f_i : Frecuencia absoluta de la observación x_i .

n : Tamaño de la muestra.

m : Número de agrupamientos o intervalos.

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{X})^2 f_i}{n}} \quad 12$$

La varianza es siempre positiva o 0: $S_X^2 \geq 0$

3.5.3.4. Coeficiente de variabilidad.

Generalmente interesa establecer comparaciones de la dispersión, entre diferentes muestras que posean distintas magnitudes o unidades de medida.

El coeficiente de variabilidad tiene en cuenta el valor de la media aritmética, para establecer un número relativo, que hace comparable el grado de dispersión entre dos o más variables, y se define como:¹³

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} 100$$

¹¹ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

¹² Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

¹³ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

3.5.4. Coeficiente de correlación.

En el análisis conjunto para dos o más variables es básica la búsqueda del tipo y grado de la relación que pueda existir entre ellas, o si por el contrario, las variables sean independientes entre sí y la relación que puedan mostrar se debe únicamente al azar, o a través de terceras variables.

El sondeo del tipo y grado de la correlación, parte desde la misma presunción del investigador, teniendo presente que la búsqueda de relaciones entre variables debe ser lógica, es decir relacionar lo que sea razonable y no datos cuya asociación sea desde cualquier punto de vista absurda.

Para fortalecer el indicio de correlación inicial, se grafica cada uno de los pares ordenados de las variables (x_i, y_j) en un plano cartesiano, para observar la “nube de puntos” o diagrama de dispersión, donde se advierte la tendencia o no, de la información representada.

A pesar de la ilustración visual que ofrecen las gráficas, solo podemos percibir la tendencia, mas no el grado o fortaleza de la relación, entre la variable independiente “X” y la variable dependiente “Y”.

Para cuantificar la calidad de la dependencia, entre las dos variables, el indicador más acostumbrado es el Coeficiente de correlación, definido como:¹⁴

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

r : Coeficiente de correlación entre “X” y “Y”

S_x : Desviación típica de “X”

S_y : Desviación típica de “Y”

¹⁴ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

$S_{x,y}$: Covarianza entre “X” y “Y”

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

X_i	Y_i	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
x_1	y_1	$x_1 y_1$	x_1^2	y_1^2
x_2	y_2	$x_2 y_2$	x_2^2	y_2^2
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
x_n	y_n	$x_n y_n$	x_n^2	y_n^2
$\sum X$	$\sum Y$	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$

15

Tabla1-Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación, es un indicador del grado de la relación entre las dos variables, el cual oscila en el intervalo cerrado $[-1,+1]$ es decir, $-1 \leq r \leq 1$

Cuando r toma un valor extremo, ya sea $r=1$ ó $r=-1$ existe una correlación perfecta positiva o negativa según el signo.

Sin embargo, no todas las relaciones son tan ideales, en el común de los casos $-1 < r < 1$. Empíricamente se afirma que:

1. Si $r = \pm 1$ Correlación perfecta
2. Si $0.9 \leq r < 1$ ó $-1 < r \leq -0.9$ Correlación excelente
3. Si $0.8 \leq r < 0.9$ ó $-0.9 < r \leq -0.8$ Correlación buena
4. Si $0.6 \leq r < 0.8$ ó $-0.8 < r \leq -0.6$ Correlación regular
5. Si $0.3 \leq r < 0.6$ ó $-0.6 < r \leq -0.3$ Correlación mala
6. Si $-0.3 < r < 0.3$ No hay correlación

16

Figura 2-Tipos de correlación

3.5.5. Depuración de datos.

La depuración de datos o intervalos de confianza es el rango aceptable en el que se pueden encontrar los datos.

¹⁵ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

¹⁶ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

Y está dado por:

Límite superior: Media Aritmética+ C x Desviación Estándar (Ls)

Límite inferior: Media Aritmética- C x Desviación Estándar (Li)

C: coeficiente de la curva de distribución normal.

3.5.6. Gráficas de dispersión.

Dadas dos variables X y Y tomadas sobre el mismo elemento de la población, el diagrama de dispersión es simplemente un gráfico de dos dimensiones, donde en un eje (la abscisa) se grafica una variable (independiente), y en el otro eje (la ordenada) se grafica la otra variable (dependiente).

Disposición:

Eje de abscisas: variable independiente (X).

Eje de ordenadas: variable dependiente (Y).

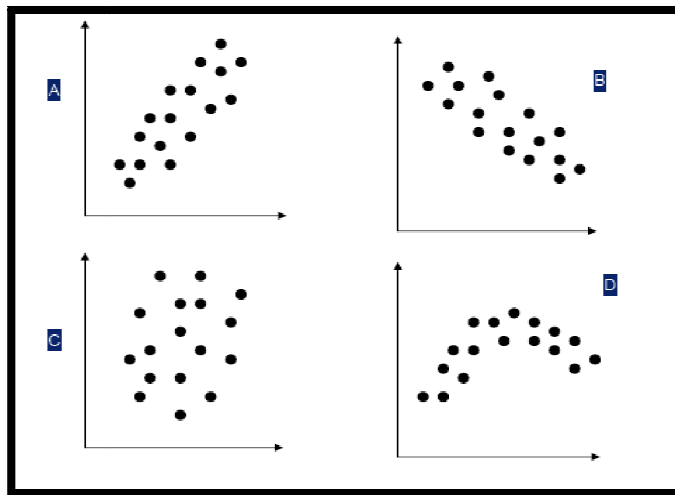


Figura 3-Dispersión de datos¹⁷

¹⁷ Fuente: Estadística aplicada -Norbeto Guarín Salazar

CAPITULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. UBICACIÓN DE LA AREA DE ESTUDIO.

La planta se encuentra en la comunidad de San José de Charaja a orillas de la quebrada Armaos.

4.1. Ubicación del área de estudio.



4.2. CARACTERISTICAS DE LA AREA DE ESTUDIO.

GEOGRAFÍA

La planta de agregados se encuentra en la comunidad de Charaja que está ubicada al sur oeste de valle de la concepción; entre las comunidades de Chocloca y Juntas del Rosario, a orillas de la quebrada Armaos, a una altura de 1,866 m.s.n.m. situada entre los $-21^{\circ} 18' 00''$ de latitud sur y los $-64^{\circ} 77' 00''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

CLIMA

La comunidad de Charaja tiene una condición climatológica de: templado semiárido y muy agradable, pertenece a la zona de los valles con una temperatura promedio de 17

grados y la estación lluviosa comprende los meses de Diciembre a Febrero. Estas características son importantes para tomar en cuenta, ya que la temperatura es un aspecto que se toma en cuenta para poner en marcha la planta de asfaltos.

4.3. DESCRIPCION DE LAS PLANTAS EN ESTUDIO.

4.3.1. PLANTA DE AGREGADOS:

4.3.1.1. TIPO DE PLANTA.

La planta procesadora de agregados es una planta gravimétrica portátil, que está compuesta por 3 trituradoras, la trituradora primaria tipo mandíbulas marca NAKAYAMA, la secundaria tipo mandíbulas marca TELSMITH tipo B-205 y el cono marca TELSMITH tipo H-34, con la conjunción de estos tres equipos se realiza el proceso de obtención de los agregados como resultado final.

4.3.1.2. COMPONENTES DE LA PLANTA.

La planta procesadora de áridos está compuesta de los siguientes equipos:

- CHANCADORA PRIMARIA
- CHANCADORA SECUNDARIA
- CONO
- CINTA TRANSPORTADORA DE GOMA
- TOLVA
- LAVADOR DE ARENA
- GENERADOR DE ENERGIA
- CABINA DE MANDOS DE OPERACIÓN
- BOMBA DE AGUA
- DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Chancadora primaria.

Esta máquina es de tipo mandíbula marca NAKAYAMA es accionada por un motor eléctrico de 60 Kw, y es alimentada por gravedad pasando el material por una tolva que se encuentra en la parte superior, una zaranda que está ubicada en entre la tolva y las mandíbulas, esta selecciona el material fino y lo pasa a la cinta transportadora quedando solo la piedra que llega a las mandíbulas, aquí se realiza la primera reducción al tamaño del material de banco, la abertura de sus mandíbulas es de 4", el material machacado y seleccionado pasa a la cinta transportadora.

FIG. 4.2. Foto chancadora primaria



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

Chancadora secundaria.

Esta máquina marca TELSMITH de tipo mandíbulas recibe el material de la chancadora primaria y tiene la función de reducir más aun el tamaño del material, es accionada con un motor de 50 Kw de potencia, el tamaño de la abertura de las mandíbulas es de 2 1/2" teniendo el mismo proceso de chancado que la primaria. El material machacado se envía mediante una cinta transportadora a la zaranda primaria.

Fig. 4.3. Foto chancadora Secundaria



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

CONO.

El Cono es un triturador cónico de tamaño pequeño-medio diseñado para aplicaciones de alimentación directa, es accionado por un motor de 200 Kw de potencia, sin cribado previo de la roca, que proporciona niveles excelentes de reducción y cubicidad para la producción de conglomerado y material, este cono tiene una abertura de 2 1/2" y se puede graduar esta abertura de acuerdo a las necesidades de tamaño que se tenga, este tamaño no debe ser de mucho diámetro para que pueda trabajar en óptimas condiciones.

Fig. 4.4. Cabeza del cono.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

CINTAS TRANSPORTADORAS.

Estas cintas o fajas de goma están colocadas en diferentes direcciones y longitudes sobre rodamientos metálicos, son accionadas por motores de 15 Kw de potencia, las cuales sirven para la alimentar y/o transportar el material, ya sea para que pase por otro proceso de trituración o para ser colocado en el acopio.

Charaja 2012. Fig. 4.5. Cinta transportadora.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA.

TOLVA.

La tolva o criba es la que se encarga de recibir el material de banco que es llevado desde el acopio, tiene la forma de cono para la mejor circulación del material, esta viene incorporada en la estructura de las chancadoras primaria y secundaria

Fig. 4.6. Tolva o Criba



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

LAVADOR DE ARENA.

Este equipo construido de forma rústica en dependencias de la planta tiene la forma de un tornillo sin fin (gusano lavador de arena de 36" x 25'), recibe todo el material fino de la seleccionadora primaria, este se encuentra incorporado a la seleccionadora primaria, el cual se encarga de lavar los agregados finos (arena), el agua que se ha utiliza para el lavado es llevada mediante un sistema de bombeo, para ello se utiliza una bomba de 5.5 Kw de potencia, con un poso para la salida del agua y otro para recolectar el agua con sedimentos.

Fig. 4.7. Tornillo sinfín



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

GENERADOR DE ENERGÍA.

Este generador se lo utiliza para poner en operación el proceso de trituración de las chancadoras y el funcionamiento de la planta de asfalto, este generador de energía eléctrica es de 350 kw de potencia, con este generador trabajan las chancadoras en el día y el cono en la noche, este generador es accionado por combustible (diesel), y tiene una consumo de 25 litros/hora.

Fig. 4.8. Generador de energía



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

CABINA DE MANDOS DE OPERACIÓN.

En este lugar físico se encuentran los controles de todos los elementos que compone las equipos de trituración, arranques, fusibles, alarmas, se encuentra en una posición elevada para poder visualizar todos los componentes y el funcionamiento de la planta.

Fig. 4.9. Foto de la cabina de control.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

BOMBA DE AGUA.

Para el proceso de lavado de los agregados es necesario contar con el abastecimiento de agua hacia las flautas lavadoras, el cual es suministrado por una bomba eléctrica de agua con una capacidad de 180 Hp con una capacidad suficiente para poder hacer circular el agua de salida y retorno de las fosas.

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.

Las plantas de trituración y sus instalaciones cuentan con los dispositivos de seguridad mínimos para garantizar un proceso de producción seguro. Estos contemplan alarmas, equipo de protección, sistemas de extinción de fuego y una adecuada señalización de todas las áreas.

Sistemas de alarma de arranque.

Al momento de iniciar y concluir la operación de la planta de trituración, existe una alarma que es conocida por el personal la cual es indicadora del arranque en sus diferentes etapas así como la conclusión de un ciclo de producción.

Equipo de protección personal.

Los colaboradores de la planta de trituración, cuentan con el equipo de protección personal necesario para la protección de su salud, como lo son gafas protectoras de polvo, mascarillas para polvo, guantes así como tapones de oídos.

Sistemas de protección contra incendios.

Existe en todas las áreas de trabajo, extintores de fuego del tipo ABC para las áreas administrativas tipo A, B y del tipo C para las áreas donde existen elementos eléctricos.

Señalización.

Se ubican rótulos acrílicos ú otro material de información, prevención y restrictivos en las áreas de trabajo (no fumar, extintor, alto voltaje, utilización de equipo y precaución.

4.3.2. PLANTA DE ASFALTOS

4.3.2.1. TIPO DE PLANTA.

La planta procesadora de asfalto es una planta gravimétrica contra flujo de tipo UAB18 ADVANCED. La producción de la planta está directamente vinculada a los siguientes factores:

- Humedad de los agregados
- Temperatura de la mezcla asfáltica
- Temperatura ambiente
- Altitud

Las condiciones de operación para la producción nominal son las siguientes:

- Humedad máxima de los agregados = 3%
- Temperatura de la mezcla asfáltica = 150°C
- Temperatura ambiental mínima = 10°C

4.3.2.2. COMPONENTES DE LA PLANTA.

La planta procesadora de asfalto está compuesta de la siguiente manera:

- DOSIFICADOR DE AGREGADOS
- CINTA DOSIFICADORA
- CINTA TRANSPORTADORA
- CÁMARA DE ASPIRACIÓN
- CÁMARA DE COMBUSTIÓN
- QUEMADOR
- TAMBOR SECADOR
- COMPRESOR DE AIRE

- TORRE DE MESCLA
- FILTRO DE MANGAS
- SINFÍN SECUNDARIO
- TANQUE MASTER
- CABINA DE CONTROL
- DILUIDOR DE ASFALTO
- NIVELACIÓN DE LA PLANTA
- TIPO DE ENERGÍA

- **DOSIFICADOR DE AGREGADOS.**

Construido con chapas en acero carbono resistente al desgaste, tiene formato de pirámide invertida con ángulos de inclinación dimensionados para dar mayor flujo al material y mínima adherencia en las paredes. Tiene la función de almacenar los áridos y alimentar la cinta dosificadora.

Fig. 4.10. Dosificador de agregados

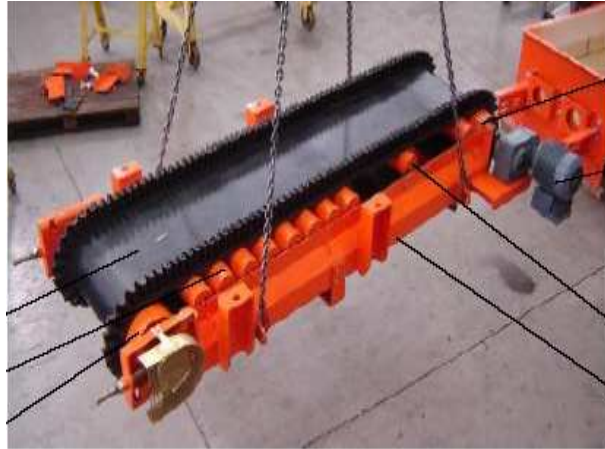


Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **CINTA DOSIFICADORA.**

Tiene la función de hacer la dosificación del agregado. Esa cinta posee una balanza de pesaje individual donde cada agregado es pesado separadamente de forma dinámica. La Célula de carga trabaja por compresión, su error es menor que 1%.

Fig. 4.11. Cinta dosificadora.



Fuente: CIBER.com.

- **CINTA TRANSPORTADORA.**

Tiene la función de coleccionar todo el agregado que fue pesado en las cintas dosificadoras y transportarlo hasta el tambor secador.

Fig. 4.12. Foto cinta transportadora.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

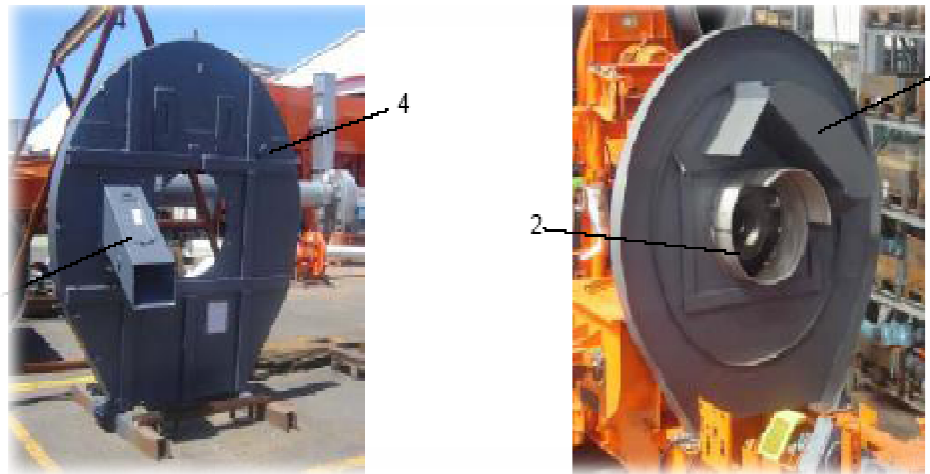
- **CÁMARA DE ASPIRACIÓN.**

La cámara de aspiración está construida de forma que el aire aspirado por el extractor de la planta transporte solamente las partículas menores. Esto se consigue debido al hecho que ésta aumenta el área de pasaje del mismo, haciendo que el polvo pierda velocidad y precipite. A la medida que el polvo precipita, se añade a los áridos.

- **CÁMARA DE COMBUSTIÓN.**

La cámara de combustión posee una abertura cilíndrica central, donde se posiciona el cono de acero inoxidable del quemador. En esta abertura, también está la entrada de aire secundario. En su parte inferior, se posiciona el colector de agregados secos, que, por gravedad, van para el mezclador.

Fig. 4.13. Partes de la cámara de combustión



Fuente: CIBER.com.

- **QUEMADOR.**

Su función es generar calor suficiente para secar y calentar los agregados subiendo su temperatura alrededor de 140 a 180°. Es accionado por combustible (Diesel), y tiene un consumo de 350 Litros/hora.

Fig. 4.14. Foto quemador.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **TAMBOR SECADOR.**

El secador consiste de un cilindro en movimiento de rotación, que tiene en su interior una serie de aletas que mueven los áridos y forman diferentes tipos de "cortinas" dentro del tambor. Estos diferentes tipos de cortinas son las que determinan las diferentes formas de absorción de la humedad, son también las que hacen la mezcla y el avance de los áridos dentro del tambor secador.

Fig. 4.15. Tambor secador



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **COMPRESOR DE AIRE.**

Los compresores de aire utilizados en la planta son dos compresores de dos fases, acción simple y refrigeración a aire. Uno de los compresores alimentara las válvulas del pulso de aire del filtro de mangas, accionamiento del quemador y válvulas del control de temperatura de los gases dentro del filtro de mangas. El segundo compresor es del tambor secador está destinado a la alimentación neumática de la torre de mezcla de áridos calientes.

Fig. 4.16. Compresor.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

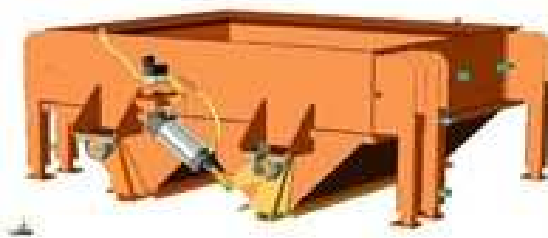
- **TORRE DE MEZCLA.**

Es el componente en el cual ocurren los procedimientos finales de elaboración de la mezcla asfáltica.

Su funcionamiento es a partir del elevador de áridos calientes que recibe los áridos secos del tambor secador y también los finos recuperados del separador estático del filtro de mangas, efectuando su transporte hasta la zaranda vibratoria, la cual efectúa la división de los áridos de acuerdo con su granulometría dentro de los silos calientes. El material fuera de medida tiene opción de ser descargado dentro del silo N° 4 (áridos grandes). El material ya acondicionado pasa a ser dosificado a un silo con balanza, uno de cada vez, hasta alcanzar el peso total requerido.



a) Torre de mezcla



b) Balanza de áridos

Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012. CIBER.com.

- **FILTRO DE MANGAS.**

El objetivo del filtro de mangas es evitar la contaminación atmosférica provocada por partículas de polvo en suspensión en los gases de la combustión de la planta de asfalto. Este material llega a representar hasta el 2.5% del material total empleado.

Los gases provenientes de la combustión de la planta de asfalto son aspirados por el extractor a través de las tuberías de aspiración, cargando consigo gran cantidad de polvo muy fino. Parte de este polvo, lo de mayor granulometría, es retenido en el separador estático y vuelve hasta la planta. Sin embargo hay una parcela de este polvo que no puede ser recogida por el separador estático, debido a su granulometría más fina y de baja densidad aparente.

Este polvo restante, cargado por el flujo de gases de aspiración, alcanza el filtro, donde es retenido por las mangas de filtro agujado especialmente construido para esta finalidad.

Este filtro agujado solo permite el paso de los gases, reteniendo el polvo. Los gases ahora libres del polvo son expedidos por la chimenea del extractor. El polvo retenido por la manga, se acumula en vuelta de la misma debiendo entonces ser removido por el sistema automático de limpieza. Ese sistema es comandado por un programador electrónico y un conjunto de válvulas solenoides que emiten pulsos de aire comprimido, en una secuencia pre calibrado en el programador, haciendo con que el polvo se desprenda de las mangas y se precipite para la parte inferior del filtro.

Este polvo retenido por el filtro es conducido para la planta a través de roscas transportadoras (sinfín) herméticamente cerradas.

Fig. 4.18. Foto filtro de mangas.

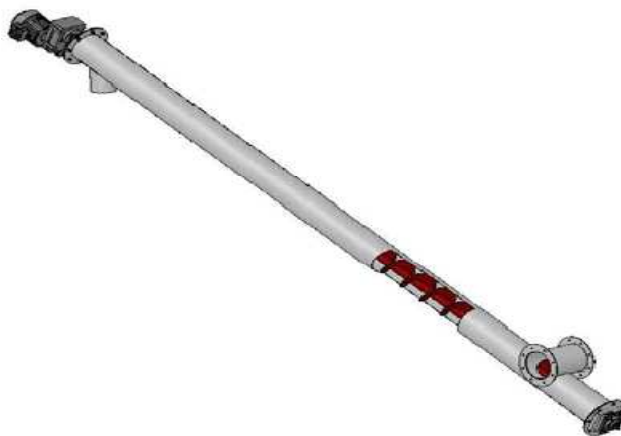


Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **SINFÍN SECUNDARIO.**

El sin fin secundario es un transportador helicoidal accionado por moto-reductor que tiene la función de extraer de adentro del purificador todo el polvo recogido.

Fig. 4.19. Sinfín secundario



Fuente: CIBER.com.

- **TANQUE MASTER.**

Tiene como función almacenar CAP (Cemento Asfáltico de Petróleo), almacenar y calentar el fluido térmico, haciendo que el mismo circule por los serpentines de los tanques, tuberías, filtros y demás equipos manteniéndolos en la temperatura ideal de trabajo.

Se utiliza el Tanque Máster principalmente, por la seguridad y el total aprovechamiento del calor generado por el quemador. El fluido térmico se calienta en dos fases al mismo tiempo, cuando en circulación por la cámara que envuelve el cuerpo principal, y en la circulación por el serpentín de la cámara de combustión u hornalla. La capacidad de estos tanques son de 40000 litros.

Fig. 4.20. Tanque Máster.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **CABINA DE CONTROL.**

Lugar físico donde se encuentran los controles de todos los elementos de que se compone la planta de asfalto, es acá donde se arranca, controlan cada una de las variaciones de la producción y para el proceso productivo.

Fig. 4.21. Cabina de controles.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

- **DILUIDOR DE ASFALTO.**

El Diluidor de asfalto se utiliza para calentar el asfalto que se encuentra en estado sólido, trabaja a una temperatura de 150° y no debe sobrepasar los 170° porque pierde viscosidad el asfalto, su capacidad es de 12 tambores de asfalto y se calienta mediante aceite térmico, la temperatura del aceite debe ser de 180° .

Fig. 4.22. Diluidor de asfalto



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

4.4. PLAN DE INSTALACIÓN Y MONTAJE.

4.4.1. PLANTA DE AGREGADOS.

La ubicación e instalación de las plantas de chancado, deberá responder a criterios ambientales, escogiéndose preferentemente lugares planos, desprovistos de cubierta vegetal y alejados lo más posible de áreas pobladas. Los trabajos deberán programarse de manera de reducir al mínimo la contaminación por ruido, los residuos, gases, humo y partículas en suspensión y sedimentación, generados por las plantas de producción.

Para la instalación de la planta se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1 -Elija el local, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Flujo de camiones de transporte de insumos y del producto.
- Sentido predominante de los vientos.
- Ubicación de las pilas de agregados.
- Ubicación del material de banco
- Ubicación de las fosas para el lavado de la arena

2 -Instalación del conjunto principal:

- Nivele y haga la alineación correcta de su chasis de la chancadora primaria y corrija pequeñas imperfecciones de la superficie, asentando perfectamente todas las patas sobre ella.
- Colocar la cinta transportadora que conectara la chancadora primaria con la secundaria.
- Nivele y haga la alineación correcta de su chasis de la chancadora secundaria y corrija pequeñas imperfecciones de la superficie, asentando perfectamente todas las patas sobre ella.
- Colocar la cinta transportadora que conectara la secundaria con seleccionadora primaria y desde el acopio de la piedra pulmón hasta el cono.
- Nivele y haga la alineación correcta del cono y corrija pequeñas imperfecciones de la superficie, asentando perfectamente todas las patas sobre ella.
- Colocar la cinta transportadora que conectara desde el cono hasta la seleccionadora secundaria para tener la producción final.

4.4.2. PLANTA DE ASFALTO.

PLAN BÁSICO PARA INSTALACIÓN Y MONTAJE.

1 –Se debe elegir el local, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Flujo de camiones de transporte de insumos y del producto.
- Sentido predominante de los vientos.
- Ubicación de las pilas de agregados.
- Tipo de instalaciones, urbanizaciones o cultivos existentes en las cercanías

2 - Construcción de las bases de apoyo de los componentes de la planta, de acuerdo con los planos suministrados por CIBER.

3 - Instalación del conjunto principal (dosificador de agregados + secador) sobre sus bases:

- El conjunto cuenta con unas patas extensibles estas se las debe trabar con los pernos y los tornillos de fijación laterales.
- Se debe nivelar y alinear correctamente el chasis y corregir pequeñas imperfecciones de la superficie de las bases de concreto, asentando perfectamente todas las patas sobre ella.

4- Instalar el 2º conjunto (Sistema de calentamiento y cabina) sobre las bases, tendiendo las patas extensibles y trabándolas con los pernos y tornillos laterales. Se debe Nivelar y alinear del chasis, asentando perfectamente las patas de apoyo sobre las bases, corrigiendo las posibles imperfecciones de la superficie de las bases para que todas las patas se apoyen perfectamente.

5- Para la instalación del purificador de gases, se debe tomar en cuenta el manual de operación.

6- Se debe realizar la instalación de las tuberías de asfalto, combustible y fluido térmico de acuerdo con los dibujos suministrados por Ciber, tomando en cuenta la ubicación de cada componente.

7- Instale los cables eléctricos de conexión de motores, sensores, válvulas solenoides y balanza, obedeciendo el trazado y los puntos de conexión indicados en el circuito eléctrico suministrado en la instalación del equipo.

8- Conectar los motores, obedeciendo exactamente los esquemas indicados en su placa, según la tensión local. Regule la corriente máxima en los relays térmicos de acuerdo con la corriente nominal de los motores indicada en su placa.

9- Conecte la cabina de llaves eléctricas a la subestación, teniendo siempre en cuenta que la tensión suministrada por ésta sea adecuada a la usina (consulte la placa indicadora de la cabina de llaves).

NIVELACIÓN DE LA PLANTA.

La planta de asfalto necesita estar perfectamente nivelada para garantizar la calidad y cantidad de producción a lo cual ella se proponen a hacer, porque en caso de que no esté perfectamente nivelada causa un pasaje más rápido o más lento del árido por el interior del tambor secador. La inclinación correcta es de 4°.

En caso que el Ángulo de inclinación mayor que 4° del tambor secador con relación al suelo se tendrá los siguientes problemas:

- Disminuye el tiempo de pasaje del árido por dentro del tambor secador, con eso se aumenta la intensidad del quemador para garantizar el secado del árido en un tiempo menor
 - consecuencia: gastase más combustible.
- Aumenta la fuerza de resbalamiento del tambor por encima de los rodillos de apoyo: eso hace con que la inclinación de los rodillos de apoyo necesite ser mayor para garantizar que el tambor se quede centrado
 - consecuencia: mayor desgaste de los rodillos y del anillo del tambor.
- Fuga de áridos por entre el tambor y cámara de combustión
 - consecuencia: desgaste entre la faceta del tambor y de la cámara, más una persona para limpiar el árido que cayó en el suelo.
- Mayor ángulo de inclinación del sinfín secundario
 - consecuencia: mayor dificultad en la extracción de polvo recobrado en el filtro.

En caso que el Ángulo de inclinación menor que 4° del tambor secador con relación al suelo se tendrá los siguientes problemas:

- Aumenta el tiempo de pasaje del árido por dentro del tambor secador. Como el árido se queda más tiempo dentro del tambor, ocurre una restricción en el sistema, o sea, entra una determinada cantidad de material y sale otra menor.

- consecuencia: el tambor va llenando de árido hasta que el peso dentro de él sea tanto que apague los motores. Si eso ocurre, el tambor deberá ser limpio manualmente hasta que los motores logren girarlo nuevamente.

- Aumenta la fuerza de resbalamiento del tambor por encima de los rodillos de apoyo. Eso hace con que la inclinación de los rodillos de apoyo necesite ser mayor para garantizar que el tambor se quede centrado
 - consecuencia: mayor desgaste de los rodillos y del anillo del tambor.

- Fuga de áridos por entre el tambor y cámara de combustión
 - consecuencia: desgaste entre la faceta del tambor y de la cámara, más una persona para limpiar el árido que cayó en el suelo.

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS.

La instalación de pararrayos o descargas eléctricas es el medio más adecuado de proteger la maquinaria, debido a ello la planta procesadora cuenta con esta protección de acuerdo a norma.

TIPO DE ENERGÍA.

La planta funciona con energía eléctrica trifásica, también se utiliza un generador de energía que funciona a diesel, esto para cumplir con la demanda de consumo de energía de la planta procesadora de asfalto.

4.5. OPERACIÓN Y CONTROL.

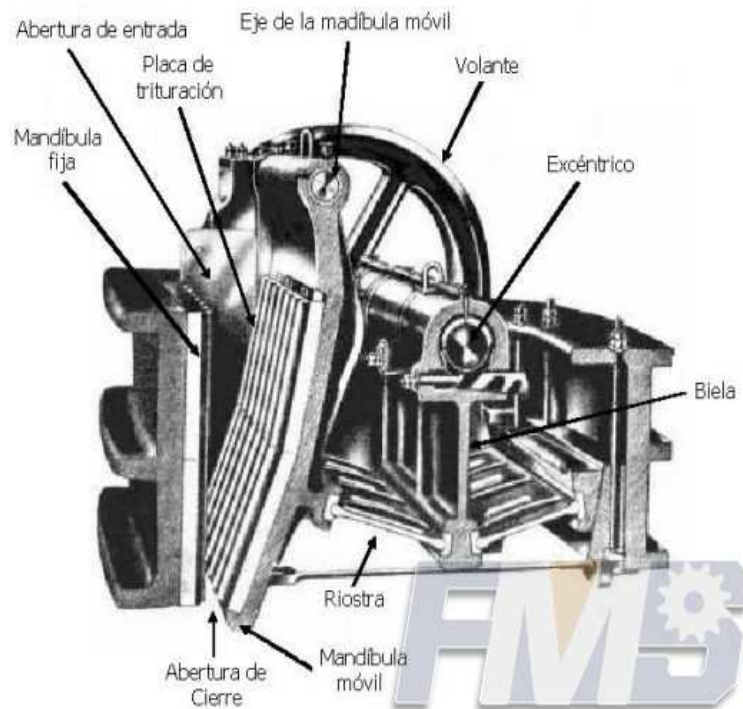
4.5.1. PLANTA DE AGREGADOS.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS.

La trituradora de mandíbulas también se llama trituradora de quijadas, la reducción de tamaño se consigue por compresión entre una placa fija y otra con movimiento excéntrico. Consiste en la cámara de trituración por las placas de mandíbula dinámica y estática, para imitar el movimiento de dos mandíbulas de animales para completar operación de los materiales triturados. La trituradora de mandíbulas se destina principalmente al uso de la trituración primaria (trituración gruesa y media).

PRINCIPALES PARTES DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS.

Fig. 4.23. Partes Trituradora de Mandíbulas



Fuente: Sifali.com.

1. Las **mandíbulas**, que cuentan con placas de recubrimiento llamadas placas de trituración, que pueden ser lisas u onduladas (estas permiten ejercer el esfuerzo de flexión sobre las rocas).
2. El **eje**, que cuenta en un extremo con una polea (donde se acoplan las correas que transmiten el movimiento del motor al eje) y en el extremo opuesto con un volante de gran masa que ejerce la función de acumulador de energía, cuando la mandíbula móvil se aleja de la fija (no tritura), la que devuelve cuando la móvil se acerca a la fija (tritura).
3. La **biela**, que transmite el movimiento d del eje a las riostras que mueven la mandíbula móvil.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE TRITURADORA DE MANDÍBULAS.

1. Estructura simple, fácil mantenimiento.
2. Aptas para diversos materiales, incluso los más difíciles.
3. Partículas finales uniformes y alta proporción de chancado.
4. Performance estable.
5. Cámara de trituración es profunda y no tiene espacio muerto, que ayuda a mejorar la capacidad de alimentación y la productividad.
6. sistema de lubricación confiable, reemplazo de las piezas fácil, pequeña carga de trabajo de mantenimiento.
7. El gran rango de ajuste de apertura de descarga para satisfacer las necesidades de diferentes usuarios.
8. Producción alta con un mínimo desgaste.

4.5.1.1. PROCESO DE OBTENCION DEL AGREGADO.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los elementos que forman parte del proceso de trituración, desde el banco de materiales que suministra la materia prima, la maquinaria utilizada en explotación, producción y almacenaje de producto terminado.

❖ Bancos de explotación.

Se llama así a los depósitos relativamente grandes de materiales en forma natural, los cuales pueden ser de cantera o de río, el banco de material que se utiliza para esta planta del SEDECA es el río Camacho dado que su material cumple con los parámetros de dureza y desgaste menores al 20%. Estos datos son proporcionados por el laboratorio de suelos del SEDECA en distrito.

❖ Acopio de la materia prima.

El material proveniente de los bancos de explotación está colocado en el patio de la planta, este material se encuentra ubicado al lado de la planta de agregados, para que no haiga un recorrido largo en el proceso de alimentación a las tolvas de la planta de trituración, este material cuenta con un tamaño natural adecuado, en sentido que no presenta mucha dificultad para su chancado.

Fig. 4.24. Material de Banco.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Proceso de trituración.**

El método de trituración es el tradicional. Existen dos operaciones básicas en el proceso de trituración, estos son el primario o muelas y secundario o cono, con la combinación de estos dos elementos se obtiene la producción según especificaciones de los agregados requeridos.

❖ **Trituración de chancadora primaria.**

La procesadora de áridos es alimentada con material grueso (de Banco), siendo reducido a un tamaño menor por medio de un juego de quijadas o muelas por la Chancadora Primaria NAKAYAMA, mediante el cargador frontal. Esta tritura el material hasta alcanzar el rango de 2 a 3 Pulgadas. Luego el material es transportado mediante la cinta de goma de 14 metros de largo y 90 centímetros de ancho, a la chancadora secundaria TELSMITH, que trabaja como chancadora secundaria.

Fig. 4.25. Mandíbulas de Chancadora de primaria



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Trituración de chancadora secundaria.**

Antes de ingresar al segundo proceso de trituración el material pasa por una tolva y luego a las mandíbulas que tiene los dientes más pequeños , la cual tritura el material

de 1/8” a 2 1/2 pulgada, posteriormente el material triturado es transportado mediante una cinta a ser Clasificado.

Fig. 4.26. Mandíbulas de Chancadora de secundaria



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Proceso de trituración del cono.**

El descarte o piedra pulmón producto del tamizado primario pasa mediante una cinta transportadora al cono serie H-34. El cono triturador tiene una alimentación directa del material de tamaño máximo de 2”, actualmente produce 3 cortes de material 3/4”, 3/8” y filler, el mismo que trabaja con el clasificador que devuelve el material denominado descarte cuando no cumple con el tamaño mínimo mediante una cinta transportadora al cono para ser alimentado hasta cumplir el tamaño necesario del tamizado, el material que es seleccionado pasa a los diferentes acopios de acuerdo al tamaño mediante cintas transportadoras.

Fig. 4.27. Cinta transportadora de piedra pulmón y Cono H-34



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Proceso de lavado de arena.**

El lavado de arena se realiza por medio de un tornillo sin fin (gusano lavador de arena), pasando la arena seleccionada a este por medio una cinta, el cual se encarga de separar los agregados finos (arena) de impurezas mediante un sistema rotatorio y circulación de agua en todo el cuerpo del sin fin. El agua que se utiliza para el lavado del material es proveniente de dos fosas, de la primera se extrae el agua que se utiliza para el lavado y la segunda para recepcionar el agua que vuelve después de lavado el material, el proceso de circulación del agua se lo realiza mediante una bomba.

Fig. 4.28. Foto de arena lavada



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Proceso de tamizado.**

En este proceso es donde se separan los agregados de acuerdo al tamaño de los tamices que se encuentran dentro de la seleccionadora. En la planta existen dos seleccionadoras primaria y secundaria.

Clasificadora Primaria.

Esta clasificadora es de 1.20 metros de ancho y 3 metros de largo, se encarga de recibir el materia chancado, clasifica a los materiales de la siguiente manera: Arena lavada, Sello y Descarte (materia prima para ser procesada por el Cono Triturador); esto lo realiza con los tamices 1", 1/4", 1/8", el cual ha sido calibrado según necesidades de producción.

Fig. 4.29. Clasificadora de arena, sello y descarte.



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

Clasificadora Secundaria.

Esta clasificadora de dimensiones 6 m. de largo por 2.10 m de ancho, tiene la función de separar los agregados de acuerdo a los tamices 3/4", 3/8", filler y devolver el material al cono mediante una cinta, cuando este no cumpla con el tamaño correspondiente al actual requerimiento de producción para la planta de asfaltos.

Fig. 4.30. Clasificadora de material 3/4", 3/8", Filler



Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

❖ **Acopio de agregado producido.**

Este almacenamiento se lo realiza cerca de la planta de asfaltos teniendo medidas de seguridad para evitar accidentes, también para evitar largas distancias para el acarreo del material a las tolvas de producción de asfalto.

Fig. 4.31. Foto Acopio de material Producido.

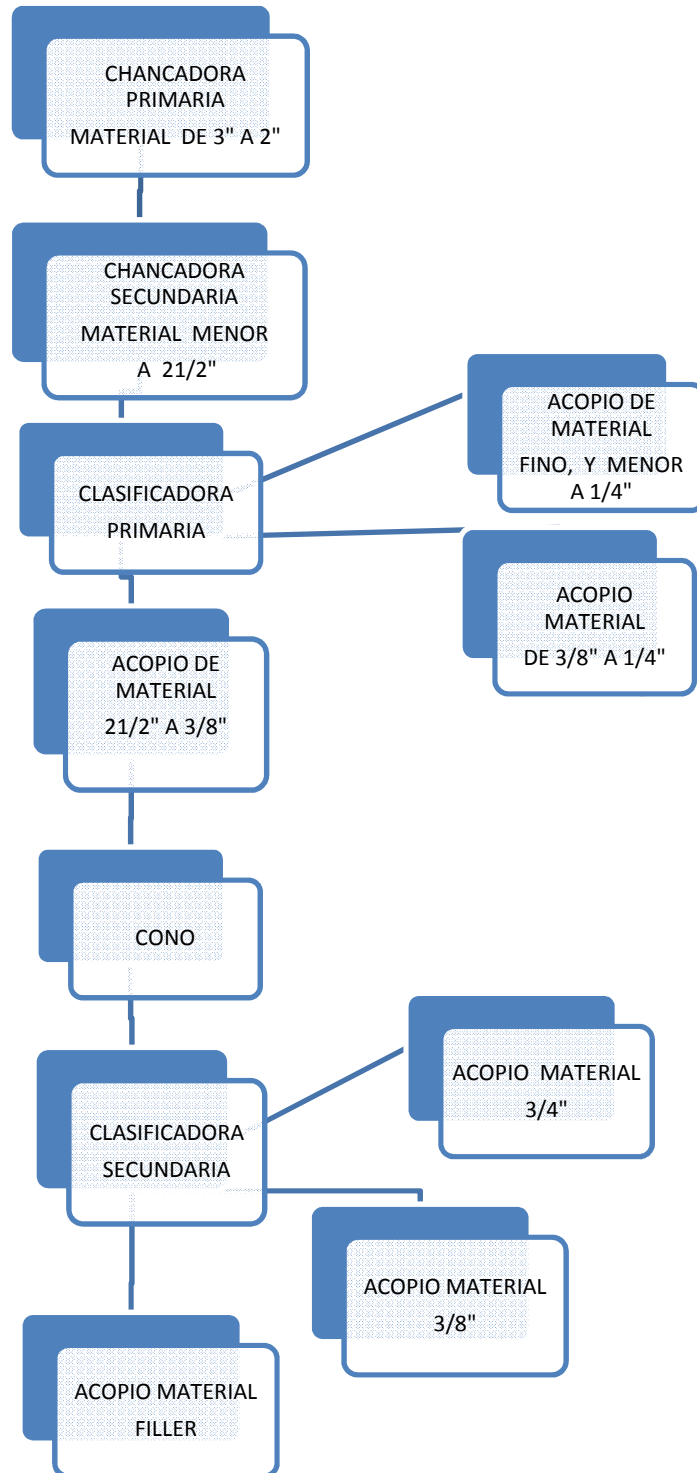


Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

Los agregados producidos son:

Agregado 1"	Es aquel material pasante por malla tamiz 1" y retenido en malla tamiz 7/8" o 3/4"
Agregado 3/4"	Es aquel material pasante por malla tamiz 7/8" o 3/4" y retenido en malla tamiz 3/8"
Agregado 3/8"	Es aquel material pasante por malla tamiz 3/8" y retenido en malla tamiz 1/4" o 3/16"
Agregado Sello	Es aquel material pasante por malla tamiz 1/4" o 3/16" y retenido en malla tamiz 1/8"
Arena	Arena producida por material fino canto rodado o chancado pasante malla 3/16" a Tamiz 200.
Otros	Filler o llamado polvo de roca. Pasante por malla tamiz 3/16" o 1/8" a 0.

ESQUEMA GRAFICO "1" DEL PROCESO DE PRODUCCION.



4.5.1.2. PRODUCCION.

La planta en este periodo no tuvo un funcionamiento óptimo, trabajando irregularmente y no llegando a la producción que se esperaba.

Los resultados del material total producido en todo el periodo se muestran en la siguiente tabla:

MATERIAL PRODUCIDO POR CHANCADORA EN m3.			MATERIAL PRODUCIDO POR EL CONO EN m3.			
DESCARTE	SELLO	FINO	7/8"- 3/8"	3/8 - 1/4	SELLO	Fíller
2046	0	798	561	288	0	183

❖ METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCION.

De acuerdo al estudio hecho del montaje, se ha notado que existen falencias, para ello a continuación se especifican soluciones para tener una mejor producción.

Como se pudo verificar en el anterior capítulo el sistema de montaje, funcionamiento y operación de la planta es muy importante para su proceso de producción, por ello se realizó un análisis del mismo dando como resultado, que se puede realizar otra metodología de montaje y funcionamiento que puede mejorar la producción de agregados partiendo de los siguientes parámetros:

- El montaje.
- Generación de energía.

A partir de este análisis a continuación se especifican soluciones a considerar:

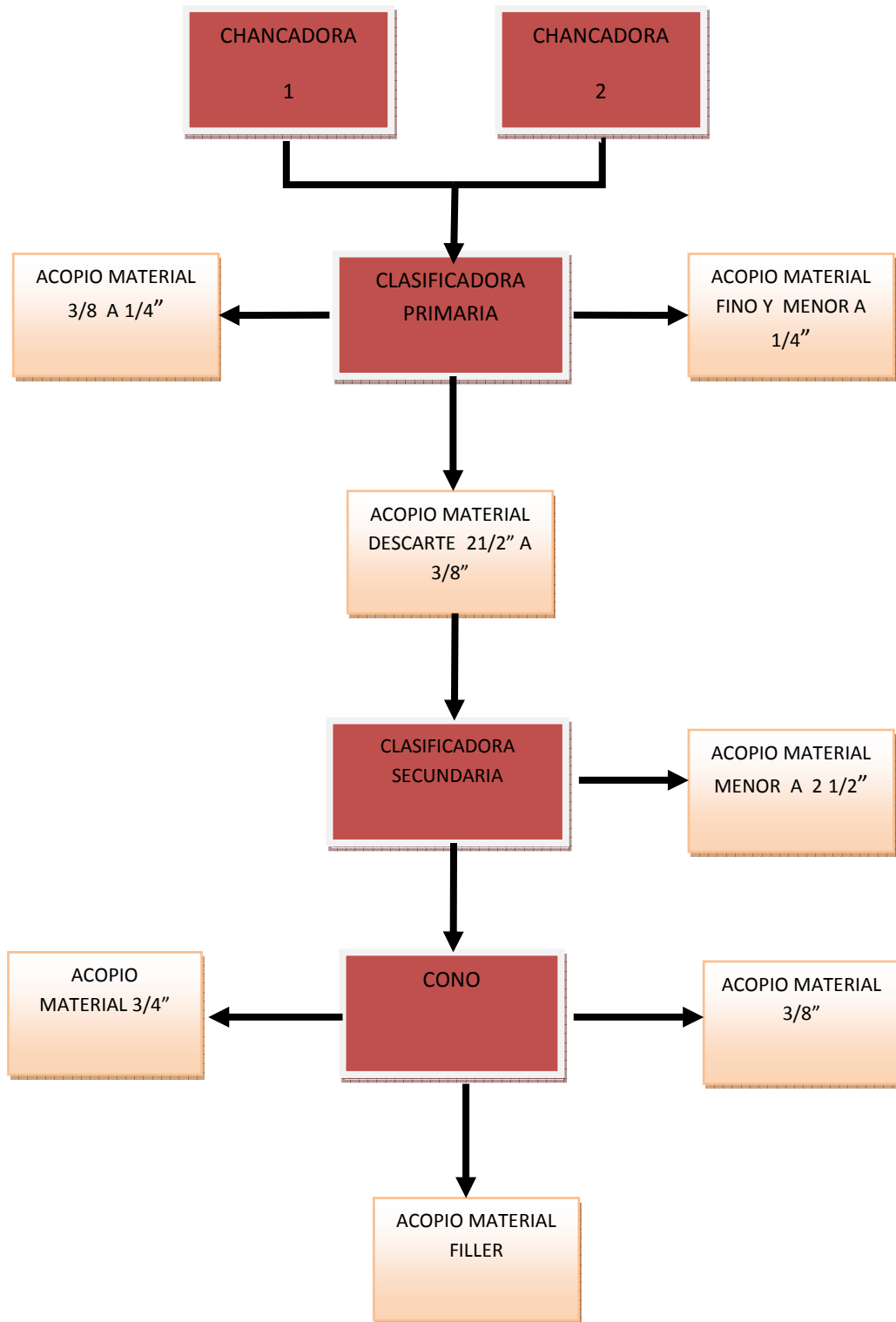
- En cuanto al montaje de las plantas, estas se encuentran en sistema continuo, para que produzcan mejor, se tendría que hacer trabajar separado o en paralelo, cerrando la abertura de la mandíbula primaria y abriendo la mandíbula de la secundaria, esto para producir un solo tamaño de material para el cono entre 2 1/2" a 3/8".(Ver Esquema de montaje 2).

- Hacer que el alimentador del descarte vaya primero a la criba secundaria antes de entrar al cono, puesto que en el material de descarte también se encuentra material fino que puede ser tamizado y puesto en acopio, esto alivianaría al cono y tendría una mejor producción.(Ver Esquema de montaje 2)
- En cuanto a la generación de energía, se debe diseñar un tablero de circuito eléctrico para hacer trabajar a dos generadores en paralelo, para que funcionen las dos chancadoras y el cono al mismo tiempo, porque hasta el día de hoy las plantas no trabajan al mismo tiempo.
El generador actual es de 350 Kw, de potencia, y de acuerdo al estudio hecho se necesita otro de 250 o 350 Kw, para satisfacer la necesidad de abastecer a las dos plantas.

Aquí se muestra un cuadro de cada motor y su capacidad.

ELEMENTOS	CHANCADORA 1		CHANCADORA 2		CONO	
	N° DE M.	CAP. M. (Kw)	N° DE M.	CAP. M (Kw)	N° DE M.	CAP. M (Kw)
CINTA	1	15	3	45	5	75
MANDIBULAS	1	60	1	50		
CINTA CONECTORA			1	25		
CLASIFICADORA 1			1	5		
GUSANO			1	7		
CLASIFICADORA 2					1	60
CONO					1	200
CRIVA DE TRICALLA					1	10
TOTAL	2	75	7	132	8	345
CAP. TOTAL	17	552				

Como resultado el total de capacidad para hacer funcionar toda la planta es de 552 Kw, y con los dos generadores que se implementarían se tendría 600 Kw de potencia cumpliendo con el requerimiento para una mejor producción haciendo funcionar toda la planta en conjunto.

ESQUEMA GRAFICO DEL MONTAJE 2.

❖ ANALISIS DE PROBABILIDAD ESTADISTICA.

DATOS ESTADISTICOS						
	DESCARTE	FINO	3/8"	3/4"	Filler	TOTAL (m3)
MEDIA DIARIA SI SE TRABAJA LOS DIAS LABORABLES	120,35	114,00	140,25	96,00	45,75	396,00
MEDIA DIARIA REAL	81,84	31,92	22,44	11,52	7,32	73,20
MAXIMO DIARIO PRODUCIDO	264,00	192,00	189,00	120,00	60,00	561,00
MINIMO DIARIO PRODUCIDO	6,00	72,00	84,00	60,00	36,00	252,00
RANGO DE PRODUCCION DIARIA	258,00	120,00	105,00	60,00	24,00	309,00
PRODUCCIÓN MEDIA MENSUAL SI SE TRABAJA LOS DIAS LABORABLES	3008,82	2850,00	3506,25	2400,00	1143,75	9900,00
PRODUCCIÓN MEDIA MENSUAL REAL	2046,00	798,00	561,00	288,00	183,00	1830,00
PRODUCCION MAX. PROBABLE MENSUAL EN CONDICIONES OPTIMAS	6600,00	4800,00	4725,00	3000,00	1500,00	14025,00
PRODUCCION MIN. PROBABLE MENSUAL EN CONDICIONES OPTIMAS	162,00	1944,00	2268,00	1620,00	972,00	6804,00

❖ INTERPRETACIÓN:

- La producción media diaria solo de los días trabajados en relación a los días hábiles de trabajo es de 396 m^3 , tomando en cuenta 25 días hábiles de todo el mes de trabajo.

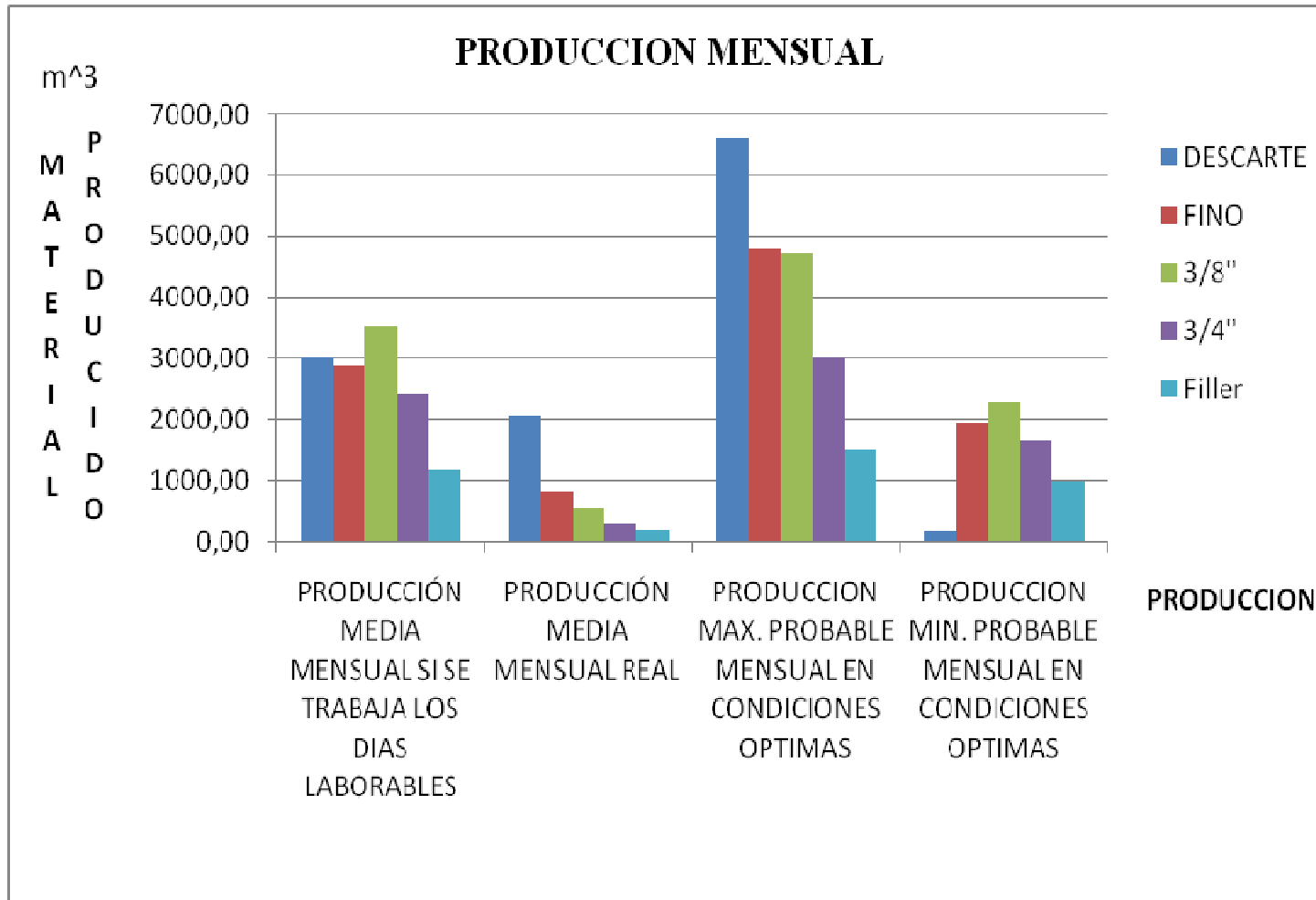
- La probabilidad que la media real diaria de producción de agregados si se trabajara de todo el mes tomando en cuenta los 25 días hábiles es de $73,20 \text{ m}^3$.

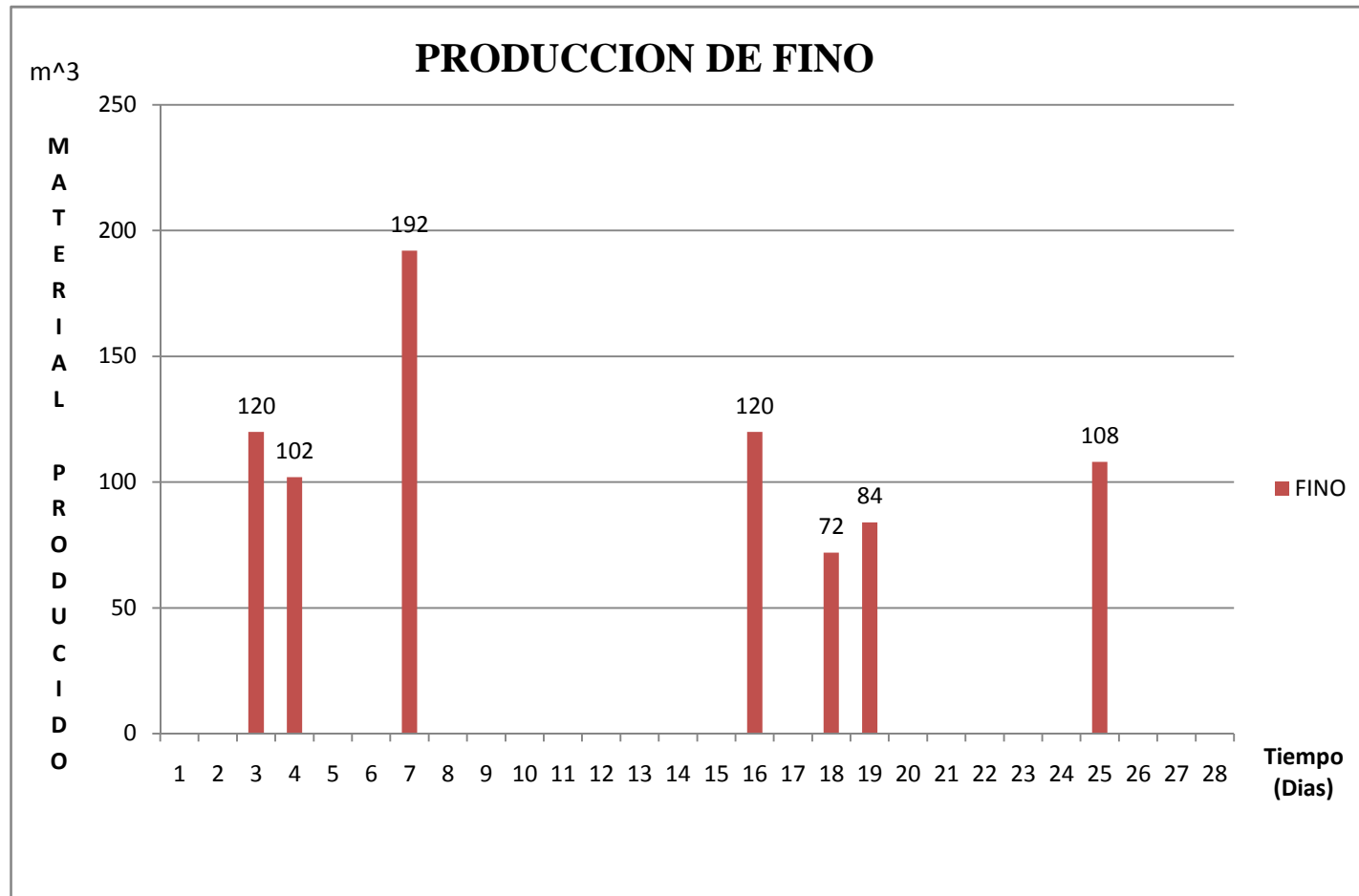
- De acuerdo al análisis estadístico existe mucha variabilidad en el rango de la producción diaria desde 252 a 561 m^3 .

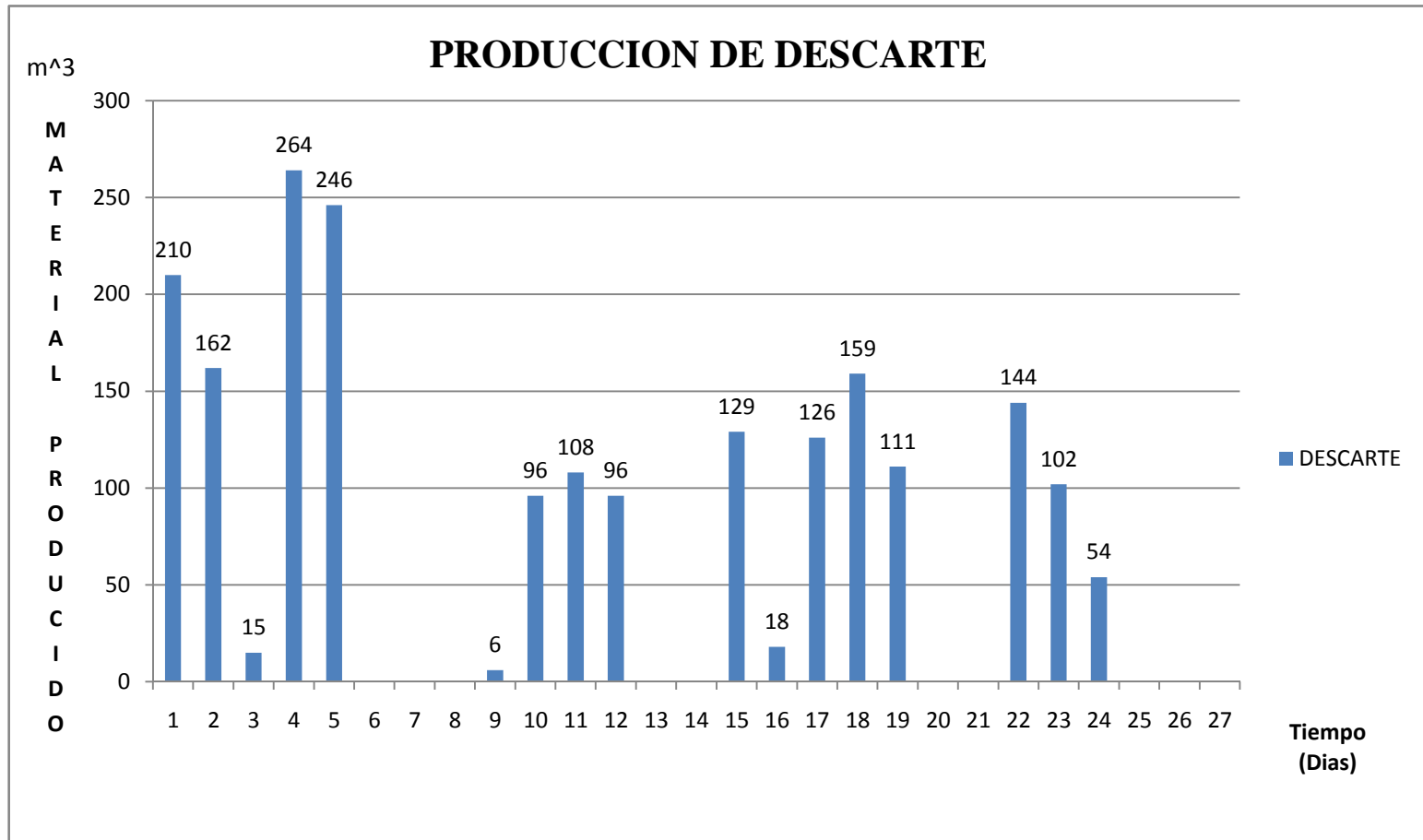
- La producción mensual máxima probable en condiciones óptimas pasarían los 14000 m^3 de material.

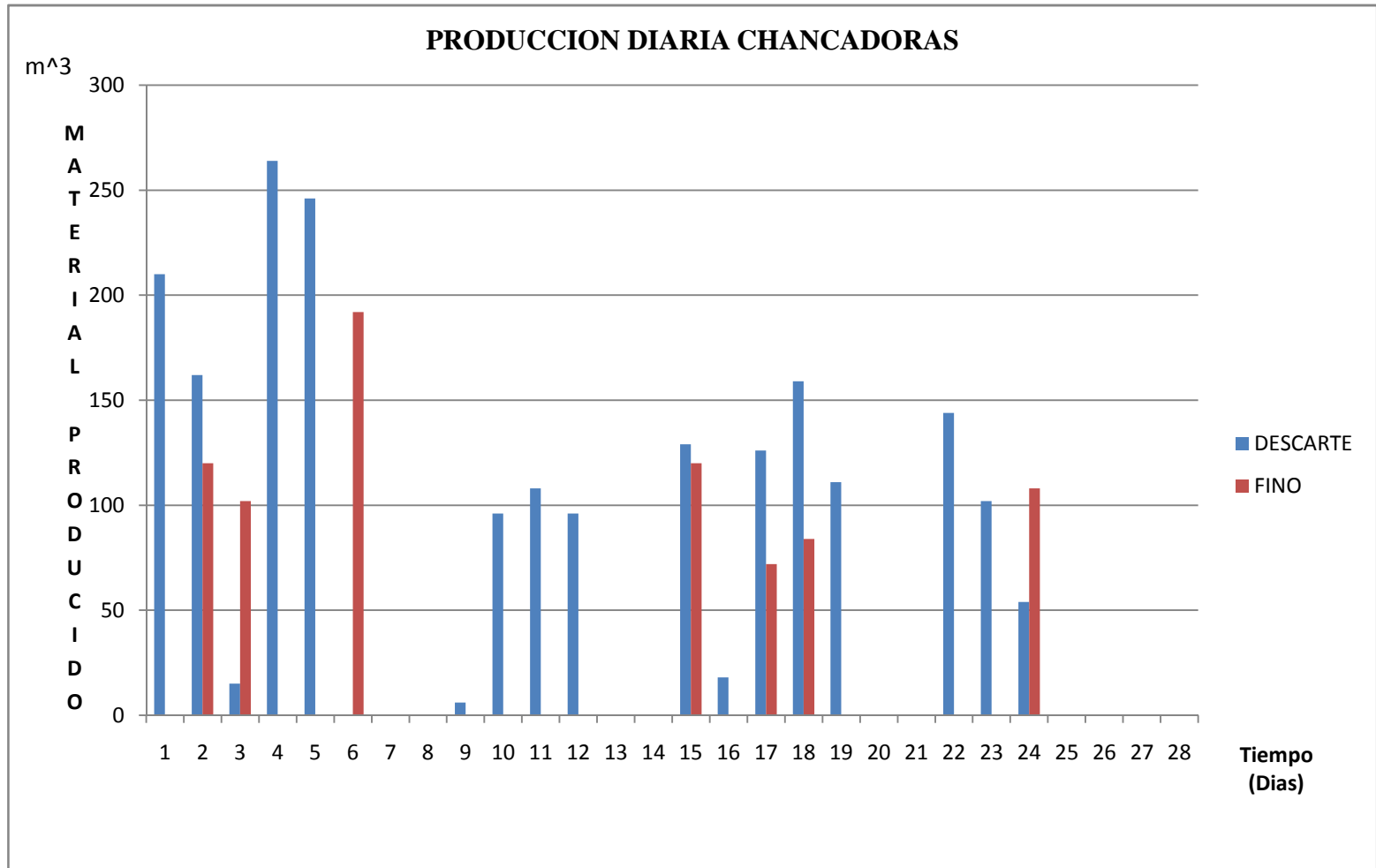
- La producción mínima mensual probable en condiciones óptimas pasarían los 6000 m^3 .

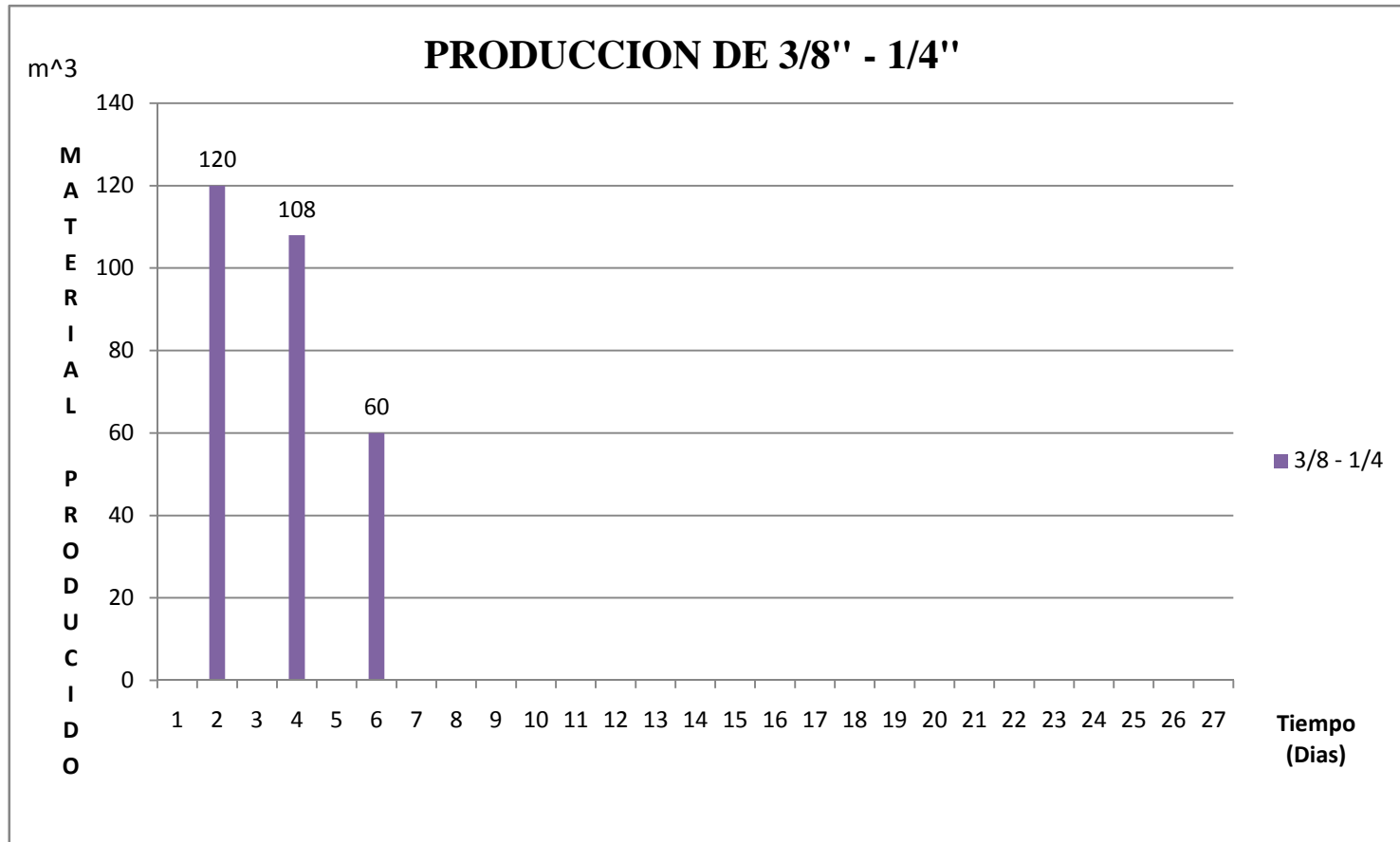
4.5.1.3. HISTOGRAMAS DE PRODUCCION.

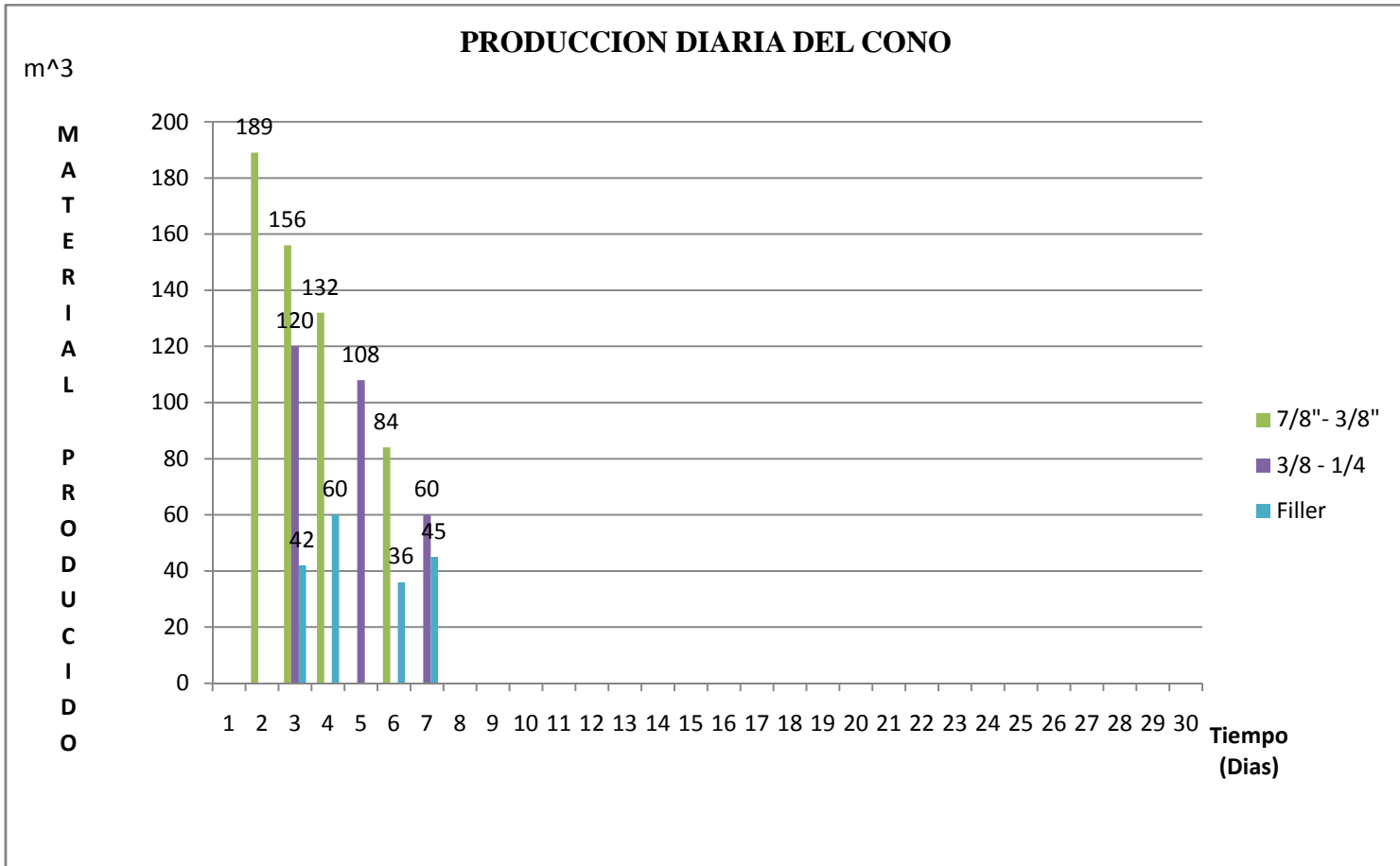


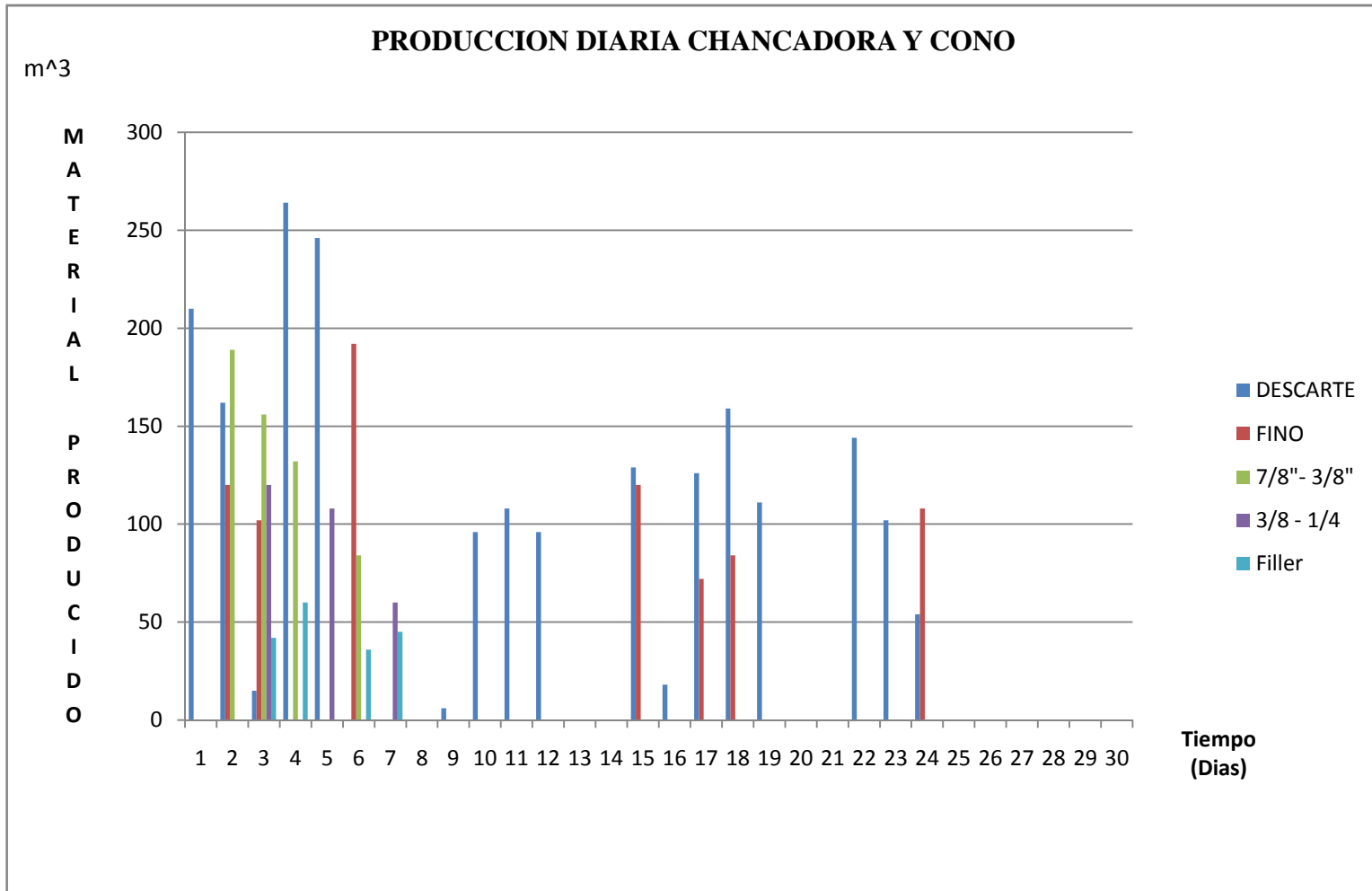
Producción diaria de la chancadora primaria y secundaria.

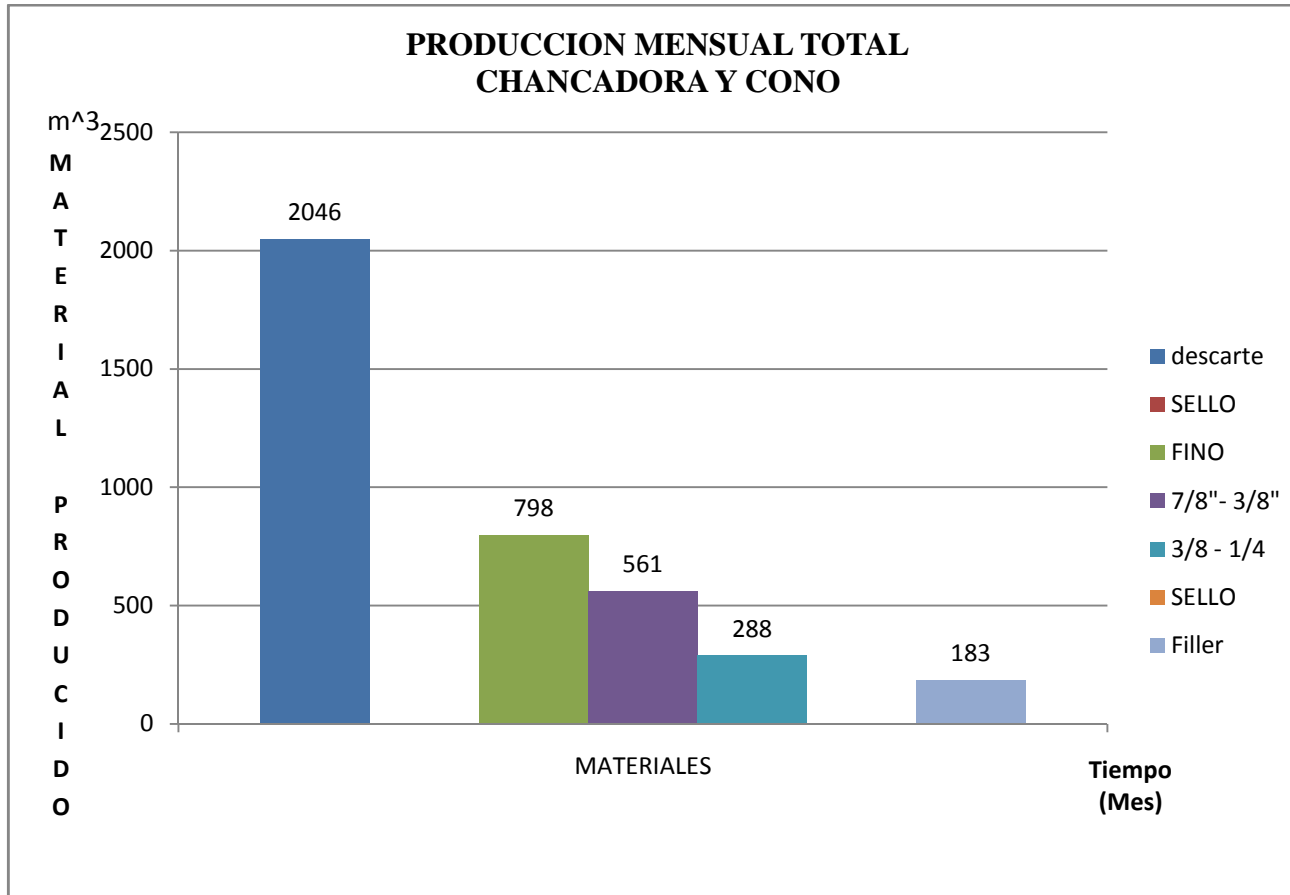




PRODUCCIÓN DIARIA DEL CONO.







4.5.2. PLANTA DE ASFALTOS.

4.5.2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El proceso productivo de esta modalidad de planta se inicia con el arranque, encendiendo de manera secuencial u ordenada de todos los componentes de la planta, luego se procede al control de operación, control de producción y para finalizar en el proceso de parada de la planta.

4.5.2.2. SECUENCIA DE ARRANQUE.

Una vez hechos todos los preparativos, ya se puede poner en funcionamiento la usina. El orden lógico para arrancar una usina es el inverso al del flujo del proceso. Sin embargo, para no sobrecargar la red eléctrica, se suele arrancar primero los motores mayores, o los que arrancan con mayor carga. Es el caso de los motores del extractor y ventilador.

Además para reducir la carga aplicada durante el arranque, se debe cerrar la mariposa del extractor (dámper).

Los motores de mayor potencia tienen arranque compensado, con tensión reducida para disminuir la corriente de arranque. Aun así, es conveniente cerrar la válvula del extractor y del ventilador, y arrancar primero.

Habitualmente, el arranque se hace en el siguiente orden:

- 1° Extractor;
- 2° Elevador;
- 3° Mezclador;
- 4° Secador;
- 5° Ventilador del quemador del secador;
- 6° Bomba de agua (filtro húmedo);
- 7° Transportadores de tornillo (filtro seco);
- 8° Bomba de combustible;
- 9° Cintas transportadoras;
- 10° Alimentadores de materiales.
- 11° Bomba de asfalto

4.5.2.3. CONTROL DE OPERACIÓN.

Al comenzar el proceso de producción, el operador debe comenzar el monitoreo de la planta. Este es el momento a partir del que se deben vigilar varios indicadores, para que se logre una mezcla asfáltica de buena calidad y dentro de los niveles establecidos.

Control de la llama.

- Para encender el quemador es conveniente regularlo a una intensidad menor que la exigida por la planta.
- No obstante, cuando comienza la alimentación de agregados, la llama debe ser estabilizada con suficiente potencia para que no demore en llegar a la temperatura deseada.
- Desde el principio, regule la mezcla de aire y combustible para obtener una llama limpia y estable.
- Si el quemador no se prende en el primer intento, o se apaga accidentalmente durante el ajuste, cierre la válvula de combustible y espere el tiempo necesario para que salgan todos los gases del combustible existentes en el secador.
- Para aumentar la llama, aumente primero la apertura de la válvula de combustible (1) y después aumente la apertura de la válvula de aire tipo mariposa (2) hasta eliminar el humo.
- Para disminuir la potencia de la llama, cierre primero la válvula de aire y después la válvula de combustible, hasta obtener humo blanco.
- De esta forma se evita que la llama sea turbulenta y se apague accidentalmente el quemador.

- En los quemadores automáticos las válvulas de aire y combustible son accionadas simultáneamente, no habiendo riesgo de apagar, desde que, el ajuste previo haya sido hecho correctamente.
- Si el quemador no se prende en el primer intento, o se apaga accidentalmente durante el ajuste, cierre la válvula de combustible y espere el tiempo necesario para que salgan todos los gases del combustible existentes en el secador.

Control de los agregados.

- Después de comenzar la operación, se debe revisar si el flujo de agregados es normal.
- Puede haber adherencia del material que estaba depositado en el silo, sobre todo cuando está muy húmedo.
- Este tipo de problema puede ser fácilmente evitado si los silos son cubiertos, protegidos de la lluvia.

Control de temperaturas.

- Las plantas cuentan con un sensor en la cabina del operador que monitorea los puntos de control, como temperatura de los gases, temperatura del CAP y de la mezcla en el silo.
- El control mediante la temperatura de los gases es más práctico porque hay una relación entre la temperatura de los gases del secador y la temperatura de los agregados en la salida.

- Esta relación puede ser alterada con el tenor de humedad de los agregados, o con distintos tipos de mezcla.
- Sin embargo, tenga en cuenta que los cambios ocurren en primer lugar en los gases, después con la temperatura de los agregados, cuyo sensor de temperatura no logra captar su variación con la misma velocidad.
- Por lo tanto, al controlar la intensidad de la llama con base en la temperatura de los gases, se logra observar las variaciones de temperatura a tiempo de corregirlas antes que comprometan la calidad de la mezcla.
- Después de saber la relación entre la temperatura de la mezcla y la de los agregados es más fácil llevar a cabo el control. El sensor está ubicado en el filtro del CAP, y transmite la información correcta sobre la temperatura del CAP que se está agregando a la mezcla asfáltica. Las temperaturas son indicadas en la pantalla de operación del sistema.

4.5.2.4. CONTROL DE PRODUCCIÓN.

Durante el proceso de producción, se debe mantener un constante control de la misma a los efectos de mantener la mezcla asfáltica dentro de los niveles determinados por el proyecto. Para lograr ese objetivo, observe las siguientes recomendaciones:

Control de Dosificación de agregados y asfalto.

- La dosificación de agregados y de asfalto en una planta asfáltica es una tarea de gran responsabilidad, por esto ello sucede de forma totalmente automática.
- EL sistema mantiene constante la dosificación de agregados de acuerdo a la fórmula elegida para operar la planta, pesando individualmente los agregados y corrigiendo por incremento de velocidad cualquier falla de alimentación momentánea.

- El asfalto también es dosificado automáticamente por el sistema, y está interrelacionado con la dosificación de agregados. Para cualquier variación de caudal de agregados, impuesta al sistema para o incremento o reducción de producción, se efectuará un proporcional cambio del caudal de asfalto, con un retardo de tiempo que corresponde a la demora para el desalojamiento de los agregados desde su origen hasta el mezclador.
- Para garantizar un buen funcionamiento el operador deberá encargarse de observar la correcta alimentación de los silos de agregados para que no falle su salida de los silos. Existe un sistema opcional de alarma de fallas de alimentación, que puede señalar en el tablero y al mismo tiempo accionar un vibrador para forzar la salida de material cuando este se pega en los costados de los silos, sobre todo cuando los materiales contienen excesiva humedad.
- Si el sistema no está disponible en su planta asfáltica, la atención debe ser mayor, pues si la alimentación de agregados falla al largo de 30 segundos, el sistema bloquea la alimentación de agregados y entra en procedimiento de parada.

Control de Segregación.

La segregación es el fenómeno de separación involuntaria de los agregados de una mezcla. Este fenómeno puede producir efectos desastrosos en los pavimentos, tales como:

- Mayor permeabilidad y mayor rugosidad del pavimento en los puntos donde hay mayor concentración de material con gran granulación.
- Pérdida de estabilidad y reducción de rugosidad donde hay mayor concentración de material fino.

Las causas de la segregación son muy conocidas y siempre están vinculadas con el transporte en caída libre de determinada mezcla asfáltica. Los puntos donde esto puede suceder son:

- Canaletas inclinadas;
- Silos muy altos;
- Gran altura de caída sobre el camión.

Las formas de evitar la segregación son:

- Evitar que el material sufra caída libre después de mezclado;
- Evitar silos de mezcla asfáltica muy altos.
- Evitar el exceso de altura entre la compuerta del silo y el camión.

Control de Temperatura.

- El control de temperatura de la masa asfáltica es fundamental para realizar un buen pavimento.
- Oscilaciones de temperatura de la masa asfáltica pueden producir ondulaciones en el pavimento.
- Mezclas con baja temperatura puede producir fallas de compactación, rajaduras, arrastre.
- La temperatura excesivamente alta puede afectar las propiedades de adherencia del asfalto y oxidar el CAP.

Control de humedad.

La humedad de los agregados es el principal determinante de la capacidad de producción de la planta.

Las plantas son dimensionadas para llegar a su producción nominal con tenores de humedad del 3%.

- Si la humedad fuera menor, se logra alcanzar la producción nominal con ahorro de combustible. Si la humedad fuera superior al 3%, el consumo de combustible aumentará y la producción caerá en progresión geométrica.
- Si la humedad es muy alta, se puede producir su concentración en la mezcla asfáltica.
- Este fenómeno se identifica a través de la liberación de vapor de agua de la mezcla asfáltica, condensación de vapores en la tolva del camión y en el silo de la mezcla.
- Este fenómeno se puede producir también con menor tenor de humedad si se utilizan agregados muy porosos, que retienen la humedad interna. La concentración de humedad puede perjudicar el pavimento.

4.5.2.5. SECUENCIA DE PARADA.

Una vez terminada la jornada de trabajo se debe seguir la siguiente rutina o secuencia de parada:

- a) Desconectar la alimentación de agregados
- b) Apagar el quemador cuando los gases comiencen a subir por falta de agregados.
- c) Apague la bomba de asfalto e invierta el flujo. Esto se realiza en el tablero de flujos.
- d) Deje que salga todo el material de la planta, espere que se enfríe y luego pare toda la planta.

4.5.2.6. SISTEMA DE CONTROL.

❖ PANEL DE CONTROL GENERAL DE PLANTA.

El panel de control posee una distribución de los elementos de la planta por grupo de comandos, lo que facilita la operación de la planta. Este a la vez se divide en tres partes importantes que son:

- PANEL DE CONTROL SUPERIOR.
- PANEL DE CONTROL INFERIOR.
- DISPOSICION INTERNA DEL PANEL DE COMANDO Y TABLERO DE ENERGIA.

Fig. 4.32. Panel de control General.

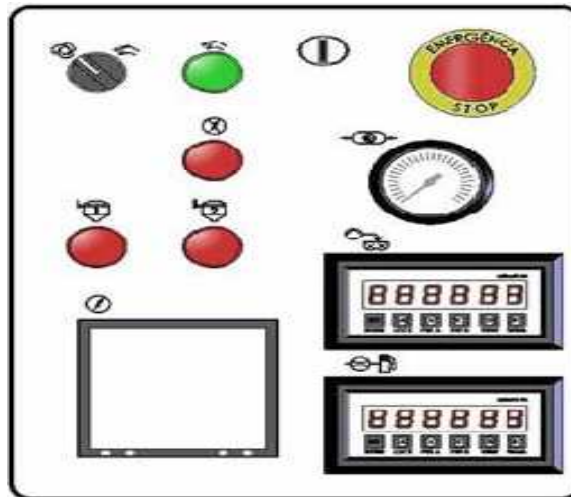


Fuente: Planta de Asfaltos, SEDECA. Charaja 2012.

➤ **PANEL DE CONTROL SUPERIOR.**
MODULO DE SELECCIÓN DEL MODO DE OPERACIÓN Y
SUPERVISORES.

Este modulo es responsable por la selección del modo de operación de la planta (automático o manual) y monitoreo general de la planta. Cada comando se explicara a continuación:

Fig. 4.34. Modulo de selección del modo de operación y supervisores



Fuente: CIBER.com.

Botón de parada de emergencia.

Este botón desconecta todo el sistema en caso de que ocurra alguna anomalía y tenga que parar la planta automáticamente, accionando este mando los motores de la planta se desconectan automáticamente.

Llave de selección Manual o Automático.

- a) **Modo de operación manual.**
- b) **Modo de operación automático.**

OPERACIÓN DE LA PLANTA EN MODO AUTOMÁTICO.

PANTALLA DE INTERFACE GRÁFICA.

Con el intuito de facilitar la operación esta interface gráfica es dotada de un sistema de sensibilidad al toque donde todos los comandos son habilitados cuando el operador presiona contra el ítem deseado en la pantalla. Este toque puede ser realizado con el propio dedo o con una pluma dedicada para estos fines, como por ejemplo el asta del PALM, conforme el operador si siente más a gusto. En otras palabras el dedo del operador pasa a sustituir el ratón de las computadoras convencionales.

En esta pantalla, se presentan los siguientes campos:

1. modelo de la planta;
2. menú de la capa;
3. menú principal;
4. fecha y hora;
5. habilitación del teclado virtual;

Menú de la capa.

En este menú están los accesos las pantallas de ajuste del sistema, consultas y herramientas de auxilio para el operador. Abajo serán vistos cada uno individualmente.

Contacto con la Ciber.

Presenta el teléfono y la dirección para contacto con Ciber Equipamientos Rodoviarios Ltda.

Ajuste de la fecha y hora.

1. Al pulsar sobre el campo a ser alterado, éste estará disponible para inserción de números referentes la fecha u hora correcta;

2. después del ajuste de fecha y de la hora, el botón “Ajuste fecha y hora” debe ser pulsado para concluir la operación.

Editor de textos.

Abre el editor de textos Note Pad del Windows, con el objetivo de salvar datos de la planta, caso sea necesario.

Acceso restringido.

Este acceso solo es permitido a los técnicos de la Ciber después la digitación de la contraseña y/o login. En este acceso serán exhibidas las pantallas de configuración del equipo, las cuales deberán ser modificadas solamente por personal autorizado.

Habilitación del teclado virtual.

Caso seleccionada esta opción, aparecerán los teclados indicados en las figuras abajo toda vez que haya la necesidad de inserción de datos. Estos teclados sustituyen el teclado de interface. Cabe al operador verificar cual opción es más confortable.

Menú principal.

Este menú de acceso se localiza en el rodapié de todas las pantallas. En este menú son controlados los accesos a las pantallas y es posible la visualización de fecha y hora.



PANTALLA DE VISIÓN GENERAL.

Pantalla responsable por el proceso de producción de mezcla asfáltica y accionamiento de los comandos.

Pantalla de alarmas.

En este cuadro aparecen avisos con la respectiva fecha y hora sobre cualquier anomalía que esté ocurriendo durante el proceso, como por ejemplo, falta de

contra señal en la célula de carga de un de los silos, temperatura de los gases o del asfalto muy alta, falta de material en un de los silos entre otros alarmas

Indicadores de los porcentuales de cada árido de la fórmula.

Indicación de la cantidad en valores porcentuales de cada material que compone la fórmula en los silos 1, 2, 3, 4, filler, asfalto, fibra y finos, además del nombre de la fórmula.

Vibradores.

Este comando abre una ventana que contiene una lista de cinco vibradores. Estos vibradores son configurados para actuar en sus silos correspondientes.

Solamente el técnico de la Ciber posee la contraseña para modificar estos parámetros. La función de los vibradores es de que actúen en caso de falta de material por acumulo de este en las paredes del silo. Cuando la planta esté en modo de dosificación automático, el vibrador correspondiente al silo que esté con falta de material, accionará automáticamente, y permanecerá accionado por un tiempo de 10 segundos después la identificación de presencia de material.

Bocina.

Este campo posee tres botones de accionamiento de la bocina para alertar las personas o conductores de camiones sobre algún problema o término de la carga. Es una manera del operador llamar la atención o comunicarse con el medio externo de la cabina.

Consumo de materiales.

Este botón abre un campo con los consumos temporarios e históricos de la planta.

A) Indicación de los consumos temporarios en toneladas (t) de los silos 1, 2, 3, 4, asfalto, filler, finos y combustible;

B) Al presionar sobre el botón “F1: Cerrar “o a través de la Tecla F1 es posible poner a cero el valor del consumo temporario del silo 1, así sucesivamente para poner a cero los demás. Después del retorno a cero, el sistema inicia nuevamente el acumulo de consumo.

C) En la área “Consumo histórico” aparecen los consumos en toneladas de los silos 1, 2, 3, 4, asfalto, filler, finos y combustible, desde el inicio del funcionamiento de la planta. Estos campos solo pueden ser alterados por personal autorizado a través del acceso restringido Ciber.

Consumo temporario			Consumo historico	
Silo 1	0.0t	F1: Zerar	Silo 1	0t
Silo 2	0.0t	F2: Zerar	Silo 2	0t
Silo 3	0.0t	F3: Zerar	Silo 3	0t
Silo 4	0.0t	F4: Zerar	Silo 4	0t
Silo 5	0.0t	F5: Zerar	Silo 5	0t
Asfalto	0.0t	F6: Zerar	Asfalto	0t
Filler	0.0t	F7: Zerar	Filler	0t
Finns	0.0t	F8: Zerar	Finns	0t
Comb.	0.0t	F9: Zerar	Comb.	0t

Fuente: CIBER.com

Datos de la planta.

A) **Producción temporaria de la planta:** indica la producción acumulada de la planta. Cada vez que el comando poner a cero es activado, recomienza esta enumeración;

B) **producción histórica de la planta:** indica la producción total desde lo inicio del funcionamiento de la planta. Este campo solo puede ser alterado por personal autorizado a través del acceso restringido.

C) **Horímetro temporario de la planta:** indica las horas de trabajo de la planta. Cada vez que el comando cerrar es activado, recomienza este conteo;

D) **Horímetro histórico de la planta:** indica el total de horas de producción desde lo inicio del funcionamiento de la planta. Este campo solo puede ser alterado por personal autorizado a través del acceso restringido.

PARTIDA DE LOS MOTORES DE LA PLANTA EN LA SECUENCIA AUTOMÁTICA.

A) **Conectar la planta:** accionado el botón, empezará la partida de los motores en una secuencia predeterminada. Secuencia automática de partida de los motores:

- 1°. Motor del compresor 1(filtro de mangas).
- 2°. Motor del compresor 2 (torre).
- 3°. Motor del extractor.
- 4°. Motor del mezclador.
- 5°. Motor del ventilador del quemador.
- 6°. Motor del tamiz.
- 7°. Motor del elevador
- 8°. Motor del secador;
- 9°. Motor de la cinta transportadora.
- 10°. Motor del caracol SE.
- 11°. Motor del elevador de finos.
- 12°. Motor del caracol horizontal e inclinado.
- 13°. Motor del caracol de la caja del filtro de mangas.

B) **Apagar la planta:** accionado el botón, empezará la parada de los motores en una secuencia predeterminada.

Secuencia automática de parada de los motores:

- 1°. motor de la bomba de combustible;
- 2°. motor del secador;

- 3°. motor del mezclador.
- 4°. motor del elevador.
- 5°. motor del ventilador del quemador.
- 6°. motor del extractor.
- 7°. motor de la cinta transportadora / motor del elevador de transferencia (opcional).
- 8°. motor de la cinta colectora.
- 9°. motor del sinfín colector/ sinfín horizontal.
- 10°. motor del compresor.

SISTEMA DE CONTROL DE DOSIFICACIÓN.

Modo de operación.

Permite visualizar el modo de operación de la planta, o sea, el status del botón puede estar en manual o automático. El botón conmuta entre los dos estados, siendo que, habilitado el botón se queda en el color verde con la palabra “Automático” y el botón deshabilitado se queda en el color rojo con la palabra “Manual”.

Control de dosificación en Manual.

En este modo de control el accionamiento de los silos dosificadores, bomba de asfalto y sinfines dosificadores es hecho de forma manual, o sea, el operador indica cual la velocidad que cada elemento debe trabajar.

Control de dosificación en Automático.

En este modo de control el sistema pasa a operar los silos dosificadores, bomba de asfalto y sinfines dosificadores conforme porcentual indicado en la fórmula y flujo de la planta. En este proceso el sistema de control efectúa todos los cálculos y controles para obtener la mayor precisión en la calidad de la mezcla asfáltica.

a) Comando “Ligar”

Este comando empieza el control de dosificación en automático.

b) *Comando “Desligar”*

Desliga todos los áridos. La inyección de CAP desligará después de recorrer el tiempo de atraso calibrado en la pantalla de reglaje de asfalto. Caso tenga necesidad de paro inmediato del CAP, el operador debe desactivar el comando “Libera asfalto” en la ventana del convertidor de asfalto.

c) *Flujo de la planta*

Es en este campo que debe ser insertado el flujo deseado de la planta en toneladas por hora (t/h). Para eso basta pulsar sobre el campo e insertar el valor de flujo deseado. Este valor es limitado de acuerdo con la capacidad de producción de la planta.

ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES.

1. Accionamiento.

Al pulsar sobre el compresor, cuando éste esté en el estado apagado (rojo), abrirá una ventana de confirmación “LIGAR”, con la descripción en la parte superior de la ventana del motor a ser ligado. Si la respuesta es “Yes”, el motor será ligado y el status de la figura pasa a ser verde. Si la respuesta es “No”, el motor permanece apagado y su status continúa siendo rojo.

2. Parada.

Al pulsar sobre el motor, cuando éste esté en el estado ligado (verde), abrirá una ventana de confirmación “DESLIGAR?”, con la descripción en la parte superior de la ventana del motor a ser apagado. Si la respuesta es “Yes”, el motor será apagado y el status de la figura pasa a ser rojo. Si la respuesta es “No”, el motor permanece ligado y su status continúa siendo verde.

Este proceso accionamiento y parada se lo realiza para:

- **motor del compresor**
- **motor del extractor**
- **motor del ventilador del quemador**

- motor del elevador
- motores del mezclador
- motores del secador
- motor de la cinta transportadora
- motor de la cinta colector
- sentido de giro de la cinta colectora (Directa / Reversión)
- motor del elevador de cal
- motor del elevador de finos
- motor del elevador de fibra
- motores del sinfín colector y sinfín horizontal
- motor del sinfín inclinado
- motor del sinfín SE
- del caracol de descarga de finos
- silo de separado de finos
- motor de la bomba de circulación de asfalto
- de la válvula de control de inyección o circulación de asfalto
- motor de la bomba de combustible
- motor de los silos dosificadores

ACCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE LOS SILOS DOSIFICADORES.

A) Los convertidores poseen dos modos de operación que están interligados al mismo modo de control de dosificación. Son los siguientes modos:

Manual.

En este modo el operador posee todo el control sobre el motor del silo.

Como entrada de la frecuencia de trabajo y paro del motor;

Automático: en este modo el operador solo tiene la opción de visualización. Lo restante es hecho por el propio sistema integrado de automatización.

B) Frecuencia.

Es un campo de entrada de datos, que en éste caso es la frecuencia deseada del motor. Este campo de entrada solo es liberado en modo manual del control de dosificación. Siendo que en el modo automático es solamente un campo de lectura de datos, o sea, la frecuencia del motor para un flujo deseado;

C) Desconecta.

La opción de parada es válida para operación de la planta en modo manual del control de dosificación. Caso el modo de operación esté en automático y el botón desliga sea presionado, un mensaje de aviso será mostrada en la pantalla.”La planta ésta en modo de operación automático, cambie para modo manual e tiene nuevamente” y el motor permanecerá ligado.

D) Indicación de la velocidad de la cinta dosificadora.

Es la velocidad real de la cinta indicada en m/min. Este dato es recolectado a través del sensor de pickup instalado en la cinta de cada silo.

CONTROL DE CARGA DEL CAMIÓN.

El botón (A) permite la posibilidad de un control de carga manual o automático del camión, siendo que en el modo manual, la pantalla sirve solamente para visualización de la cantidad de peso acumulado en la carga del camión. En el modo automático, el sistema carga el peso deseado del camión conforme informado en el campo (B). Al término de la carga sonará una alarma indicando fin de la carga. El peso acumulado puede ser visto en el campo (C). Este peso puede volverse a ver en cualquier momento con el botón cerrar.

Fig. 4.34. Controlador de carga.



Fuente: CIBER.com.

4.5.2.7. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE LA PRODUCCION DE ASFALTO.

Principio de funcionamiento

El proceso productivo de esta modalidad de planta se inicia con el dosificado de los agregados mediante una cinta dosificadora, para luego pasar a secar los agregados al tambor secador. La etapa siguiente es el cribado y pesaje de los agregados. Una vez pesado, los agregados pasan a una zaranda donde son separados los agregados de acuerdo a su tamaño en unos buzones para luego bajar a una balanza de peso que tiene una capacidad de 1500 kg y deposita el material al mezclador o misturador donde reciben la adición de Cemento Asfáltico y agregados pétreos. El dosaje del CA se realiza de forma continua a través de una balanza de asfalto y el Agregado a través de sistema de pesaje individual propio. La mezcla elaborada es descargada por las compuertas de mezclador directamente a los camiones.

El sistema estándar de recuperación de finos es a través de filtro vía seca, con filtrado primario en el separador estático y reincorporación del polvo en el pie del elevador de áridos calientes, que posteriormente se pesan juntamente con los áridos finos.

Alimentación del agregado.

El dosificador posee en la parte superior la boca o tolva de alimentación donde los áridos son alimentados por medio de palas cargaderas. Por gravedad el material escurre y sale directamente en la zona de dosificación en la cinta dosificadora.

Dosificado del agregado.

Mediante la cinta dosificadora que posee una balanza individual donde cada agregado es pesado separadamente de forma dinámica, La cinta dosificadora es accionada a través de moto-reductor de engranajes paralelos y tiene velocidad constante y los tambores, conductor y conducido, son auto-centralizados, característica que ayuda a corregir pequeñas desalineaciones de la cinta. El dosificador posee un sistema de vibración automática y una compuerta con reglaje de altura, tanto para dosificación de material como para desobstrucción de algún cuerpo extraño que venga en los áridos. Posee gomas de fijación en el lateral y en la parte opuesta de la compuerta, que deben ser ajustadas según el desgaste y, una vez terminada la vida útil, pueden ser sustituidas. Esas gomas evitan la salida de áridos por el lateral del dosificador y no dejan que entren piedras debajo las guías, lo que ocasionaría cortes en la cinta.

Transporte del agregado.

Luego que el material pasa por la dosificación, la cinta transportadora es accionada a través de moto-reductor de engranajes paralelas montado directamente en el rollo conductor. Ese transportador tiene velocidad constante y los tambores conductor y conducido son auto centrantés, característica que ayuda a corregir pequeñas desalineaciones de la cinta para que pueda llegar el agredo al tambor secador.

Secado y calentado del agregado.

El secado del agregado consiste en introducirlo en el tambor secador en movimiento de rotación, que tiene en su interior una serie de aletas que mueven los áridos y forman diferentes tipos de "cortinas" dentro del tambor.

Estos diferentes tipos de cortinas son las que determinan las diferentes formas de absorción de la humedad, son también las que hacen la mezcla y el avance de los áridos dentro del tambor secador.

Transporte y dosificado del material.

Después de extraída la humedad, un elevador de cangliones transporta los materiales calientes y secos hasta la parte superior de la torre de dosificación, que tiene un conjunto de zarandas vibratorias para clasificación conforme al tamaño de las piedras o su granulometría 1/4" , 3/4" , 3/8" para luego almacenarlo en silos calientes. Conforme la mezcla deseada, se realiza la dosificación del material seco en la balanza de estos silos, que tienen por función garantizar la fracción de cada material en la mezcla a través del pesaje individual. El material fuera de medida tiene opción de ser descargado dentro del silo N° 4 (áridos grandes).

Los componentes pétreos, el ligante (Cemento Asfáltico de Petróleo), medidos por la balanza propia llegan juntos al mezclador. El sistema controla el tiempo de mezcla para luego pasar a un silo padrón que tiene una capacidad de 1 m³, la mezcla asfáltica debe poseer una temperatura entre 140 y 160^a, y no debe ser menor o más de allí se descalifica el asfalto para su uso. La computadora se encarga de calentar la mezcla hasta la temperatura deseada, para luego depositarla en la tolva o silo de descarga de 50 toneladas, este silo tiene sistema de apertura manual o automática de su compuerta, de donde irá a los camiones para su traslado.

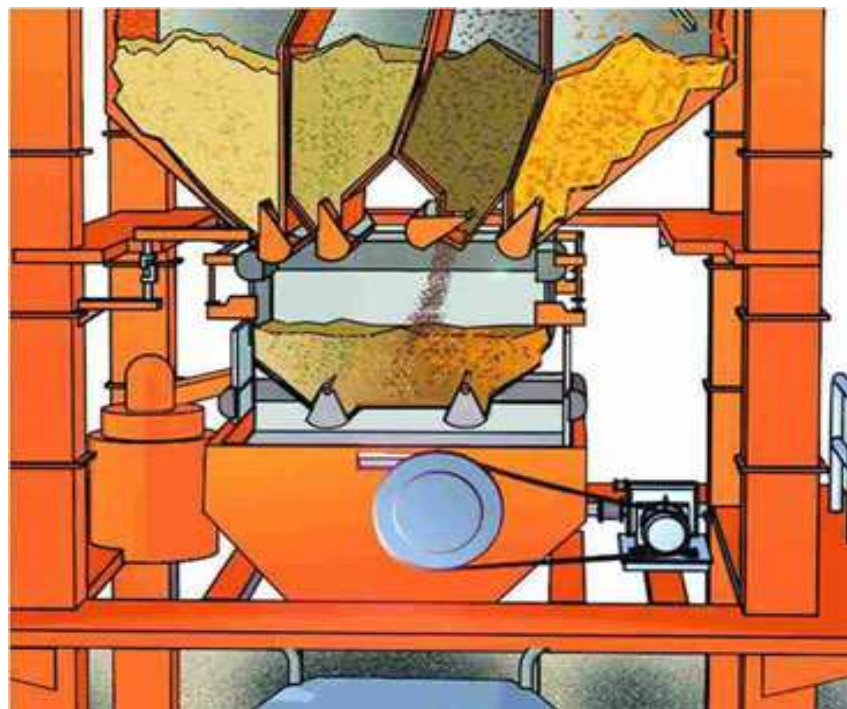
A este tipo de planta también se la llama planta por barcada o bachada, pues cada carga de material dentro del mezclador equivale a una barcada o bachada. La producción de este tipo de planta se da por la capacidad de barcadas o bachadas por

hora, terminado el proceso, el concreto bituminoso procesado en caliente se lo dirige al camión.

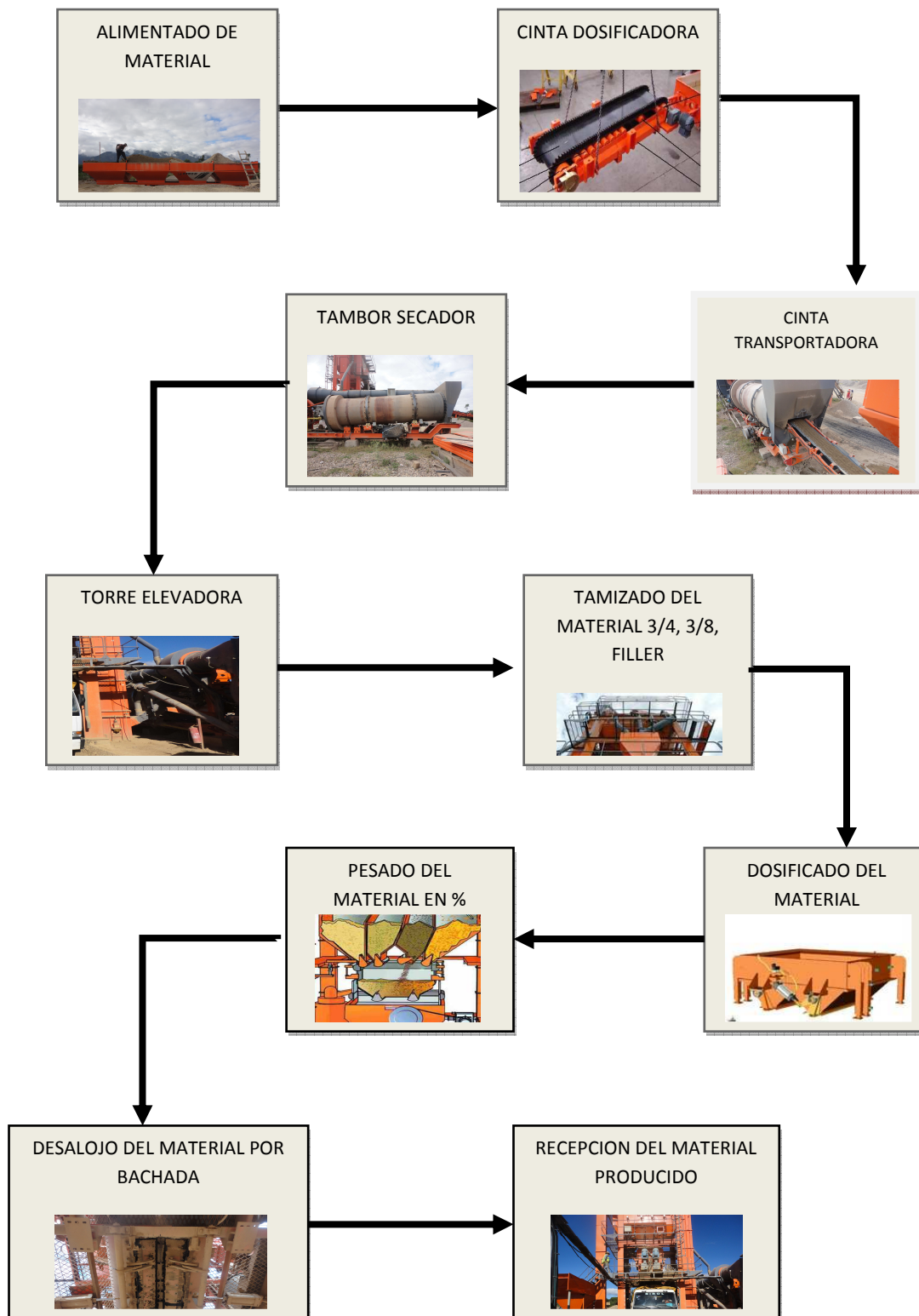
Los porcentajes con que se trabaja para la dosificación de la producción de asfalto varía de acuerdo a los datos especificados por el laboratorio, la planta actualmente trabaja con los siguientes porcentajes de material:

FINO	44.6%
3/4"	24.6%
3/8"	25.6%
C. ASFALTICO	5.2%

Fig. 4.35. Proceso de Mezclado de los materiales



Fuente: CIBER.com.

ESQUEMA GRAFICO DEL PROCESO.

4.5.2.8. PRODUCCION.

La producción mezclas asfálticas de alta calidad depende de varios factores como el equipo principal y secundario, de los agentes climáticos y estado del agregado, como el contenido humedad.

La producción de mezcla asfáltica de 9 días laborables se detalla a continuación especificando cada uno de los materiales:

MATERIAL PRODUCIDO

Fino		Grava 3/8"		Grava 3/4"		Peso de CA (Tn)	Mezcla Total (Tn)
Kg.	M³	Kg.	M³	Kg.	M³		
92800	65,49	51000	36,82	49700	38,08	10,04	203,54
79900	56,39	47200	34,08	43900	33,64	8,77	179,77
236700	167,04	165600	119,57	137500	105,36	26,44	578,87
160000	112,91	98300	70,97	85400	65,44	17,98	361,68
129900	91,67	84800	61,23	74700	57,24	14,6	304
139100	98,17	92400	66,71	79100	60,61	14,29	324,89
108000	76,22	68500	49,46	65200	49,96	11,4	253,1
132000	93,15	92200	66,57	76100	58,31	14,4	314,7
210500	148,55	132600	95,74	109400	83,83	20,8	473,3
1288900	909,5977417	832600	601,1552347	721000	552,4904215	138,72	2993,85

METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA.

La humedad del agregado es un parámetro muy importante en el proceso de la mezcla asfáltica, ya sea en la producción o en la economía. La cantidad de producción depende de la humedad del agregado, y del equipo principalmente. Si el agregado se encuentra con mucha humedad mayor del 3% el tambor secador tarda en secar, la producción de la planta disminuye, si la humedad es menor al 3% la producción de

esta planta llega a 130 Toneladas/hora, este tipo de planta tiene una eficiencia máxima de producción de 150 Toneladas/hora.

Para mejorar la producción de mezcla asfáltica se puede realizar las siguientes acciones:

- Construir un techo o tinglados de protección del material con la finalidad que estos estén aislados de los agentes climáticos. Este espacio de acopio debe tener separadores para los diferentes tipos de material que produce la planta de agregados, en la (figura 4.41). se observa el acopio del material producido.

Fig. 4.36 Acopio del material producido.



Fuente: CMI-Cifali. Manual de plantas RD. 2003.

La economía también varía de acuerdo a la humedad del agregado porque a mayor humedad la fuerza del quemador debe ser más intensa y esto lleva tener que abrir más la llama y mayor uso de combustible para el quemador, hasta un 3% de humedad el gasto de combustible es de 4 litros/hora, hasta un 6% es de 8 litros/hora y para un 10% es de 12 litros hora.

❖ ANALISIS DE PROBABILIDAD ESTADISTICA.

DATOS ESTADISTICOS						
	Fino	3/8"	3/4"	Peso de	Mezcla Total	% DEL MAXIMO
	Kg.	Kg.	Kg.	CA (Kg)	(kg)	
MEDIA DIARIA DE LOS DIAS TRABAJADOS	143211,11	92511,11	80111,11	15413,33	331246,67	
MEDIA DIARIA REAL	51556,00	92511,11	28840,00	5548,80	178455,91	
MAXIMO DIARIO PRODUCIDO	236700,00	165600,00	137500,00	26440,00	566240,00	
MINIMO DIARIO PRODUCIDO	79900,00	47200,00	43900,00	8770,00	179770,00	
RANGO DE PRODUCCION DIARIA	156800,00	118400,00	93600,00	17670,00	386470,00	
PRODUCCIÓN MEDIA MENSUAL SI SE TRABAJA LOS DIAS LABORABLES	3580277,78	2312777,78	2002777,78	385333,33	8281166,67	58,50
PRODUCCIÓN MENSUAL REAL	1288900,00	2312777,78	721000,00	138720,00	4461397,78	31,52
PRODUCCION MAX. PROBABLE MENSUAL EN CONDICIONES OPTIMAS	5917500,00	4140000,00	3437500,00	661000,00	14156000,00	100,00
PRODUCCION MIN. PROBABLE MENSUAL EN CONDICIONES OPTIMAS	1997500,00	1180000,00	1097500,00	219250,00	4494250,00	31,75

Se ha realizado la revisión de la producción de los agregados y la mezcla asfáltica en el mes de octubre, desglosando detallando los diferentes materiales que se usan y la producción de la misma.

El análisis se basó en parámetros estadísticos de la media el rango la variabilidad y demás elementos que permiten realizar un análisis de funcionamiento actual y la posibilidad de funcionamiento en óptimas condiciones y en condiciones desfavorables.

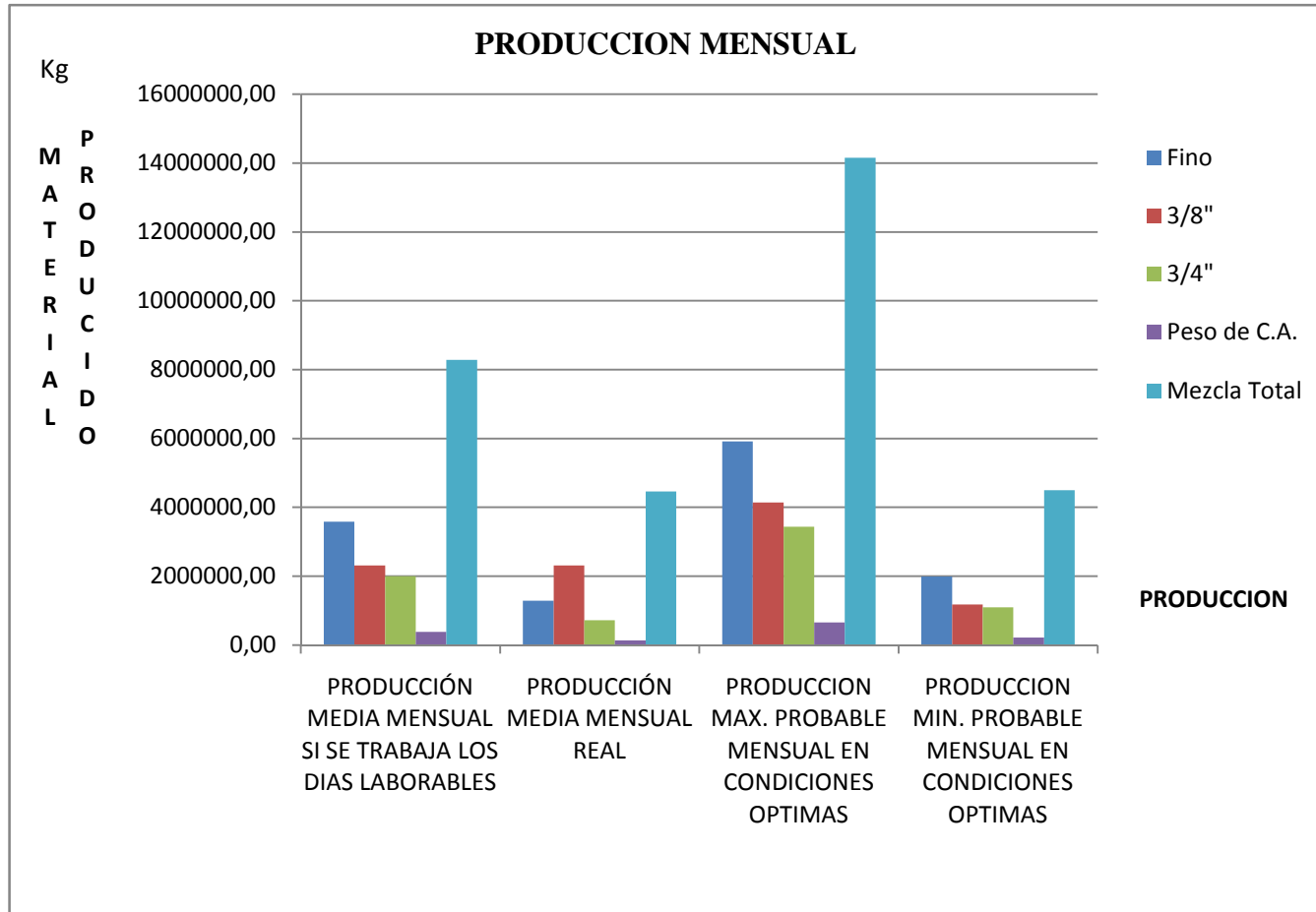
De acuerdo al gráfico de la producción mensual de los materiales para la producción de mezcla asfáltica se puede mencionar lo siguiente:

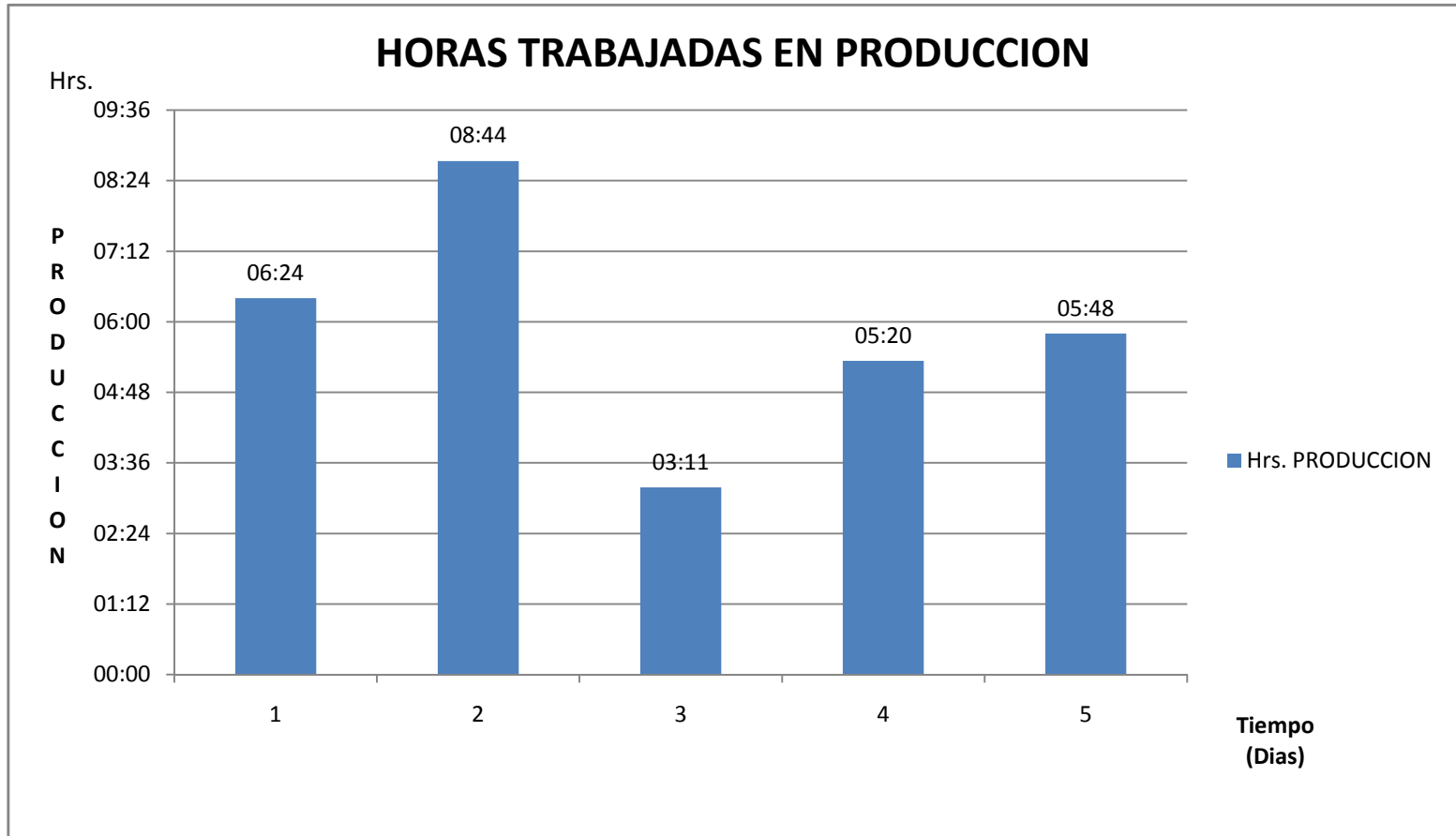
- La producción mensual de la planta está alrededor de 4000000 de kg. Lo que corresponde a un total de 9 días de producción sobre los 25 días laborables del mes, Si se trabajaría los 25 días laborables la producción subiría alrededor de 8000000 de kg, es decir que existe la probabilidad de duplicar la producción mensual de mezcla asfáltica.
- Si es que la planta trabajara los 25 días laborables en condiciones óptimas pudiera producir más de 14000000 de kg, lo que significa que la planta está produciendo un poco más del 31% de la capacidad teórica de producción de la planta.

Esta cantidad de producción actual 31% se da por los factores que se mencionan a continuación:

- La producción de agregado debe ser mayor que la producción de mezcla asfáltica, y debe ser colocado en lugares donde puedan ser protegidos de los agentes climáticos. Este aspecto es de mucha importancia porque la humedad del agregado juega un papel importante en la producción.
- La planta debe contar con un generador de energía que funcione únicamente para la planta de asfalto, ya que la energía de la red, no satisface la capacidad con que trabaja la planta, debido a que existen bajones de tensión, esta situación hace que se tenga pérdidas de producción y pérdidas económicas que a la larga son considerables.
- De acuerdo al análisis estadístico existe mucha variabilidad en el rango de producción, en un día de trabajo la producción varía entre 50000 kg a 180000 kg. Lo que significa que no existe una producción uniforme.

4.5.2.9. HISTOGRAMAS DE PRODUCCION.





CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El análisis de las plantas procesadoras de agregados y asfalto, y sobre la mezcla asfáltica en caliente en sí, contribuye de gran manera para comprender y dar a conocer, el montaje, el sistema de operación y un conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos dispuestos de tal manera para producir mezcla asfáltica. En el caso de la planta del SEDECA, el proceso de operación es muy práctico, dadas las condiciones tecnológicas con las que cuenta la planta; sin embargo, se pudo observar que existen falencias tales como la falta de equipo de apoyo, protección de agregado producido y mejoramiento de equipo que se encuentra en mal estado.

2. Para la implementación de una planta de agregados y asfalto, deben tomarse en cuenta los aspectos generales estos pueden ser: legales, económicos, financieros, estudio de mercado, estudio técnico, estudio metodológico y las consideraciones ambientales. De alguna manera, todos estos aspectos están relacionados entre sí, siendo necesario el adecuado estudio de cada uno de ellos, para poder de esta manera, obtener resultados optimizados en la producción de agregados y mezcla asfáltica.

3. Para la producción de mezcla asfáltica en caliente, se debe conocer la naturaleza de los distintos elementos de las plantas; la principal variante lo constituyen los procesos de chancado, tamizado, secado y mezclado que se realiza por medio de una metodología de operación estrictamente controlada, esto con el fin de obtener resultados satisfactorios, dando lugar a la obtención de una mezcla homogénea.

Esta mezcla producida tiene una temperatura de 150 grados centígrados, donde la dosificación de los agregados es la siguiente: agregado Fino = 44.6%, 3/4" = 24.6%, 3/8" = 25.6% y el contenido de cemento asfáltico de

5.2% cumpliendo el 100% de la mezcla optima para formar una capa densa y uniforme, utilizada para pavimentación.

4. La economía también varía de acuerdo a la humedad del agregado porque a mayor humedad la fuerza del quemador debe ser más intensa y esto lleva tener que abrir más la llama y mayor uso de combustible para el quemador, hasta un 3% de humedad el gasto de combustible es de 4 litros/hora, hasta un 6% es de 8 litros/hora y para un 10% es de 12 litros hora.
5. La identificación de los distintos elementos que componen una planta en sí, constituye la mejor herramienta para el correcto desempeño de las tareas de montaje, metodología de operación, sistemas de funcionamiento, el conocimiento de la materia prima, los parámetros de la mezcla asfáltica, con lleva a formar criterio para comprender de mejor manera el proceso de producción de mezcla asfáltica.
6. En todo proceso manufacturero se persigue la cantidad y calidad del producto final; sin embargo, ésta no se puede lograr si las condiciones del equipo que intervienen se encuentran en malas condiciones de operación. Uno de los más grandes problemas con que cuenta la planta perteneciente al SEDECA es que no cuenta con todo el equipo necesario o con los recursos económicos suficientes para tener todo el equipo en buen estado para un buen funcionamiento y por ende una optima producción.
7. En todo proceso manufacturero, se dan riesgos de ocurrencia de accidentes; el proceso de producción de agregados y mezcla asfáltica en caliente no es la excepción, por el contrario, el hecho de la existencia de muchas partes

móviles en la planta, manejo de altas temperaturas, altas presiones y la naturaleza de los suministros utilizados, puede presentar riesgos para la seguridad y salud ocupacional. El respeto y el alto cumplimiento de los distintos procedimientos, así como el uso del equipo de protección personal es de gran importancia.

RECOMENDACIONES

1. Es importante, el estudio teórico sobre las plantas de asfalto y de la mezcla asfáltica en sí, para lograr comprender de mejor manera el funcionamiento y operación de los diferentes elementos que componen la planta y que participan durante el proceso de producción.
2. Es recomendable tomar en cuenta todas las consideraciones sobre la selección y ubicación de una planta para evitar problemas, posteriores y durante la operación. El correcto montaje de la planta implica lograr posicionarla de la manera más conveniente a las condiciones y área de terreno con que se cuenta, sin olvidar las consideraciones ambientales.
3. Para producir, seguramente habrá que operar la planta; la operación es sin duda la prueba más representativa de que todo está bien, sin embargo, la mezcla podría presentar problemas, y esto no dependería directamente del funcionamiento de la planta sino de su calibración o de otros factores externos como el exceso de humedad en los agregados o la mala calidad del cemento asfáltico. Por esta razón, estas situaciones deberán ser controladas continuamente.
4. En todo proceso, no hay elemento más importante que el elemento humano, es recomendable la exigencia en cuanto a todo lo relacionado a las medidas de seguridad industrial y salud ocupacional. Preservar y mejorar la calidad de vida humana, es sin duda lo más importante y la prioridad más grande.