

Propuesta de verificación del control de calidad en la colocación y producción de mezclas asfálticas para la empresa constructora MECO S.A

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN
CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**Propuesta de verificación del control de calidad en la colocación y producción de
mezclas asfálticas para la empresa constructora MECO S.A.**

Llevado a cabo por el estudiante:

Rodríguez Rojas Dilan

Carné: 2018209609

Proyecto de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el martes 22 de agosto de 2023 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

GUSTAVO
ADOLFO ROJAS
MOYA (FIRMA)

Firmado digitalmente
por GUSTAVO ADOLFO
ROJAS MOYA (FIRMA)
Fecha: 2023.08.28
10:38:08 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya, MSc.
Representante Director de la Escuela

SERGIO
FERNANDEZ
CERDAS (FIRMA)

Firmado digitalmente
por SERGIO FERNANDEZ
CERDAS (FIRMA)
Fecha: 2023.08.28
06:33:30 -06'00'

Ing. Sergio Fernández Cerdas, MSc.,
Profesor Guía

RAFAEL STACE
BALDODANO
GOULDING (FIRMA)

Firmado digitalmente por
RAFAEL STACE BALDODANO
GOULDING (FIRMA)
Fecha: 2023.08.23 15:47:02
-06'00'

Ing. Rafael Baltodano Goulding, PhD
Profesor Lector

MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2023.08.23 13:54:51
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA
Profesor Observador

Resumen

El proyecto por desarrollar tiene como objetivo generar un plan para la verificación del control de calidad en la colocación de las mezclas asfálticas tal que se pueda evaluar el desempeño en procesos y mano de obra, e implementar herramientas estadísticas para caracterizar el resultado de ensayos de laboratorio partiendo desde la confección en plantas de producción hasta resultados de la mezcla asfáltica colocada. El propósito de esta propuesta radica en poder brindar soluciones a problemas que surgen en la confección de carreteras, de tal manera que la empresa constructora MECO S.A no incurra en inconformidades ante especificaciones de ordenamiento jurídico y solicitudes contractuales.

Para llevar a cabo dicho proyecto se realizó un control de los aspectos físicos y ambientales que intervienen a la hora de colocar la mezcla asfáltica en los distintos tramos de carretera, por lo que fue imprescindible investigar los posibles daños a corto y largo plazo que se puedan producir si estos controles no se realizan de la mejor manera. Por otra parte, se generaron controles a los agregados pétreos que se utilizan como cuerpo granulométrico de la mezcla asfáltica, considerando acciones preventivas referentes a cumplimiento en pruebas de laboratorio, control de procesos y una correcta verificación del producto con herramientas estadísticas.

Abstract

The objective of the project to be developed is to generate a plan for the verification of quality control in the placement of asphalt mixtures so that the performance in processes and labor can be evaluated, and to implement statistical tools to characterize the results of laboratory tests. starting from the preparation in production plants to the results of the asphalt mix placed. The purpose of this proposal is to be able to provide solutions to problems that arise in the construction of roads, in such a way that the construction company MECO S.A does not incur disagreements with legal specifications and contractual requests.

To carry out this project, a control of the physical and environmental aspects that intervene when placing the asphalt mixture in the different sections of road was carried out, for which it was essential to investigate the possible short and long-term damage that can be produce if these controls are not carried out in the best way. On the other hand, controls were generated for the stone aggregates that are used as the granulometric body of the asphalt mix, considering preventive actions regarding compliance with laboratory tests, process control, and correct verification of the product with statistical tools.

Propuesta de verificación del control de calidad en la colocación y producción de mezclas asfálticas para la empresa constructora MECO S.A

Dilan Rodríguez Rojas

Proyecto final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería en Construcción

Mayo del 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Capítulo 1: Marco teórico	2
Capítulo 2: Metodología	22
Capítulo 3: Resultados y Análisis de resultados	27
Conclusiones y recomendaciones.....	62
Referencias bibliográficas	64
Apéndice.....	67

Resumen ejecutivo

El presente trabajo final de graduación se desarrolló con el fin de generar mecanismos para evaluar el control de calidad llevado a cabo en la colocación de mezclas asfálticas, se buscó facilitarle a la empresa Constructora MECO S.A la lectura de los ensayos de laboratorio que le realizan a la mezcla asfáltica y a los núcleos extraídos, se realizaron también manuales y listas de verificación que sirvan de soporte para que el ingeniero a cargo verifique el cumplimiento de las actividades principales y primordiales.

La calidad de proyectos de infraestructura vial se ha visto envuelto en polémica en los últimos años, presuntos incumplimientos en calidad exponen a muchas empresas de no acatar directrices de normativas, por ello se busca intentar mejorar metodologías de trabajo con herramientas y aportes que demuestren buenas prácticas y ayuden a analizar el momento donde se presente alguna anomalía en la producción.

Como parte fundamental de un ingeniero en construcción está el compromiso ético de generar espacios seguros y perdurables para la sociedad por ello la necesidad de implementar tecnologías y mecanismos que prolonguen la curva de aprendizaje hacia un futuro donde el personal se capacite correctamente y los procesos se mejoren cada vez más.

Para llevar a cabo el proyecto se propusieron cuatro objetivos específicos que permitieron la recolección de información tanto por inspecciones en campo, entrevistas a profesionales con experiencia en el área de asfaltos, recopilación de resultados de ensayos de calidad llevados a cabo por el gestor de calidad de la empresa MECO S.A el cual corresponde al ITP (ingeniería técnica de proyectos) y con información bibliográfica, principalmente del CR 2010 el cual es la normativa vigente en el proyecto de ampliación y rehabilitación de la ruta nacional 32 al ser adjudicado en 2018.

El capítulo 1 contiene conceptos de carácter técnico que es necesario para lograr comprender el trabajo realizado, dichos conceptos fueron argumentados con referencias bibliográficas y con imágenes tomadas en campo para sustentar lo presentado.

Para el desarrollo del capítulo 3 que se refiere a los resultados y análisis de resultado. Para el primer objetivo se realizaron encuestas dirigidas a ingenieros, encargados y técnicos con preguntas fundamentadas en el CR 2010, esto con el fin de evaluar el conocimiento técnico y normativo del personal a cargo, así como preguntas abiertas donde pudieran dar sus puntos de vista basados en la experiencia en el campo como procesos que requieren de mayor cuidado en la producción.

Para desarrollar el segundo objetivo se realizaron visitas al proyecto para poder analizar las buenas y malas prácticas ejecutadas durante el proceso de preparación de la superficie y colocación del asfalto, para ello se tomaron fotografías y se colocaron en el documento haciendo la distinción de buenas a malas prácticas, además, contando con la información del primer objetivo se elaboró una lista de verificación de actividades que permitió al profesional darle un adecuado seguimiento a las actividades críticas.

El tercer objetivo se desarrolló mediante la recopilación y procesamiento de información, se generó una tabla la cual se imprimía a los chequeadores para llevar un control de producción en el cual colocaban estacionamientos, activo del camión transportador de asfalto, cantidad de tonelada de asfalto de cada camión, temperatura del asfalto, anchos de carril, temperatura de compactación, etc. Además, se procesaron los reportes de laboratorio en las respectivas bases de datos que alimentaron la herramienta generada en power bi.

Para el cuarto objetivo se ejemplificó el uso de la herramienta presentando los resultados del mes de enero el cual fue cuando se dio la mayor producción, además, se generó un manual de buenas prácticas que comprende a los operadores del finisher, compactadores, camión distribuidor de asfalto, camiones transportadores de la mezcla, rastrilleros y paleros y encargados. Todo esto con el fin de aumentar el acceso a información para mejorar resultados en calidad y producción.

Como conclusión se generaron adecuadamente las herramientas para mejora de la calidad en mezclas asfálticas, por otro lado, el estudio estadístico presenta normalidad en la distribución no obstante se presentan datos atípicos en el vfa del 22 de enero por incumplimiento a especificaciones técnicas y se concluye la similitud entre promedios de compactación en la capa de 19 mm de 99.89% y de 12.5 mm la cual fue de 99.95%.

Introducción

El proyecto para el cual fue contratado la empresa constructora MECO S.A se ubica en la zona de Limón y cuenta con un tramo de 10.2 km para ampliación y rehabilitación de la ruta. Parte fundamental es la etapa de colocación de asfalto tanto en el control de la producción diaria o mensual, así como la calidad y el análisis exhaustivo que detrás de estos conlleva, para este proyecto se evaluó el trabajo en campo del personal a cargo de la colocación de mezcla asfáltica, así como los resultados de calidad propio de las mezclas colocadas. Anteriormente la empresa no contaba con herramientas o listas de verificación que sirvieran como soporte para controlar exhaustivamente el proceso de colocación MAC por lo que se desarrollaron manuales que permitieran al personal profesional a cargo preveer posibles problemas que involucre atrasos o problemas a corto y largo plazo. Se implementó la herramienta digital para poder ver de forma más dinámica y amena el control de producción diario o mensual ya que se cuenta con segmentadores de datos para filtrar la información que se requiere recopilar, ya sea fechas específicas, tipos de mezclas colocadas o secciones de carreteras abarcadas.

Con esta herramienta se busca poder analizar aspectos que se puedan mejorar para buscar resultados óptimos en las carreteras, de forma que el ingeniero a cargo vea el comportamiento estadístico que contiene la mezcla y en qué puntos se comporta de manera irregular para preveerlo a futuro, la confección de carreteras como la construcción en general tiene un gran impacto a nivel ambiental por lo que al mejorar la producción y colocación se busca no incurrir en reprocesos o remociones de tramos para asfaltar por segunda vez ya que esto impacta de manera negativa al medio ambiente.

Objetivos y alcance

Objetivo general:

Verificar el cumplimiento del plan de control de calidad en confección mezclas asfálticas para la empresa constructora MECO S.A

Objetivos específicos:

- Analizar sobre los factores que inciden en los problemas y fallas de la mezcla asfáltica
- Identificar las condiciones que garantizan procesos óptimos para los operadores en las etapas de colocación de la carpeta asfáltica
- Evaluar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio mediante herramientas estadísticas.
- Generar un plan de buenas prácticas para la colocación de mezclas asfálticas

Alcance:

El presente proyecto se realizó con el objetivo de crear instrumentos para mejorar el control de la calidad en la confección de pavimentos flexibles, específicamente la capa superficial, las herramientas desarrolladas se suministran a los profesionales pertenecientes a la empresa constructora MECO S.A para que funcionen como ayuda en etapas de colocación de asfalto y con ello buscar mejorar los estándares de la empresa. A continuación, se muestran los alcances obtenidos:

- Información de los procesos críticos o de importancia en la colocación de la mezcla
- Encuestas basadas en normativa CR 2010 para evaluar el conocimiento de profesionales a cargo
- Apartados con evidencia fotográfica donde se observan buenas y malas prácticas realizadas en campo
- Lista de chequeo para verificar el cumplimiento de actividades importantes en el campo
- Herramienta estadística para el control de producción y calidad
- Manual de buenas prácticas enfocadas al personal que interviene en la colocación

Agradecimientos

Esta sección la voy a dedicar a agradecer a todo aquello que permitió culminar una etapa de mucha exigencia, pero de gran crecimiento profesional como fue estudiar en el Tecnológico de Costa Rica, fueron 5 años de mucho sacrificio pero que satisfactoriamente me ayudaron a formarme tanto profesional como persona en sí.

Agradezco de enorme corazón a mi madre Kattia Alejandra Rojas Cerdas, a mi padre Edgar Rodríguez Sánchez quienes me han mantenido motivado y son mi motor de vida, mis pilares y las personas que más amo en esta vida, agradezco por todas las noches que estuvieron para mí por todos esos días donde el cansancio mental colapsa y han estado para levantarme e impulsarme a seguir adelante, este logro no es sólo mío sino de ellos dos también, agradezco por confiar siempre en mí.

Agradezco a mi hermano Royner Rodríguez Rojas y mi hermana Paola Rodríguez Rojas, así como amigos y personas que amo y estuvieron en este largo camino, que sin la ayuda y el amor que me brindaron en esta etapa hubiera sido más difícil.

Por otro lado, agradezco a la escuela de ingeniería en construcción y a sus profesores por tan importante aporte intangible que me brindaron como es el conocimiento al Msc. Sergio Fernández Cerdas por la ayuda y el conocimiento compartido para llevar a cabo dicho proyecto.

Capítulo 1: Marco teórico

Este apartado se centra en temas referentes a los pavimentos flexibles, específicamente a la capa asfáltica con el afán de mejorar la comprensión de dicho documento.

Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles corresponden a aquellos formados por una capa de mezcla asfáltica que descansa sobre una base ya sea estabilizada o simple, una sub base y un estrato de sub rasante. Dicho pavimento actúa mediante un comportamiento mecánico multicapa el cual se basa en transmitir la carga vehicular de capa a capa disminuyendo el área de propagación hasta lograr disiparla.

Mezcla asfáltica

Las mezclas asfálticas están constituidas principalmente por agregados minerales y el asfalto por lo que el comportamiento o la vida útil de la capa asfáltica depende de las características individuales de los agregados, del asfalto y de la interacción entre estos.

Componentes

Ligante asfáltico

El ligante asfáltico como insumo principal de la mezcla asfáltica posee propiedades de suma importancia como es la susceptibilidad a la temperatura, su propiedad viscoelástica y el envejecimiento. En la figura 1 se presenta la relación que posee los efectos del tiempo y la temperatura, tal como se aprecia, la cantidad de asfalto que fluye podría ser la misma para una hora a 60°C o 10 horas a 25°C (Garnica, et al., 2005).



Figura 1. Simulación temperatura- velocidad de carga
Fuente: Delgado et al, (2018)

El cemento asfáltico es un material visco- elástico, a altas temperaturas (mayor a 100°C) se comporta como un fluido viscoso y se relaciona con una reacción similar a una carga de tránsito lento y a muy baja temperatura (menor a 0 °C) se comporta como un sólido elástico, la cual se relaciona con el comportamiento de una carga rápida (Delgado et al, 2018). Tal como se muestra en la figura 2 que nos presenta la respuesta a carga vs la temperatura de operación

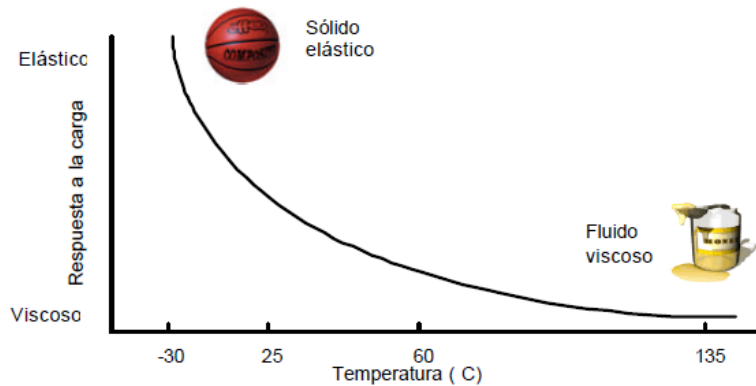


Figura 2. Diagrama temperatura- respuesta a la carga
Fuente: Delgado et al, (2018)

Agregados minerales

Los agregados minerales que se utilizan para confeccionar la mezcla asfáltica pueden ser naturales, triturados o sintéticos. Algunas características determinantes en el comportamiento a corto y largo plazo de la mezcla son:

- Granulometría: importante para caracterizar el tipo de mezcla a utilizar
- Textura: Partículas con bordes redondeados presentan poca cohesión por lo que son susceptibles a ocasionar fallas en la capa asfáltica, mientras que las partículas angulares y rugosas producen una mayor resistencia. Las partículas redondeadas no se traban entre sí, más bien tienden a deslizarse unas con otras (Garnica et al., 2005).

Polímeros

Funcionan como modificadores de las propiedades del asfalto, estos mejoran el comportamiento de la mezcla asfáltica ante temperaturas y respuesta contra las cargas vehiculares (Múnera,2012). Algunos polímeros que se pueden mencionar según Múnera (2012) son:

- Elastómeros: Brindan una mejor recuperación elástica después de retirar un esfuerzo e incrementa la resistencia a temperaturas ambientales altas, aun así, poseen una rigidez reducida. Un ejemplo es el estireno butadieno estireno (SBS)
- Termoplásticos: Mejoran efectivamente la dureza del asfalto y reducen la susceptibilidad térmica del asfalto. Ejemplo de este es el polietileno (PE) y entre los más comunes de este se encuentran los de alta (PEAD) y baja densidad (PEBD). Los de alta densidad se utilizan cuando se requieren una adecuada rigidez, resistencia y tolerancia al calor y los de baja densidad se implementan cuando se requiere resistencia alta al impacto y a la ductilidad.

Tipos de mezclas

Los tipos de mezclas a utilizar se caracterizan por cumplir con estructuras granulométricas específicas que dependen del tipo de capa a construir, así como las especificaciones de diseño donde se menciona el tipo de ligante, implementación de polímeros, etc.

Tamaño máximo nominal

Se define como el tamiz superior al primer tamiz en retener el 10% de material

Mezclas para capas de ruedo

Corresponden a aquellas mezclas que cuentan con un tamaño máximo nominal de agregado igual o menor a 19 mm

Mezclas para capas intermedias o de base

Para este tipo de mezcla se utiliza un tamaño máximo nominal de agregado superior a 19 mm

Tipos de fallas

Fatiga

Este tipo de agrietamiento ocurre cuando el pavimento ha sido sometido hasta el límite de su capacidad por la repetición de aplicaciones de carga, este tipo de falla está asociado con las cargas que son más pesadas o la repetición es mayor que las consideradas en el modelo de diseño

El agrietamiento por fatiga está relacionado directamente con el contenido y rigidez del asfalto. Dicha falla se evidencia mediante fisuras longitudinales intermitentes (Garnica et al., 2005).



Figura 3. Falla por fatiga "cuero de lagarto"
Fuente: Zevallos, 201

Deformación permanente

La deformación permanente ocurre en dos escenarios distintos donde el porcentaje de vacíos que contiene la mezcla intercede en la integridad del mismo, por ende es una falla que puede suceder a temprana edad y da origen a una superficie de ruedo no uniforme.

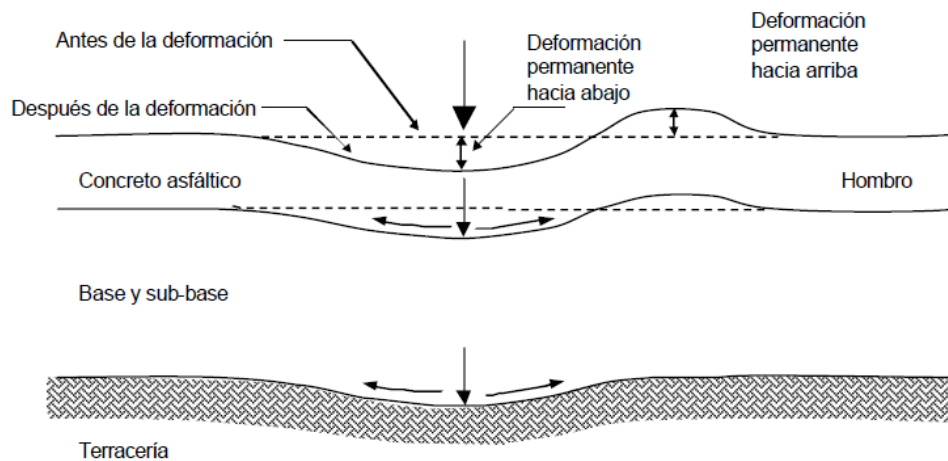


Figura 4. Falla por deformación permanente
Fuente: Garnica, et al., (2005)

Existen tres tipos de deformaciones dentro de este tipo de falla, las cuales son (Garnica et al., 2005):

Deformación plástica

Consiste en una depresión longitudinal al flujo vehicular, la falla tiene forma de valle, acompañada por montículos laterales, este generalmente sucede por contenidos de aire bajos (menores al 3%). Esto podría

darse por exceso de compactación a la mezcla colocada ya que ocasiona que los vacíos se llenen de asfalto e impide que los agregados se unan entre sí

Deformación por consolidación

Se asimila a la deformación plástica, solamente que en este caso no hay presencia de montículos a los lados del valle de la falla. Este tipo de falla, al igual que la plástica sucede por temas de compactación, cuando hay vacíos de aire mayores al 8%. La mezcla asfáltica tiende a consolidarse a lo largo de la marca de rueda de carga

Deformación mecánica

Se evidencia mediante un hundimiento o depresión producto de la falla en los estratos del pavimento como son la base, subbase o material de préstamo y ocurre por falla en el diseño propiamente.

Grietas reflejadas

Este tipo de grietas se forman en sentido transversal al flujo de tránsito, ocurren por los gradientes térmicos o por humedad que se llevan a cabo en la base estabilizada o sobre la placa de pavimento rígido en la que descansa la capa de mezcla asfáltica, dichas fisuras se transmiten al asfalto por un espejo de falla al estar conectadas entre sí (Miranda, R.2010).

Exudación

Se presenta como un afloramiento del ligante asfáltico en la superficie del pavimento, usualmente se da en épocas calurosas y sucede por un excesivo uso del ligante asfáltico en la mezcla o bien por abuso en la cantidad de riego de liga o imprimación que se utilice como adherencia entre capas.

Control de calidad

Para llevar a cabo una evaluación de control de calidad de una empresa es de importancia contemplar aspectos de producción, de buenas prácticas en las ejecuciones de los trabajos, así como la evaluación y el cumplimiento de resultados de ensayos estandarizados, de acuerdo con el cartel de licitación del proyecto a evaluar, que estará sustentado por normativa de cumplimiento obligatorio. Estos factores de trabajo, producción y resultados son fundamentales a la hora de llevar a cabo estos tipos de controles, tal como lo menciona (Campos, 1992) "La calidad está relacionada con la fuerza humana de trabajo que los manipula, con su grado de conocimientos adquiridos respecto a las propiedades de estos, el arte y la técnica que se emplean."

Gravedad específica bruta

Corresponde a la densidad relativa de la mezcla compactada incluyendo espacios vacíos.

Gravedad máxima teórica

Densidad relativa de la mezcla compactada sin incluir los espacios vacíos en ella.

Vacíos de aire

Corresponde a un dato porcentual de vacíos de aire respecto al peso total de mezcla.

VMA (Vacíos en el agregado mineral)

Según Minaya y Ordoñez (2001) “corresponden al volumen ocupado por el asfalto efectivo y los vacíos atrapados entre los agregados recubiertos y se expresa como un porcentaje del volumen total de la muestra”.

VFA (Vacíos llenos de asfalto)

Minaya y Ordoñez (2001) indican que “se refiere al volumen ocupado por el asfalto efectivo o el porcentaje de vacíos en el agregado mineral VMA, ocupado por el asfalto”.

% Asfalto Efectivo

Corresponde la cantidad total de asfalto presente en la mezcla excluyendo el asfalto que absorbió el agregado, se puede interpretar como la capa de asfalto que recubre exteriormente el agregado propio de la mezcla (Minaya y Ordoñez, 2001).

Maquinaria, equipo y personal

Finisher

Equipo utilizado para distribuir el asfalto de forma uniforme sobre el ancho de carril o espaldón dando con ello un buen acabado con el nivel requerido.



Figura 5. Equipo de asfalto, Finisher

Backhoe

La función de este equipo en asfaltos se basa en transportar el asfalto caliente para colocar en aquellos lugares donde el finisher no logra ingresar contando siempre con la colaboración de los peones o rastrilleros

Camión distribuidor de asfalto

Se encargan de transportar el asfalto líquido necesarios para realizar los riegos de imprimación o riegos de liga, esto con el fin de potenciar la adherencia entre capas. El camión distribuidor de asfalto cuenta una barra de distribución donde se ubican las boquillas o aspersores por donde se expulsa el ligante, posee un sistema de control que permite al chofer regular la velocidad de aplicación, el ancho y altura de la barra y cuenta con un sistema de calentamiento.



Figura 6. Camión distribuidor de asfalto

Trailetas

Son las encargadas de transportar la mezcla asfáltica desde la planta de producción hasta el lugar de colocación. Se encargan también de colocar la mezcla en el volquete del finisher.



Figura 7. Trailetas térmicas

Compactador de rodillo

Encargados de densificar la mezcla asfáltica con el uso del rodillo vibratorio. En dicho proyecto se utilizaron dos compactadores, uno de 12 toneladas y el otro de 9 toneladas.



Figura 8. Compactación con rodillo

Compactador llanta de hule

El compactador llanta de hule se encarga de suavizar la mezcla y eliminar las marcas dejadas por el compactador de rodillo, asegurando que la mezcla quede uniforme y lisa.



Figura 9. Compactador llanta de hule

Alineadores verticales

Se utilizan para poder indicarle al finisher el nivel que se requiere de espesor en la capa asfáltica, se recomienda según el CR2010 utilizar al menos cada 6m, de esta forma garantizar espesores que cumplan.



Figura 10. Alineadores verticales

Rotomartillo

Previo a colocar la mezcla asfáltica se requiere perforar el suelo para insertar los alineadores verticales.



Figura 11. Rotomartillo

Equipos de limpieza

Antes de comenzar el proceso de colocación de asfalto se debe emplear una barredora y camión distribuidor de agua que garanticen una superficie limpia donde no se vaya a ver afectada la adherencia entre capas.



Figura 12. Camión distribuidor de agua



Figura 13. Barredora

Encargado

Se encarga de fiscalizar y tomar decisiones a la hora de colocar la mezcla asfáltica ya que cuentan con experiencia en dicho campo. Parte de sus funciones es el potenciar una comunicación efectiva entre contratistas, supervisores e ingenieros.

Rastrilleros y peones

Realizan la distribución del asfalto en los extremos del ancho abarcado por el finisher, así como dar el acabado que se requiera ante eventualidades.



Figura 14. Extensión de asfalto con peones y rastrilleros

Geogrilla

Al situar la mezcla asfáltica sobre una base estabilizada se debe prevenir una reflexión de agrietamiento por temperatura por lo que el uso de la geogrilla permite evitar este tipo de fallas.



Figura 15. Geogrillas

Normativa y aspectos técnicos

Ensayos de caracterización

Tal como se muestra en el CR 2010 “la administración debe revisar el diseño de mezcla suministrado por el contratista y realizar una verificación de este reproduciendo el diseño de mezcla, cuando se realice la verificación la información suministrada por el contratista deberá coincidir con las tolerancias establecidas en la tabla 401-05”. A continuación, se muestran los ensayos que se deben realizar para el control de la calidad del asfalto colocado, así como las tolerancias de diferencias entre el autocontrol y supervisión.

Descripción	Método de ensayo	Diferencias aceptables entre el Contratista y la Administración
Porcentaje retenido individual de los tamices gruesos a partir del tamiz de 2,36 mm (N°. 8)	AASHTO T308 AASHTO T30	± 3,0
Porcentaje retenido individual de los tamices más pequeños que el tamiz de 2,36 mm (N°. 8) y más grandes que el tamiz de 0,075 mm (N°. 200)	AASHTO T308 AASHTO T30	± 3,0
Porcentaje pasando el tamiz de 0,075 mm (N°. 200)	AASHTO T308 AASHTO T30	± 1,0
Contenido de asfalto, %	AASHTO T308	± 0,5
Contenido de vacíos de especímenes moldeados en el laboratorio, (%)	AASHTO T269	± 1,0
Estabilidad	AASHTO T245	Mayor al valor especificado
Flujo	AASHTO T245	± 1,0
Vacíos en el agregado mineral VMA (%)	AASHTO M323	Mayor al valor especificado
Vacíos llenos con asfalto VFA (%)	AASHTO M323	± 1,0
Relación polvo/asfalto (%)	AASHTO M323	± 0,3
Resistencia a la tensión diametral especímenes secos	AASHTO T283	± 159 kPa
Resistencia a la tensión diametral retenida	AASHTO T283	Mayor al valor especificado
Desempeño a deformación permanente y fatiga	AASHTO T340 y AASHTO T321	Mayor al valor especificado
Recuperación elástica en asfalto modificado	AASHTO T301	Mayor al valor especificado
Punto de ablandamiento en asfalto modificado	AASHTO T53	Mayor al valor especificado

Figura 16. Tolerancias aceptables entre diseño de mezcla y verificación
Fuente: CR 2010 (2010)

Para analizar la mezcla asfáltica, así como el cumplimiento de parámetros de calidad, se mencionan algunos de los métodos llevados a cabo en el proyecto.

Compactación en campo

Con el uso del equipo conocido como densímetro nuclear, se eligen puntos aleatorios donde se verifica que la densificación de la mezcla sea la apropiada



Figura 17. Compactación en campo con densímetro nuclear

Muestreo para aceptación de la mezcla en campo

Desde la traileta que transporta la mezcla asfáltica se extraen tres muestras almacenadas en cajas, dichas cajas serán para autocontrol, supervisión y una tercera que cumplirá la función de muestra testigo, esta muestra será abierta y analizada cuando alguna de las partes tenga incumplimientos en resultados de laboratorio.



Figura 18. Muestreo para aceptación de mezcla

Extracción de núcleos

Para verificar la calidad de la muestra colocada y densificada se deben extraer núcleos de la superficie de la carpeta y proceder a analizarlas en laboratorio.

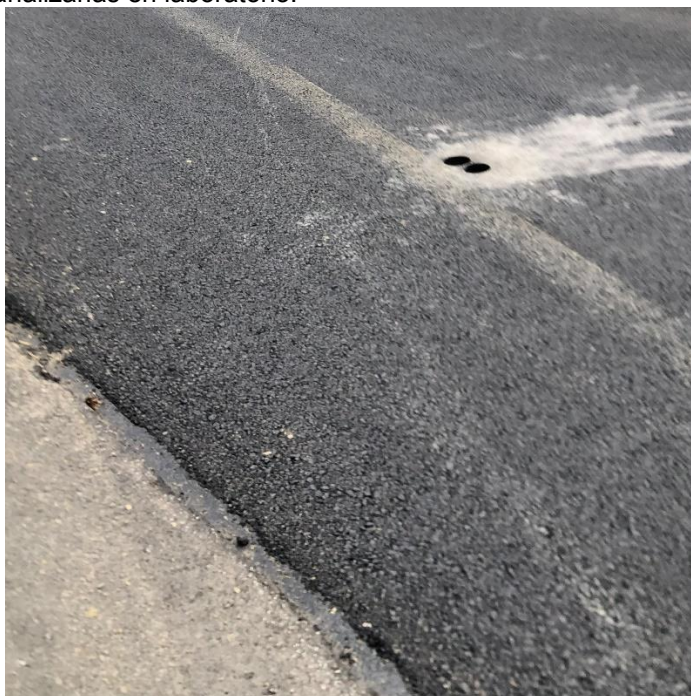


Figura 19. Calzada con agujeros de núcleos extraídos

Normativa

Para llevar a cabo dicho proyecto se debe contemplar el CR 2010 y obedecer los estándares que en él se presentan, cabe destacar que se utiliza esta versión ya que es con la que se inició el proyecto y bajo las cuales se adjudicó.

Capítulo 2: Metodología

Tipo de investigación

Investigación Cuantitativa

Permite evaluar los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística. Se necesita que entre los elementos de la investigación exista una relación y que se pueda delimitar y saber dónde se inicia el problema y cuál es su dirección. Usa la metodología descriptiva, analítica y experimental (Miler,2011)

Para poder llevar a cabo el control de calidad se evalúan datos numéricos como resultados de ensayos de laboratorio, a parte se toman datos en campo como estacionamientos, cantidad de toneladas transportadas y colocadas diariamente y temperaturas de mezcla salida de planta y de compactación, esto con el fin de garantizar y caracterizar el debido control.

Investigación Exploratoria

Se realiza con el propósito de resaltar uno o más puntos de un problema determinado además de encontrar la mejor manera de cómo enfocarlo (Miler,2011).

Con el fin de mejorar la productividad de los proyectos a futuro se requiere conocer cuáles son los principales problemas en los cuales se incurren y como tomar medidas para corregir las mismas. Parte fundamental es mejorar el control de productividad y disminuir las no conformidades que surgen tanto en la mezcla colocada como la que sale directamente de planta.

Investigación de campo

Se apoya en información del objeto de estudio o de los involucrados en él, a partir de indagación de campo como en la investigación (Miler,2011).

La mayor cantidad de datos procesados surgen de aquellos que se extraen en campo y que se ven reforzados con investigación para su correcta interpretación. Estos datos se logran tomar con ayuda de chequeadores y técnicos encargados de generar ensayos in situ y en laboratorio con extracciones de muestras.

Investigación Descriptiva

Es la descripción, registro, análisis e interpretación, mediante análisis. En ésta investigación se ven y se analizan las características y propiedades para que con un poco de criterio se las pueda clasificar, agrupar o sintetizar, para luego poder profundizar más en el tema (Miler,2011).

La síntesis de estos datos recolectados se evalúan mediante normativa naciona, específicamente el CR-2010. Los demás datos se evaluarán mediante investigación científica.

Sujetos de información

Para llevar a cabo el proyecto de investigación es necesario generar trabajos orientados a consulta y recopilación de información mediante la conversación o entrevistas con personas. Para esta investigación cuantitativa se requiere contar con chequeadores que obtengan datos que se forman en campo tal como los estacionamientos topográficos en donde se coloca el asfalto por activo que llegue con material, temperaturas del asfalto, anchos de carril y tipo de capa colocada. Por otra parte, se cuenta con técnicos que se encargan de realizar los debidos ensayos de laboratorio, así como procesarlos y generar los informes y finalmente ingenieros que puedan contribuir con criterio generado en el campo.

Fuentes de información

Fuentes de información primaria

Este tipo de fuentes contienen información original es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada (Maranto,2015).

Para la obtención de información primaria se obtiene información proveniente de fuentes bibliográficas que permitan desarrollar un conocimiento más amplio acerca de procesos óptimos y problemáticas con posibles soluciones.

Fuentes de información secundaria

Este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción, reorganización de la fuente primaria (Maranto,2015)

Se implementarán este tipo de fuentes como referencia de tratamientos estadísticos que mejoren la comprensión de resultados.

Descripciones técnicas e instrumentos

Hojas para control en campo

Para llevar a cabo la recopilación de información en campo, se generarán hojas creadas por medio del software Excel, las cuales los chequeadores en campo puedan utilizarlas diariamente y de paso que queden archivados para futuros controles o revisiones.

Encuestas

Para poder generar el manual de buenas prácticas se emplearán encuestas a ingenieros con experiencia en la confección de carreteras, en este tipo de encuestas se pretende abordar temas que dentro de la empresa han dado problemas dentro de la producción y confección de pavimentos flexibles.


Revisión bibliográfica

Como método de recopilación de información es primordial implementar la revisión bibliográfica para poder complementar las encuestas y entrevistas, de esta manera poder generar criterios que provengan de otros profesionales que puedan estar documentados y que sea de vital importancia para la investigación.

Desarrollo de los instrumentos

Hojas para control en campo

Como se mencionó en la sección anterior, para uso y facilidad del chequeador o inspector de campo se generaron hojas de control como muestran en la siguiente imagen, las mismas recibirán información de cantidad de viajes, activos, estacionamientos, temperaturas, anchos de carril, ubicación, tipo de proyecto y un apartado para imprevistos en campo.

Fecha:		Control de colocación MAC										
Ubicación:												
Condición climática:												
Viaje	Boleta	Peso (ton)	Activo	Activo 02	Est. Inicial	Est. final	Temperatura salida de planta (°C)	Temperatura de Compactación (°C)	Ancho de Carril (m)	(A) (R)	Carril ó Espaldón	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
Total colocado (Ton)						Promedio						

Riego	Intensidad (l/m ²)
De liga	
De imprimación	

A: Ampliación
 CI: Carril derecho interno
 CDE: Carril derecho externo

R: Rehabilitación
 CI: Carril izquierdo interno
 CIE: Carril izquierdo externo

Figura 20. Hoja para control colocación MAC

Encuestas

Mediante Google forms se pretende generar una encuesta dirigida a ingenieros que cuenten con experiencia en la confección de las carreteras. Las preguntas que se han generado preliminarmente confeccionadas a base de lo que se ha experimentado a lo largo del proyecto se presentan a continuación.

Pregunta 1	El cemento asfáltico debe ser calentado para garantizar la transferencia desde el tanque de almacenamiento hacia el tambor mezclador de la planta. Dicho asfalto no podrá sobrepasar las temperaturas de A) 155 °C B) 165°C C) 175°C D) 185°C.
Pregunta 2	¿Si una de las boletas de las trailetas que llegan a proyecto indican que se calentó el asfalto a temperaturas mayores a 175 °C, que procede? A) Esperar que se enfríe un poco para poder colocarla B) Humedecer la superficie subyacente C) Rechazar dicha traileta
Pregunta 3	¿Qué distancia longitudinal se considera mínima para alinear la pavimentadora mediante guías o “pikas”? A) 6 m B) 4 m C) 3 m
Pregunta 4	¿En proyectos donde las temperaturas ambientales son bajas, qué temperaturas considera aceptables para iniciar el ciclo de compactación? A) Mayores a 60°C B) Mayores a 70°C C) Mayores a 80°C D) Ninguna de las anteriores
Pregunta 5	¿Cuántos días posterior a estabilizar la base subyacente a la carpeta, se puede aplicar el riego de imprimación? A) Al siguiente día B) Mínimo 3 días C) Mínimo 7 días
Pregunta 6	¿Cuál es el objetivo del uso de una emulsión asfáltica en la construcción de pavimentos asfálticos? A) Generar una capa adicional que permita disipar fuerzas de tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica B) Mejorar la adherencia entre capas C) Aumentar la resistencia del pavimento
Pregunta 7	Para asegurar una buena distribución del riego de imprimación se debe verificar que A) Las boquillas del camión distribuidor de asfalto se encuentren en un ángulo de 45° B) La altura de la barra del camión distribuidor de asfalto sea correcta dependiendo la cobertura que se requiera en el riego
Pregunta 8	¿Cuál es la importancia de la compactación en la calidad de un pavimento flexible? A) No tiene importancia en la calidad del pavimento B) Es importante para garantizar una superficie suave C) Es esencial para asegurar una adecuada resistencia al tráfico y durabilidad del pavimento
Pregunta 9	¿Qué actividad del proceso constructivo requiere de mayor cuidado al realizarla?
Pregunta 10	¿Cuál es la diferencia entre un asfalto de 19 mm y uno de 12?5 mm? Qué consideraciones toma cuando se varía el tipo de mezcla

Pregunta 11	¿Cuáles son los incidentes que ocurren con más frecuencia a la hora de colocar la capa asfáltica?
-------------	---

Presentación de los resultados

Power BI

Como método de procesamiento de la información se desarrollará un dashboard que permita al usuario poder ver el resumen de producción por fecha a conveniencia, las no conformidades que se tramiten por fecha, la cantidad de toneladas colocada y el costo para la empresa por tonelada colocada.

Manual de buenas prácticas

Como parte de las recomendaciones y conclusiones del proceso estadístico se pretende generar un manual que evite incurrir en malas prácticas y productos problemas que puedan surgir en el proyecto.

Estadística

Mediante tablas estadísticas se evaluarán los resultados de los ensayos de laboratorio para la mezcla asfáltica en planta y colocada, así como los ensayos realizados al agregado pétreo utilizado.

Descripción del proceso de análisis.

Para llevar a cabo la recopilación de información a base de propiedades físicas y químicas del asfalto se utilizarán referencias bibliográficas.

Para el manual de buenas prácticas se obtendrá de las encuestas y conclusiones de análisis estadístico

Para llevar a cabo el manual de buenas prácticas se pretende observar las buenas y malas prácticas que se llevan a cabo en campo, así como recomendaciones de entrevistados a cerca de procesos que son de cuidado y deben contemplarse en dicho manual.

El análisis estadístico se llevará a cabo utilizando la información brindada por parte de la empresa y la recolectada con las hojas de control.

Capítulo 3: Resultados y Análisis de resultados

Factores determinantes en la calidad del pavimento

A continuación, se presenta un apartado dedicado a mostrar aquellas particularidades propias del asfalto que en caso de no ser consideradas dentro de la producción y colocación pueden llegar a propiciar problemas a corto y largo plazo en la integridad de la mezcla asfáltica en caliente.

Para llevar a cabo dicho análisis se desarrolló una encuesta dirigida a personas con experiencia en colocación de asfaltos entre ellos se entrevistaron encargados de asfaltos (1), técnicos (1) e ingenieros (6), con la característica que todos han intervenido en proyectos de ampliación y rehabilitación de rutas, la participación de estas personas se muestre a continuación.

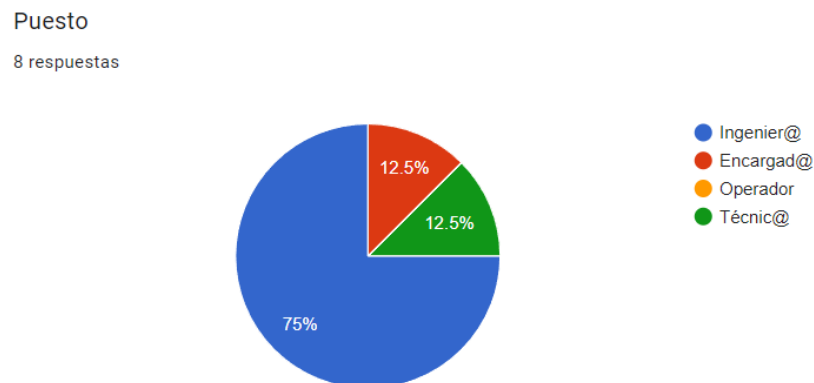


Figura 21. Participación encuesta

Para lograr determinar el grado de conocimiento y su criterio sujeto a la experiencia se desarrollaron las siguientes preguntas con sus debidas respuestas. El cartel contractual de dicho proyecto está basado en la reglamentación descrita en el CR2010 por lo cual las preguntas fueron sujetas a la información descrita en dicha normativa, a los entrevistados también se les indicó que las preguntas eran en torno a una mezcla de carácter convencional.

1. El cemento asfáltico debe ser calentado para garantizar la transferencia desde el tanque de almacenamiento hacia el tambor mezclador de la planta. Dicho asfalto no podrá sobrepasar las temperaturas de.

8 respuestas

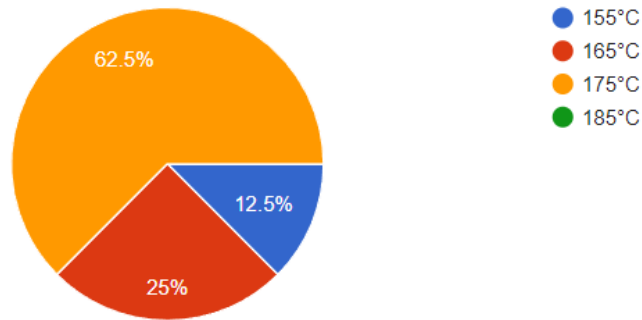


Figura 22. Resultados pregunta 1

Según la subsección 401.08. "Preparación del cemento asfáltico" del CR 2010 (2010), se dice que el asfalto no puede ser calentado por encima de los 175°C. Esto debido a que una de las fallas características del asfalto es su falla por oxidación o envejecimiento, ya que se manifiesta por una pérdida de las propiedades fisicoquímicas del material producto de exposición a altas temperaturas durante el tiempo de mezclado y servicio, produciendo endurecimiento, pérdida de la consistencia viscoelásticas y fisuración del asfalto (Parada et al, 2005).

De las 8 personas, 5 respondieron correctamente, 2 consideraron que la temperatura máxima era de 165°C y una respondió que la temperatura máxima era de 155 °C.

- ¿Si una de las boletas de las trailetas que llegan a proyecto indican que se calentó el asfalto a temperaturas mayores a 175 °C, que procede?

8 respuestas

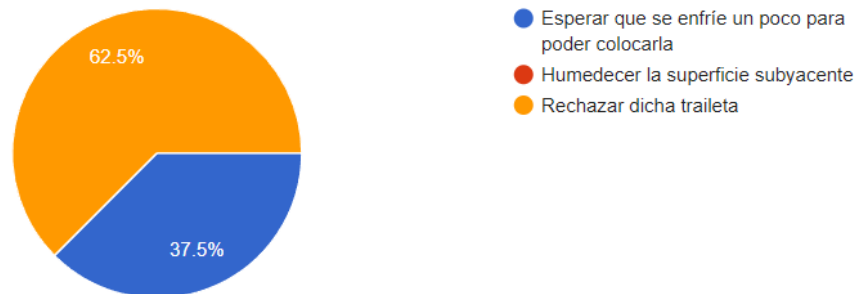


Figura 23. Resultados pregunta 2

Como se evidenció en la pregunta 1, el ingeniero y personal que colabora en la colocación del asfalto debe tener conocimiento del efecto que conlleva sobrecalentar una mezcla asfáltica a altas temperaturas, en este caso 5 personas consideraron que se debe rechazar dicha mezcla asfáltica, los tres restantes consideran que se debe esperar que la mezcla alcance temperaturas aptas para poder colocar y compactar.

Para una mezcla asfáltica en caliente sin ningún tipo de polímero, que se ha sobre calentado y sujeto a normativa nacional CR 2010 se debe rechazar dicha traileta para evitar posibles efectos de envejecimiento del asfalto por oxidación y posibles pérdidas en las propiedades fisicoquímicas.

- ¿Qué distancia longitudinal se considera mínima para alinear la pavimentadora mediante guías o "pikas"?

8 respuestas

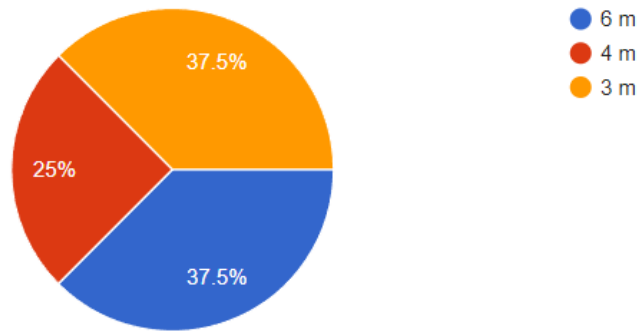


Figura 24. Resultados pregunta 3

De acuerdo con la subsección 401.05 del CR 2010 (2010), el pavimentador o finisher debe ser alineado por guías de al menos 6 m de largo para contar con un correcto control horizontal de la mezcla y asegurar de esta manera una colocación uniforme sobre el plano horizontal. En casos específicos donde la línea del plano horizontal requiera un control de guías más preciso queda a criterio del ingeniero la distancia mínima entre ellas, no obstante, una distancia mayor a 6 m se considera un incumplimiento de la norma y una distancia menor en proyectos donde no se requiera infiere en atrasos y sobre costos.

En este caso 3 personas consideran que la distancia mínima debe ser de 3m, 2 personas opinan que la distancia mínima será de 4 m y tres personas respondieron correctamente eligiendo los 6m como distancia mínima de colocación de alineadores.

4. ¿En proyectos donde las temperaturas ambientales son bajas, qué temperaturas en la mezcla considera aceptables para iniciar el ciclo de compactación?

8 respuestas

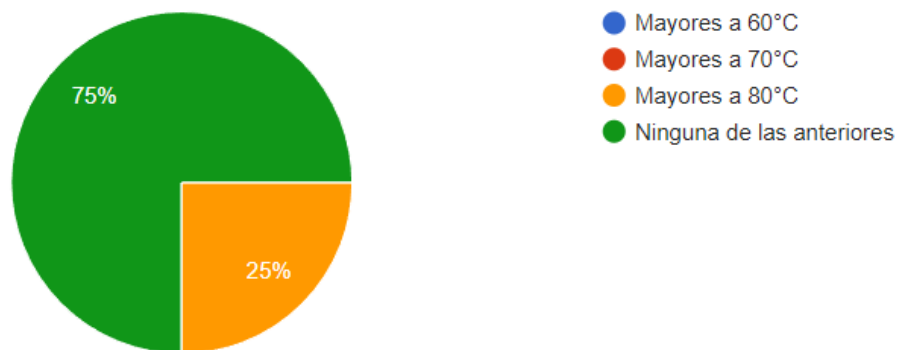


Figura 25. Resultados pregunta 4

Para el proceso de compactación de la mezcla asfáltica en caliente convencional, de acuerdo a la subsección 401.14 del CR 2010 (2010) el proceso de compactación debe ser muy cuidadoso y evitar producir agrietamiento, ondulaciones y deformaciones y no se deberá compactar la mezcla a temperaturas inferiores a 80°C.

Los resultados de la encuesta indican que para los entrevistados 6 consideran que se debe compactar a temperaturas mas altas de las brindadas en las opciones y 2 consideran que a temperaturas mayores a 80°C se puede iniciar el ciclo.

5. ¿Cuántos días posterior a estabilizar la base subyacente a la carpeta, se puede aplicar el riego de imprimación?

8 respuestas

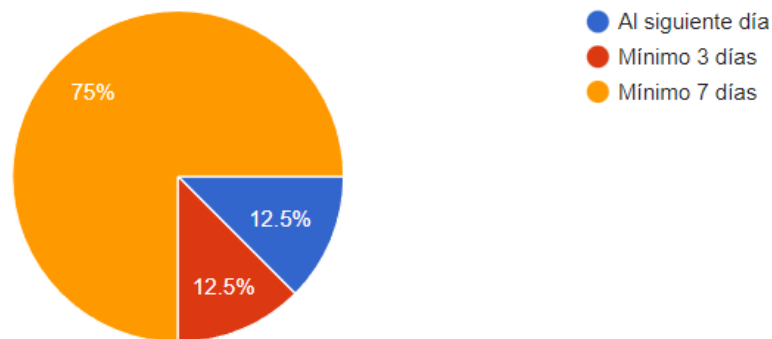


Figura 25. Resultados pregunta 5

De la sección 302 “Mejoramiento de caminos” del CR 2010 (2010), se hace referencia a la subsección 302.08 referente al curado, en dicho apartado se menciona que una vez que la base de material estabilizado haya sido acabada y compactada, se debe aplicar asfalto emulsificado CRS-2 o RS-2 sin diluir a razón de 1.1 l por metro cuadrado. Esto con el fin de cuidar la integridad de la base estabilizada.

Para esta pregunta, 6 entrevistados consideran que la aplicación del riego debe darse 7 días después de acabada la base estabilizada, una persona considera que al siguiente día se puede aplicar el riego y una última persona considera que 3 días ya es apto para aplicar dicho riego.

6. ¿Cuál es el objetivo del uso de una emulsión asfáltica en la construcción de pavimentos asfálticos?

8 respuestas

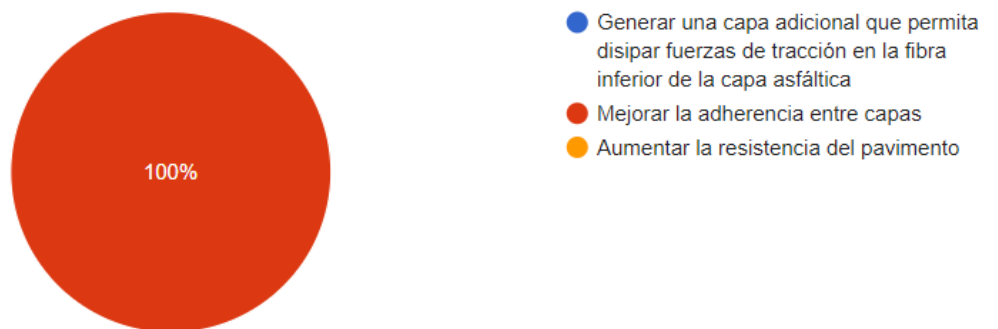


Figura 26. Resultados pregunta 6

Una de las propiedades fundamentales de aplicar riegos de emulsión asfáltica persiste en la necesidad de generar capas que se comporten como un solo sistema, es decir que se mejore la propiedad de adherencia entre ellas y transmita los esfuerzos en todo el paquete de pavimento. Todas las personas entrevistadas respondieron correctamente, eligiendo respuesta al objetivo de utilizar emulsión asfáltica la mejora la adherencia entre capas.

7. Para asegurar una buena distribución del riego de imprimación se debe verificar que

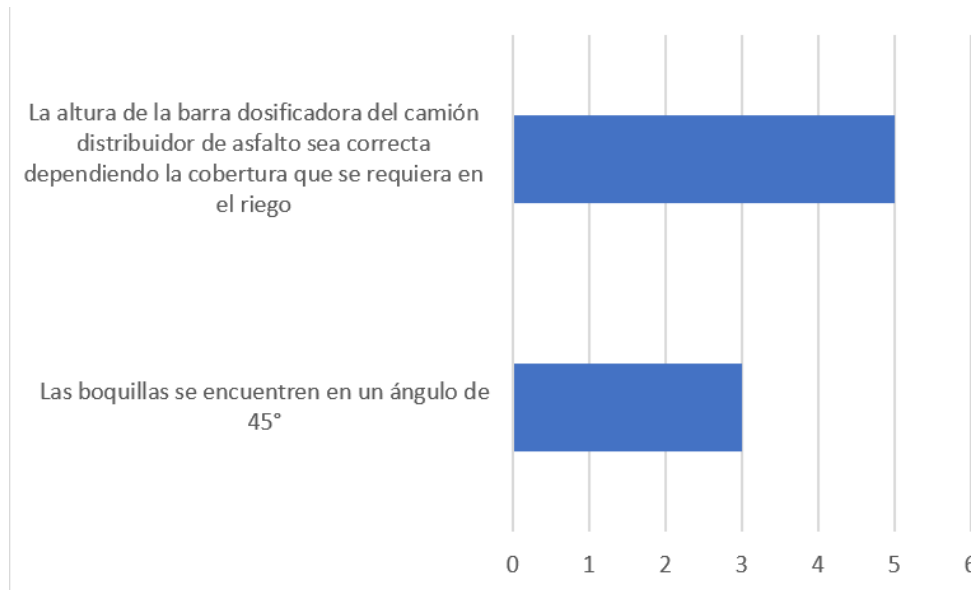


Figura 27. Resultados pregunta 7

Según la guía para inspectores: Aplicación de riego de liga (2019) el ángulo de las boquillas se recomienda sea entre 15° y 30° medido con respecto al eje longitudinal de la barra y se debe verificar que la altura de la barra dosificadores sea la apropiada para la cobertura requerida, tal como se muestra en la imagen 28 la cual busca obtener distribuciones uniformes y no generar líneas o rayas que vayan a afectar la adherencia entre capas. De las personas entrevistadas 5 de ellas respondieron correctamente, indicando el cuidado que se debe tener en la altura de la barra dosificadora para genera riegos apropiados, mientras que los otros 3 entrevistados respondieron erróneamente indicando posiciones incorrectas referentes al ángulo de las boquillas.

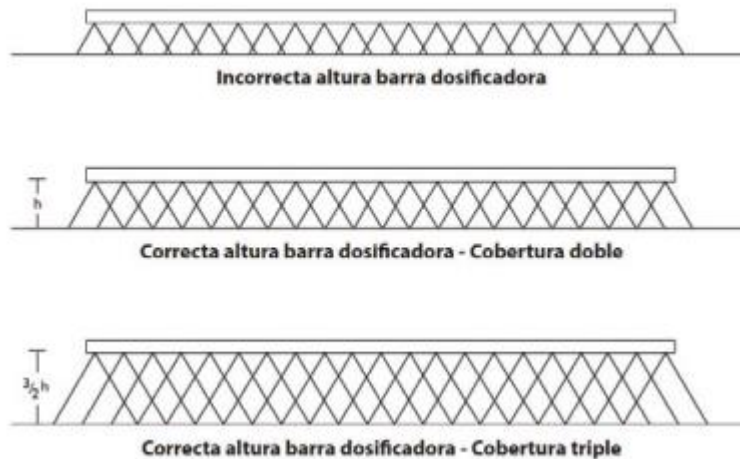


Figura 28. Alturas barras dosificadoras
Fuente: Asphalt institute (2014)

8. ¿Cuál es la importancia de la compactación en la calidad de un pavimento flexible?

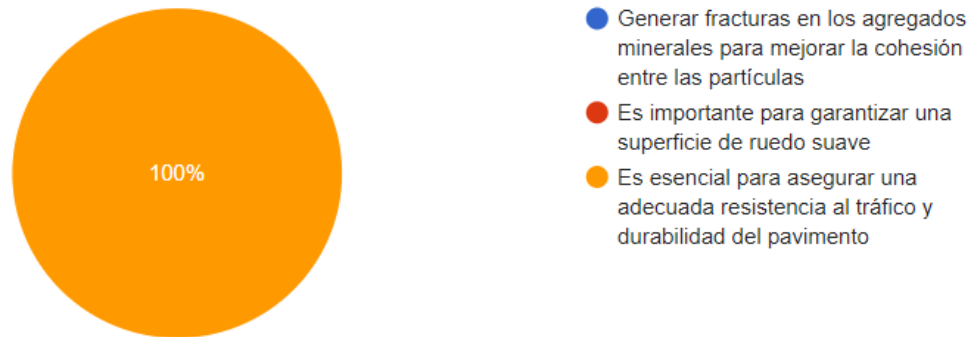


Figura 29. Resultados pregunta 8

El proceso de compactación o densificación de la mezcla asfáltica radica en la obtención de capas asfálticas resistentes y con una cantidad de vacíos apropiados que no vayan a generar fallas de deformaciones plásticas o deformaciones por consolidación ante las cargas vehiculares. En esta pregunta el 100% de los entrevistados respondieron correctamente.

9. ¿Qué actividad del proceso constructivo requiere de mayor cuidado al realizarla?

- Compactación
- Producción
- Compactación
- Colocación de primera capa, esto para garantizar tener el espesor deseado y poder cumplir con el espesor solicitado, de igual manera garantizar una colocación homogénea para obtener buenos resultados de IRI
- La compactación ya que de ella depende la calidad final del producto en gran medida
- La compactación
- Distribución de la emulsión
- Colocación al espesor requerido

En esta pregunta, 4 de cada 8 entrevistados consideran que el proceso que requiere mayor cuidado al realizar la colocación de la mezcla asfáltica corresponde al de compactación, dos de ellos hacen hincapié al cumplimiento de espesores solicitados, uno de ellos considera la distribución de la emulsión como uno de los procesos de mayor cuidado y un último indica que la producción como tal puede generar problemas en dicho proceso constructivo.

10. ¿Cuál es la diferencia entre un asfalto de 19 mm y uno de 12?5 mm? Qué consideraciones toma cuando se varía el tipo de mezcla

- Hacer un paño de prueba con cada una de la MAC
- Tamaño máximo. El diseñador asigna el tipo de mezcla a utilizar
- Granulometría
- El tamaño nominal del agregado que se utiliza
- La diferencia es el tamaño Máximo nominal de la partícula. Depende mucho de lo que requiera el diseño de pavimento
- Por el tamaño del agregado puede segregarse
- El tamaño del agregado y el tipo de tránsito que pasa por la vía
- Para capas delgadas usaría TM mayor y para capas gruesas TM menor. Sí la capa es gruesa y el TM es de 19MM se debe tener cuidado para que la compactación sea la debida

La diferencia de una mezcla de 19 mm y 12.5 mm se ve evidenciado en la granulometría de los agregados que conforman dicha mezcla, conforme a ello los parámetros de aceptación varían en algunos casos. Las especificaciones utilizadas en las mezclas elaboradas en el proyecto ampliación y rehabilitación ruta nacional 32 especifican que, para una mezcla de 19 mm se deben obtener valores de porcentaje de asfalto en la mezcla de 4.7-5.7, mientras que para una mezcla de 12.5 mm se utilizan valores entre 5.6-6.2 por lo que se entiende que entre menor sea la granulometría más cantidad de asfalto contendrá. Otro parámetro que varía de acuerdo con la mezcla a utilizar es el VMA (Volumen de vacíos en la mezcla asfáltica) que para una mezcla de 19 mm se utiliza un mínimo de 13 y para una de 12.5 mm un mínimo de 14.

En este caso 6/8 entrevistados respondieron que la diferencia principal es la granulometría, el primer entrevistado respondió sobre la necesidad de llevar a cabo un paño de prueba para cualquier tipo de mezcla y el último hizo énfasis al uso de cada mezcla de acuerdo el propósito de diseño y sobre el cuidado en el proceso de compactación en mezclas de 19mm.

11. ¿Cuáles son los incidentes que ocurren con más frecuencia a la hora de colocar la capa asfáltica?

- El tránsito y variables climáticas
- Mala compactación
- Espesores, sobrecompactación, baja compactación, ac30 mal distribuida
- Altas temperaturas al iniciar el ciclo de compactación antes de una temperatura óptima para dar inicio al proceso
- Lluvia
- Baja compactación, segregación
- Lluvia en la época lluviosa, temperaturas bajan al presentarse atrasos en la colocación
- Avería de algún equipo de compactación o colocación, lluvia durante la colocación, enfriamiento de la mezcla

4 de cada 8 entrevistados consideran la compactación como uno de los principales incidentes a la hora de colocar la mezcla asfáltica, 5 de cada 8 se refieren a afectaciones por condiciones climática, otros mencionados son problemas por el tránsito vehicular, espesores, riego de imprimación mal distribuido, segregación de la mezcla, averías de equipos y atrasos en los que se enfría la mezcla.

Procesos óptimos en la colocación de mezcla asfáltica

En este apartado se procedió a analizar las buenas y malas prácticas que condicionan la reducción de los desperdicios a la hora de colocar la mezcla asfáltica. Utilizando la tabla de control (figura 6) se logró evaluar la productividad por estacionamientos que tiene cada traileta de acuerdo con su capacidad de tonelaje de asfalto.

Primeramente, se logra recopilar información fotográfica que respalda las buenas y malas prácticas de las cuales surgen problemas en tiempos, fallas y reprocesos.

Malas prácticas



Figura 30. Colocación de mezcla sobre capa densificada

La figura 30 muestra una mala práctica en la cual la maquinaria para densificar la mezcla no está lubricada adecuadamente con agua y levanta el asfalto ya compactado por lo que los peones se ven la obligación de agregar mezcla asfáltica en dichas áreas, el problema radica en que esta mezcla que se agrega de más debe ser compactada nuevamente y produce fallas por sobre compactación en dichos puntos.



Figura 31. Desprendimiento del riego de liga

Los operadores de los camiones transportadores de asfalto, así como el personal profesional presente deben velar por el cuidado del riego de liga, como se muestra en la figura 31, no se debe permitir que queden zonas donde se colocara el asfalto sin riego de liga ya que esto produce una mala adherencia entre capas y por ende la capacidad del pavimento se ve afectada.



Figura 32. Maquinaria con problemas mecánicos

Un imprevisto como la falla mecánica de algún camión transportador de asfalto puede incurrir en atrasos de la colocación del asfalto, enfriando el asfalto de los demás camiones que se encuentran en espera y exponiendo la integridad física de los trabajadores.



Figura 33. Derrames de aceites

El derrame de aceite o combustibles en las zonas donde se debe colocar el asfalto supone un atraso en la colocación del asfalto y por ende un reproceso de limpieza y uso de bio remediadores para ayudar a degradar contaminantes presentes en la superficie.



Figura 34. Daños en las juntas transversales

A la hora de trasladar los equipos de asfalto sobre las juntas longitudinales se debe verificar que se realice apropiadamente ya que puede incurrir en daños al asfalto colocado, como se muestra en la figura 34 se dañó la junta y por ende se atrasa la colocación del asfalto ya que se debe realizar un nuevo corte transversal para remover la sección dañada.



Figura 35. Exceso de riego de liga

La aplicación de un riego de liga excesivo genera problemas de adherencia o exudación del asfalto, por lo que se debe velar por la correcta capacitación del personal para realizar este tipo de tareas, como se muestra en la figura 35 no debe haber pozos de riego de liga en la superficie a asfaltar.



Figura 36. Núcleos sin rellenar

Para el caso del control de calidad se deben extraer núcleos en el tramo asfaltado y con estos aplicar pruebas de laboratorio necesarias, no obstante, es esencial que estos sean recubiertos nuevamente con mezcla asfáltica en caliente y debidamente compactado ya que puede permitir la filtración y erosión propia del asfalto, así como el desgaste por el tránsito vehicular en esos puntos críticos.

Buenas prácticas



Figura 37. Extensión del asfalto en juntas longitudinales

Según la sección 401.15 “Juntas, preparación de bordes y limpieza” del CR 2010 (2010) la pavimentación en carriles adyacentes deberá ser completada en 24 horas, de lo contrario se debe realizar el respectivo corte y aplicar un riego de emulsión asfáltica. En la figura 37 se observa la pavimentación de dos carriles adyacentes en un mismo día por lo que no tuvo que realizarse corte alguno, simplemente los rastrilleros se encargan de generar una superficie uniforme mediante el extendido del asfalto.



Figura 38. Junta transversal

Basándose en la sección 401.15 del CR 2010 (2010) mencionada anteriormente, se indica que para conexiones con pavimentos existentes, la junta transversal deberá ser vertical y de la misma profundidad de la capa existente, además, se debe aplicar una capa de emulsión asfáltica de rompimiento rápido al borde de la junta como se muestra en la figura 38. El no cumplimiento de esta actividad puede afectar el comportamiento mecánico de la estructura de pavimento en este punto crítico conllevando a futuras fallas.



Figura 39. Núcleos con mezcla asfáltica

La tabla 401-6 del CR 2010 (2010) indica que los núcleos deben ser extraídos y los agujeros deben ser llenados y compactados con mezcla asfáltica, tal y como se muestra en la figura 39. El no rellenar con brevedad estos agujeros, puede generar problemas por erosión producto del agua que ingresa dentro de dichos agujeros o bien la dislocación de fragmentos de asfalto por carga vehicular sobre la circunferencia del agujero



Figura 40. Implementación de geogrillas

Como se ha mencionado anteriormente la implementación de geogrillas sintéticas ayuda a prevenir la falla por espejos de agrietamiento en la base estabilizada, no obstante, la geogrilla debe colocarse de tal manera que el equipo de asfalto no remueva la malla al transportarse sobre la superficie a asfaltar, en la figura 40 se observa como el personal a cargo se encarga de fijar la malla de modo que no ocurran los imprevistos mencionados y que las grietas no se reflejen en el asfalto.



Figura 41. Rompimiento de la emulsión

Según la guía para inspectores: Riego de liga (2019) se define el tiempo de rompimiento como el tiempo necesario para que las partículas de agua se separen de la emulsión y en este proceso ocurre el cambio de coloración de la emulsión de café a negro, como se muestra en la figura 41 donde se realiza la espera necesaria para obtener un riego con el rompimiento ya realizado para poder continuar con la colocación de la mezcla asfáltica.



Figura 42. Corte de juntas

De acuerdo con el CR 2010 (2010) al realizar la colocación de asfalto de un pavimento viejo a uno nuevo se deben realizar cortes en las juntas de 15 cm, por ende, en campo es necesario verificar que estos cortes corresponden a lo indicado como se muestra en la figura 42.

Para llevar a cabo el control de campo de buenas y malas prácticas de desarrolló una lista para uso en campo con el cual el ingeniero pueda verificar o estar presentes durante el desarrollo de estas actividades. Cabe destacar que la lista de chequeo realizada se basa en el protocolo que se debe llevar a cabo para obtener resultados de calidad en la confección de capas asfálticas, la misma contiene información proveniente del CR 2010 y de un análisis en campo. La lista de chequeo se presenta en el anexo 1 de dicho documento.

Herramienta estadística y de control de datos

Llevar a cabo una herramienta para el control tanto de producción como de los datos arrojados en el control de la calidad de la mezcla y núcleos era requerido por parte de la empresa MECO S.A, esto con el fin de poder observar el comportamiento de datos en fechas o situaciones especiales donde la mezcla presenta problema alguno.

Para poder desarrollar esta herramienta se tuvo que alimentar una base de datos desde Excel que a continuación se mostrará la forma de ingreso de los datos y los productos obtenidos.

Producción

Utilizando la hoja de la figura 20, los chequeadores en campo se encargaron de llenarla para al finalizar el día, enviármela mediante una imagen y de esta manera mediante un proceso de alrededor 20 o 30 minutos alimentar la base de datos de Excel, tal como se muestra en la figura 43,44 y 46

Fecha	Viaje	Activo	Peso (ton)	Boleta	Estacionamiento inicial	Estacionamiento Final	Temperatura salida de planta (°C)
6/1/2023	1	30-839	23,92	50361	149+382	149+357	172
6/1/2023	2	30-886	22,31	50362	149+357	149+317	171
6/1/2023	3	30-884	23,76	50369	149+317	149+283	171
6/1/2023	4	30-899	24,04	50365	149+283	149+242	171
6/1/2023	5	33-790	23,12	50367	149+242	149+202	172
6/1/2023	6	30-898	23,84	50368	149+202	149+162	172
6/1/2023	7	33-163	37,31	50363	149+162	149+102	172
6/1/2023	8	33-164	39,23	50364	149+102	149+042	172
6/1/2023	9	33-161	38,88	50366	149+042	148+085	172
6/1/2023	10	33-126	39,27	50370	148+985	148+935	171
6/1/2023	11	33-215	40,13	50371	148+935	148+885	172
6/1/2023	12	33-158	38,09	50372	148+885	148+841	172
6/1/2023	13	33-159	38,68	50373	148+841	148+784	172

Figura 43. Excel productividad

Fecha	Temperatura compactación (°C)	Ancho	Ubicación	Clasificación	Diseño superpave	Recorrido long (ml)	Recorrido teórico (ml)
6/1/2023	153	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	25	42,82
6/1/2023	148	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	40	39,94
6/1/2023	158	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	34	42,53
6/1/2023	159	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	41	43,04
6/1/2023	154	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	40	41,39
6/1/2023	161	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	40	42,68
6/1/2023	157	2,7	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	60	94,00
6/1/2023	154	2,7	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	60	98,84
6/1/2023	159	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	43	69,60
6/1/2023	159	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	50	70,30
6/1/2023	163	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	50	71,84
6/1/2023	151	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	44	68,19
6/1/2023	156	3,8	Externo derecho	Tronco	Primera capa 19 mm	57	69,24

Figura 44. Excel productividad b

Para la figura 44 cabe destacar que el recorrido longitudinal se realiza utilizando las medidas de los estacionamientos para así poder determinar cuánto abarcó en ml la traileta con asfalto.

Para el recorrido teórico se creó una ecuación condicional, tal y como se muestra en la imagen 45, se considera el diseño a utilizar ya que con ella varía el espesor, en el caso de utilizar un diseño de 19 mm el espesor es de 6 cm (para este proyecto propiamente), si el diseño era de 12,5 mm el espesor era de 5 cm. También se contempló el ancho de carril contemplado en la columna J y la densidad del asfalto de 2.45 ton/m³

$$=SI(M2="Primera capa 19 mm";D2/(2,45*0,06*J2);D2/(2,45*0,05*J2))$$

Figura 45. Ecuación recorrido teórico

Fecha	Rendimiento experimental	Productividad	Toneladas sobecosto
6/1/2023	58,38	-17,82	-9,96
6/1/2023	100,15	0,06	0,03
6/1/2023	79,93	-8,53	-4,77
6/1/2023	95,27	-2,04	-1,14
6/1/2023	96,64	-1,39	-0,78
6/1/2023	93,72	-2,68	-1,50
6/1/2023	63,83	-34,00	-13,50
6/1/2023	60,70	-38,84	-15,42
6/1/2023	61,78	-26,60	-14,86
6/1/2023	71,12	-20,30	-11,34
6/1/2023	69,60	-21,84	-12,20
6/1/2023	64,53	-24,19	-13,51
6/1/2023	82,32	-12,24	-6,84

Figura 46. Excel productividad c

Para las columnas presentes en la imagen 46 cabe destacar que todas están programadas y dependen simplemente de la información presente en las celdas anteriores. El rendimiento experimental proviene propiamente de la comparativa entre el recorrido long vs el recorrido teórico y se da en términos porcentuales. La columna llamada como productividad proviene de la sustracción de los datos de recorrido long y recorrido teórico para de esta manera saber si se recorrió más, menos o igual que lo teórico.

La columna llamada sobre costo nos indica cuántas toneladas se colocaron de más de acuerdo con el cálculo teórico (si el dato arrojado es negativo) o cuántas toneladas sobraron de acuerdo con lo teórico (si da positivo).

La herramienta gráfica alimentada con la base de datos mostrada anteriormente se verá de la siguiente manera como se observa en la figura 47.

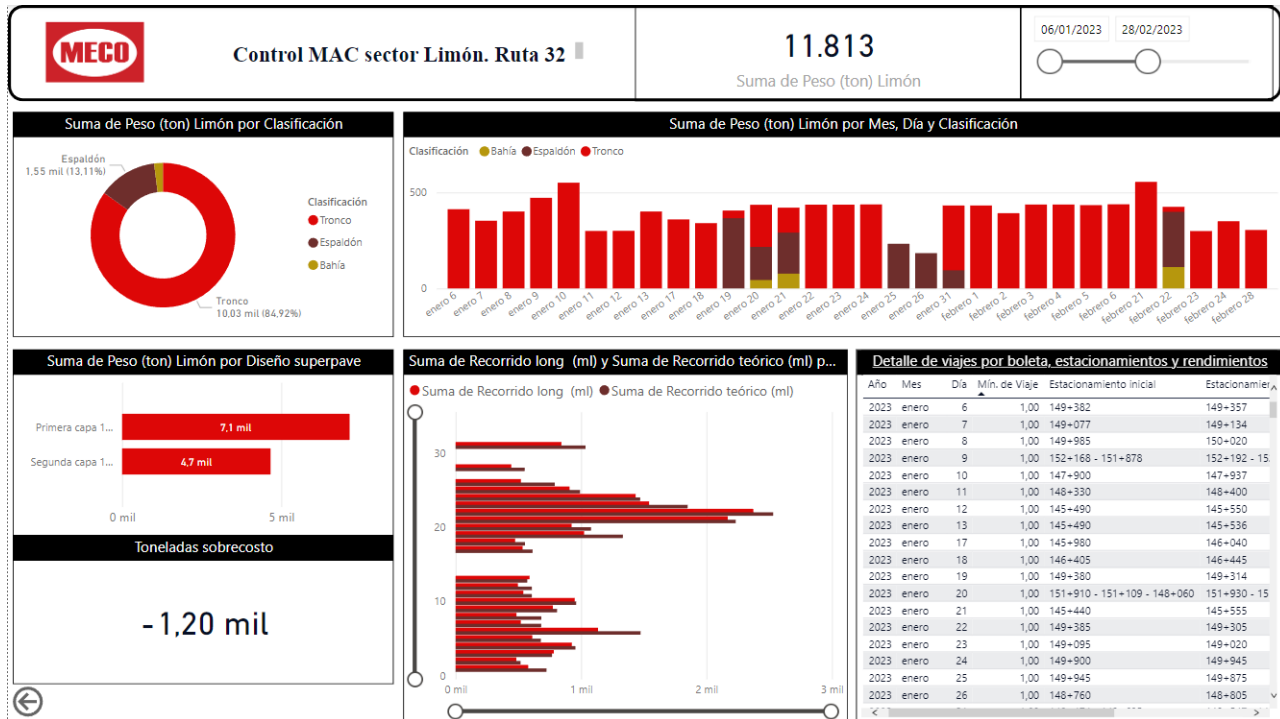


Figura 47. Sección producción power bi



Figura 48. Total de toneladas colocadas

En la figura 48 se muestra la cantidad de toneladas colocadas de acuerdo con el día o fecha que se elija, la misma se estará actualizando cada vez que se alimente la base de datos.

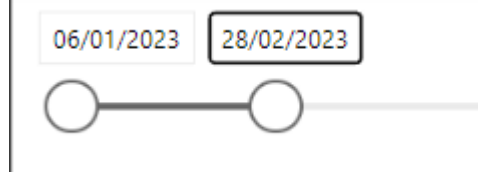


Figura 49. Segmentación de datos

La figura 49 muestra la manera en que se puede filtrar la presentación de los datos de acuerdo al análisis que se requiera ya sea una fecha en específico, reporte mensuales o semanales.

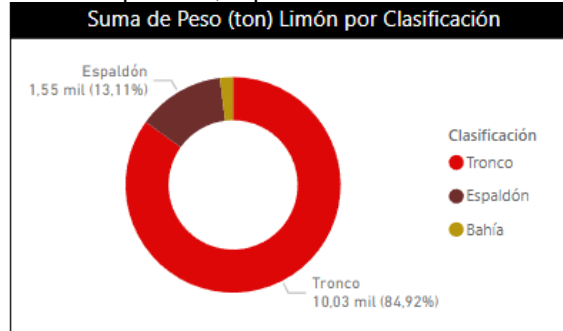


Figura 50. Toneladas por clasificación

Respecto al gráfico presentado en la figura 50 nos indica el total de toneladas colocadas en tronco (carriles), espaldón o bahía de buses.

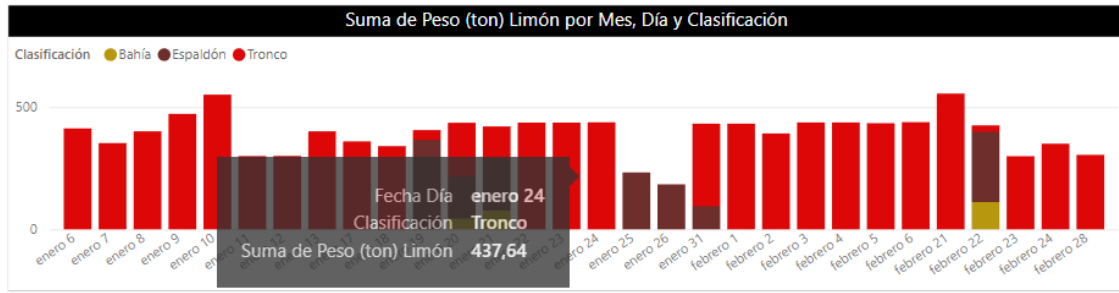


Figura 51. Diagrama de barras para toneladas colocadas

Para el control de toneladas colocadas a lo largo de un periodo se muestra la figura 51 con un gráfico de barras que contiene una subclasificación para observar que fechas se colocó tronco, espaldón o bahía.



Figura 52. Toneladas colocadas por tipo de diseño

En este proyecto como se mencionó se utilizaron dos diseños uno para primera capa y otro para la capa superficial o segunda capa, para monitorear el tonelaje total colocado en cada una de estas capas se utiliza el gráfico presente en la figura 52.

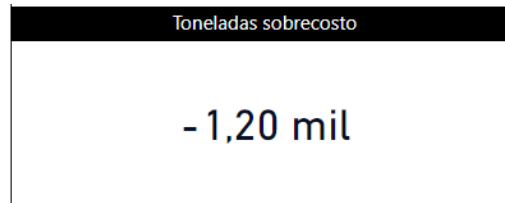


Figura 53. Toneladas sobrecosto

Parte del control teórico llevado, se debe evidenciar la cantidad de toneladas que se utilizan de más o se aprovechan en dicho proyecto y con base a esto identificar posibles problemas ya sea de producción o control topográfico, por ende se muestra el indicador presente en la figura 53 el cual nos muestra dicho dato.

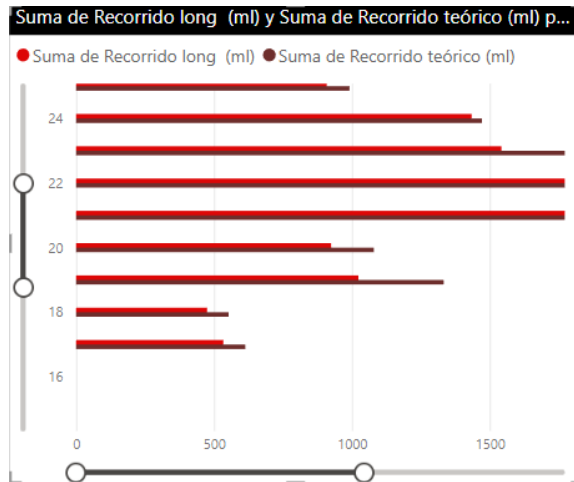


Figura 54. Recorrido longitudinal vs teórico

Parte del respaldo para controlar el desperdicio o tonelada sobrecosto, se realiza la gráfica presente en la figura 54 donde se compara el recorrido teórico vs el real en el cual se observa aquellas fechas en las cuales hubo una mayor diferencia entre ambas.

Detalle de viajes por boleta, estacionamientos y rendimientos					
Año	Mes	Día	Mín. de Viaje	Estacionamiento inicial	Estacionamier...
2023	enero	6	1,00	149+382	149+357
2023	enero	7	1,00	149-077	149+134
2023	enero	8	1,00	149+985	150+020
2023	enero	9	1,00	152+168 - 151+878	152+192 - 15
2023	enero	10	1,00	147+900	147+937
2023	enero	11	1,00	148+330	148+400
2023	enero	12	1,00	145+490	145+550
2023	enero	13	1,00	145+490	145+536
2023	enero	17	1,00	145+980	146+040
2023	enero	18	1,00	146+405	146+445
2023	enero	19	1,00	149+380	149+314
2023	enero	20	1,00	151+910 - 151+109 - 148+060	151+930 - 15
2023	enero	21	1,00	145+440	145+555
2023	enero	22	1,00	149+385	149+305
2023	enero	23	1,00	149+095	149+020
2023	enero	24	1,00	149+900	149+945
2023	enero	25	1,00	149+945	149+875
2023	enero	26	1,00	148+760	148+805

Figura 55. Estacionamientos de la colocación

La herramienta creada busca poder facilitar la interpretación de datos, por ello mismo se presenta los estacionamientos para tener el control de la ubicación (figura 55) donde se ha colocado asfalto y mediante la interacción con los otros gráficos saber qué tipo de mezcla y que sección de calzada abarcó.



Figura 56. Botón de retroceso

En la figura 56 se observa el botón presente en la esquina inferior izquierda el cual nos permite volver al menú principal de la interfaz.

Control de calidad núcleos

Esta otra sección presente en la herramienta (figura 58), se basa en poder ver la variabilidad de los núcleos extraídos y sometidos a la prueba del porcentaje de compactación, el cual debe estar en el rango de 92% al 97% de acuerdo con la normativa CR 2010, en la misma se muestran los pasos a seguir que son propios de la empresa cuando casos como estos suceden. Cabe aclarar que CACISA corresponde al ente de verificación del estado y el ITP (ingeniería técnica de proyectos) el autocontrol de la empresa MECO S.A

La alimentación de datos se realiza utilizando el software Excel como se muestra en la figura 57 requiere solamente de colocar la fecha, estacionamientos y los resultados de autocontrol e inspección que deberán estar suministrando constantemente, cabe destacar que la columna nc de mezcla se refiere a no conformidades de la mezcla y para términos de dicha herramienta se coloca un cero cuando no hay existencia alguna de no conformidad y un 1 cuando haya alguna deficiencia en la mezcla de esa fecha. La herramienta power bi posee la posibilidad de generar columnas adicionales y programable por ende el protocolo se actualizará solo al evaluar los resultados de los ensayos.

Ubicación	Cantidad	Fecha	Capa	Especimen	Estacionamiento	Compactación CACISA	Compactación ITP	NC Mezcla
Limón	1	6/1/2023	Primera capa 19mm	1	149+049	95,4	94	0
Limón	2	6/1/2023	Primera capa 19mm	2	149+168	93,8	93,8	0
Limón	3	6/1/2023	Primera capa 19mm	3	149+239	96	96	0
Limón	4	6/1/2023	Primera capa 19mm	4	149+369	96,6	96,1	0
Limón	5	6/1/2023	Primera capa 19mm	5	148+876	96,1	96,9	0
Limón	6	6/1/2023	Primera capa 19mm	6	148+885	92,3	93,5	0
Limón	7	6/1/2023	Primera capa 19mm	7	148+893	94,3	93	0

Figura 57. Excel control de núcleos

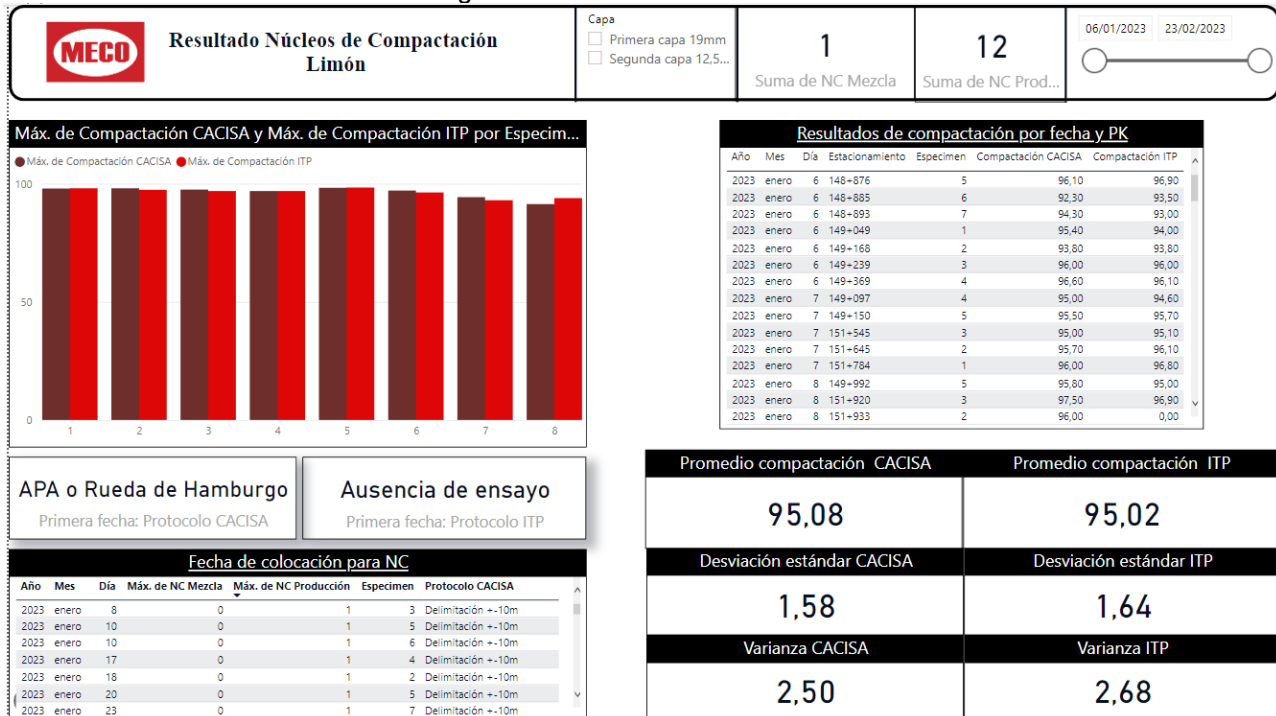


Figura 58. Sección calidad de núcleos

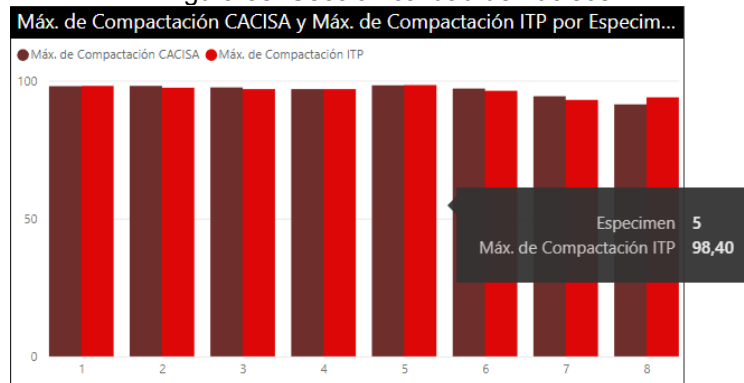


Figura 59. Comparativa núcleos por fecha

En la figura 59 se muestran los gráficos de barras para lograr comparar la variabilidad de núcleos extraídos, se debe recordar que cada par de núcleos son extraídos aleatoriamente y en una misma ubicación por lo que lo ideal es que la variabilidad sea mínima entre pares de especímenes.

Capa

Primera capa 19mm

Segunda capa 12,5...

Figura 60. Segmentación por capa de asfalto

Para lograr evaluar estadísticamente los núcleos se puede realizar mediante una segmentación de datos sobre el tipo de capa utilizada y de ello saber cuál es más propenso a contener más no conformidades ya sea en producción o propiamente de la mezcla.

<p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">1</p> <p>Suma de NC Mezcla</p>	<p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">12</p> <p>Suma de NC Prod...</p>
---	---

Figura 61. Recuento de no conformidades

Como indicador de no conformidades se coloca el recuadro presente en la figura 61 el cual mostrará la cuantía respecto a fechas o capas establecidas mediante los segmentadores presentes.

Resultados de compactación por fecha y PK						
Año	Mes	Día	Estacionamiento	Especimen	Compactación CACISA	Compactación ITP
2023	enero	6	148-876	5	96,10	96,90
2023	enero	6	148-885	6	92,30	93,50
2023	enero	6	148-893	7	94,30	93,00
2023	enero	6	149-049	1	95,40	94,00
2023	enero	6	149-168	2	93,80	93,80
2023	enero	6	149-239	3	96,00	96,00
2023	enero	6	149-369	4	96,60	96,10
2023	enero	7	149-097	4	95,00	94,60
2023	enero	7	149-150	5	95,50	95,70
2023	enero	7	151-545	3	95,00	95,10
2023	enero	7	151-645	2	95,70	96,10
2023	enero	7	151-784	1	96,00	96,80
2023	enero	8	149-992	5	95,80	95,00
2023	enero	8	151-920	3	97,50	96,90
2023	enero	8	151-933	2	96,00	0,00

Figura 62. Resultados de compactación y estacionamiento

En la figura 62 se observa el estacionamiento propio de los especímenes presentes, así como los resultados de compactación que contienen los núcleos en estudio.

Promedio compactación CACISA	Promedio compactación ITP
95,08	95,02
Desviación estándar CACISA	Desviación estándar ITP
1,58	1,64
Varianza CACISA	Varianza ITP
2,50	2,68

Figura 63. Control estadístico

El control estadístico se basa en el promedio de los especímenes, desviación estándar y varianza, el cual se aplica para el autocontrol y supervisión. Al igual que los demás gráficos este mismo se aplica respecto a segmentadores de tipo de mezcla utilizada y fechas de interés.

Calidad mezcla

Estas dos secciones se basaron en evaluar el comportamiento de cada mezcla producida incluyendo segmentadores para el tipo de mezcla y el lugar donde de donde se extrayó que puede ser en planta o en campo, dichos gráficos se alimentaron de la base de datos en Excel presente en la figura 64, cabe destacar que estos datos son suministrados por el equipo de autocontrol. Para una mejor lectura se incorporaron los controles estadísticos.

Fecha	Tipo de mezcla	Aceptación	% Asfalto S/Agrega	% Asfalto S/mezcla	Gravedad específica bruta	Gravedad máxima teórica	Vacios de aire	VMA	VFA	% Asfalto efectivo
6-ene	19 mm	Campo	5,7	5,39	2,371	2,467	3,9	14,2	72	4,46
7-ene	19 mm	Campo	5,7	5,39	2,368	2,465	3,9	14,3	73	4,49
8-ene	19 mm	Campo	5,61	5,31	2,368	2,47	4,2	14,2	71	4,37
9-ene	19 mm	Campo	5,61	5,31	2,366	2,42	4,3	14,3	70	4,35
10-ene	19 mm	Campo	5,65	5,35	2,37	2,41	4,1	14,2	71	4,38
11-ene	19 mm	Campo	5,63	5,33	2,364	2,473	4,4	14,4	69	4,34
12-ene	19 mm	Campo	5,71	5,4	2,374	2,47	3,9	14,3	73	4,52
13-ene	19 mm	Campo	5,71	5,4	2,373	2,471	4	14,4	72	4,5
17-ene	19 mm	Campo	5,71	5,4	2,38	2,477	3,7	14,1	74	4,5
18-ene	19 mm	Campo	5,67	5,37	2,37	2,471	4,1	14,4	72	4,49
19-ene	19 mm	Campo	5,72	5,41	2,372	2,468	3,9	14,4	73	4,55

Figura 64. Base de datos control de mezcla

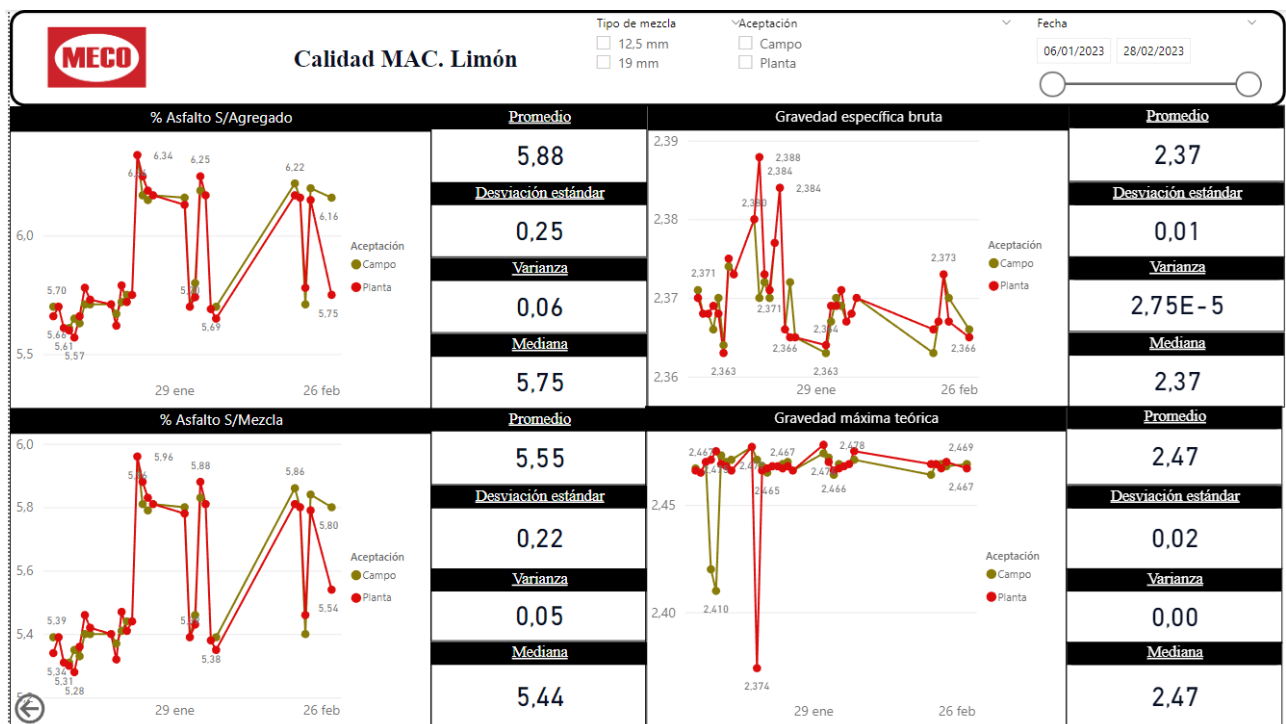


Figura 65. Sección control de mezcla a

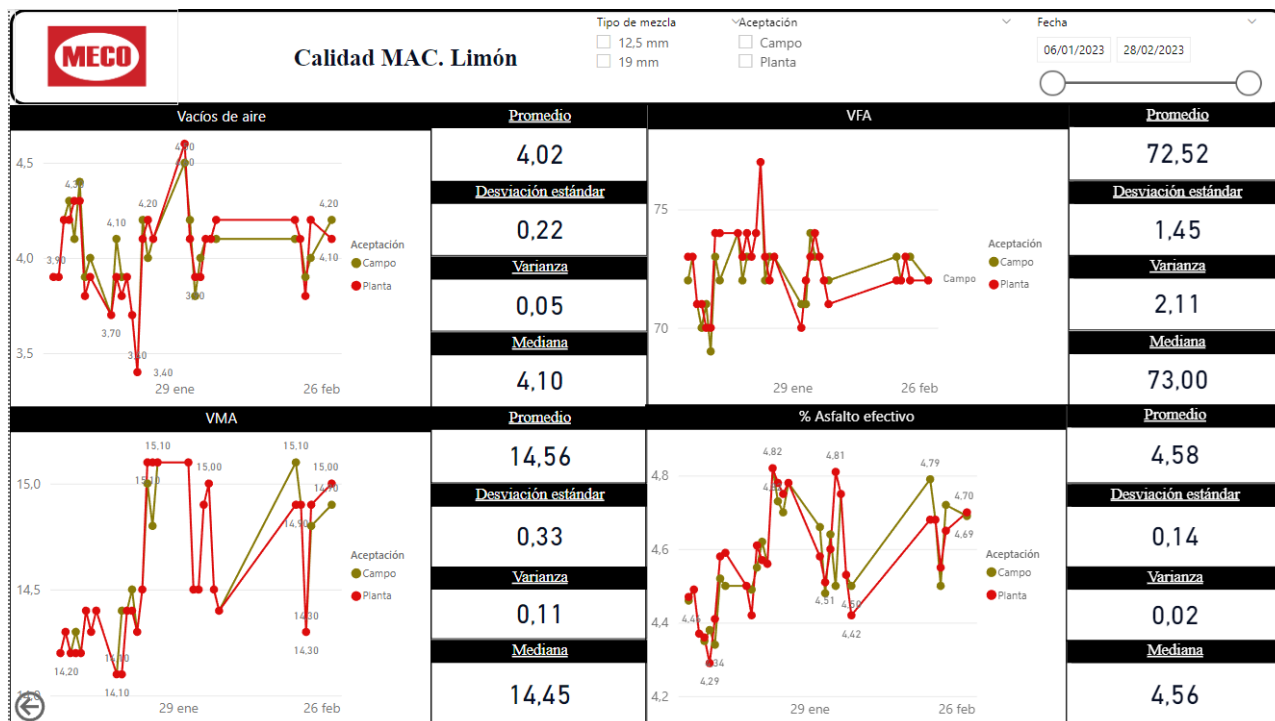


Figura 66. Sección control de mezcla b

Las especificaciones contractuales de la mezcla en los parámetros propios de dicha mezcla establecidos se presentan a continuación:

- % Asfalto S/ mezcla: Debe estar entre 5.20 y 6.20 para mezclas de 12.5 mm y entre 4.70 y 5.70 para mezclas de 19 mm.
- Vacíos de aire: Para ambos diseños de mezcla, deben estar en el rango de 3.0 a 5.0
- VMA: Para una mezcla de 12.5 mm debe contener un valor como mínimo de 14 y para mezclas de 19 mm debe contener un valor mínimo de 13.
- VFA: para ambas mezclas debe ser del 65% al 75%

Granulometría

Esta sección presente en la figura 69 permite evaluar que la granulometría de la mezcla ensayada se encuentre dentro de los porcentajes pasando cada tamiz dependiendo el tipo de mezcla utilizada y utilizando los límites establecidos contractualmente, en el se utiliza el color celeste y amarillo para representar los límites y la curva de color vino indica el comportamiento de la muestra ensayada. Dichos datos se alimentan de la base de datos presente en la figura 67 y 68 el cual solo se debe llenar la capa que corresponde, la fecha y automáticamente los límites se rellenan utilizando columnas programadas.

Fecha	Capa	Malla	% Pasando	Límite inferior	Límite superior	Acept
6-ene	19 mm	No 4	41	37	46	Campo
6-ene	19 mm	No 8	29	24	32	Campo
6-ene	19 mm	No 16	20	16	24	Campo
6-ene	19 mm	No 30	15	11	17	Campo
6-ene	19 mm	No 50	11	7	12	Campo
6-ene	19 mm	No 100	7	5	9	Campo
6-ene	19 mm	No 200	5,2	2,8	6,8	Campo

Figura 67. Base de datos granulometría 19 mm

Fecha	Capa	Malla	% Pasando	Límite inferior	Límite superior	Acept
22-ene	12,5 mm	12,7 mm	92	90	95	Campo
22-ene	12,5 mm	9,5 mm	79	73	83	Campo
22-ene	12,5 mm	No 4	52	46	54	Campo
22-ene	12,5 mm	No 8	34	28	36	Campo
22-ene	12,5 mm	No 16	23	16	24	Campo
22-ene	12,5 mm	No 30	16	11	17	Campo
22-ene	12,5 mm	No 50	11	7	12	Campo
22-ene	12,5 mm	No 100	7	5	9	Campo
22-ene	12,5 mm	No 200	5,9	2,8	6,8	Campo

Figura 68. Base de datos granulometría 12.5 mm

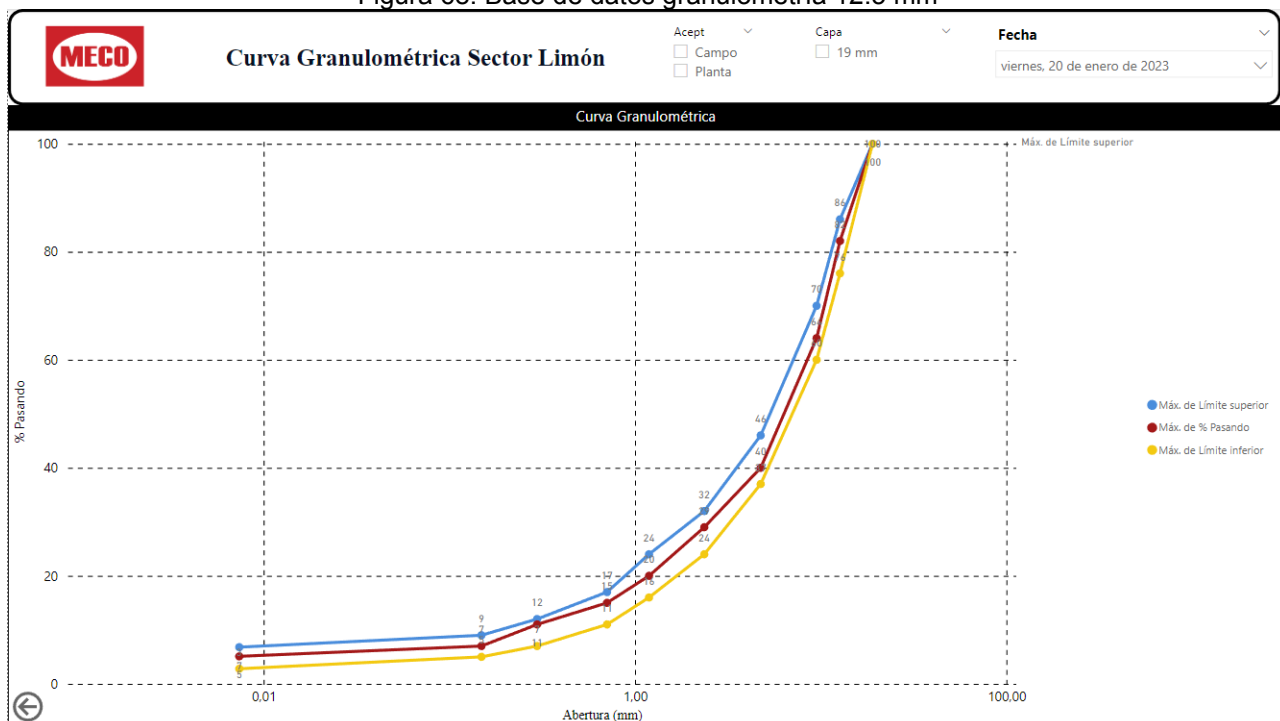


Figura 69. Apartado granulometría power bi

Análisis mes de enero.

Con la implementación de la herramienta generada en power bi se realizan distintos análisis de modo que se puede llevar un control de calidad, y producción de mezcla colocada, en este caso se evalúa el mes de enero contemplando los días de colocación.

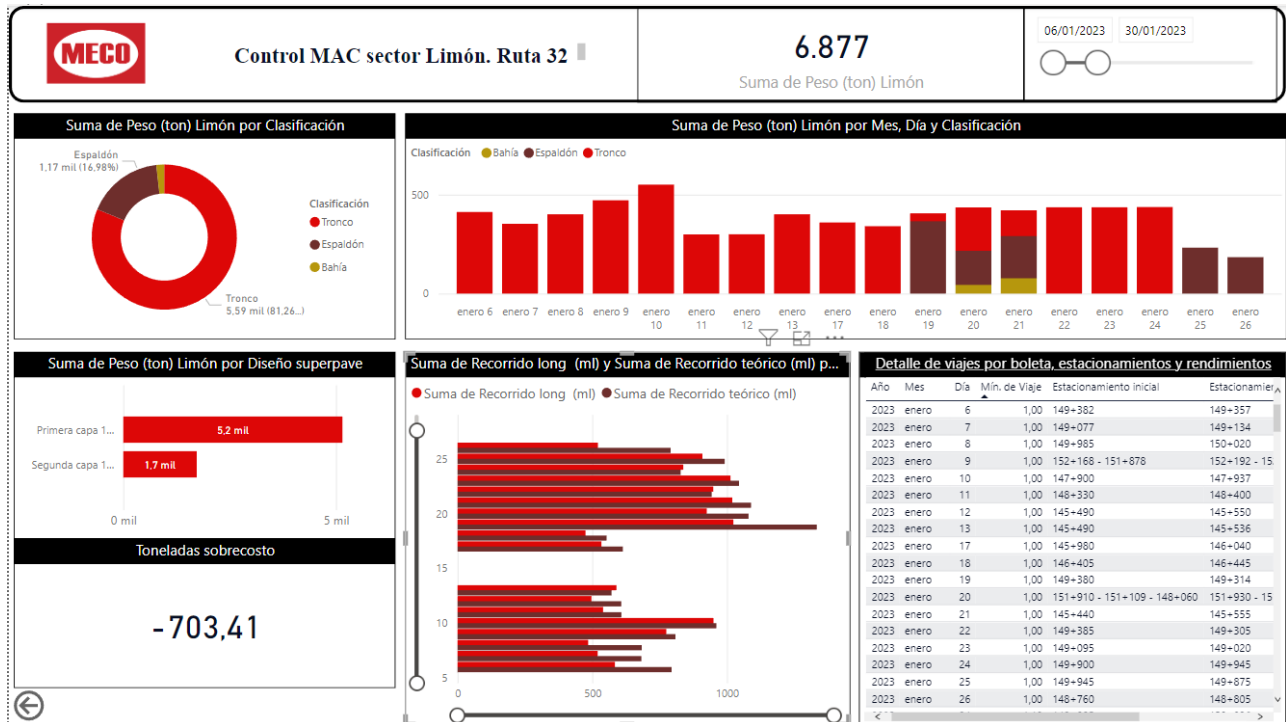


Figura 70. Análisis general de producción

La figura 70 muestra la producción total del mes de enero el cual se divide en dos mezclas distintas una de 12.5 mm y la otra de 19 mm. El total de mezcla colocado fue de 6 877 toneladas distribuidas en 18 días, según el gráfico la mayor producción se generó el 10 de enero del cual toda fue distribuida en el tronco de calzada, la menor cantidad de mezcla colocada se dio el 26 de enero y toda fue utilizada para el espaldón. De la capa de 19 mm se colocaron 5 200 toneladas aproximadamente y de la segunda capa de 12.5 mm se colocaron 1 700 toneladas, de acuerdo al rendimiento teórico se desperdiciaron 703.41 toneladas lo cual representa un 10.22% de la producción del mes, esto podría deberse a problemas topográficos en la base donde el nivel no es el correcto y deba colocarse más cantidad de asfalto para llegar al nivel de calzada requerido o bien mala toma de datos en estacionamientos o anchos de carril reportados incorrectamente que llegan a afectar el cálculo del rendimiento.

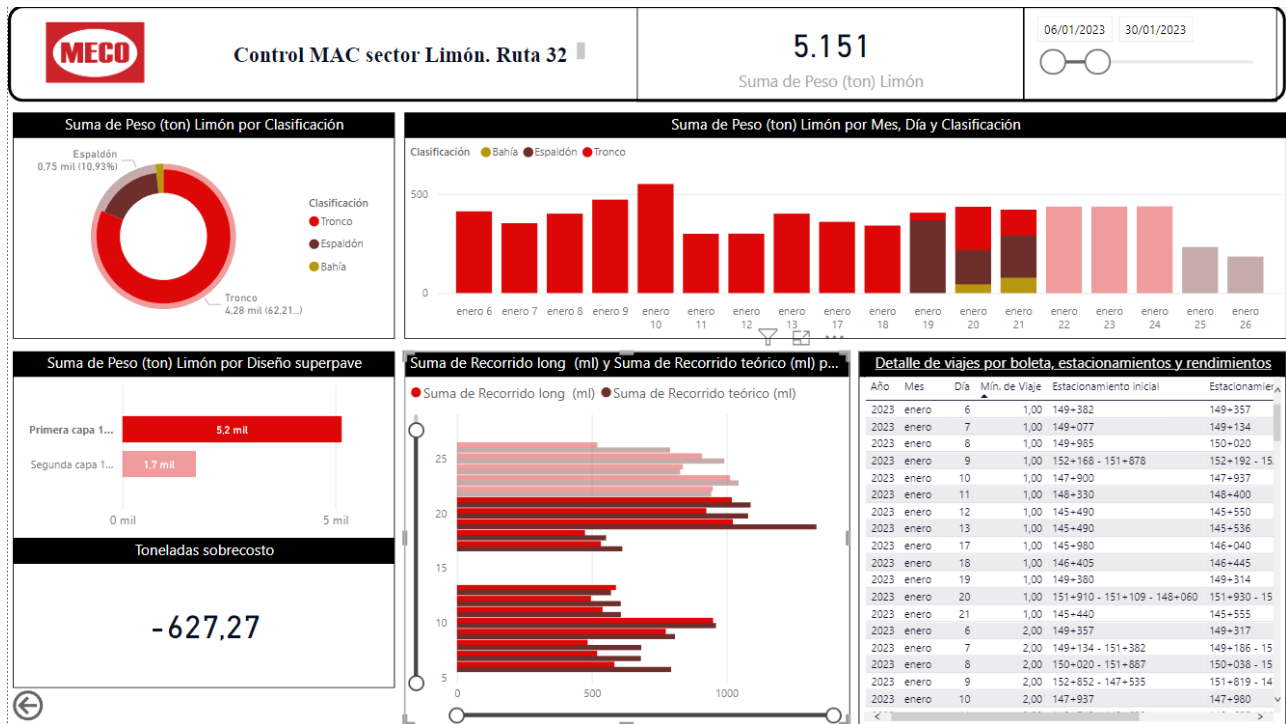


Figura 71. Análisis de producción capa 19 mm

La figura 71 muestra precisamente los reportes referentes a la colocación de mezcla de 19 mm en el mes de enero, el cual indica que se colocaron 5 151 toneladas distribuidas en tronco, calzada y bahía de buses, la mayor producción fue el 10 de enero y la menor fue el 11 de enero. Se reporta un desperdicio de 627.27 toneladas lo que se traduce como un 12.18% del total colocado para primera capa.

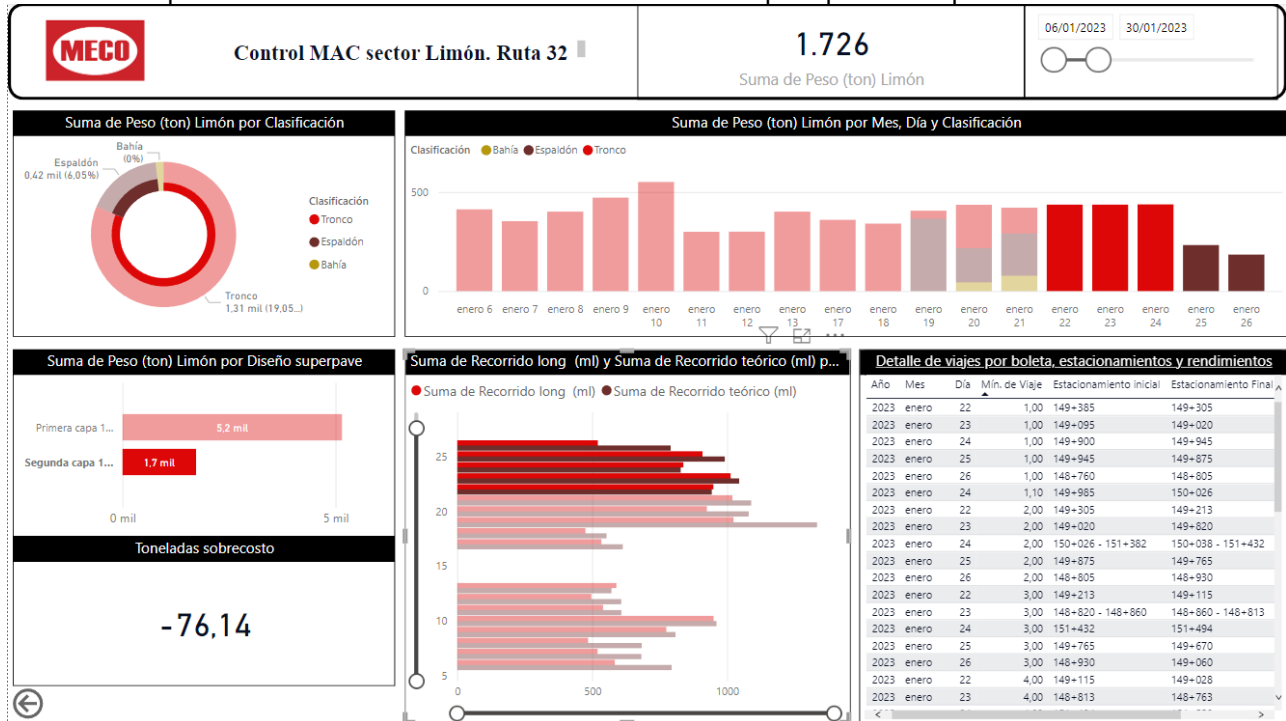


Figura 72. Análisis de producción capa 12.5 mm

La figura 72 muestra el reporte de producción para una mezcla de 12.5 mm en el mes de enero, se colocaron un total de 1 726 toneladas en 5 días, la mayor producción fue el 23 de enero en el tronco de calzada y la menor fue el 26 de enero en espaldón, de acuerdo con rendimientos de reporta un desperdicio de 76.14 toneladas lo cual corresponde a 4.4%.

Como se puede mostrar en la figura 71 y 72 el mayor desperdicio se presenta en la capa de 19 mm la cual fue de 12.18% vs un 4.4% en la capa de 12.5 mm, por lo que se puede decir que los problemas presentes se dan en la capa de 19 mm, como se mencionó anteriormente podría atribuirse a problemas topográficos con las bases, por lo tanto, a la hora de colocar la primera capa se debe ajustar el finisher a colocar espesores más altos de capa asfáltica.

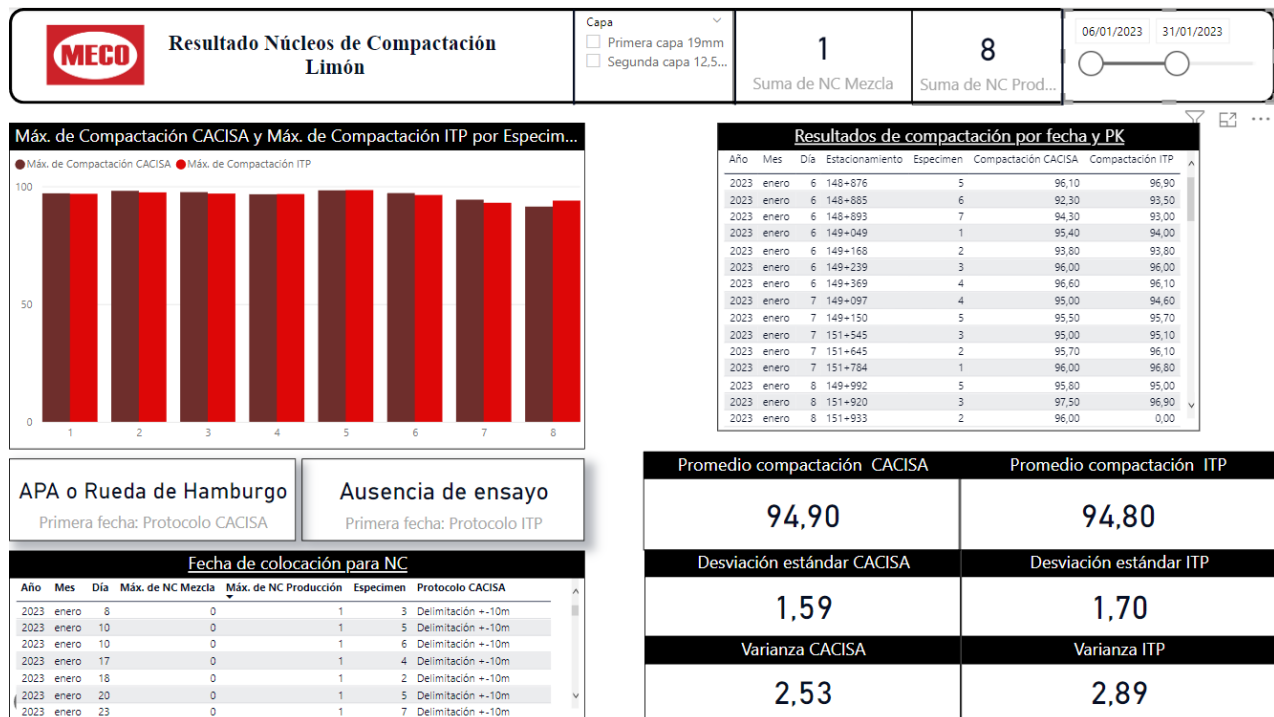


Figura 73. Análisis de núcleos general

La figura 73 muestra el control de compactación para núcleos extraídos en el mes de enero, se reportaron 8 no conformidades en la producción es decir no cumplimientos de compactaciones ya sea por sobre compactación (mayores a 97%) o compactaciones bajas (menores a 92%) y además se reportó una única no conformidad de mezcla. Respecto a las estadísticas se observa que para autocontrol se tiene un promedio de 94.8 para las compactaciones lo cual es un buen indicador ya que se mantiene dentro del rango permitido sin arriesgar estar cerca de los límites normados, los indicadores de dispersión difieren muy poco entre autocontrol y supervisión y se consideran aceptables, aunque se pretende disminuirlos para evitar con ello no conformidades.

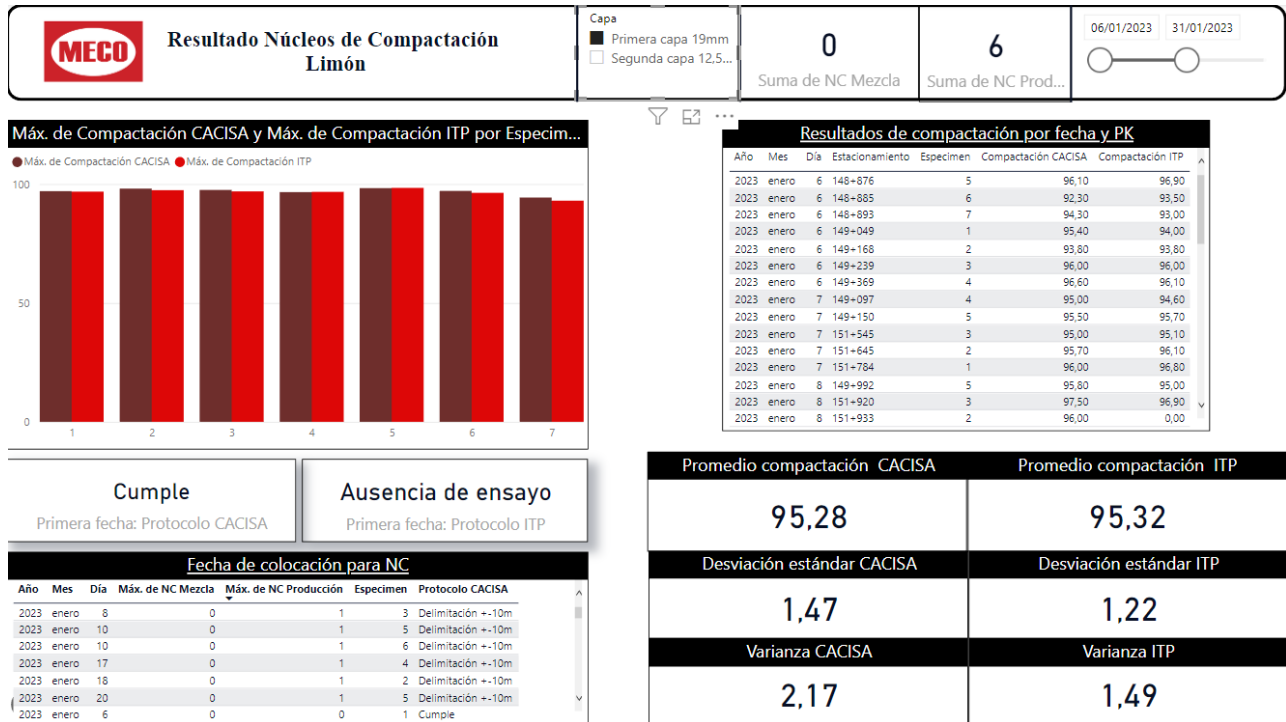


Figura 74. Análisis de núcleos capa 19 mm

Se observa que el análisis de núcleos de primera capa presente en la figura 74 se encuentran 6/8 no conformidades de producción y el promedio de compactación es más alto que el general, esto indica que la capa de 19 mm estuvo tendiendo a compactaciones más altas que pueden llegar a ser un problema si no se intentan mantener en rangos más bajos.

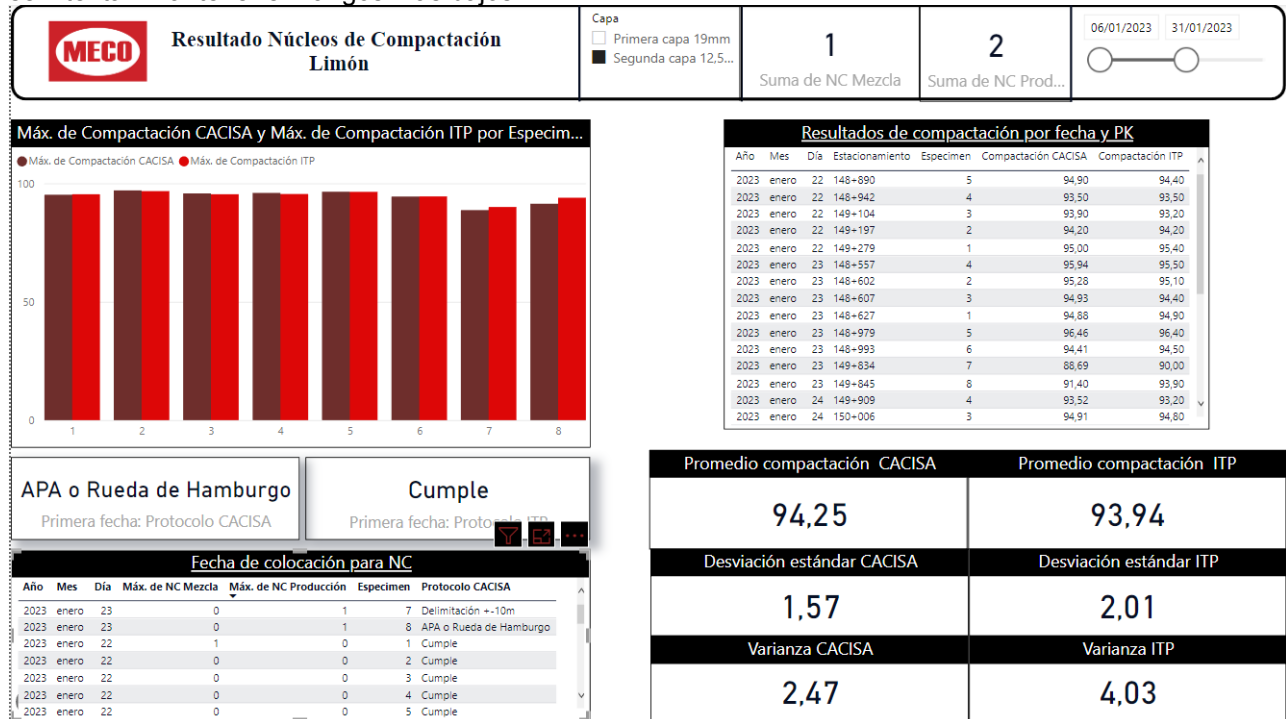


Figura 75. Análisis de núcleos capa 12.5 mm

Para la capa de 12.5 mm se mantuvieron promedios de compactaciones bastantes buenos, no obstante, la presencia de una varianza más alta en los resultados de auto control (ITP) indican la existencia de datos desfasados de la media lo cual no sucede de ese modo en los resultados de la supervisión (CACISA). Esto puede indicar que algún núcleo ensayado por autocontrol arrojó resultados de compactaciones muy distintos a los de supervisión, cosa que no debería suceder ya que para eso se extraen núcleos en una misma posición transversal como longitudinal, es necesario en ese caso verificar la graduación de los equipos.

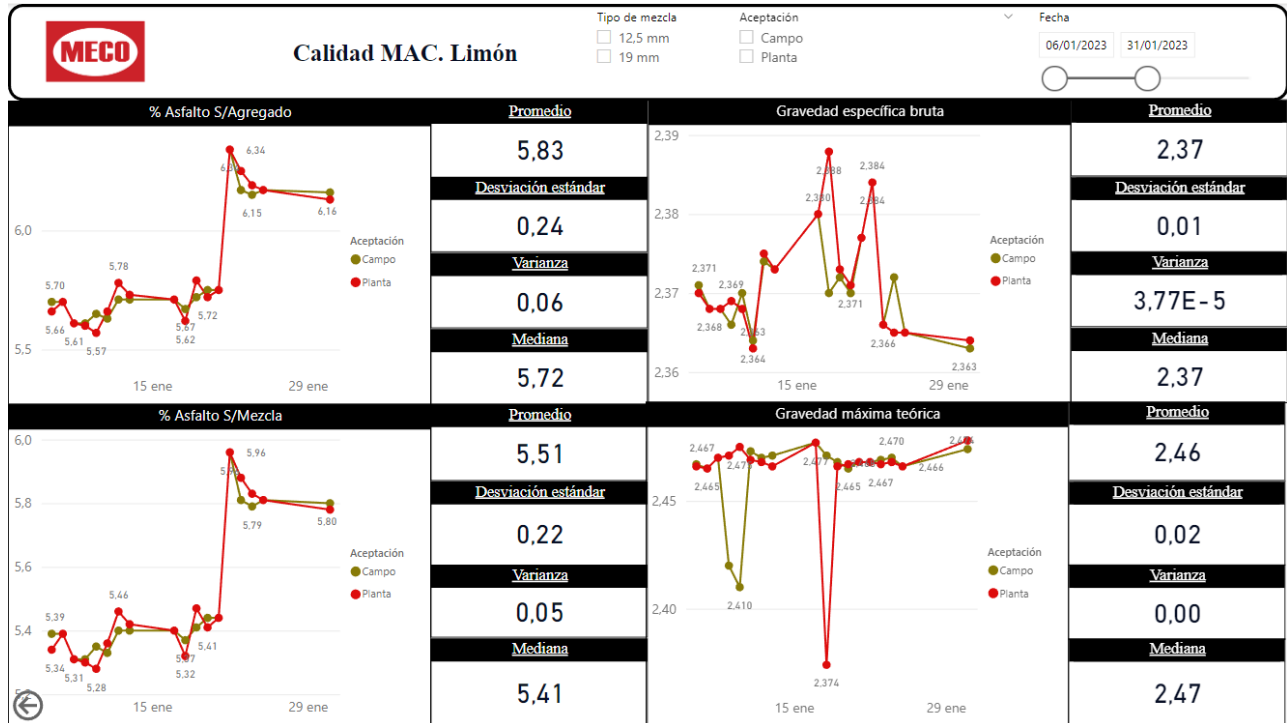


Figura 76. Análisis de mezcla general

La figura 76 muestra el comportamiento de 4 parámetros de mezcla en la mezcla colocada en enero. Se observa en parámetros con el porcentaje de asfalto sobre agregado y el porcentaje de asfalto sobre mezcla un aumento a partir del 22 de enero, esto debido a que después de esa fecha se colocó mezcla de 12.5 mm por lo que la mezcla al contener un esqueleto granulométrico de geometría más pequeña la proporción del asfalto utilizado respecto al peso del agregado es mayor al tener que cubrir más superficies de contacto.

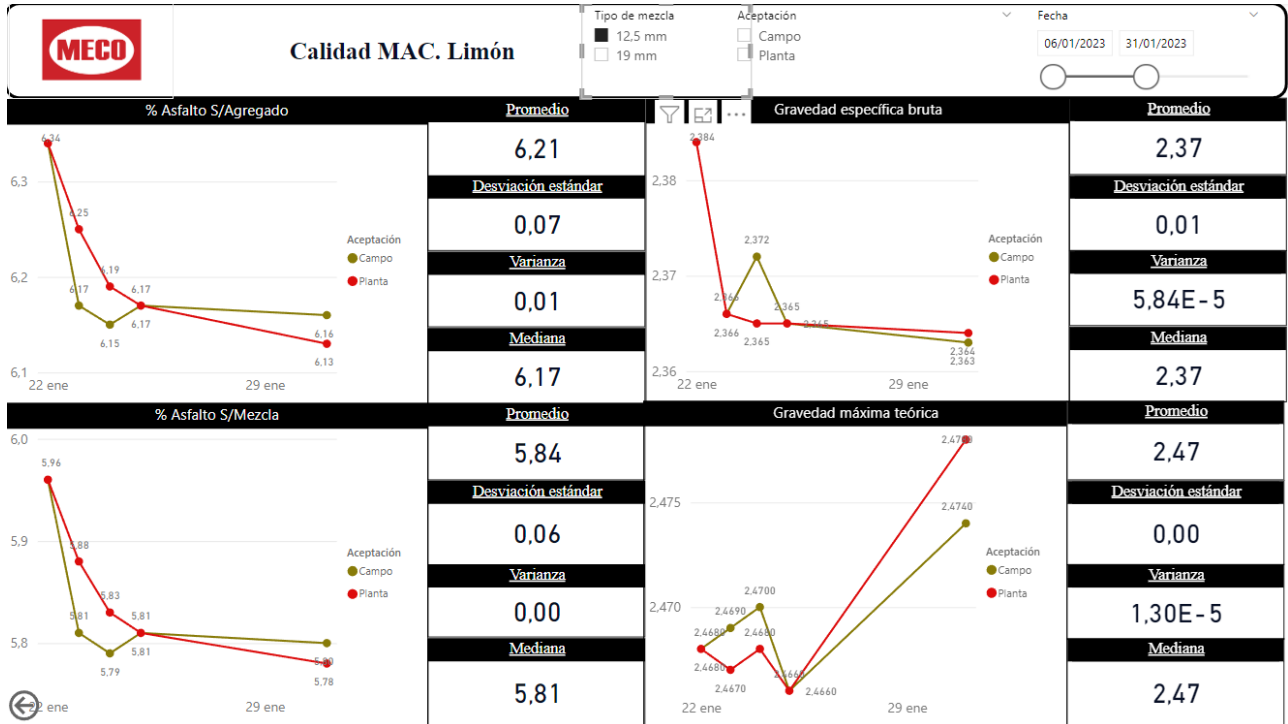


Figura 77. Análisis de mezcla capa 12.5 mm

La figura 77 muestra un análisis de parámetros de mezcla 12.5 mm el cual muestra valores un poco altos en la cantidad de asfalto utilizada el día 22 de enero, no obstante, se mantiene dentro de lo establecido, recordar que para mezclas de 12.5 mm el porcentaje de asfalto sobre mezcla debe estar entre 5.20 y 6.20, el promedio se mantuvo en 5.84 y una varianza de 0 por lo que se considera que la mezcla cumple y se comporta de manera ideal. La gravedad específica bruta posee una varianza mínima por lo que indica el comportamiento uniforme ya que si algún dato atípico existiera conllevaría a posibles efectos en la capacidad de carga.

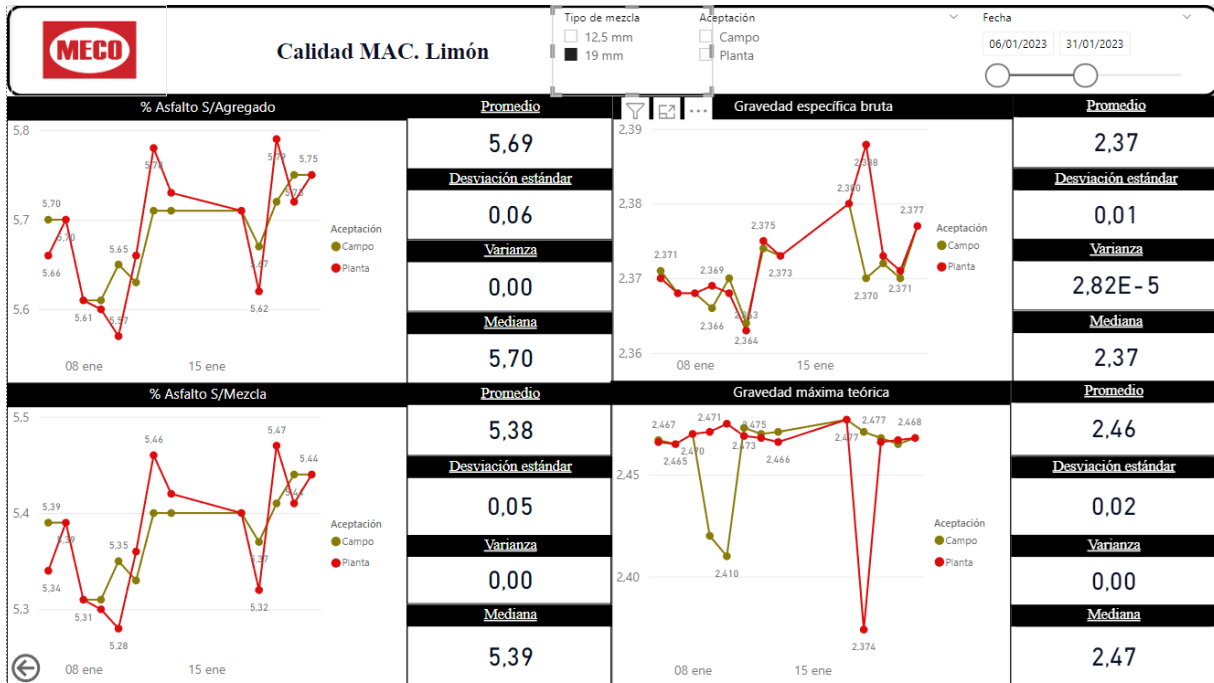


Figura 78. Análisis de mezcla capa 19 mm

La figura 78 muestra un análisis de parámetros de mezcla de 19 mm, los 4 parámetros evaluados poseen indicadores de variabilidad de datos bastantes bajos lo cual indica el buen trabajo de la planta de asfaltos en este panorama, el porcentaje de asfalto sobre mezcla debe estar entre 4.7 y 5.7 y en este caso el promedio es de 5.38, la mínima en 5.28 y la máxima en 5.47 por lo tanto cumple.

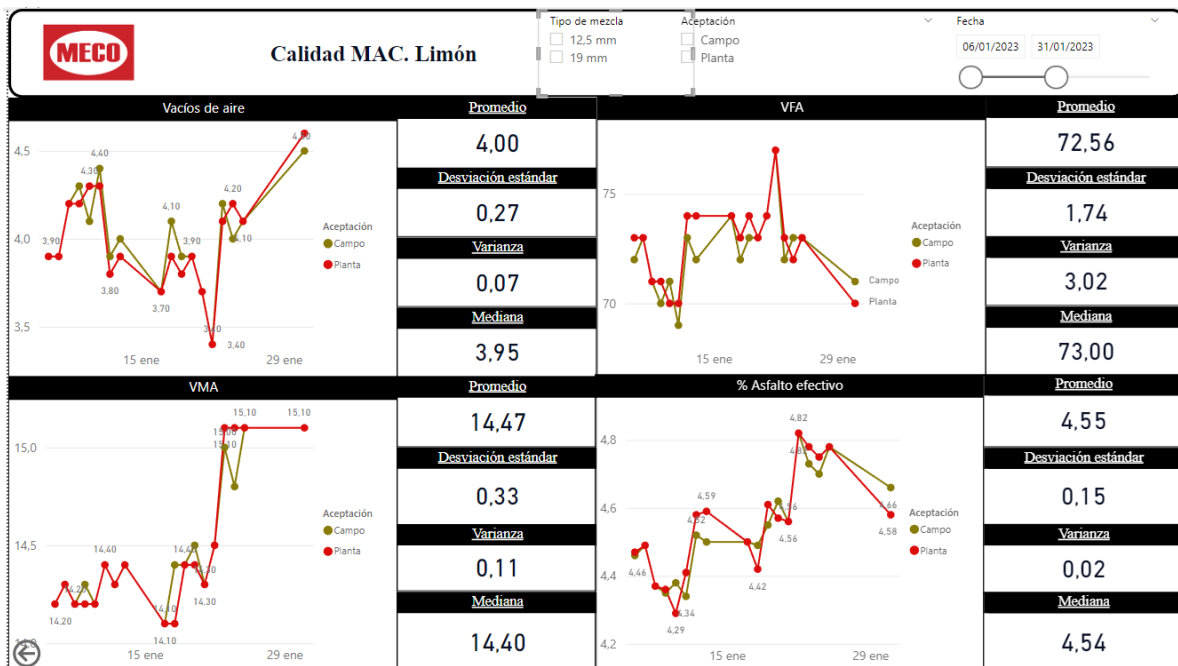


Figura 79. Análisis de mezcla general (segunda parte)

La figura 79 muestra de forma general el comportamiento del VFA, VMA, vacíos de aire y porcentaje de asfalto efectivo, en este caso no se presta atención a los indicadores estadísticos ya que en el mes de enero se colocaron dos mezclas distintas por lo que se debe segmentar los datos.

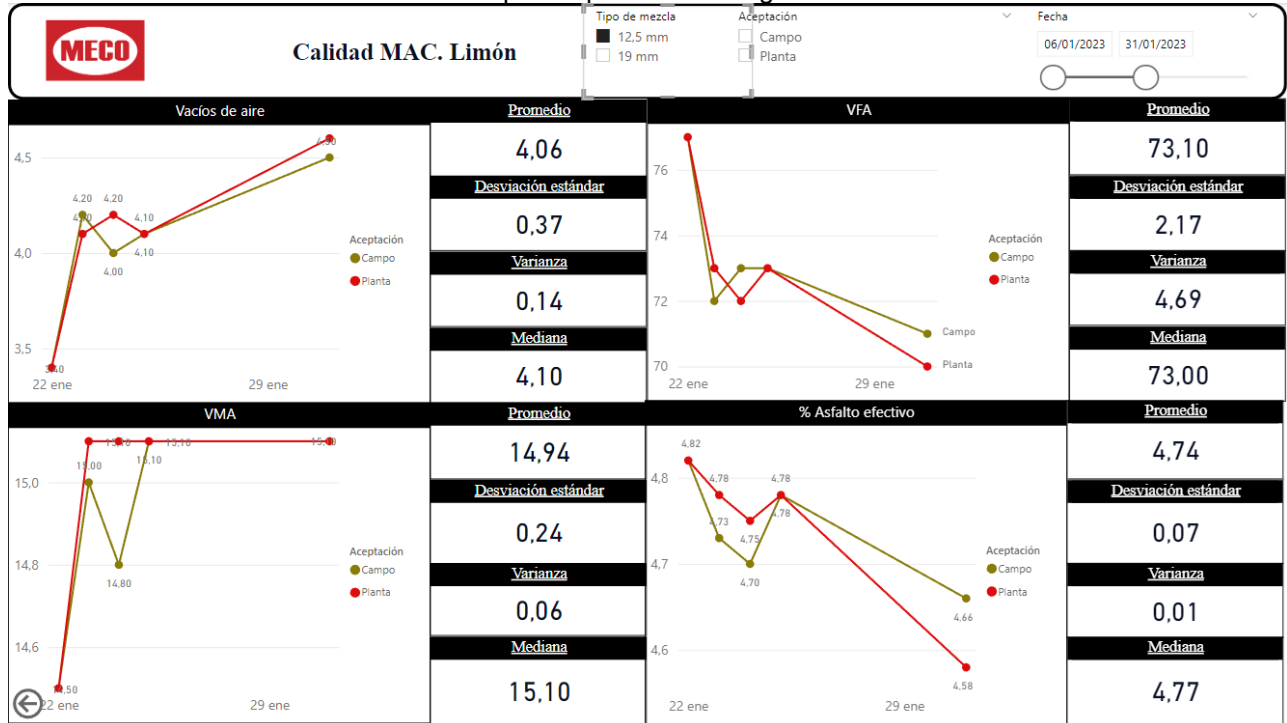


Figura 80. Análisis de mezcla capa 12.5 mm (segunda parte)

La figura 80 muestra el análisis para la capa de 12.5 mm, recordar que para este caso los vacíos de aire deben estar entre 3 y 5, el VMA debe ser de 14 como mínimo y el VFA debe estar entre 65 y 75. Se observa un comportamiento atípico en la fecha del 22 de enero donde la cantidad de vacíos que posee la mezcla es de 3, es decir en el borde del límite inferior aceptable, por esta misma razón la cantidad de vacíos para ser llenados de asfaltos es un poco menor al resto pero dentro del rango tolerable, ahora el problema radica en el valor de vacíos llenos de asfalto, el valor máximo es de 75 y se reportó un valor de 77 lo cual indica que se utilizó más cantidad de asfalto y por ende puede generar problemas de resistencia mecánica al existir más fluidez entre las partículas y más propenso a oxidarse al contener más asfalto, más propenso está a reacciones químicas por presencia de agua (lluvia) o rayos ultravioletas. Se observa que la variabilidad presente en esta sección se debe a la mezcla del 22 de enero quien tuvo un incumplimiento.

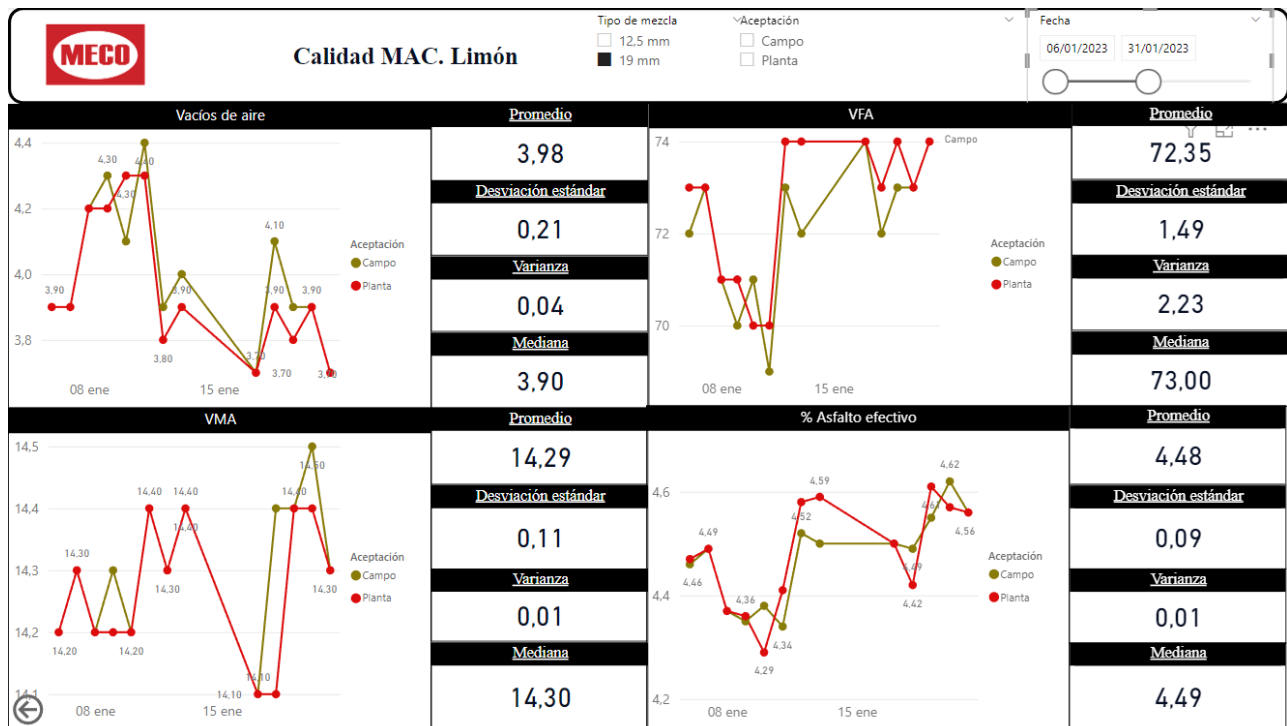


Figura 81. Análisis de mezcla capa 19 mm (segunda parte)

La figura 81 muestra el comportamiento de dichos parámetros ante la mezcla de 19 mm colocada en el mes de enero, en este caso los vacíos de aire deben estar entre 3-5, el VMA un mínimo de 13, y el VFA entre 65-75, para este mes la mezcla no presentó ningún tipo de incumplimiento. Las medidas de dispersión de datos se mantuvieron bajas, solamente el VFA que arrojó una desviación estándar un poco alta por la mezcla del 11 de enero que presenta menos cantidad de asfalto en los espacios vacíos de la mezcla, no obstante, se encuentre cumpliendo.

Análisis no conformidad granulometría

En la sección de apéndices se presentan las curvas granulométricas del mes de enero, cada una de ellas cumplen de acuerdo con las especificaciones. Para este caso se presenta la figura 82 de un no cumplimiento.

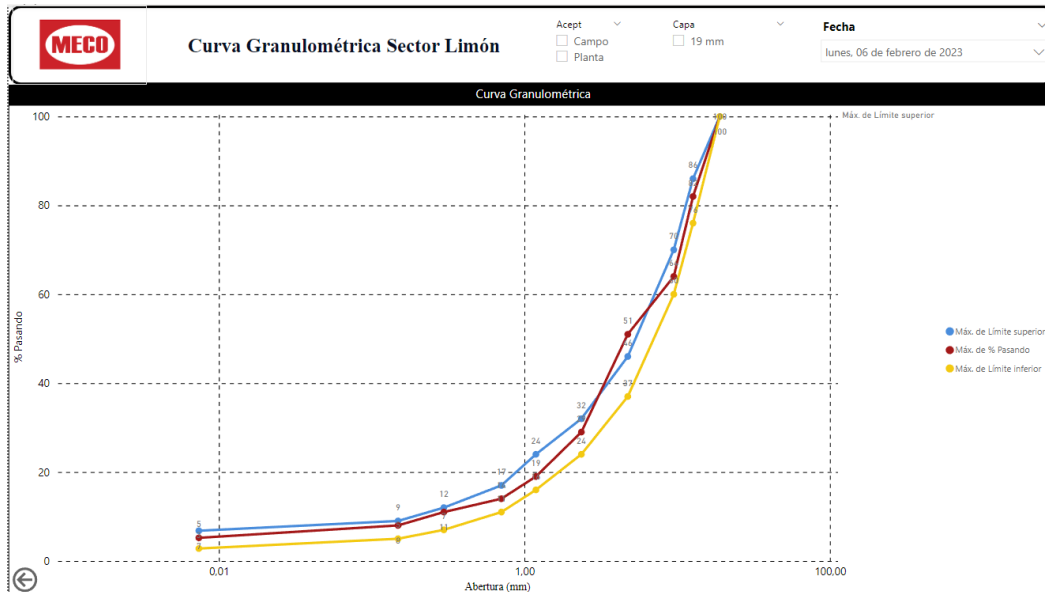


Figura 82. No cumplimiento de granulometría

Para la mezcla de 19 mm colocada el lunes 06 de febrero del 2023, se presentó un incumplimiento de la cantidad de material pasando la malla No 4, lo máximo permitido a pasar era de 4.6% y pasó un 5.1% es decir iba agregado con granulometría más pequeña a la especificada. Este tipo de errores pueden repercutir en el porcentaje de vacíos de la mezcla y por ende poder verse afectado el VMA, para este caso no presentó ningún incumplimiento en ningún tipo de parámetro de mezcla, no obstante, es requerido controlar estos aspectos.

Manual de buenas prácticas para la colocación MAC

El siguiente manual desarrollado se fundamentó en el CR 1010, así como los problemas evidenciados en campo y afectan como tal la integridad del asfalto, el mismo se encuentra en los apéndices con portada como se muestra en la figura 83. Dicho manual abarca trabajadores como peones, rastrilleros, encargados y los que manipulan los equipos como finisher, camión distribuidor de asfalto, compactador y equipo de transporte de mezcla.



CONSTRUCTORA
MECO S.A

BUENAS PRÁCTICAS EQUIPO DE ASFALTO

Figura 83. Manual buenas prácticas

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Mediante la encuesta realizada se logró el enfoque en actividades críticas a la hora de colocar la mezcla asfáltica, algunas de estas actividades demostraron falta de capacitación del personal.

Se generó una lista de verificación de procesos para minimizar errores en las inspecciones y evitar de este modo reprocesos que impactan en la utilidad final del proyecto

El manual de buenas prácticas contempla aquellos errores comunes que por criterio de profesionales y apegado a la normativa de dicho proyecto CR 2010 pretende brindar a los operarios y operadores de equipo de asfalto cumplir con el objetivo principal de su labor, de este modo mejorar el proceso de colocación de mezcla asfáltica que según entrevistados es de los que generan más problemas a corto y largo plazo

Se realizó la herramienta dinámica en power bi para facilitar la comprensión y el análisis de datos, con esta herramienta se logró llevar un orden más adecuado respecto a producción en incumplimientos que deben ser rectificadas por lo que es fundamental tener la información precisa y a la mano.

Muchas de las no conformidades presentadas se lograron solucionar con ensayos de comportamiento mecánico al utilizar un polímero en mezcla conocido como terpolímero elastómero reactivo el cual mejora las propiedades mecánicas y químicas del asfalto.

Se obtuvo un desperdicio de mezcla en la capa de 19 mm de 12.18% vs un 4.4% en la capa de 12.5 mm lo cual indica que la primera capa de mezcla asfáltica corrige errores de espesores por lo que se generan capas con más espesor para cumplir con el paquete estructural.

La mezcla del 22 de enero presentó valores de VFA de 77% cuando lo mínimo es de 75%, por lo que dispara la normalidad de los datos, esto implica una mayor cantidad de asfalto en las caras de la granulometría en mezcla, no obstante, al utilizar un terpolímero y someterse a ensayos mecánicos cumple con requerimientos.

Los promedios de compactación de núcleos presentan un promedio de similitud de 99.89% para la capa de 19 mm y de 99.95% para la capa de 12.5 mm por lo que se considera una buena aplicación del ensayo en ambos laboratorios.

Recomendaciones

Intentar no cambiar constantemente el personal de trabajo para colocación de mezcla asfáltica, ya que se intenta minimizar variaciones para cumplir con ciclos de compactación y demás particularidades observadas en el tramo de prueba.

Solicitar informes de laboratorios con mayor brevedad para agilizar el estudio que brinda la herramienta y de este modo rectificar problemas con mayor brevedad.

Se requiere atribuir la labor de digitación de datos en Excel a un equipo en específico y que no sea el ingeniero quien transcriba datos, simplemente analice e interprete.

Generar espacios abiertos para capacitar y dialogar con el personal y cuadrillas a cargo de la colocación de asfalto, es de mucha importancia estar capacitando al personal, más cuando se han contratado nuevos.

Generar controles topográficos más estrictos que no obliguen al personal colocar capas asfálticas con más espesor como es el caso de la de 19 mm que presentó mayor desperdicio.

Referencias bibliográficas

- Betancourt, F. (2018). Evaluación de los cambios químicos que experimenta el asfalto durante el proceso de envejecimiento a corto plazo y su relación con algunas propiedades físico-mecánicas. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Bogotá, Colombia
- Asphalt Institute. (2008). Basic Asphalt Emulsion Manual MS-19, Fourth Edition, USA. Asphalt Institute. (2015). Tack Coat Best Practices. USA.
- Campos, F. (1992). El control total de la calidad. INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales.
- Delgado, H., Garnica, P., Sandoval, C. (2005). Análisis de varianza del efecto de algunos factores que influyen en la deformación permanente de mezclas asfálticas. Secretaría de comunicaciones y transportes instituto mexicano del transporte.
- Department of the army, US Army corps of Engineers. (1994). Standard practice for concrete for civil works structures.
- Garnica, P., Flores, M., Gómez, J., Delgado, H. (2005). Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas. Instituto Mexicano de Transporte.
- Legarda, C. (2018). Control de fallas en perfiladora de asfalto roadtec rx 500. Escuela de ingeniería Medellín Antioquia Colombia. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13033/CristianDavid_LegardaRomán_2018.pdf?sequence=2
- Maranto, M. (2015). Fuentes de información. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Recuperado de: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Miler, S. (2011). Tipos de investigación científica. Revistas bolivianas. Recuperado de: Sujetos de información http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf
- Minaya, S., Ordoñez, A. (2001). Manual de laboratorio ensayos para pavimentos volumen I. Universidad nacional de ingeniería. Recuperado de: <https://n9.cl/p4m55>
- Ministerio de obras públicas y transporte. (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.
- MOPU. (1978). Manual de control de fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas. Dirección general de carreteras. Recuperado de: http://www.carreteros.org/normativa/firmes/pdfs/otros_pdf/si/manualmb.pdf
- Múnera, J., Ossa A. (2014). Estudio de mezclas binarias asfalto-polímero. Facultad de ingeniería Universidad de Antioquia N. °70 pp. 18-33. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302014000100003&script=sci_arttext

North Carolina department transportation material and tests units. (2020). Ashpalt quality management system


Parada, M., Lapesqueuer, A., Caicedo, B. (2005). Estudio del envejecimiento de mezclas asfálticas por oxidación. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Bernardo-Caicedo/publication/238790184_Estudio_del_envejecimiento_de_mezclas_asfalticas_por_oxidacion/links/555b1f2c08ae6943a878756a/Estudio-del-envejecimiento-de-mezclas-asfalticas-por-oxidacion.pdf

Tesis

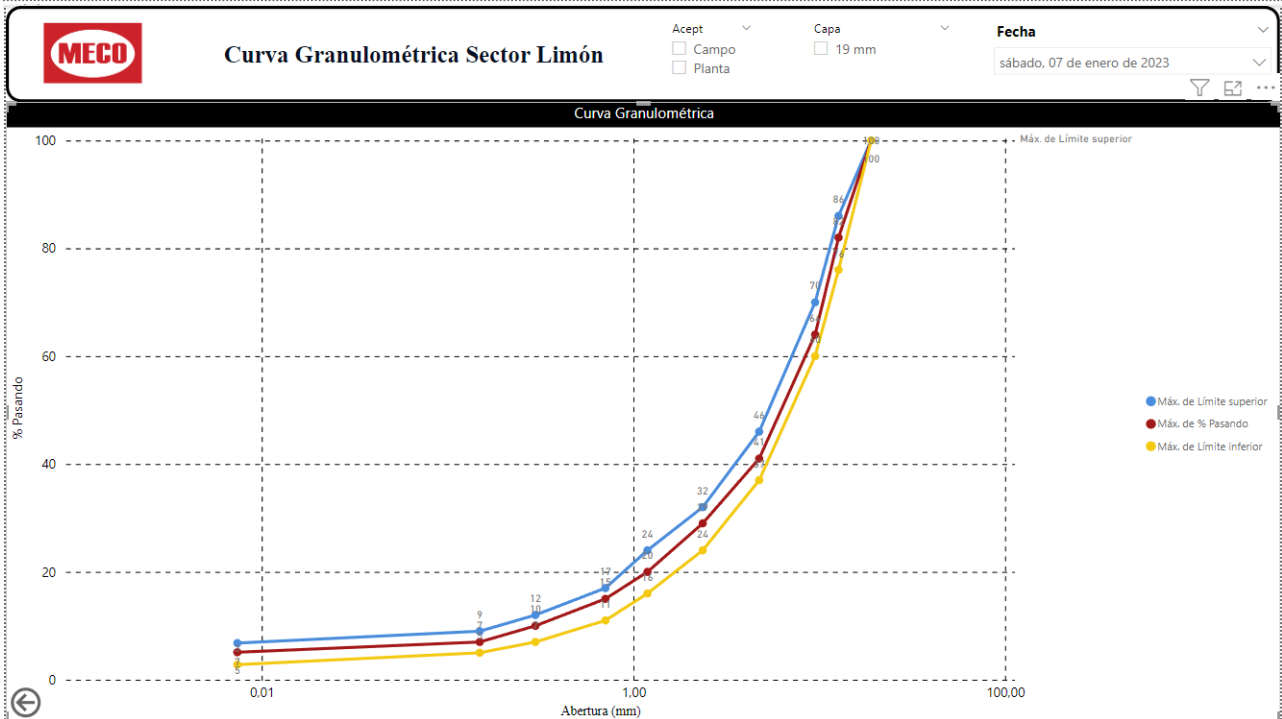
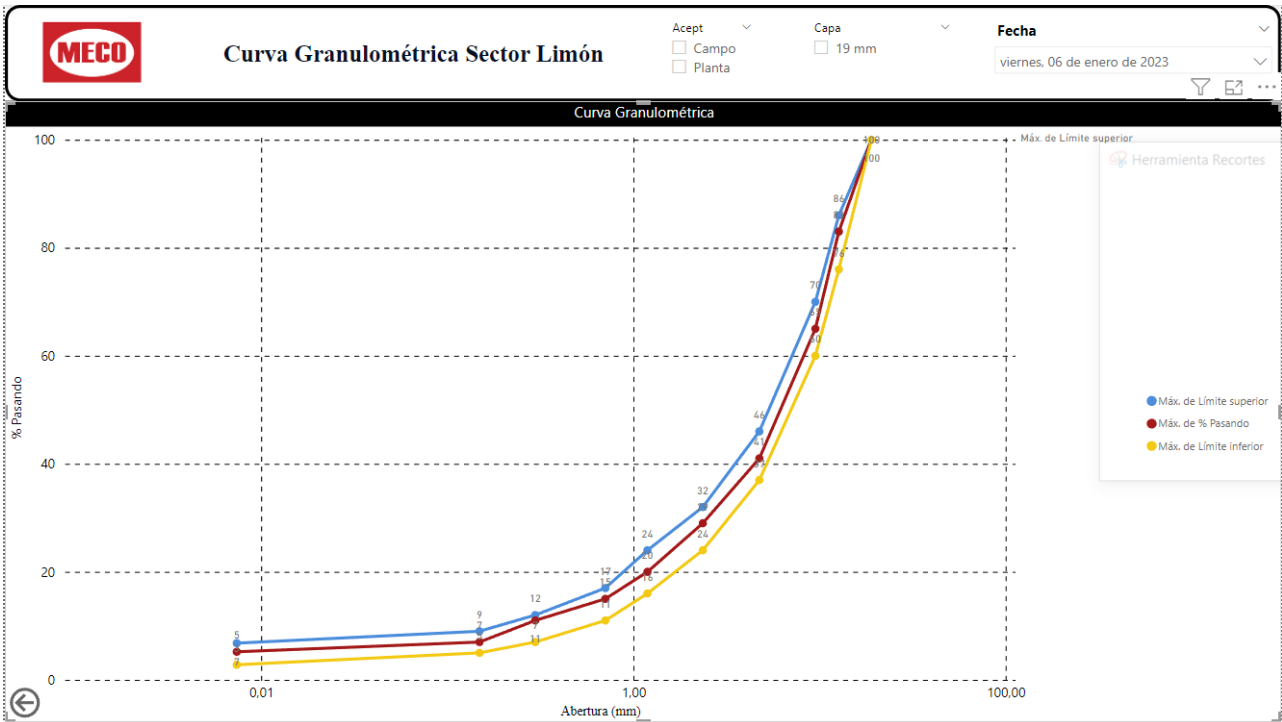
- Miranda, R. (2010). Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos. Escuela de construcción civil Universidad Austral de Chile. Recuperado de: <https://acortar.link/sFE38j>
- Zevallos, R. (2018). Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca. Escuela de posgrado Universidad César Vallejo. Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16979/Zevallos_GRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

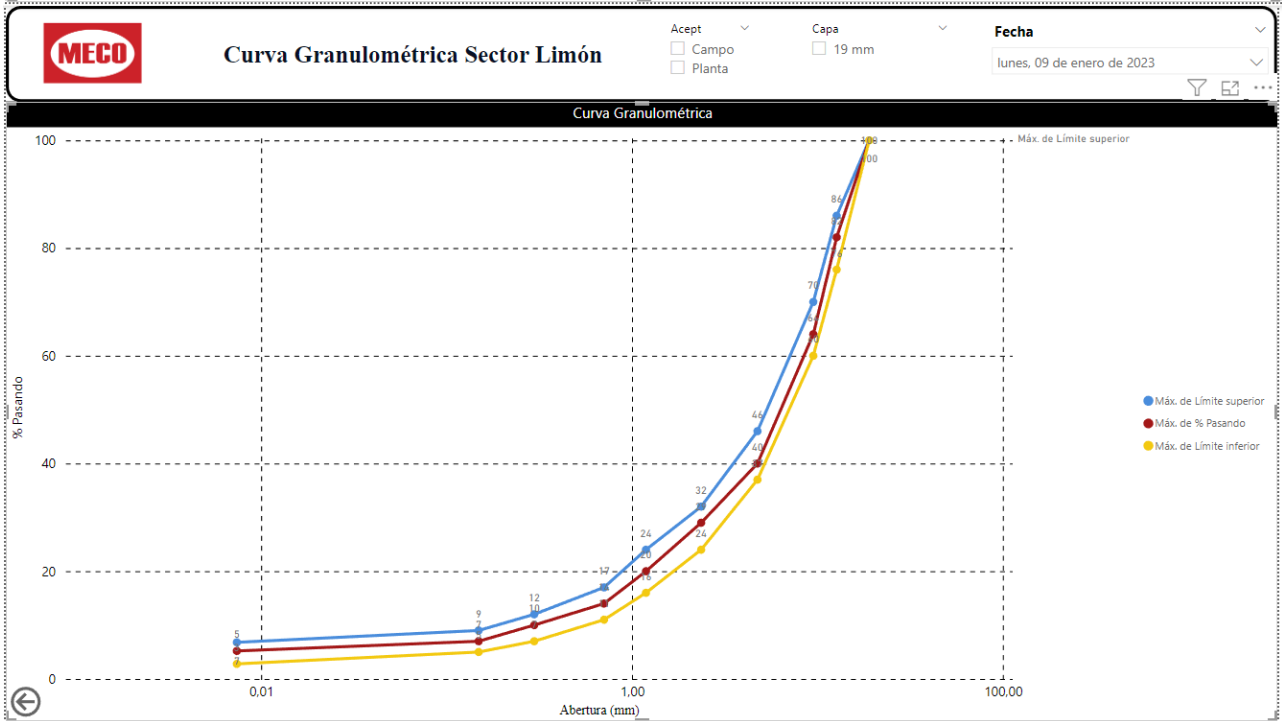
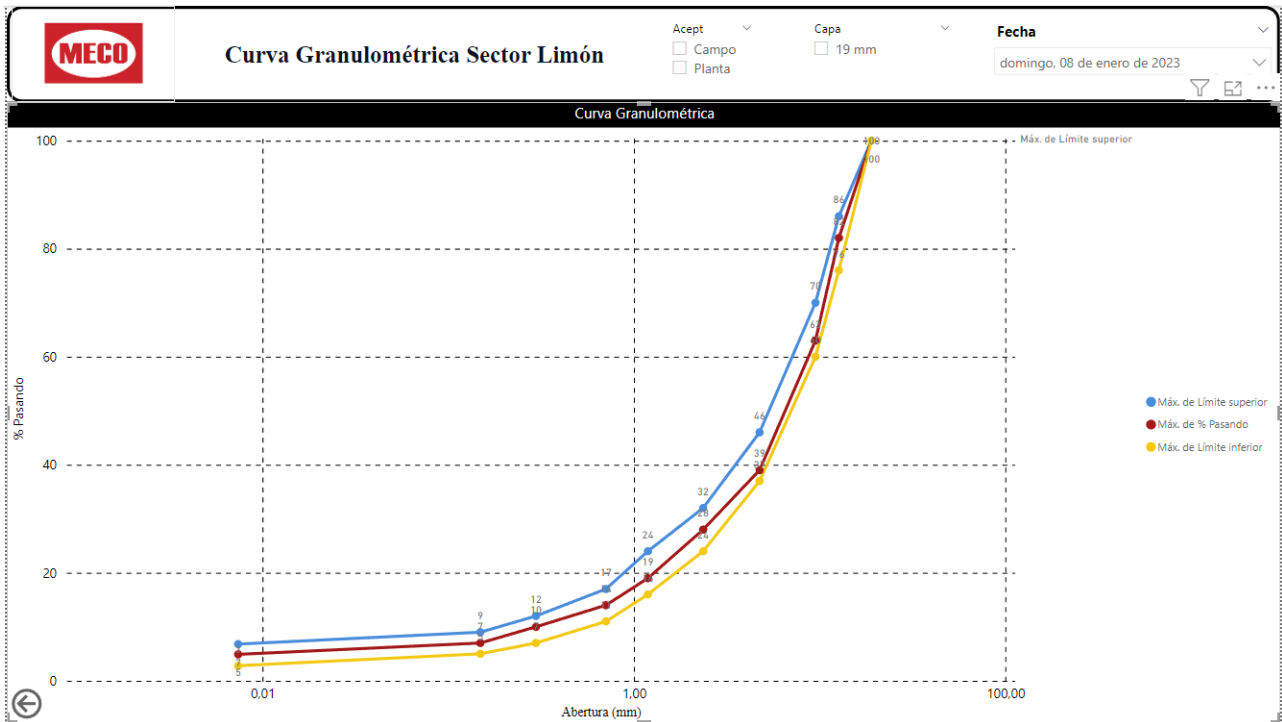
Apéndice

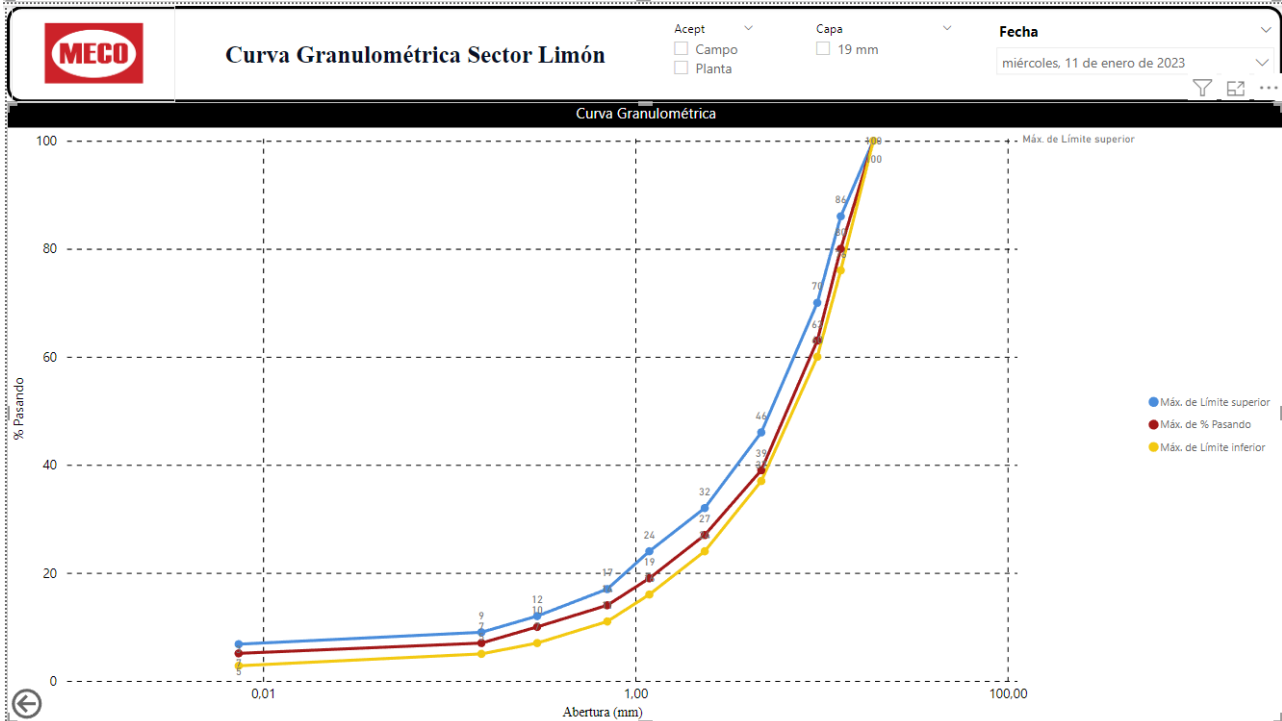
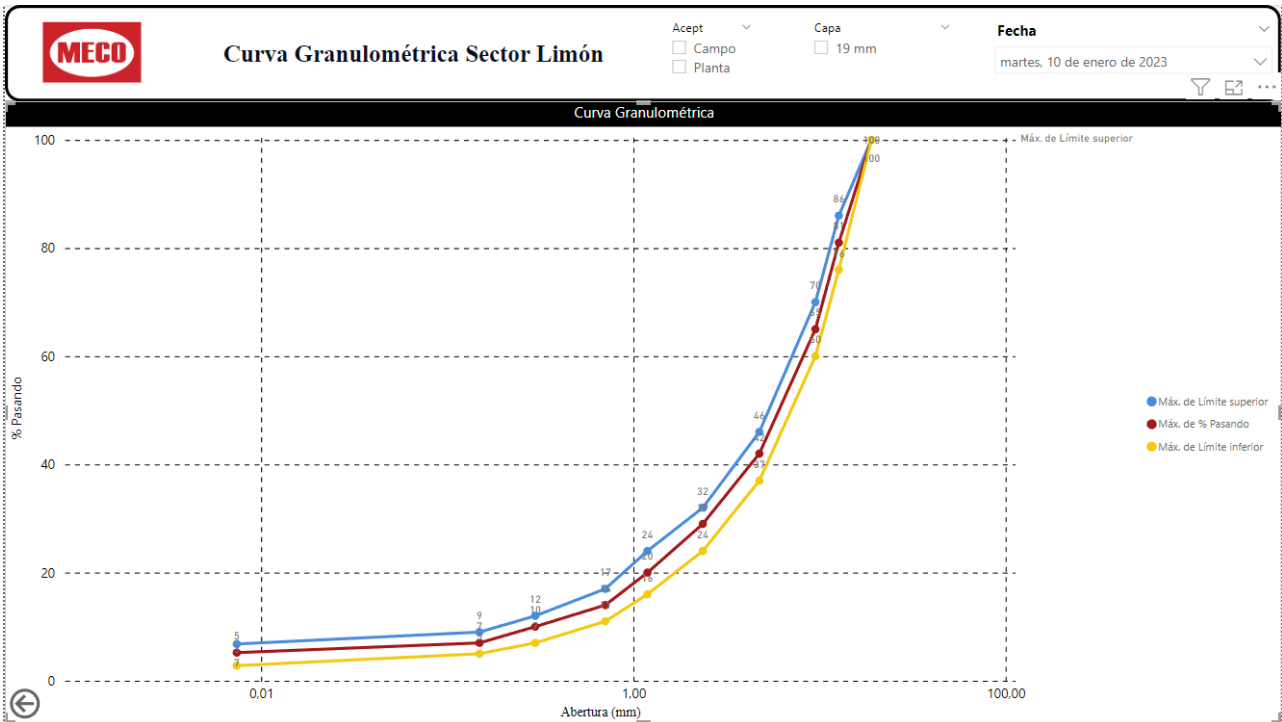
A continuación, se muestran los apéndices desarrollados, primeramente se presente la lista de chequeo de actividades, seguido de las gráficas de granulometría para ejemplificar los resultados del mes de enero y finalmente el manual de buenas prácticas en la colocación de mezclas asfálticas.

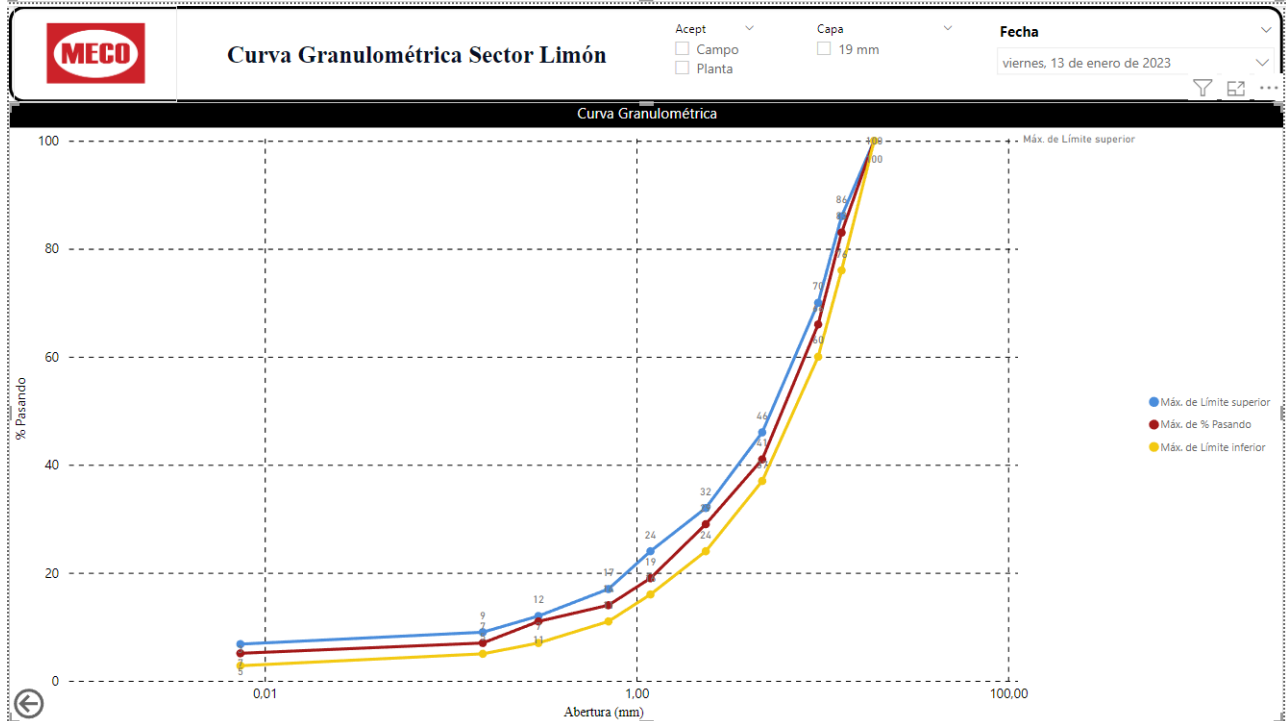
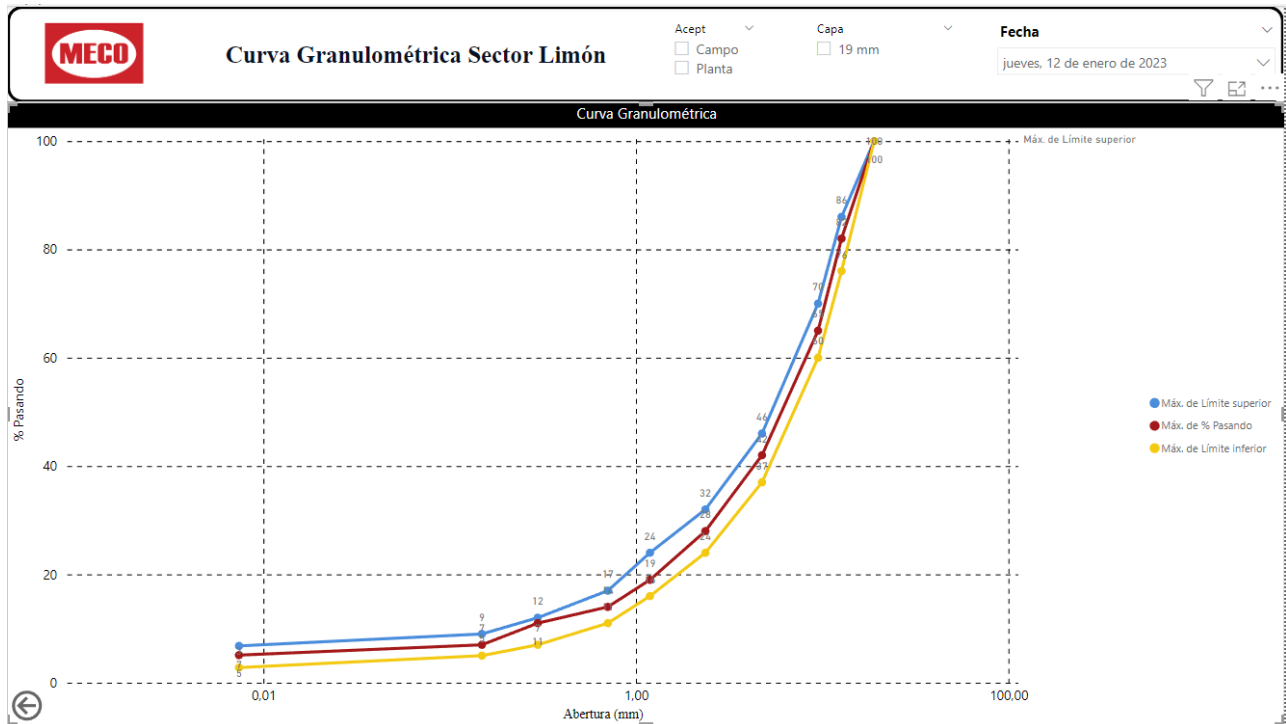
	Lista de chequeo proceso de colocación MAC	Fecha:		
	Actividades	Cumple		
	1. Preparación de sitio	Sí	No	¿Por qué?
	1.1 Inspección previa del sitio para la colocación de mezcla			
	1.2 Se retiran obstáculos y residuos del sitio			
	1.3 Limpieza y barrido de la superficie			
	1.4 Implementación de elementos de barrera de seguridad			
	1.5 Implemento de equipo topográfico (Cuerdas, picas)			
	2. Cumplimiento de materiales			
	2.1 Verificación de la intensidad del riego de liga			
	2.2 Riego uniforme y sin excesos en la superficie			
	2.3 Temperatura adecuada del asfalto			
	3. Colocación del asfalto			
	3.1 Personal con elementos de seguridad adecuados			
	3.2 Aplicación del asfalto de manera uniforme y consistente			
	3.4 Temperatura de compactación adecuada			
	3.5 Se compacta correctamente siguiendo el ciclo preestablecido			
	3.6 Cumplimiento de espesores requeridos			
	4. Post colocación			
	4.1 Revisión de la superficie sin huecos o deformaciones			
	4.2 Correcto sellado de juntas y bordes			
	4.3 Zona limpia y sin agentes contaminantes que se propaguen			
	4.4 Inspección final de cumplimiento con especificaciones ancho de calzada, compactaciones, etc.			

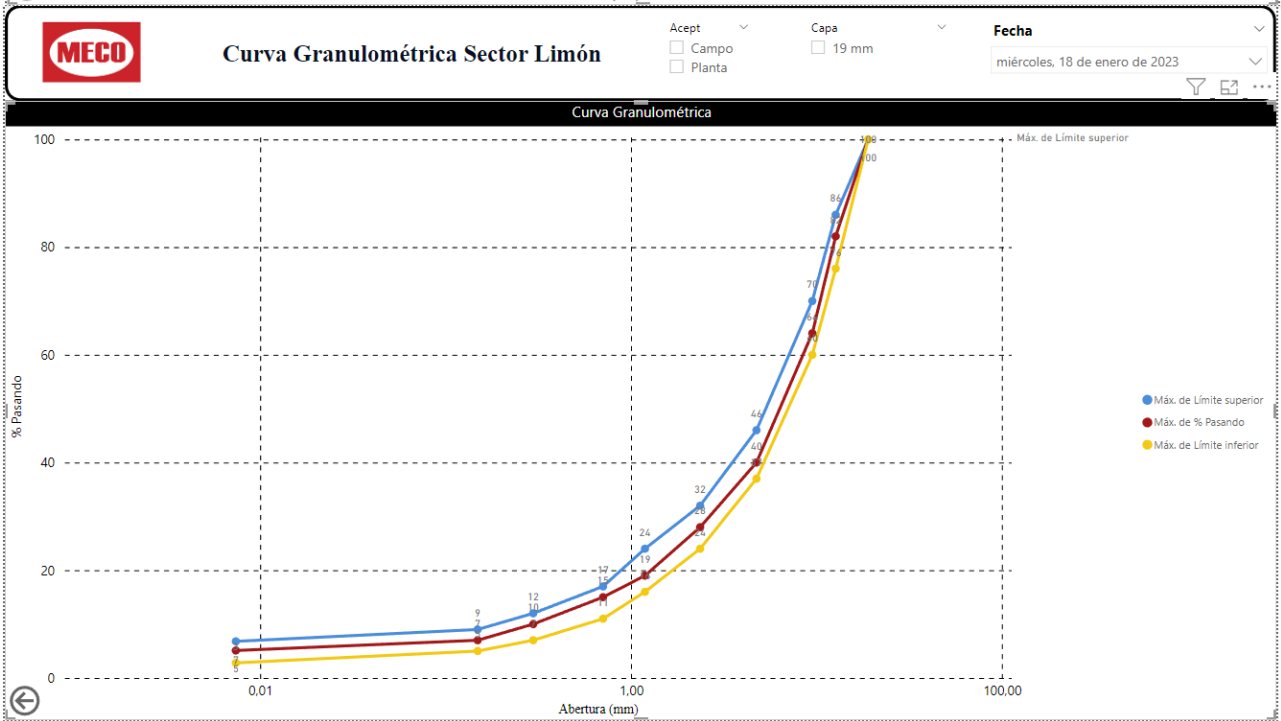
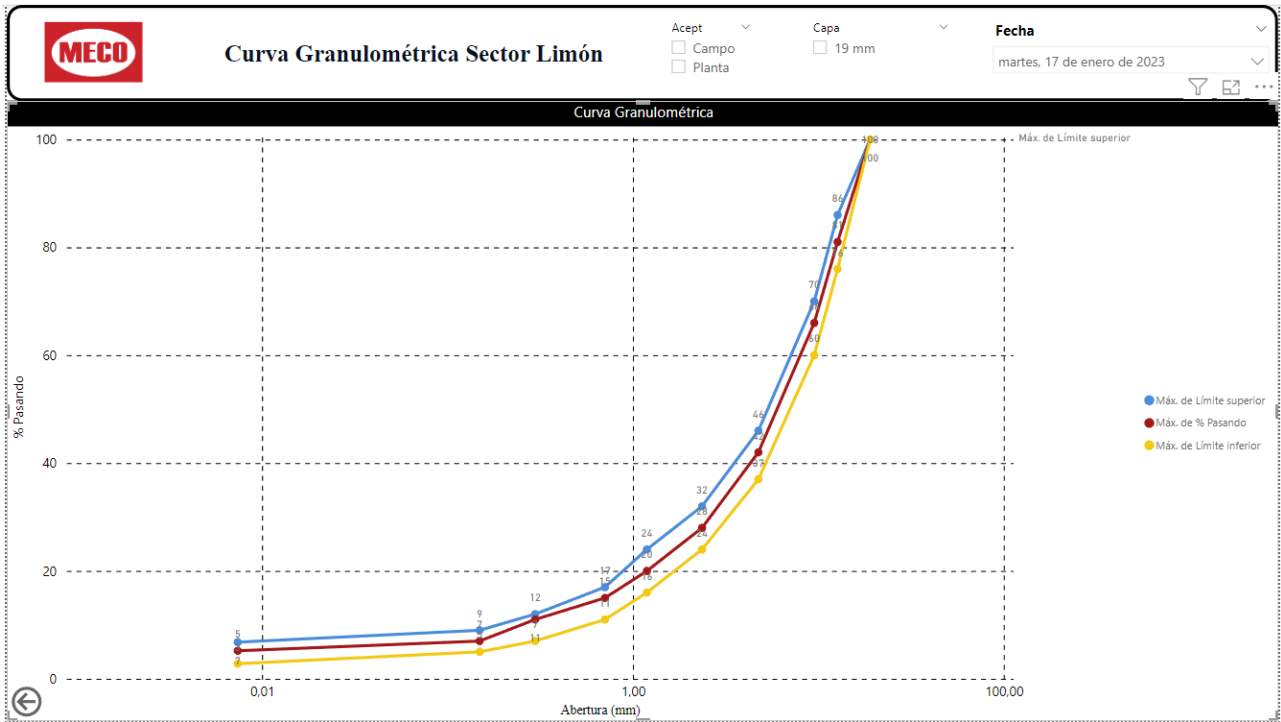
Apéndice 1. Lista de chequeo verificación de calidad

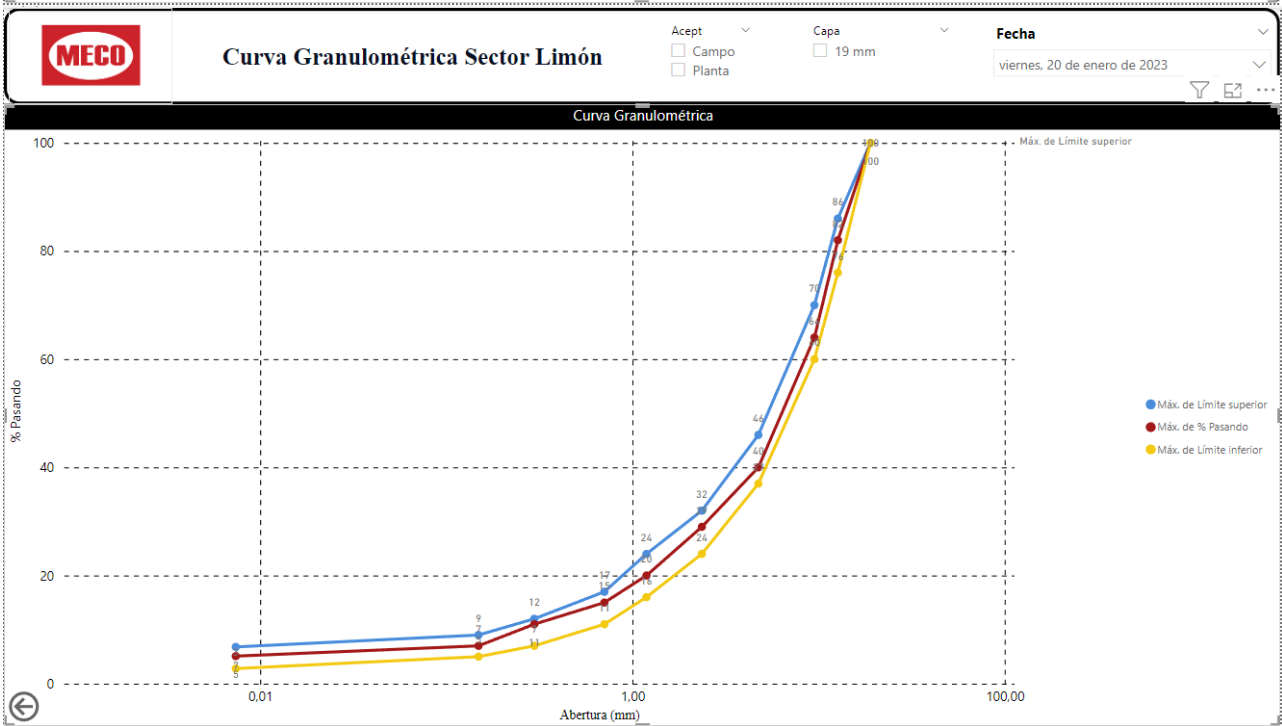
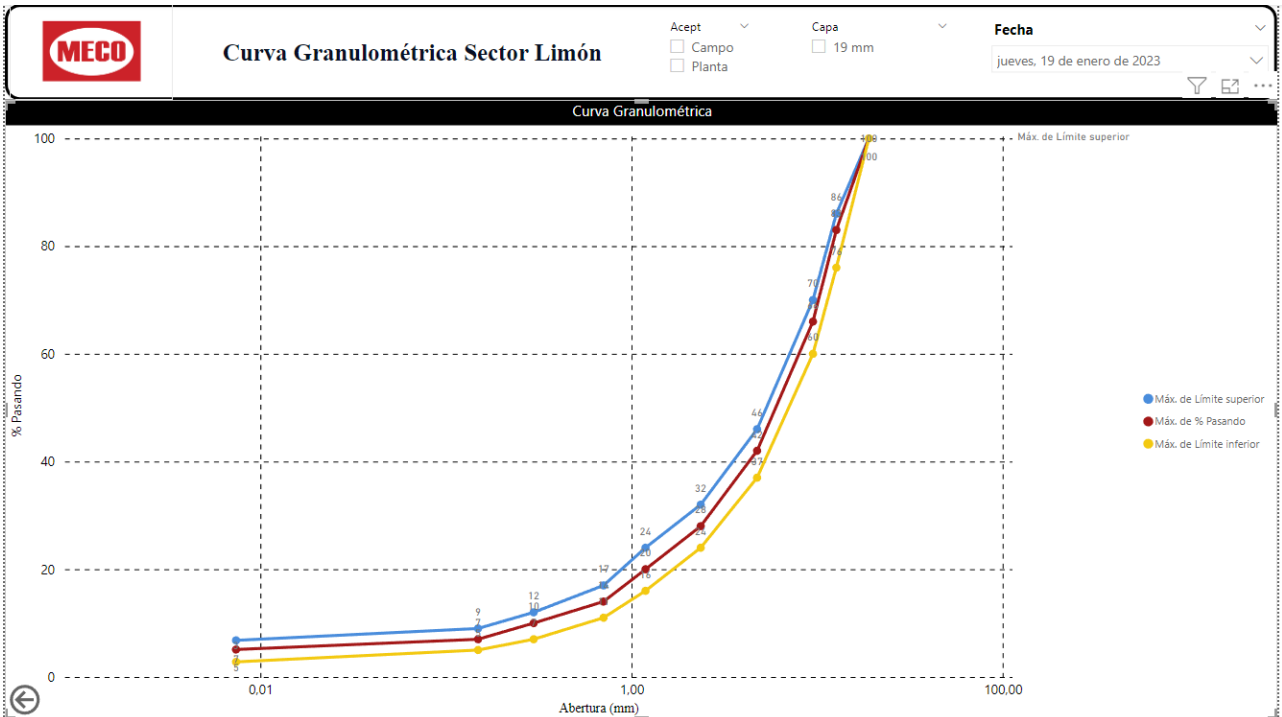


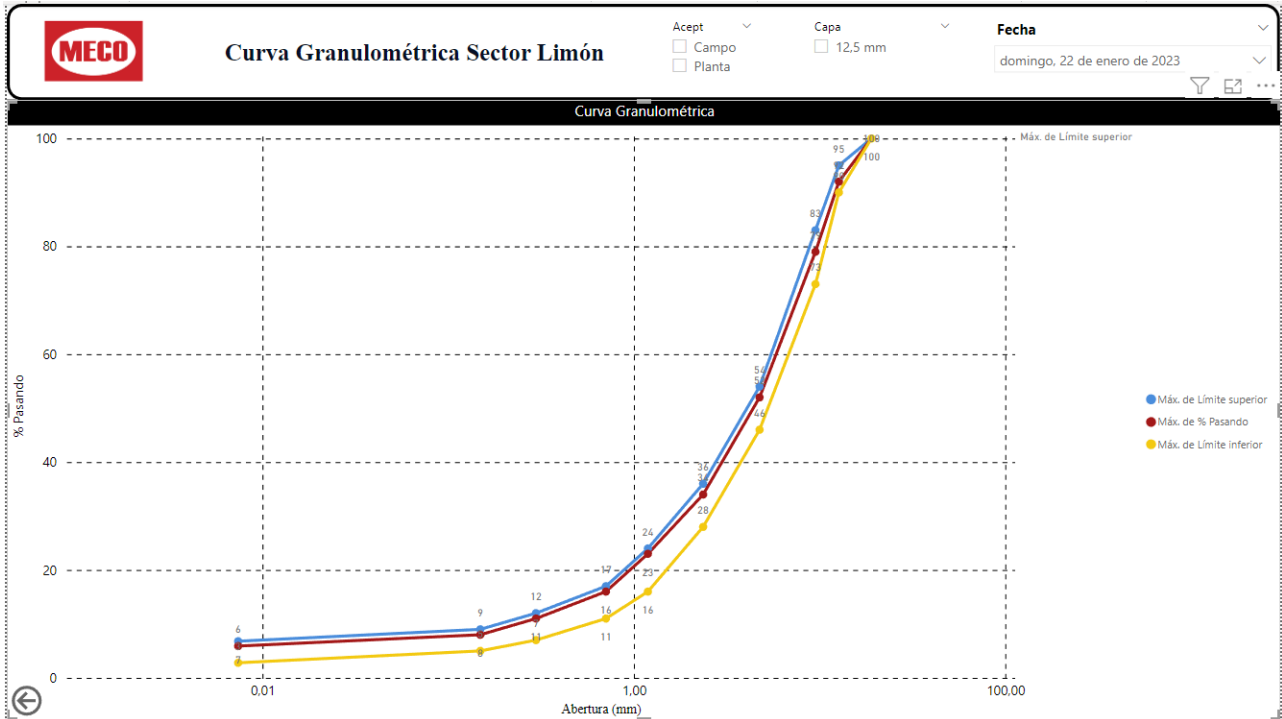
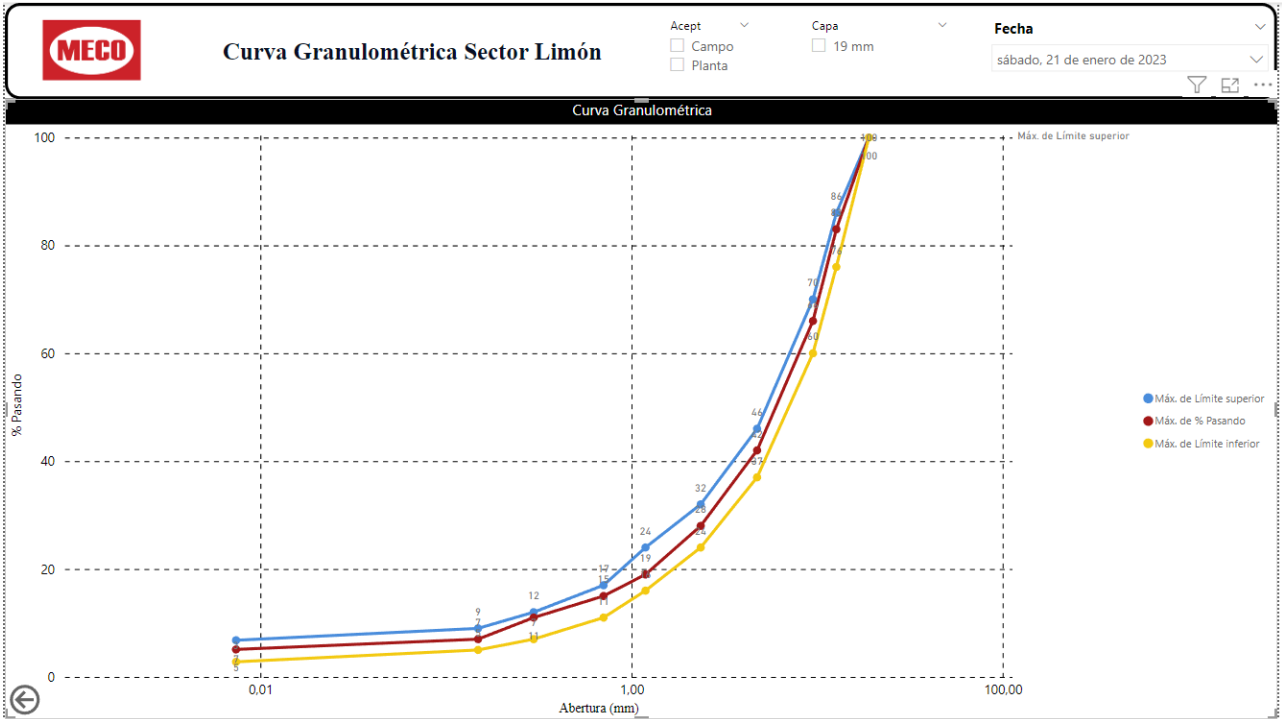


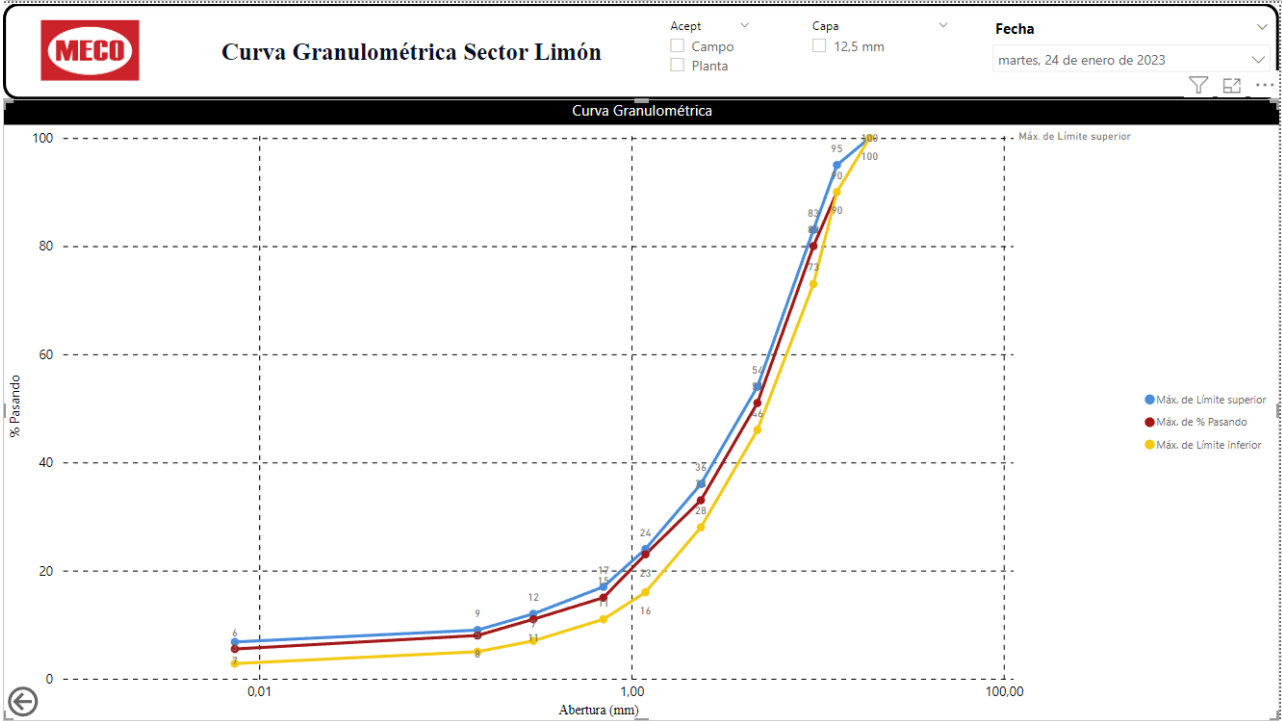
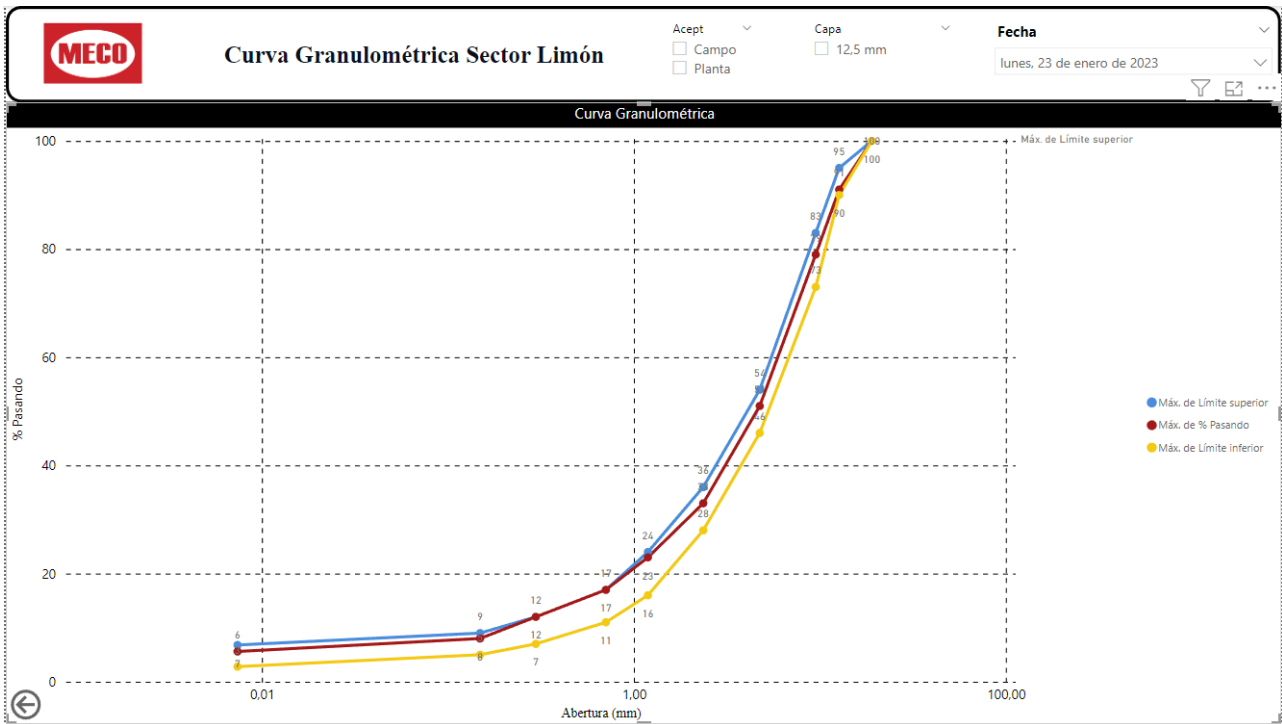


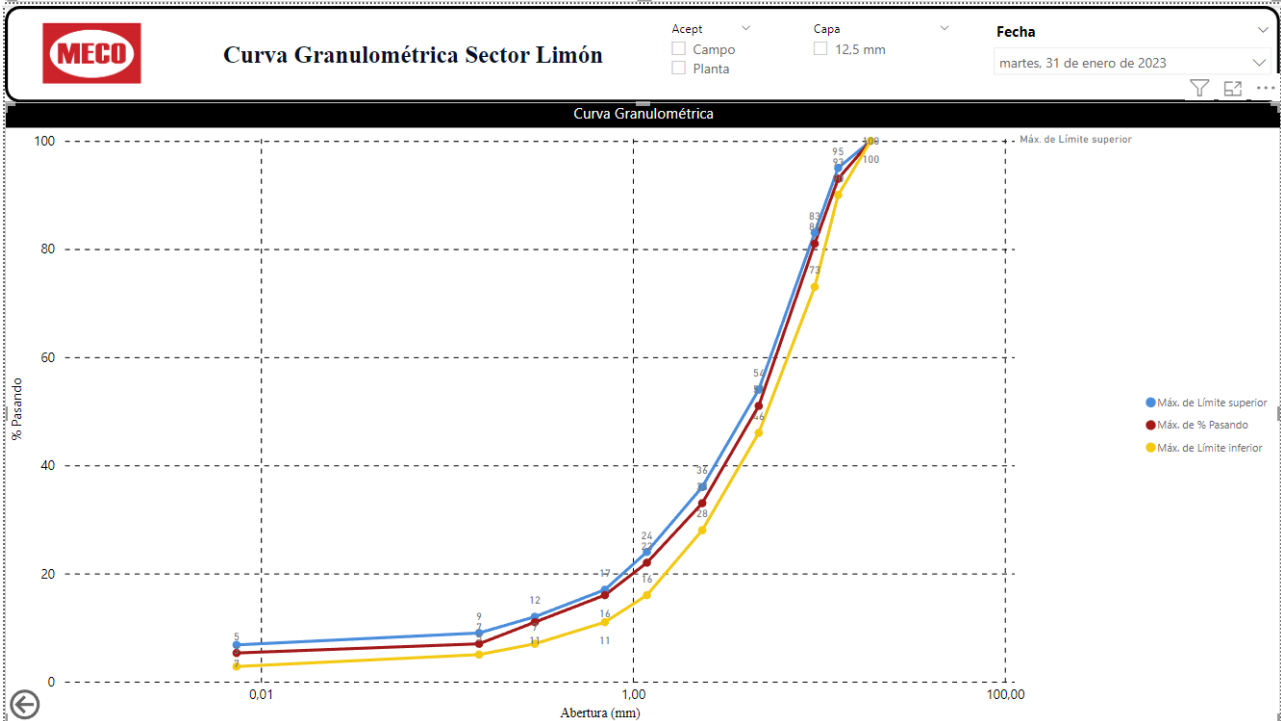
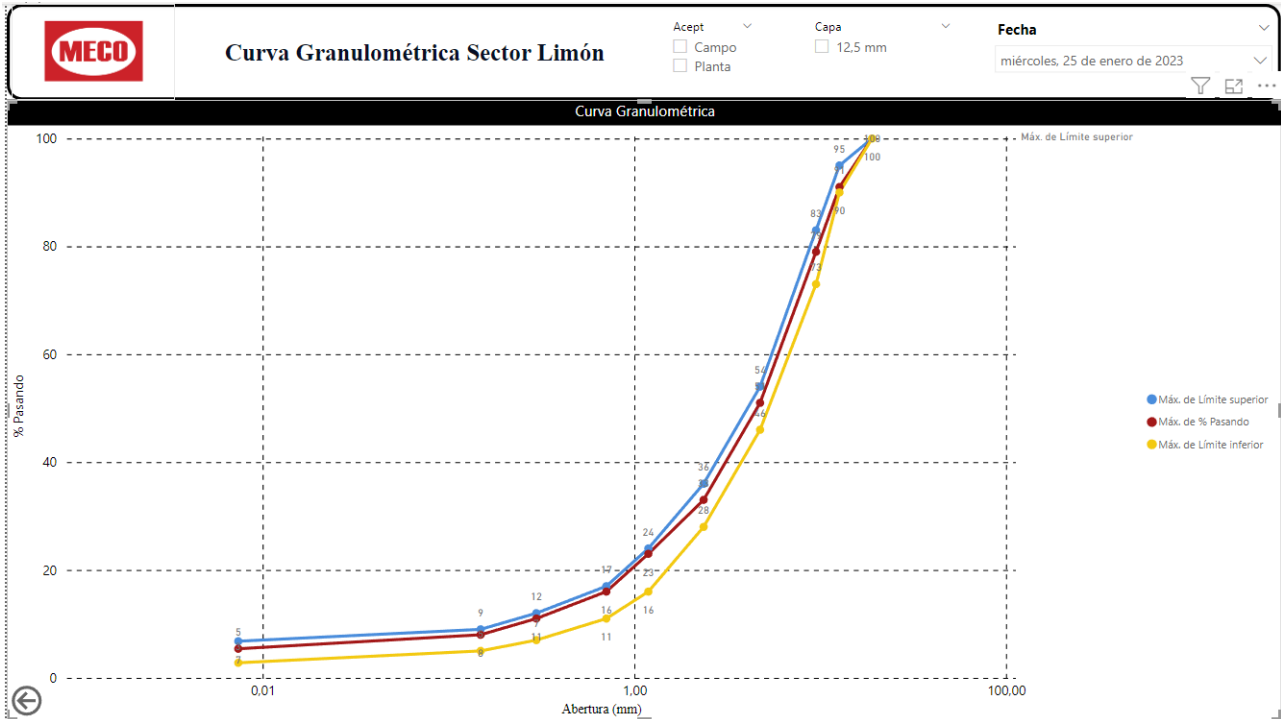














CONSTRUCTORA
MECO S.A

BUENAS PRÁCTICAS EQUIPO DE ASFALTO

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	01
FINISHER	02
CAMIÓN DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	03
COMPACTADOR	04
EQUIPO DE TRANSPORTE DE MEZCLA	05
RASTRILLEROS Y PEONES	06
ENCARGADO	07



INTRODUCCIÓN

La calidad y acabado del asfalto depende en gran medida de la verificación de equipos en buenas condiciones, trabajadores capacitados y pautas marcadas para llevar a cabo procesos de calidad.

Finisher



Función

El finisher o pavimentador tiene como objetivo garantizar la colocación uniforme del asfalto, así como brindar espesores requeridos.

Buenas prácticas

- Maniobrar bajo velocidades bajas que garanticen la correcta uniformidad de la mezcla.
- Para el traslado del equipo sobre juntas longitudinales o transversales se debe realizar utilizando tabloncillos que eviten el daño de las capas y provoquen dislocación de la carpeta en esos puntos.
- Verificar que no hayan derrames de aceite y que las mangueras y equipo mecánico se encuentren en óptimas condiciones
- No colocar capas con espesores de más de 10 cm
- Garantizar que el espesor mínimo colocado sea al menos tres veces más grande que el tamaño máximo nominal de la mezcla

Camión distribuidor de asfalto



Función

Se encarga de distribuir el riego de liga o imprimación para proteger las capas adyacentes y mejorar la adherencia entre capas.

Buenas prácticas

- Verificar que el ángulo de los aspersores se encuentren entre 20° a 25° y limpios
- Ajustar la barra dosificadora a un patrón de rocío que cubra el doble o triple de traslape entre riegos
- Evitar derrames excesivos de riego ya que propicia una exudación en el asfalto
- El operador deberá tener precaución en no golpear o dañar la barra dosificadora a la hora de entrar o salir del carril en el que se esté trabajando
- Verificar que el equipo medidor de temperatura funcione correctamente
- Agregar riego en juntas transversales o longitudinales

Compactadores



Función

Generar una superficie de rodadura densificada y con un acabado uniforme sin ninguna protuberancia

Buenas prácticas

- No detener la compactadora sobre la capa asfáltica colocada
- El ciclo de compactación definido en el paño de prueba no debe variarse para un mismo tipo de mezcla
- Iniciar el ciclo de compactación a la temperatura más alta sin que se generen desplazamientos indebidos
- La compactación debe iniciarse en la zona más baja del tramo y debe traslapar al menos la mitad del acho del tambor en cada pasada
- Evitar riegos de combustible
- Espesores menores a 4 cm no se vibran

Equipo de transporte de la mezcla



Función

Trasladar la mezcla asfáltica desde la planta de producción hasta el sitio de colocación, resguardando las propiedades físicas químicas de la misma

Buenas prácticas

- Verificar que todos los equipos cuenten con una góndola metálica y limpia.
- Supervisar que la superficie de la góndola sea cubierta con una fina capa de material antiadherente
- No utilizar ningún material derivado del petróleo en la góndola o algún otro químico que altere las propiedades de la mezcla
- Cada vehículo debe estar equipado con un manteado o protector de góndola para evitar el impacto de variables climáticas
- En lugares con condiciones climáticas complejas, se recomienda utilizar góndolas con asilamiento térmico y cobertores ajustables

Rastrilleros, paleros y peones



Función

Colaborar con la extensión, limpieza y acabado de la capa asfáltica.

Buenas prácticas

- Utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado
- Verificar que los guantes y zapatos de seguridad se encuentren en óptimas condiciones para evitar quemaduras
- No limpiar los elementos de trabajo con materiales derivados del petróleo dentro de zonas donde se colocó o se vaya a colocar la mezcla
- Verificar que los lugares donde se vaya a colocar la mezcla esté libre de basura o agentes químicos
- No utilizar la "Traba" y si es de aplicarla, que sea uniforme y con el menor espesor posible una vez que haya reventado el riego de liga

Encargado



Función

Supervisar y dirigir al equipo de trabajo con el objetivo de cumplir los estándares de calidad, normas de seguridad y salud ocupacional.

Buenas prácticas

- Mantener una comunicación efectiva con personal de laboratorio, ingenieros y demás trabajadores.
- Verificar que los trabajadores cumplan las indicaciones en seguridad laboral
- Asegurar la correcta colocación de geogrillas donde la base estabilizada esté fracturada y se pueda generar un espejo de falla
- Verificar que los cortes de juntas sean perpendicular a la superficie de rodamiento
- Tomar temperaturas de colocación y compactación.
- Planificar el estacionamiento de la maquinaria para no afectar el tránsito vehicular (en zonas donde se requieran)
- Utilizar el punzón constantemente para verificar espesores