



1

# **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES**

**CONTROL DE CALIDAD Y PAGO DE  
OBRA EJECUTADA EN PROYECTOS  
VIALES**

## **FUNDACION DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA PARA LA INVESTIGACION**

**AUTORES:**  
**Ing. Mario Arce Jiménez**  
**Ing. Luis Guillermo Loría Salazar**



**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos  
Estructurales**

2000

## Capítulo 1: Fundamentos del Modelo

Los procesos constructivos en carreteras, deben cumplir con parámetros de calidad previamente definidos en los términos contractuales, esto por cuanto el precio de un ítem tiene implícito el nivel de calidad pactado en el contrato, mismo que se alcanzará con mayor o menor éxito, según sea el control de calidad con que el Contratista ejecuta el proceso constructivo. Es obvio que el precio de un bien depende de la calidad de éste.

Por lo indicado anteriormente se deduce lo siguiente:

- i. El precio de un ítem varía en función de su nivel de calidad, y ese nivel de calidad está supeditado a la metodología con que se ejecute y controle el proceso.
- ii. Técnicamente, se pueden aceptar lotes de producción de un ítem de obra que no cumplan rigurosamente con el nivel de calidad pactado en el contrato, siempre y cuando se cumpla con las siguientes premisas:
  - Aunque el nivel de calidad del ítem es inferior a lo pactado, el impacto que tal deficiencia ocasiona en el desempeño y en la pérdida de durabilidad de la obra es técnicamente aceptable.
  - Se acepta un lote de un ítem de pago con calidad inferior a lo pactado, pero a precio reducido, pues según se señaló anteriormente, tal condición no concuerda con el nivel de calidad pactado en el contrato.
  - Existe un límite máximo aceptable de pérdida en el nivel de la calidad, a partir del cual, desde el punto de vista técnico, el trabajo ejecutado es inaceptable (se rechaza), y por lo tanto, el Contratista debe nuevamente realizar el trabajo que fue rechazado, por su cuenta y riesgo, y sin adiciones de plazo por este concepto. Este trabajo será nuevamente sometido a evaluación del nivel de calidad, para definir respecto a su aceptación y pago.

- El nivel de calidad se asocia directamente con el grado o nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas.
- iii. Para pagar la obra ejecutada en función de la calidad, se requiere establecer una metodología que permita determinar el nivel de cumplimiento de las especificaciones con que se ejecuta un ítem de obra. En los capítulos sucesivos se detalla respecto a esta metodología.
  - iv. Es suficientemente claro que dos productos iguales, tendrán el mismo valor en tanto su "calidad" sea la misma, o dicho de otro modo, productos iguales difieren en su precio según sean sus estándares de calidad.

En la contratación de obras viales se presentan varias características particulares, a saber:

- Actualmente, el monto de la inversión anual que el país realiza anualmente por este concepto, es con mucho, la inversión más alta del sector de la construcción.
- Dicha inversión se realiza con fondos públicos. El manejo de fondos públicos exige responsabilidad (rendir cuentas) y eficiencia en la ejecución de los proyectos.

Estos principios básicos exigen a la Administración, establecer los mecanismos que aseguren la "calidad" de las inversiones, lo que lleva implícito los siguientes aspectos:

- i. Calidad total en la formulación, ejecución y control de los proyectos. Esto implica que los sistemas de priorización de proyectos (priorización de inversiones), los estudios para la formulación de los proyectos, los planos, las especificaciones, el proceso de licitación, selección y contratación, así como

el sistema de control de obras, se debe fundamentar en una metodología de "calidad total" de todo este proceso.

- ii. Debe quedar claramente establecido en los documentos contractuales, que el Contratista es el único responsable de la calidad con que se ejecuta cada ítem de la obra, por lo tanto, debe diseñar y ejecutar el sistema de control de calidad necesario para garantizar la uniformidad y los estándares de calidad que exigen los términos contractuales.
- iii. Es responsabilidad de la Administración establecer los mecanismos de verificación que garanticen que la obra ejecutada es conforme en calidad, impacto ambiental, seguridad, precio y plazo con las condiciones pactadas en el contrato.

Desde el punto de vista del control de calidad el Contratista debe indicar en la oferta técnica, de forma específica, el esquema organizativo del sistema de calidad para la ejecución del proyecto, en donde debe indicar claramente, las funciones, responsabilidades y atribuciones de los funcionarios asignados al control de calidad, con indicación clara del profesional responsable de la calidad.

---

## **Capítulo 2: Lineamientos Generales**

---

De conformidad con lo expuesto se establecen los siguientes lineamientos de orden general:

- i. Que el Contratista es el responsable directo por la calidad de la obra ejecutada.
- ii. El Contratista debe garantizar, durante todo el tiempo de ejecución de la obra, por medio de su sistema de calidad, la uniformidad y los estándares de calidad del proceso de ejecución de la obra, en todas sus etapas.
- iii. El Contratista debe implantar en su empresa un sistema de calidad, de modo tal que logre el aseguramiento de la calidad en todos sus procesos, y por lo tanto, el cumplimiento de los compromisos contractuales en todos sus extremos.
- iv. El Contratista debe diseñar y poner en ejecución el plan de control de calidad que se requiere en cada proyecto específico, acorde con las características propias del proyecto, la maquinaria disponible y las particularidades de la materia prima que usa en sus procesos, pues es su responsabilidad garantizar que se alcancen las exigencias de calidad y de uniformidad señaladas en el punto anterior.
- v. Corresponde a la Administración determinar el nivel de cumplimiento con que se está produciendo cada ítem de pago, para proceder así a efectuar el pago en función de dicho grado de cumplimiento, ya sea pago total, parcial o el rechazo del trabajo realizado.
- vi. Para determinar el nivel de cumplimiento de un ítem durante un período de producción (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento y efectuará específicamente los ensayos para pago de obra que se definen para cada ítem. Con base en los resultados de estos ensayos, estadísticamente se definirá el nivel de cumplimiento del ítem en el período correspondiente, y este a su vez,

- determinará el monto a pagar o en su defecto, el rechazo del trabajo realizado en el periodo.
- vii. Los rangos de aceptación (tolerancias) y pago especificados en el modelo solamente aplican cuando se utiliza esta metodología de análisis de cumplimiento para pago de obra.
  - viii. La Administración definirá los requerimientos mínimos que debe cumplir el laboratorio del Contratista (instalaciones, equipo, aspectos operativos y de recurso humano, sistema de aseguramiento de la calidad de ensayos, acreditación), para ser aceptado como laboratorio para el control de calidad en proyectos de carreteras.
  - ix. La Administración tiene la potestad de auditar los laboratorios de Contratista en el momento que lo estime oportuno, y evaluar sus procedimientos de ensayo así como los equipos que utiliza para llevar a cabo dichos ensayos y todo lo relativo a su sistema de aseguramiento de la calidad de ensayos.
  - x. Para el trámite de cada estimación de obra para pago, el Contratista debe presentar un informe de laboratorio, debidamente suscrito por el profesional responsable de la calidad, según el contrato, que demuestre el fiel cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y de control que especifique el cartel, con estricto apego a las frecuencias y normas de ensayo que se indiquen, de tal forma que demuestre que los materiales y procesos que utilizó para realizar el trabajo que está sometiendo al trámite de estimación para pago de obra, cumplen en su totalidad con los parámetros de aceptación y calidad que establece el cartel. Además, dicho informe debe contener la información que demuestre fehacientemente, según corresponda, que los trabajos ejecutados cumplen con todos los requerimientos geométricos (según sea el caso: ancho, peraltes, sobreamanchos, deformaciones superficiales, alineamientos vertical y horizontal, geometría del prisma, inclinación de taludes, etc).
  - xi. La Administración se reserva el derecho a realizar ensayos de verificación, cuando lo estime conveniente, y en caso de detectarse algún

incumplimiento se detiene de inmediato el proceso constructivo por incumplimiento de uno o más parámetros de aceptación o de calidad especificados en el cartel y se procederá de la siguiente forma:

- El Contratista debe corregir el incumplimiento detectado, previo a reiniciar los trabajos.
  - La Administración definirá la retroactividad del incumplimiento y decidirá entre las siguientes opciones:
    - Rechazar el trabajo ejecutado durante el período de incumplimiento de especificaciones.
    - Exigir la reparación o reconstrucción del trabajo ejecutado bajo incumplimiento de especificaciones. En este caso, para definir el monto a pagar por el trabajo ejecutado, se debe evaluar el nivel de cumplimiento de la obra una vez reparada o reconstruida. Será potestad única de la Administración decidir entre ambas opciones.
  - Los atrasos ocasionados por esta interrupción de la obra y por los trabajos de reparación no serán justificación para ampliación del plazo del contrato.
- xii. Durante el periodo de producción, el Contratista está obligado a mantener un archivo actualizado de todos los parámetros de aceptación, y de control, en donde demuestre que su proceso de producción en todo momento cumple con las exigencias contractuales respecto a estos parámetros. Además debe entregar copia de este archivo, debidamente actualizado, al Ingeniero de Proyecto, conforme se indica en el punto ix anterior.
- xiii. En los listados de los parámetros de calidad (aceptación, control y pago) se indican a título de referencia, las normas de ensayo para la ejecución de las pruebas de laboratorio. Para un proyecto en particular, el cartel indicará la norma de ensayo específica para cada prueba de laboratorio.
- xiv. Toda muestra que tome el Contratista debe registrarse en una bitácora, por lo tanto en todo sitio de donde se extraen muestras (tajos, aplamientos, fuentes de obra, etc) debe existir una bitácora de muestras debidamente numerada. Este requisito se debe cumplir de previo a iniciar los trabajos, y se debe mantener durante todo el periodo de ejecución. La Administración

hará el diseño de esta bitácora y ahí se indicará la información que debe quedar registrada en cada muestreo.

- xv. Los laboratorios de control de calidad del Contratista, deben implantar un sistema de aseguramiento de la calidad de ensayos. La Administración definirá los requisitos mínimos que debe cumplir un laboratorio de control de calidad, para ser aceptado en obras viales.
- xvi. Los muestreos para realizar ensayos de aceptación y de control, deben ser aleatorios. En todo informe de resultados de ensayos de laboratorio, el Contratista debe indicar la metodología que utilizó para realizar el muestreo aleatorio y debe aportar la memoria de cálculo de los sitios o puntos de muestreo.
- xvii. En la oferta, el Contratista debe presentar el sistema de calidad de la empresa y el plan de calidad para la ejecución del proyecto. Además, debe indicar claramente el organigrama del sistema de calidad y el profesional (o profesionales) responsables por la calidad de la obra, con indicación del orden jerárquico y las funciones y responsabilidades profesionales, detalladamente explicitadas.
- xviii. Además, en la oferta del Contratista debe señalar claramente, la metodología que aplicará para asegurar de forma permanente, el cumplimiento de todos los parámetros de aceptación. Indicando además, el profesional responsable, la frecuencia de ensayos, el lugar y forma de los archivos donde se custodiará esta información, incluidos los borradores de cálculo de los ensayos y el formato e índice del informe de ensayos de aceptación que presentará para el trámite de cada estimación de obra para el pago.
- xix. Para la aplicación de esta metodología de pago en función de la calidad, se establecen tres tipos de parámetros de calidad:
  - Parámetros de aceptación
  - Parámetros de control
  - Parámetros para pago

### **a) Parámetros de aceptación**

Estos parámetros corresponden a todas aquellas exigencias del cartel respecto a la calidad que debe cumplir la materia prima, tanto de forma individual como posterior a los procesos a que sea sometida; previo a su aceptación para la colocación en la obra y durante el proceso constructivo.

Es responsabilidad del contratista garantizar que todos estos parámetros se cumplan a satisfacción durante todo el proceso constructivo, por tanto no se puede iniciar una obra si no se cumple con todos los requerimientos de aceptación.

Una vez que el Contratista inicia el proceso de producción debe continuar realizando los ensayos de aceptación, por tanto este conjunto de pruebas se sumarán a los ensayos de control durante el proceso constructivo.

Si en algún momento, durante el proceso constructivo se incumple con alguno de estos requerimientos de calidad (parámetros de aceptación), el trabajo que se ejecuta se suspende de inmediato, y la Administración analizará retroactivamente el incumplimiento detectado, para definir respecto a la cantidad de obra ejecutada bajo incumplimiento de los parámetros de aceptación, y de este modo determina la cantidad de trabajo a rechazar. Este análisis se hará siguiendo los lineamientos del punto (x) de este mismo capítulo.

Una vez que la Administración acepta que ha sido corregido el incumplimiento, el Contratista puede continuar el proceso de producción.

En el cartel se puede indicar la frecuencia mínima con que, durante el proceso de ejecución de la obra, el Contratista debe realizar los ensayos de aceptación. Para el trámite de la estimación el Contratista debe cumplir con el requerimiento del cartel respecto al número mínimo de ensayos de aceptación a realizar, además,

los resultados de los análisis de laboratorio que debe realizar el Contratista deben comprobar que en todo momento se cumple con todos los parámetros de aceptación. Este es requisito indispensable para el trámite de la estimación. Sin embargo, es responsabilidad única del Contratista, definir y ejecutar todos los ensayos de aceptación y de control que requiere su sistema constructivo para el aseguramiento de la calidad de la obra que ejecuta.

La Administración se reserva el derecho a verificar, siguiendo el procedimiento que estime apropiado y en el momento que considere oportuno, los parámetros de aceptación y de control.

#### **b) Parámetros de control**

Son todos aquellos requerimientos de calidad que el Contratista debe cumplir para garantizar la uniformidad y los estándares de calidad durante todo el proceso constructivo, en todas las etapas que conforman dicho proceso. Estos parámetros de control se fundamentan en el plan de calidad que el Contratista diseña para la ejecución de cada proyecto en particular. A su vez, el plan de calidad debe estar integrado al sistema de calidad o de acreditación de la empresa constructora.

Para cumplir con este requerimiento de uniformidad y cumplimiento de los estándares de calidad, el Contratista efectuará todos aquellos ensayos que por tipo de prueba y frecuencia requiera cada una de las etapas de su proceso constructivo.

El cartel de licitación puede establecer la lista mínima de ensayos de control a realizar por el Contratista, así como la frecuencia mínima de éstos, no obstante, si la Administración exige un mínimo de ensayos de control, siendo que la calidad y la uniformidad del proceso constructivo son responsabilidad única del Contratista, será éste quien decida en última instancia el número y tipo de ensayos que se

requiere adicionar a los mínimos que defina la Administración, según las características propias de cada proyecto o del propio proceso constructivo que de forma específica requiere cada obra en particular.

### **c) Parámetros para pago**

En cada ítem se definirán los parámetros con que se medirá el nivel de cumplimiento del trabajo realizado durante un período de estimación de obra para el pago. En virtud de que el Contratista debe ejecutar la obra siguiendo procesos uniformemente controlados, los ensayos para definir el nivel de cumplimiento se realizarán tomando muestras distribuidas a criterio de la Administración, sobre el lote de producción de dicho período de estimación y sus resultados se contrastarán con las especificaciones del contrato, siguiendo la metodología para pago de obra, que adelante se detalla.

Adicionalmente, según se indicó, la Administración tiene la potestad de verificar, utilizando el procedimiento que estime conveniente y en el momento que lo estime oportuno, los parámetros de aceptación y control de cualquier proceso de producción.

Además del cumplimiento permanente de todos los parámetros de aceptación, para ejecutar un trabajo se debe cumplir conjuntamente con todos los requisitos y condiciones que establece el cartel y la buena práctica de la ingeniería, por ejemplo:

- Metodología para la ejecución de los trabajos
- Condiciones de seguridad y de control de tránsito
- Adecuación a las condiciones climáticas (lluvia, alta temperatura, viento, etc)
- Aspectos ambientales y control del impacto ambiental que ocasiona el proyecto

- Estar al día en cuanto a pólizas, seguros y todos los demás requerimientos de carácter administrativo exigidos en el cartel
- Cantidad, idoneidad y condiciones del equipo disponible para ejecutar las obras
- Organización e idoneidad de las cuadrillas y operadores de equipo
- Disponibilidad de supervisión profesional por parte del Contratista, de todos los trabajos que se ejecutan
- Ejecución de los trabajos en presencia o bajo conocimiento previo de la Ingeniería de Proyecto (Inspector, Ingeniero de Proyecto)
- Plan de ejecución conforme al programa de trabajo: rendimientos, duración, ajustes y acciones ante imprevistos (lluvias, fallas en equipo, etc)
- Limpieza y condiciones técnicas que requieren las áreas sobre las que se va a ejecutar la obra (barrido, humedecido, secado, etc), dependiendo del tipo de trabajo a ejecutar
- Plan para recoger y depositar material reutilizable, escombros o material remanente de la obra (incluidos los sitios a dónde se van a transportar y el momento previsto para realizar esta labor)
- Certificados de calidad de materiales o equipos a incorporar a la obra, actualizados y con copia a la Ingeniería de Proyecto
- Cumplimiento riguroso del plan de calidad para la ejecución de la obra
- Cumplimiento total del programa de trabajo.

Ante el incumplimiento de alguno de estos requerimientos, la Ingeniería de Proyecto debe suspender los trabajos que se están ejecutando bajo dichas circunstancias, hasta que se corrija la situación, sin que medie ampliaciones de plazo por este concepto.

---

## **Capítulo 3: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Mezcla Asfáltica**

---

### **3.1 Requerimientos previos**

#### **3.1.1 El diseño de mezcla**

- i. El diseño de mezcla es un informe profesional que debe tener el formato de un reporte de esta naturaleza (índice, empastado, páginas numeradas, etc.), debe presentarse suscrito por el profesional responsable de dicho informe, y tiene que cumplir con los requerimientos que para tal propósito establece la Administración.
- ii. Definición de "diseño de mezcla": Consiste en la fórmula de proporcionamiento de los diferentes componentes de la materia prima y los aditivos con que se va a producir la mezcla asfáltica del proyecto.
- iii. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la Administración, de inmediato, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla, y en el caso de que el proporcionamiento de los materiales especificados en el diseño de mezcla no se alcance a reproducir en la planta, pueden realizarse pequeños ajustes, en cuyo caso, deben producirse distintas tongadas de mezcla con diferentes contenidos de asfalto y nuevamente construir las curvas del diseño, con mezcla de la planta, según el método especificado, para dicho diseño de mezcla. En este caso, necesariamente el porcentaje óptimo ajustado para el asfalto, debe quedar entre dos puntos de contenido de asfalto verificados en la planta, por tanto, no se puede extrapolar el óptimo de asfalto en las curvas de diseño ajustadas en la planta. Este diseño "ajustado" en la planta debe presentarse a consideración de la Administración para su aceptación antes de iniciar la producción.

- iv. Previo a iniciar el proceso de producción, una vez ajustado el diseño de la mezcla en la planta se obtiene la fórmula definitiva de trabajo, o lo que es lo mismo, el diseño con que finalmente se va a producir la mezcla para el proyecto. Para efectos de determinar el nivel de calidad del proceso productivo, este diseño de mezcla final y definitivo será el único elemento de contraste de los parámetros de calidad para pago de obra. Es claro que este ajuste se hace previo a iniciar el proceso de producción de la mezcla asfáltica, y como se indicó anteriormente, en esta fase previa se obtiene el diseño de mezcla definitivo. Si el Contratista no realiza el ajuste previo del diseño de mezcla, regirá para efectos de contraste de los parámetros de calidad para pago de obra, el diseño de mezcla de laboratorio que fue aceptado.
- v. Posteriormente a esta fase previa al inicio del proceso productivo, cualquier cambio de proporcionamiento de materiales o asfalto que haga el Contratista, no modificará el diseño de mezcla ya aceptado, y como se indicó en el punto anterior, será ese diseño contra el cual se contrastarán los parámetros de calidad para pago.
- vi. El Contratista tiene la potestad de cambiar su diseño de mezcla, en cuyo caso, debe hacer el trámite completo ante la Administración, para someter a consideración un nuevo diseño de mezcla.
- vii. El Contratista debe tener debidamente aceptado su diseño de mezcla, previo a iniciar la producción. Aunque la Administración emita la aceptación del diseño presentado por el Contratista, éste seguirá siendo el único responsable por la calidad de la producción y del propio diseño de mezcla.
- viii. El informe del diseño de mezcla debe incluir todos los ensayos de laboratorio realizados en los quebradores, así como en los apilamientos de agregados, debidamente analizados estadísticamente, como fundamento de soporte de la granulometría y de los parámetros de aceptación que se especifican en el diseño de mezcla.

- ix. En el informe de diseño de mezcla el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y los valores individuales obtenidos en los ensayos para cada espécimen.
- x. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambian una o más fuentes de agregados.
- xí. Con el diseño de mezcla deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y la mezcla como tal, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.

### **3.1.2 Calibración y certificación de la planta de mezcla asfáltica**

El Contratista, bajo su responsabilidad y vigilancia, debe mantener debidamente calibrado y en perfecto estado de funcionamiento, todo el equipo de producción y despacho de mezcla asfáltica, así como el laboratorio de la planta.

La Administración definirá los requerimientos de certificación que exigirá a estos equipos, y éstos deben cumplirse satisfactoriamente durante todo el proceso de producción de la mezcla asfáltica.

## **3.2 Parámetros de aceptación**

### **3.2.1 Parámetros de aceptación para los agregados**

Para analizar los parámetros de aceptación, se separan los agregados desde el punto de vista de la granulometría, en dos fracciones. El agregado grueso

corresponde al que queda retenido en la malla No. 4 y el fino es aquel que pasa la malla No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

### **i. Agregado grueso**

Indice de abrasión en máquina Los Angeles	ASTM C 131, C 535; AASHTO T 96
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	ASTM C88, AASHTO T 104
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles (si los agregados son de origen calcáreo)	ASTM D 3042
Absorción (si lo especifica el cartel)	ASTM C 127; AASHTO T 100

### **ii. Agregado fino**

Equivalente de arena	ASTM D 2419
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	ASTM C88, AASHTO T 104
Absorción (si lo especifica el cartel)	ASTM C 127, AASHTO T 85

Además, de la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada para producir dicho agregado fino, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso que se incorporará en la mezcla. Caso de no cumplir dichos requerimientos, no se puede extraer el agregado fino a partir de esa fuente.

### **3.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados de conformidad con el diseño de mezcla (sin pasar por el quemador)**

#### **i. Agregado grueso**

Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica y absorción	ASTM C 127; AASHTO T 100

#### **ii. Agregado fino**

Gravedad específica y absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252

### **3.2.3 Parámetros de aceptación para el asfalto**

En todo momento el ligante asfáltico que se utiliza en la planta para la producción de la mezcla, debe contar con un certificado de calidad que demuestre de forma fehaciente que el asfalto cumple satisfactoriamente todas las especificaciones vigentes. Además, el Contratista debe tener siempre a disposición de la Administración, en la misma planta de producción de mezcla, el certificado de calidad del asfalto con que está produciendo la mezcla, incluido el cálculo de la temperatura de mezclado.

### 3.2.4 Parámetros de aceptación para los aditivos

Todos aquellos aditivos que se incorporan a la mezcla, deben contar con el certificado de calidad del fabricante, donde se demuestre que se mantienen las propiedades y la uniformidad del producto, durante todo el tiempo que se esté utilizando en la producción de la mezcla. Además, el certificado debe especificar cómo se comporta el aditivo al someter la mezcla a los diferentes ensayos para determinar el contenido de asfalto (reflujo, ignición y centrifuga), así como su solubilidad en agentes solventes del asfalto, como: tricloro-etano, tricloro-etileno o cloruro de metileno. Además debe especificar los cambios que produce el aditivo al ligante asfáltico, en la viscosidad a 60 °C (absoluta) y a altas temperaturas: 130 °C, 140 °C y 150 °C.

### 3.2.5 Parámetros de aceptación de la mezcla asfáltica

Estabilidad Marshall	ASTM D 1589, AASHTO T 245
Flujo Mashall	ASTM D 1589, AASHTO T 245
Gravedad específica máxima teórica	ASTM D 2041; AASHTO T 209
Densidad	ASTM D 70, AASHTO T 228
Contenido de asfalto respecto al peso de la mezcla	ASTM D 4125, AASHTO T 287
Contenido de asfalto respecto al peso del agregado	ASTM D 4125, AASHTO T 287
Vacíos en la mezcla	ASTM D 3203
Vacíos en el agregado mineral	
Vacíos llenos de asfalto	
Relación polvo/asfalto efectivo	
Resistencia a la tensión diametral (si lo especifica el cartel)	AASHTO T 283
Resistencia a la compresión uniaxial	ASTM D 1074, AASHTO T 167
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	

Otros ensayos de durabilidad (si lo especifica el cartel).

Resistencia a deformación permanente de la mezcla (si lo especifica el cartel)

El análisis de resistencia retenida debe presentarse de conformidad con las especificaciones contractuales.

### **3.2.6 Parámetros de aceptación del proceso constructivo**

Todos los requerimientos geométricos, de alineamiento vertical y horizontal y las exigencias de acabado superficial, así como los requerimientos técnicos de ejecución (equipo, clima, temperatura de mezcla, etc), ambientales, y de seguridad para la colocación de la mezcla.

### **3.3 Parámetros de control**

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la mezcla asfáltica.

Adelante se detallan los parámetros de control, de los cuales el Contratista, seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos, por lo tanto el Contratista decidirá además qué otros ensayos incorporará en su proceso de control para asegurar el cumplimiento de las exigencias de calidad. Así mismo el Contratista debe decidir el tipo y frecuencia de ensayo con que controlará cada etapa del proceso de producción.

### 3.3.1 Parámetros de control para el agregado:

Granulometría	ASTM C126, C 117; AASHTO T 27, T 11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica	ASTM D854, AASHTO T 100
Absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85
Equivalente de arena	ASTM D 2419
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252
Contenido de humedad	ASTM D2216; AASHTO T 265
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	ASTM C 131, C 535; AASHTO T 96
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	ASTM C88, AASHTO T 104
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Ensayo de azul de metileno	ASTM C 837
Coeficiente de pulimiento acelerado	ASTM D 3319, AASHTO T 279, NLT-174 (Norma española)
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles	AASHTO T 104
Otros ensayos complementarios	

### 3.3.2 Parámetros de control para el asfalto

Viscosidad a 125 °C, 135 °C y 145 °C.	AASHTO T 120
Viscosidad absoluta a 60 °C	ASTM D 2171, AASHTO T 202
Temperatura de mezclado y de compactación	
Penetración a 25 °C	ASTM D 5, AASHTO T 49
Razón de viscosidades después de envejecimiento en película delgada	ASTM D 6
Pérdida de masa en película delgada	AASHTO T 47

Ductilidad y penetración después de envejecimiento en película delgada. ASTM D 113, C 5; AASHTO T 49; T 5

Viscosidad, ductilidad y penetración del asfalto extraído de la mezcla. ASTM D 5, AASHTO T 49

Otros ensayos complementarios

### **3.3.3 Parámetros de control para los aditivos que se incorporan a la mezcla**

Según sea el tipo de aditivo, el Contratista debe mantener vigente el certificado de calidad del fabricante el cual debe demostrar que el producto mantiene las propiedades que tenía al momento de efectuar el diseño de mezcla, y que dichas propiedades se mantienen uniformemente a lo largo del proceso constructivo.

### **3.3.4 Parámetros de control para la mezcla producida en planta**

El Contratista, en función del sistema de calidad que diseñe, definirá la cantidad y tipo de ensayos de control que realizará a los agregados mezclados conforme al diseño de mezcla, tanto antes como después de efectuado el proceso en la planta, así como a la mezcla asfáltica propiamente. Forman parte de estos ensayos de control, por ejemplo, los siguientes:

Gravedad específica y absorción del agregado fino	ASTM C 128; AASHTO T 84
Gravedad específica y absorción del agregado grueso	ASTM C 127; AASHTO T 100
Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica máxima teórica	ASTM D 2041 AASHTO T 209
Densidad	ASTM D 70, AASHTO T 228
	ASTM C 126, C 117; AASHTO T 27, T 11

Granulometría	
Estabilidad Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Flujo Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Vacíos en el agregado mineral	
Vacíos llenos de asfalto	
Contenido de agua de la mezcla	ASTM D 95
Razón polvo/asfalto	
Contenido de asfalto efectivo (al momento de mezclado y al momento de despacho después de almacenar en el silo, si este fuese el caso)	ASTM D 4125; AASHTO T 287
Contenido total de asfalto	ASTM D 4125; AASHTO T 287 AASHTO T 120
Viscosidad a 60 °C del asfalto extraído de la mezcla	
Ductilidad y penetración del asfalto de la mezcla	ASTM D113, AASHTO T5 ASTM D5, AASHTO T 49
Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall)	ASTM D 1075, AASHTO T 165 ASTM D 1078, AASHTO T 167
Resistencia a la compresión uniaxial	
Resistencia retenida (la que especifique el cartel)	
Otros ensayos de durabilidad (si lo especifica el cartel)	
Otros ensayos adicionales	

### **3.3.5 Parámetros de control de la mezcla compactada**

Tramos de prueba (densidad de referencia)	
Índice de rugosidad internacional (IRI)	ASTM E 1364
Vacíos de la mezcla compactada	
Coefficiente de rozamiento del pavimento	
Textura de la superficie del pavimento	
Espesor de la capa asfáltica	
Uniformidad superficial de la capa asfáltica (con regla de 3 m)	

Perfil transversal y longitudinal

Cumplimiento del trazado geométrico (peraltes, bombeos, ancho, etc).

Otros ensayos adicionales.

### **3.3.6 Otros**

De conformidad con la naturaleza y características del proyecto, y en función de su plan de calidad, el Contratista ejecutará todos los controles adicionales que sea necesario para asegurar la calidad de la mezcla asfáltica y de su colocación en la obra.

## **3.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función del grado de cumplimiento**

Los parámetros de calidad para el pago de obra son tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período de estimación para pago de obra, para lo cual determinará el nivel de cumplimiento de la producción para dicho período, con base en los parámetros de pago y criterios establecidos.

### **3.4.1 Parámetros para el pago de la obra**

Los siguientes son los parámetros a utilizar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla asfáltica.

- i. Para la mezcla producida
  - Granulometría
  - Contenido de asfalto
  
- ii. Para la colocación y compactación de la mezcla:
  - Porcentaje de vacíos
  - Espesor de la capa asfáltica
  
- iii. Para la condición superficial

Estos parámetros se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial, con base en los siguientes parámetros:

- Índice de rugosidad internacional (IRI)
- Coeficiente de rozamiento
- Otros

Tabla No. 1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
<b>Agregados (por fuente de agregado)</b>	<b>Agregados</b>	<b>Mezcla producida</b>
<b>a) Agregado grueso</b>	Granulometría	Porcentaje de asfalto
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Granulometría
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	Límites de Atterberg	
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Caras fracturadas	<b>Mezcla colocada</b>
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles (si los agregados son de origen calcáreo)	Gravedad específica	Porcentaje de vacíos
Absorción (si lo especifica el cartel)	Absorción	Espesor de capa
	Equivalente de arena	
	Vacíos en el agregado fino no compactado	
<b>b) Agregado fino</b>	Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles	
Gravedad específica	Ensayo de azul de metileno	
Absorción (si lo especifica el cartel)	Contenido de humedad	
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	Índice de abrasión en máquina Los Angeles	
Equivalente de Arena	Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Límites de Atterberg	Coefficiente de pulimento acelerado	
<b>Agregados mezclados (según diseño de mezcla)</b>	<b>Otros ensayos</b>	<b>Acabado superficial</b>
<b>Agregado grueso</b>	<b>Asfalto</b>	IRI: índice de rugosidad internacional
Caras fracturadas	Viscosidad a 125 C, 135 C, 145 C.	CRT: coeficiente de rozamiento transversal
Gravedad específica y absorción	Temperatura de mezclado y de compactación	
Partículas planas y elongadas	Viscosidad retenida	
	Pérdida de masa en película delgada	
<b>Agregado fino</b>	Ductilidad y penetración retenida	
Vacíos en el agregado fino no compactado	Viscosidad absoluta a 60 C	
Gravedad específica y absorción	Penetración a 25 C	
	Razon de viscosidades despues de envejecimiento en película delgada	
<b>De la mezcla asfáltica</b>	Viscosidad, ductilidad y penetración del asfalto extraído de la mezcla	
Granulometría	Otros ensayos	
Estabilidad Marshall	<b>Mezcla producida en planta</b>	
Flujo Marshall	Gravedad específica y absorción del agregado fino	
Vacíos en el agregado mineral	Gravedad específica y absorción del agregado grueso	
Vacíos llenos de asfalto	Caras fracturadas	
Gravedad específica máxima teórica	Partículas planas y elongadas	
Razón polvo/asfalto efectivo	Vacíos en el agregado fino no compactado	
Resistencia a la tensión diametral (si lo especifica el cartel)	Granulometría	
Contenido de asfalto respecto al peso de la mezcla	Estabilidad Marshall	
Contenido de asfalto respecto al peso del agregado	Flujo Marshall	
Densidad Marshall	Vacíos llenos de asfalto	
Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall)	Densidad	
Resistencia retenida	Gravedad específica máxima teórica	
Resistencia a la compresión uniaxial (si lo especifica el cartel)	Razón polvo/asfalto	
Durabilidad (los ensayos que indique el cartel)	Contenido de asfalto efectivo	
	Contenido total de asfalto	
<b>Del proceso constructivo</b>	Viscosidad a 60 C de asfalto extraído de la mezcla	
Todos los requerimientos geométricos, de alineamiento vertical y horizontal y las exigencias de acabado superficial.	Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall)	
Cumplimiento de todos los requerimientos técnicos y ambientales, y de seguridad para la colocación de la mezcla.	Contenido de agua en la mezcla	
	Ductilidad y penetración del asfalto extraído en la mezcla	
	Otros ensayos adicionales	
	<b>Mezcla compactada</b>	
	Tramos de prueba (densidad de referencia)	
	Índice internacional de rugosidad (IRI)	
	Vacíos de la mezcla compactada	
	Coefficiente de rozamiento del pavimento	
	Textura de la superficie del pavimento	
	Espesor de la capa asfáltica	
	Uniformidad superficial de la capa asfáltica	
	Perfil transversal y longitudinal	
	Cumplimiento del trazado geométrico	
	Otros ensayos	

### **3.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor para pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, tipo de planta y espesor de capa, la Administración establece la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de mezcla asfáltica, conforme a los siguientes lineamientos:

- i. La cantidad a pagar de este ítem de obra será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- ii. En cualquier momento de la producción durante el período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o del espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma se calculará el porcentaje de pago que corresponde para el ítem producido durante ese período.

El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras o mediciones (no menos de ocho) para medir el nivel de cumplimiento de la producción para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente la Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de referencia de los documentos de licitación.

En el caso de que una misma planta suministre mezcla para distintos proyectos, la Administración definirá el procedimiento de muestreo a aplicar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla para cada proyecto.

- iii Si el pago del ítem de mezcla asfáltica se sub-divide, por ejemplo en: agregados, polímero y cemento asfáltico, el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

### **3.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento**

#### **3.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo del trabajo realizado

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la mezcla colocada y compactada, conforme a lo indicado en el punto (iii), del apartado 3.5.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a) Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de incumplimiento.
- b) Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros de pago para definir el cumplimiento de la mezcla asfáltica son mayores al 50% del precio del ítem.
- c) Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros de pago para el cumplimiento en colocación y compactación de la mezcla son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe remover toda la mezcla colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir el lote de producción correspondiente en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%:

### **3.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción del precio por incumplimiento de los parámetros de pago de la mezcla asfáltica**

Para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

**Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla producida**

- Contenido de asfalto
- Granulometría (1)
  - Gruesos (1.1)
  - Finos (1.2)
  - Polvo (1.3)

(1) En cada una de las tres categorías (1.1, 1.2, 1.3), se considera solamente el tamiz de mayor incumplimiento, o sea, el de mayor nivel de reducción de pago.

(1.1) Gruesos: Se refiere al porcentaje que pasa, en todos aquellos tamices de abertura mayor a 4.75 mm (Tamiz No. 4)

(1.2) Finos: Se refiere al porcentaje que pasa el tamiz No. 4 (incluido éste), hasta el tamiz No. 100 (excluido este).

(1.3) Polvo: Porcentaje del agregado que pasa por el tamiz No. 200.

**Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento en compactación y colocación de la mezcla**

- Vacíos en la mezcla compactada
- Espesor de la capa asfáltica

Una vez que se conoce el nivel de cumplimiento de cada uno de estos parámetros, se aplica el siguiente procedimiento para determinar el porcentaje de reducción de precio:

- a) Se calcula el intervalo para el cual cada parámetro alcanza su nivel de cumplimiento a un nivel de confianza del 90%.
- b) Dicha tolerancia se contrasta con la tabla correspondiente para calcular el factor de reducción del pago.

- c) Finalmente se suman los porcentajes de reducción de precio de cada parámetro de pago, y se obtiene el total de reducción de precio.

**i) Factor de reducción por contenido de asfalto**

La tolerancia aquí indicada rige a partir del porcentaje óptimo de asfalto del diseño de mezcla aceptado, de acuerdo con lo indicado en el punto (iv) del apartado 3.1.1.

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% asfalto) (1)
Nivel 1	$\pm 0.55$
Nivel 2	$\pm 0.61$
Nivel 3	$\pm 0.67$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

- (1) Este rango se mide a partir del porcentaje óptimo de asfalto del diseño de mezcla aceptado, y aplica solamente para esta metodología de pago de obra.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 0.55] * 80$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 0.61] * 190 + 4.8$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el cumplimiento a un nivel de confianza del 90%, en cualquier nivel de cumplimiento.

Ejemplo:

Se tiene un lote de producción de mezcla asfáltica que cumple a una tolerancia de  $\pm 0.56$ , para un nivel de confianza del 90%.

De acuerdo con la tabla de cumplimiento este lote está en el nivel 2, por lo tanto, le corresponde el nivel de reducción de pago  $\%R_2$ .

Para este caso,

$$\begin{aligned}\% R_2 &= [T_{90} - 0.55] * 80 \\ \% R_2 &= [0.56 - 0.55] * 80 = 0.804\%\end{aligned}$$

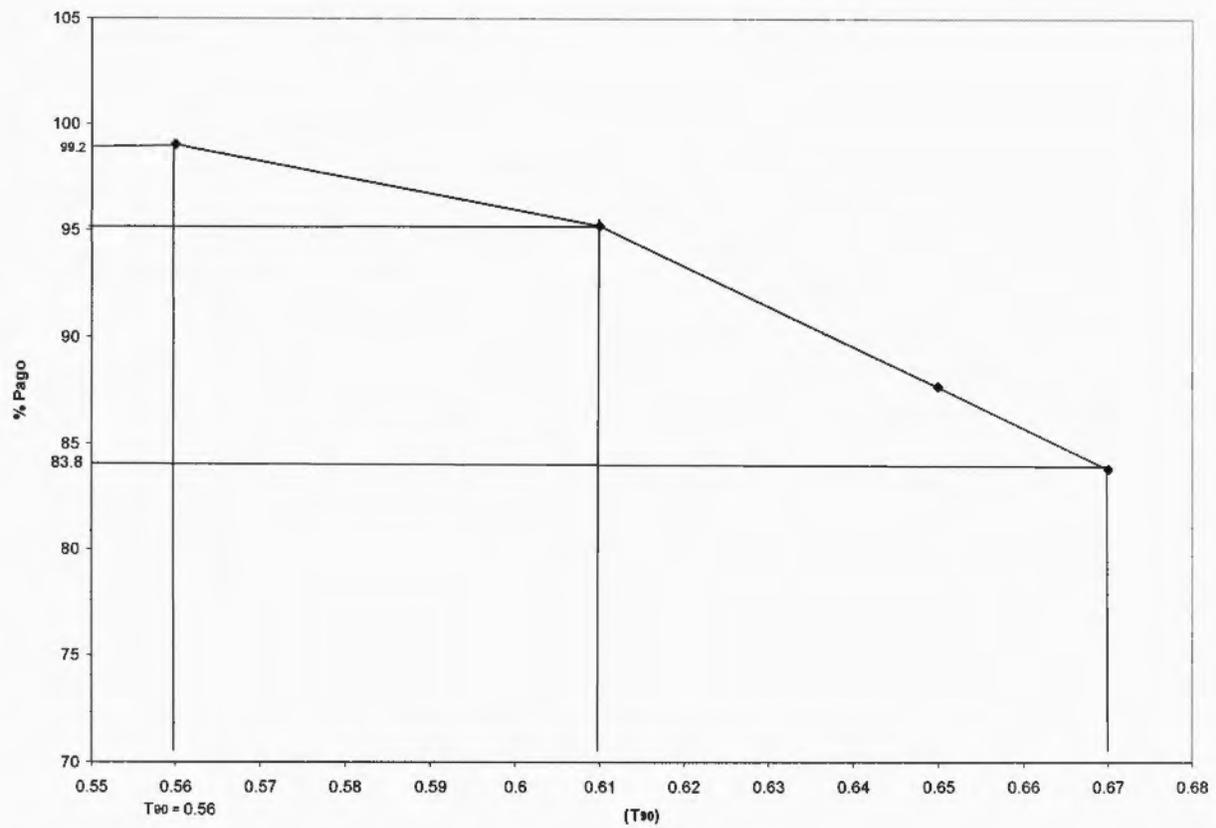
De acuerdo con esto, el pago correspondiente, si cumple con todos los demás parámetros de pago será:

$$\%P = 100 - \%R_i = 100 - 0.8 = 99.2\%$$

Donde  $\%P$  sería el porcentaje de pago correspondiente para este ejemplo.

En la figura siguiente se muestra de forma gráfica el modelo de reducción de precio para el parámetro "porcentaje de asfalto",

Figura No.1: Gráfico de reducción de pago para el contenido de asfalto en función del cumplimiento



## ii) Para la granulometría

Para calcular el nivel de cumplimiento de los parámetros granulométricos, rigen los mismos conceptos anteriores, o sea, se calcula a partir del valor especificado en la granulometría del diseño de mezcla.

### ▪ Factor de reducción para el agregado grueso

Este factor sólo se aplica al tamiz de esta fracción gruesa de mayor incumplimiento, y sólo se incluye en este análisis las tamices que están indicados en la especificación de granulometría que rige en el contrato de obra.

Además el tamiz que corresponde al tamaño nominal máximo (% pasando entre 90% y 100%) es una condición que se debe cumplir siempre, por tanto no se incluye en este análisis de porcentaje de cumplimiento.

### Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando) (1)
Nivel 1	$\pm 7.0$
Nivel 2	$\pm 8.0$
Nivel 3	$\pm 9.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(1) Este rango se mide a partir del valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 7.0] * 4$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 8.0] * 10 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor especificado en la granulometría de diseño de mezcla para cada tamiz, y no puede sobrepasar el rango especificado en la disposición AM-01-2000, en  $\pm 3\%$ .

▪ **Factor de reducción para el agregado fino**

Para analizar el nivel de cumplimiento de la fracción fina, se separan los tamices de la siguiente forma (NOTA: Se aplica a los tamices requeridos por la especificación):

- a) Tamiz no. 4
- b) Tamices menores al no. 4 hasta el No. 8 inclusive
- c) Tamices menores al No.8 hasta el no. 30 inclusive
- d) Tamices menores al no. 30 y hasta el No. 100, no incluido.

De todos éstos tamices, para calcular el porcentaje de reducción de pago, solamente se toma el tamiz de mayor incumplimiento, o sea el de mayor nivel de reducción de pago.

**a. Para el tamiz No. 4**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de aceptación (% pasando) (1)</b>
Nivel 1	$\pm 7.0$
Nivel 2	$\pm 8.0$
Nivel 3	$\pm 9.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(1) Este rango se mide a partir de el valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Factor de reducción de pago:

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Factor de reducción (%)</b>
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 7.0] * 5$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 8.0] * 10 + 5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado para este tamiz, y puede sobrepasar el límite del rango especificado en la disposición AM – 01 – 2000, en  $\pm 3.0$ .

**b. Para los tamices menores al tamiz No. 4 hasta el tamiz No. 8 inclusive**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	$\pm 6.0$
Nivel 2	$\pm 7.0$
Nivel 3	$\pm 8.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 6.0] * 5$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 7.0] * 10 + 5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y puede sobrepasar el límite del rango especificado en la disposición AM – 01 – 2000, en  $\pm 3.0\%$

**c. Para las mallas menores al tamiz No. 8 hasta el No. 30 inclusive**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de aceptación (% pasando)</b>
Nivel 1	$\pm 4.5$
Nivel 2	$\pm 5.5$
Nivel 3	$\pm 6.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Factor de reducción (%)</b>
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4.5] * 5$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5.5] * 10 + 5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y puede sobrepasar el límite del rango especificado en la disposición AM-01-2000, en  $\pm 2.5\%$ .

**d. Para las mallas menores al tamiz No. 30 hasta el No. 100 (no lo incluye)**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	$\pm 4.0$
Nivel 2	$\pm 5.0$
Nivel 3	$\pm 5.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4.0] * 5.0$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5.0] * 20 + 5.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado para cada tamiz, y puede sobrepasar el límite del rango especificado en la disposición AM-01-2000, en  $\pm 2.0\%$

## e. Tamiz No. 200

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	$\pm 2.0$
Nivel 2	$\pm 2.2$
Nivel 3	$\pm 2.4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 2.0] * 30$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 2.2] * 45 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría del diseño para este tamiz, y puede sobrepasar el límite del rango especificado en la disposición AM -01 -2000 en  $\pm 0.5\%$ .

### 3.6.3 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción del precio por incumplimiento en los parámetros de pago de colocación de la mezcla asfáltica

En todos los casos se calcula el nivel de cumplimiento con una confiabilidad del 90%.

#### i) Factor de corrección por vacíos en la mezcla asfáltica compactada

##### Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	2.5 < vacíos < 9.0
Nivel 2	2.5 < vacíos < 10.5
Nivel 3	2.5 < vacíos < 11.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio del rango correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 9.0] * 4$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 10.5] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

ii) **Factor de corrección por espesor de capa**

Se sub-divide en dos casos, según el espesor de capa a colocar:

- a.  $E < 7.0$  cm
- b.  $E > 7.0$  cm

E = espesor de capa asfáltica (cm)

El espesor de capa se determina en puntos tomados aleatoriamente, siguiendo los lineamientos definidos en el apartado 3.5 de este documento. Las mediciones se harán con topografía o por cualquier otro método equivalente aceptado por la Inspección. Por tanto no se refiere al espesor en el borde de la capa.

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

**Caso a): Espesor de capa menor o igual a 7.0 cm**Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (cm)
Nivel 1	$-0.8 < E < +0.8$
Nivel 2	$-0.9 < E < +1.0$
Nivel 3	$-1.0 < E < +1.2$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 0.8] * 20$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 1.0] * 50 + 4.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

**Caso b): Espesor de capa mayor a 7.0 cm**

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (cm)
Nivel 1	$-0.9 < E < +1.0$
Nivel 2	$-1.0 \text{ mm} < E < +1.2$
Nivel 3	$-1.1 \text{ mm} < E < +1.4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.0] * 20$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 1.2] * 50 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio del rango correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

### 3.6.4 Reducción total del precio del ítem de mezcla asfáltica

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\%R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

$\%FP$  = Factor de pago, en porcentaje

### **3.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del Contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.**

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que estos ensayos deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, solamente son un requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de mezcla asfáltica para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

**Tabla No. 3.2: Número mínimo de ensayos a los agregados de la mezcla, como requisito para trámite de estimación de obras**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Partículas planas y elongadas	1 @ 6000 ton	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 3000 ton	2/semana
Gravedad específica del agregado grueso	1 @ 6000 ton	1/semana
Absorción del agregado grueso	1 @ 6000 ton	1/semana
Gravedad específica del agregado fino	1 @ 6000 ton	1/semana
Absorción del agregado fino	1 @ 6000 ton	1/semana
Equivalente de arena	1 @ 12000 ton	2/mes
Vacios en el agregado fino no compactado	1 @ 3000 ton	2/semana
Contenido de humedad de los agregados	(2) Control permanente	
Granulometría de cada apilamiento	Control permanente	
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	1 @ 60000 ton	1 cada 2 meses
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	1 @ 60000 ton	1 cada 2 meses
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 60000 ton	1 cada 2 meses

- (1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del volumen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.
- (2) La muestra se toma del lugar exacto de donde se está tomando el agregado para alimentar las tolvas.

**Tabla No. 3.3: Número mínimo de ensayos a la mezcla asfáltica, como requisito para trámite de estimación para pago de obra**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Gravedad específica máxima teórica	Control permanente	1/día
Densidad	1 @ 3000 ton	2/semana
Estabilidad Marshall	1 @ 3000 ton	2/semana
Flujo Marshall	1 @ 3000 ton	2/semana
Vacios en los especímenes Marshall	1 @ 3000 ton	2/semana
Contenido de agua de la mezcla	1 @ 3000 ton	2/semana
Viscosidad a 60 °C del asfalto extraído de la mezcla	1 @ 35000 ton	1/mes
Resistencia retenida (la que especifique el cartel)	1 @ 50000 ton	1 mes

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del volumen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

**Tabla No. 3.4: Número mínimo de ensayos a realizar al asfalto, como requisito para el trámite de la estimación para pago de obra**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Viscosidad a 125 °C, 135 °C y 145 °C.	1 @ 60000 ton (2)	1 cada 2 meses
Viscosidad absoluta a 60 °C	1 @ 60000 ton (2)	1 cada 2 meses
Temperatura de mezclado y de compactación	1 @ 60000 ton (2)	1 cada 2 meses
Razón de viscosidades después de envejecimiento en película delgada	1 @ 60000 ton (2)	1 cada 2 meses
Pérdida de masa en película delgada	1 @ 60000 ton (2)	1 cada 2 meses

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del volumen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

(2) Las muestras deben ser tomadas del tanque que suministra el asfalto directamente a la planta de producción de mezcla asfáltica.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir permanentemente con los parámetros de aceptación, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

---

## **Capítulo 4: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de los Tratamientos Superficiales**

---

### **4.1 Requerimientos previos. El diseño del tratamiento superficial.**

- i. El informe de diseño del tratamiento superficial es un informe profesional que debe tener el formato de un reporte de esta naturaleza (índice, empastado, páginas numeradas, etc.) y debe presentarse suscrito por el profesional responsable de dicho informe, y además debe cumplir con los requerimientos que para tal propósito establece la Administración.
- ii. Definición de diseño del tratamiento superficial: consiste en la fórmula de proporcionamiento de los diferentes componentes de la materia prima con que se va a construir el tratamiento superficial.
- iii. Una vez que el diseño del tratamiento superficial está debidamente aceptado, el Contratista debe implantar todos los controles necesarios para cumplir con esa fórmula de trabajo. Para determinar el nivel de calidad del proceso constructivo, este diseño será el único elemento de contraste de los parámetros de calidad para el pago de obra.
- iv. El Contratista tiene la potestad de cambiar su diseño del tratamiento superficial, en cuyo caso, debe hacer el trámite completo ante la Administración, para someter a consideración un nuevo diseño.
- v. El Contratista debe tener debidamente aceptado su diseño, previo a iniciar la producción. Aunque la Administración emita la aceptación del diseño presentado por el Contratista, éste seguirá siendo el único responsable por la calidad de la producción y del propio diseño del tratamiento superficial.
- vi. El diseño de tratamiento superficial debe incluir todos los ensayos de laboratorio realizados en los quebradores, así como en los apilamientos de agregados, debidamente analizados estadísticamente, como fundamento

- de soporte de la granulometría que propone en el diseño del tratamiento superficial
- vii. Certificación de los equipos. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que deben tener los equipos utilizados en la construcción del tratamiento superficial (dosificador de emulsión, distribuidor de agregados, barredoras mecánicas, compactadores, etc), y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.
  - viii. Con el diseño del tratamiento superficial deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y el tratamiento superficial, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.
  - ix. En el informe de diseño del tratamiento superficial el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y anexar la memoria de cálculo del diseño.
  - x. El diseño del tratamiento superficial queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

## **4.2 Definición de los parámetros de aceptación**

### **4.2.1 Parámetros de aceptación del agregado**

Para analizar los parámetros de aceptación del agregado, se separan éstos en dos fracciones, según sus tamaños. El agregado grueso corresponde al que es retenido en el tamiz No. 4 y el fino es aquel que pasa el tamiz No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

A continuación se presenta una lista de parámetros de aceptación, no obstante ésta puede modificarse, incluyendo o excluyendo parámetros, según las características de cada proyecto.

#### **4.2.2 Parámetros de aceptación por fuente de agregados**

##### **Agregado grueso**

Indice de desgaste de Los Angeles	ASTM C 131, C 535; AASHTO T 96
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Durabilidad	ASTM D 3744
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles (si los agregados son de origen calcáreo)	T 104
Caras fracturadas (si lo especifica el cartel)	MOP E 109
Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel)	ASTM D 4791
Indice laminar (si lo especifica el cartel)	NLT - 354 (Norma española)
Gravedad específica y absorción	ASTM C 127, AASHTO T 100

##### **Agregado Fino**

Equivalente de arena	ASTM C 2419
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T89
Vacios en el agregado fino no compactado (si lo especifica el cartel)	ASTM C 1252
Durabilidad (el ensayo que especifique el cartel)	
Gravedad específica y absorción	ASTM C128, AAHTO T 87

De la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso en un tratamiento superficial.

#### **4.2.3 Parámetros de aceptación para los agregados combinados según el diseño del tratamiento superficial**

Granulometría	ASTM C126, C117; AASHTO I27,11
Afinidad agregado – ligante (el ensayo que indique el cartel)	AASHTO T 182
Contenido de polvo	(Porcentaje que pasa la malla No. 200)
Peso unitario	ASTM C 29; AASHTO T 29

#### **4.2.4 Parámetros de aceptación para la emulsión**

Tiempo de rompimiento de la emulsión  
 Certificado de calidad de la emulsión  
 Porcentaje de asfalto residual de la emulsión

#### **4.2.5 Parámetros de aceptación del proceso constructivo**

Todos los requerimientos de limpieza de la superficie, antes y después de colocado el tratamiento superficial. Todos los demás requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación del tratamiento superficial.

### 4.3 Parámetros de control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final del tratamiento superficial.

Adelante se detallan algunos los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Granulometría	ASTM C126, C117; AASHTO I27,11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Contenido de polvo	(porcentaje pasando la malla 200)
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica y absorción	ASTM C 127, AASHTO T 100
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Índice de desgaste de Los Angeles	ASTM D2216; AASHTO T 265 ASTM C 131, C 535; AASHTO T 96
Contenido de humedad	ASTM C 127, AASHTO T 100
Equivalente de arena	ASTM D 2419
Dosificación de agregados ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	
Dosificación del ligante ( $\text{l}/\text{m}^2$ )	
Viscosidad del ligante al momento de su aplicación	ASTM E 1364
Temperatura de aplicación del ligante	
Contenido de agua de la emulsión	
Tiempo de rompimiento de la emulsión	
Tiempo de curado de la emulsión	
Afinidad agregado-ligante	AASHTO T 120

Partículas sueltas después de la compactación

Índice de rugosidad internacional (IRI)

ASTM E 1384

Textura superficial

AASHTO T 120

Coefficiente de rozamiento

Certificado de calidad de la emulsión

#### 4.3.1 Otros parámetros de control

De conformidad con la naturaleza y características del proyecto, y en función de su plan de calidad, el Contratista ejecutará todos los controles que sea necesario para asegurar la calidad y la uniformidad del tratamiento superficial.

**Tabla No. 4.1: Resumen de parámetros de calidad**

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
Por fuente de agregados	Quebrador, para cada tipo de agregado:	
<b>a) Agregado grueso</b>	Granulometría	Textura superficial
Índice de desgaste de Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Granulometría
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Contenido de polvo	Dosificación del agregado
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Caras fracturadas	Dosificación del ligante
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles	Gravedad específica y absorción	Índice de rugosidad internacional (IRI)
Caras fracturadas (si lo especifica el cartel)	Límites de Atterberg	
Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel)	Índice de desgaste de Los Angeles	
Índice laminar (si lo especifica el cartel)	Contenido de humedad	
Gravedad específica y absorción	Equivalente de arena	
	Dosificación de agregados (kg/m <sup>2</sup> )	
<b>b) Agregado fino</b>	Dosificación del ligante (l/m <sup>2</sup> )	
Equivalente de arena	Viscosidad del ligante al momento de su aplicación	
Límites de Atterberg	Temperatura de aplicación del ligante	
Vacios en el agregado fino no compactado	Contenido de agua de la emulsión	
Durabilidad	Tiempo de rompimiento de la emulsión	
Gravedad específica y absorción	Tiempo de curado de la emulsión	
	Afinidad agregado-ligante	
<b>Para el tratamiento superficial</b>	Partículas sueltas después de la compactación	
Granulometría	Índice de rugosidad internacional (IRI)	
Afinidad agregado – ligante	Textura superficial	
Contenido de polvo	Coefficiente de rozamiento	
Peso unitario	Certificado de calidad de la emulsión	
Dosificación de ligante	Otros ensayos	
Dosificación de los agregados		
<b>Para la emulsión</b>		
Tiempo de rompimiento de la emulsión		
Porcentaje de asfalto residual de la emulsión		
Certificado de calidad de la emulsión		
<b>Del proceso constructivo</b>		
Todos los requerimientos de limpieza de la superficie antes y después de colocado el tratamiento superficial.		
Todos los resquecimientos técnicos, ambientales y de seguridad, para la colocación del tratamiento superficial.		

#### **4.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función del grado de cumplimiento**

Los parámetros para pago de obra, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Teniendo en cuenta que el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción; para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período, con lo cual determinará el nivel de calidad para dicho período, con base en los parámetros de pago establecidos.

##### **4.4.1 Parámetros para el pago de la obra**

Los siguientes son los parámetros para determinar el nivel de cumplimiento del tratamiento superficial:

- Granulometría
- Dosificación del agregado
- Dosificación del ligante
- Índice de rugosidad internacional (IRI)
- Textura superficial

Estos dos últimos parámetros se incorporarán a este modelo de pago cuando la Administración defina los límites de especificación para su aceptación.

#### **4.5 Lineamientos para muestreo del cálculo del factor para pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de tratamiento superficial conforme a los siguientes lineamientos:

- I. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutado será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- II. En cualquier momento durante la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las especificaciones y tolerancias, y de esta forma se calculará el porcentaje de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez (no menos de ocho) muestras para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.
- IV. Si el pago del ítem de tratamiento superficial se sub-divide (por ejemplo: agregados y emulsión asfáltica), el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente la Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de referencia de los documentos de licitación.

## **4.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento**

### **4.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a) Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de incumplimiento
- b) Cuando la sumatoria de deducciones por incumplimiento de los parámetros de pago del tratamiento superficial son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar todo el tratamiento superficial colocado y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir un lote de producción en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%:

#### **4.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción de precio del tratamiento superficial**

De acuerdo con lo señalado en el apartado 4.4.1, para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Dosificación del agregado
- Dosificación del ligante

En todos los casos se calcula el nivel de cumplimiento para una confiabilidad del 90%:

##### **i) Factor de reducción de pago por granulometría**

NOTA 1: La tolerancia granulométrica de la especificación (T), se define en la Tabla No. 4.2, de este mismo apartado.

NOTA 2: Para calcular el nivel de cumplimiento  $T_{90}$ , el rango de tolerancia no puede sobrepasar el límite de la especificación.

Se incluye en la Tabla No. 4.2 las tolerancias en todos los tamices, en función del tamaño máximo especificado, para cada tipo de tratamiento superficial.

La reducción de precio por granulometría solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento.

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	T
Nivel 2	$T \pm 1.5$
Nivel 3	$T \pm 3.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

#### Nivel de calidad y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - (+T)] * 3.0$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - (+T + 1.5\%)] * 6 + 4.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para calcular  $T_{90}$  se abre el intervalo T, simétricamente a partir del valor especificado en la granulometría del diseño del tratamiento superficial. El límite del rango de especificación de la granulometría, para el cálculo del  $T_{90}$ , se puede sobrepasar en  $\pm 3.0\%$ .

**Tabla No. 4.2: Tolerancias respecto al valor de diseño según el tamaño máximo especificado**

Tipo de graduación (según tamaño máximo)	Tamaño máximo	< 25.0 mm T	< 19.0 mm T	< 12.5 mm T	< 9.5 mm T	< 4.75 mm T	< 2.36 mm T
<b>G1</b>	<b>37.5 mm</b>	± 6.5	± 7.0	± 6.0		-	-
<b>G2</b>	<b>25.0 mm</b>	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-
<b>G3</b>	<b>19.0 mm</b>	-	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-
<b>G4</b>	<b>12.5 mm</b>	-	-	-	± 6.0	± 7.0	± 6.0
<b>G5</b>	<b>9.5 mm</b>	-	-	-	-	± 6.0	± 6.5
<b>G6</b>	<b>&lt; 9.5 mm</b>	-	-	-	-	-	± 6.0

(1) Esta especificación es un parámetro de aceptación que debe cumplirse siempre.

Nota 1: El porcentaje que pasa por el tamiz que define el tamaño máximo, así como el porcentaje de los parámetros de aceptación que deben cumplirse siempre.

Nota 2: Aquellos tamices que, para una determinada graduación no tienen rango de tolerancia específica de tolerancia de esta tabla.

ii. Factor de reducción de pago por dosificación del agregado:

Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de peso) (1)
Nivel 1	-13 a +13
Nivel 2	-15 a + 15
Nivel 3	-18 a + 18
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(1) Porcentaje de variación en relación con el peso/m<sup>2</sup> de la dosificación del agregado que establece el diseño del tratamiento superficial.

Factor de reducción de pago por dosificación del agregado

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R <sub>1</sub> = 0
Nivel 2	% R <sub>2</sub> = [T <sub>90</sub> - 13] * 2
Nivel 3	% R <sub>3</sub> = [T <sub>90</sub> - 15] * 3.5 + 4
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T <sub>90</sub> sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor especificado en el diseño.

### iii. Factor de reducción de pago por dosificación del ligante asfáltico

#### Nivel de calidad y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de peso) (2)
Nivel 1	-12 a +12
Nivel 2	-14 a + 14
Nivel 3	-17 a + 17
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(2) Porcentaje de variación con relación a los l/m<sup>2</sup> de dosificación del asfalto residual que establece el diseño del tratamiento superficial.

#### Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R <sub>1</sub> = 0
Nivel 2	% R <sub>2</sub> = [T <sub>90</sub> - 12] * 2.0
Nivel 3	% R <sub>3</sub> = [T <sub>90</sub> - 14] * 4.0 + 4
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T <sub>90</sub> sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el T<sub>90</sub>, en cada nivel de cumplimiento se abre el intervalo a partir del valor medio de cada rango hasta alcanzar el 90% de cumplimiento. Si esta condición no se logra en alguno de los 3 primeros niveles, se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

#### **4.6.3 Reducción total del precio del ítem de mezcla asfáltica**

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\%R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

$\%FP$  = Factor de pago, en porcentaje

#### **4.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.**

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que

requiere cada una de las etapas de su proceso de producción del tratamiento superficial para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

**Tabla No. 4.3: Número mínimo de ensayos a realizar a los agregados para trámite de estimación para pago de obra**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Partículas planas y elongadas	1 @ 20000 m <sup>2</sup>	3/mes
Contenido de polvo	1 @ 5000 m <sup>2</sup>	3/semana
Caras fracturadas	1 @ 20000 m <sup>2</sup>	3/mes
Gravedad específica y absorción	1 @ 30000 m <sup>2</sup>	2/mes
Contenido de humedad	Control permanente	1/día
Viscosidad Saybolt Furol de la emulsión a 50 °C	1 @ 20000 m <sup>2</sup>	3/mes
Temperatura de aplicación del ligante	Control permanente	-
Contenido de agua de la emulsión	1 @ 20000 m <sup>2</sup>	3/mes
Tiempo de rompimiento de la emulsión	1 @ 40000 m <sup>2</sup>	1/mes
Tiempo de curado de la emulsión	Control permanente	-
Afinidad agregado-ligante	1 @ 30000 m <sup>2</sup>	2/mes
Partículas sueltas después de la compactación	Control permanente	-

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia sería menor a lo que se indica en esta columna.

NOTA 1: Todos estos ensayos deben muestrearse por duplicado. Una de las muestras debe ser entregada a la Administración.

NOTA 2: Para los ensayos a la emulsión las muestras deben tomarse del distribuidor.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir permanentemente con los parámetros de aceptación, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

---

## **Capítulo 5: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Base Granular**

---

### **5.1 Requerimientos previos**

#### **5.1.1 Aspectos básicos**

- Previo a iniciar los trabajos, el Contratista debe presentar un informe de laboratorio, para demostrar el cumplimiento de las pruebas de aceptación; el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a construir la base. Este informe debe recibir la aceptación de la Administración antes de iniciar los trabajos de colocación de la base granular.
- Los parámetros de aceptación que presenta el Contratista deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la base.
- El documento de solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

#### **5.1.2 Solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo**

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la base, debe presentar una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la base, que comprende los siguientes aspectos:

- Fuentes de donde se tomarán los materiales.

- Proceso de triturado y tipo de graduación que aportará cada fuente de agregados.
- Estudio de laboratorio que demuestre que cada fuente de agregados a utilizar (separadamente) cumple con todos los parámetros de aceptación que establece el cartel para materiales de base granular.
- Curva granulométrica que utilizará para la construcción de la base.
- Datos estadísticos de los apilamientos en que se soporta la curva granulométrica propuesta.
- Curva Próctor modificado para los agregados combinados según la curva granulométrica propuesta.
- Curva de valor de soporte CBR en función de la densidad.

## **5.2 Definición de los parámetros de aceptación**

Para analizar los parámetros de aceptación los agregados se separan en dos fracciones. El agregado grueso corresponde al que es retenido en la malla No. 4 y el fino es aquel que pasa la malla No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

### **5.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregados**

Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Índice de abrasión en máquina Los Angeles (*)	ASTM C 131, C535
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	ASTM D 24109
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Terrones de arcilla y partículas friables	AASHTO T 112

(\*) Solamente aplica para el agregado grueso.

Caso que de una fuente se tome solamente agregado fino, de dicha fuente, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso que se incorporará en la base.

### **5.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados**

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| • Capacidad de soporte de California                                    | ASTM D 1883, AASHTO T 193            |
| • Curva Próctor modificado  | ASTM D 1557, AASHTO T 180            |
| • Granulometría   | ASTM C 126, C 117, AASHTO T 27 y T11 |
| • Caras fracturadas   | MOP E 109                            |
| • Partículas planas y elongadas   |                                      |
| • Vacíos en el agregado fino no compactado (si lo especifica el cartel) | ASTM D 4791<br>ASTM C 1252           |

### **5.2.3 Parámetros de aceptación del proceso constructivo**

Estos parámetros deben cumplirse como requisito para el trámite de pago.

- Alineamiento vertical y horizontal
- Ancho y sobre-anchos
- Peraltes y demás detalles del trazado geométrico (rasante, prisma, etc).
- Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que especifique el cartel.
- Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación de la base granular.

### 5.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la base granular.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Granulometría	ASTM C 126,C117; AASHTO T27, T11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP e 109
Gravedad específica y absorción	ASTM D854, AASHTO T 100
Equivalente de arena	ASTM C 2419
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252
Contenido de humedad	ASTM D 2216, AASHTO T 265
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	ASTM C 131, C535
Porcentaje de compactación	ASTM D 2726, AASHTO T 166
Densidad Próctor modificado	ASTM D 1557, AASHTO T 180
Capacidad de soporte de California (CBR)	ASTM D 1883, AASHTO T 193
Regularidad geométrica del acabado superficial	
Espesor de capa	
Durabilidad	
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Angularidad del agregado fino	

i. **Factor de reducción por espesor de capa**

**Nivel de cumplimiento y sus tolerancias**

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.5 a +1.5
Nivel 2	-1.8 a +1.8
Nivel 3	-2.1 a +2.1
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.5] * 14$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 1.8] * 35 + 4.2$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

### 5.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\%R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

$\%FP$  = Factor de pago, en porcentaje

### 5.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del Contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que

requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de la base granular para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

**Tabla No. 5.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación para pago de obra**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Durabilidad	1 @ 10000 m <sup>3</sup>	1/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos	1 @ 10000 m <sup>3</sup>	1/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 1800 m <sup>3</sup>	1/semana
Límites de Atterberg	1 @ 1800 m <sup>3</sup>	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 1800 m <sup>3</sup>	1/semana
Equivalente de arena (si lo especifica el cartel)	1 @ 3500 m <sup>3</sup>	2/mes
Contenido de humedad	control permanente	-
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 15000 m <sup>3</sup>	1 cada 2 meses
Próctor modificado	1 @ 1800 m <sup>3</sup>	1/semana
Capacidad de soporte de California (CBR)	1 @ 1800 m <sup>3</sup>	1/semana
Regularidad geométrica del acabado superficial	control permanente	-
Espesor de capa (control permanente)	control permanente	-

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

NOTA 1: Esta tabla solamente aplica para aquellos ensayos (o parámetros de calidad) especificados en el cartel para cada proyecto específico.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con los parámetros de aceptación, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

---

## **Capítulo 6: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Sub-base Granular**

---

### **6.1 Requerimientos previos**

#### **6.1.1 Aspectos básicos**

- El Contratista debe presentar, fundamentado en un informe de laboratorio, una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la sub-base.
- En el informe del Contratista sobre las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a construir la sub-base.
- Los parámetros de aceptación que presenta el Contratista deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la sub-base.
- El documento de solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable. El Contratista no puede iniciar los trabajos de colocación de la sub-base hasta que haya sido aceptada la fórmula de trabajo.

### **6.1.2 Solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo**

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la sub-base, debe presentar una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la sub-base, que comprende de los siguientes aspectos:

- Fuentes de donde se tomarán los materiales.
- Proceso de triturado y tipo de graduación que aportará cada fuente de agregados.
- Estudio de laboratorio que demuestre que cada fuente de agregados a utilizar (separadamente) cumple con todos los parámetros de aceptación que establece el cartel para materiales de sub-base granular.
- Curva granulométrica que utilizará para la construcción de la sub-base.
- Datos estadísticos de los apilamientos en que se soporta la curva granulométrica propuesta.
- Curva Próctor modificado para los agregados combinados según la granulometría propuesta.
- Curva de valor de soporte CBR en función de la densidad.

### **6.2 Definición de los parámetros de aceptación**

Para analizar los parámetros de aceptación los agregados se separan en dos fracciones. El agregado grueso corresponde al que es retenido en la malla No. 4 y el fino es aquel que pasa la malla No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

### 6.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregados

Índice de abrasión en máquina Los Angeles (*)	ASTM C 131, C535
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Equivalente de arena	ASTM D 24109
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Terrones de arcilla y partículas friables	ASTM C 142; AASHTO T 112

(\*) Solamente aplica para el agregado grueso

De la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso de la sub-base.

### 6.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados debidamente mezclados para construir la sub-base

• Capacidad de soporte de California	ASTM D 1883, AASHTO T 193
• Curva Próctor modificado	ASTM D 1557, AASHTO T 180
• Granulometría	ASTM C 128, C 117, AASHTO T 27 y T11
• Caras fracturadas (si lo especifica el cartel)	MOP E 109
• Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel)	ASTM D 4791
• Vacíos en el agregado fino no compactado (si lo especifica el cartel)	ASTM C 1252

### 6.2.3 Parámetros de aceptación del proceso constructivo

Estos parámetros deben cumplirse como requisito para el trámite de pago.

- Alineamiento vertical y horizontal
- Ancho y sobre-anchos
- Peraltes y demás detalles del trazado geométrico (rasante, prisma, etc).
- Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que especifique el cartel
- Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación de la sub-base granular.

### 6.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la sub-base granular.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, en las diferentes fases del proceso, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Granulometría	ASTM C 126,C117; AASHTOT27, T1 <sup>1</sup>
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica y absorción	ASTM D854, AASHTO T 100

Equivalente de arena	ASTM C 2419
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252
Contenido de humedad	ASTM D 2216, AASHTO T 265
Indice de abrasión en máquina de Los Angeles	ASTM C 131, C535
Porcentaje de compactación	
Densidad del Próctor modificado	ASTM D 1557, AASHTO T 180
Capacidad de soporte de California (CBR)	ASTM D 1883, AASHTO T 193
Regularidad geométrica del acabado superficial	
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Espesor de capa	
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	
Angularidad del agregado fino	

Otros, según los requerimientos específicos del proyecto y del proceso constructivo.

**Tabla No. 6.1: Resumen de parámetros de calidad**

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
<b>Por fuente de agregados</b>		
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Granulometría	Granulometría
Indice de abrasión en máquina Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Densidad de compactación
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Límites de Atterberg	Espesor de capa
Equivalente de arena (si lo especifica el cartel)	Caras fracturadas	Regularidad superficial
Límites de Atterberg	Gravedad específica y absorción	
Terrones de arcilla y partículas friables	Equivalente de arena	
	Vacios en el agregado fino no compactado	
<b>Para los agregados mezclados</b>	Contenido de humedad	
Capacidad de soporte de California	Indice de abrasión en máquina de Los Angeles	
Curva Próctor modificado	Porcentaje de compactación	
Granulometría	Densidad Próctor modificado	
Caras fracturadas	Capacidad de soporte de California (CBR)	
Partículas planas y elongadas	Regularidad geométrica del acabado superficial	
Vacios en el agregado fino no compactado (si se especifica)	Espesor de capa	
	Durabilidad	
	Resistencia a la acción de los sulfatos	
<b>Para la regularidad geométrica superficial</b>	Angularidad del agregado fino	
Alineamiento vertical y horizontal	Regularidad geométrica del trazado (prisma rasante, peraltes, etc)	
Ancho y sobre-anchos	Otros ensayos	
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico		
Deformaciones superficiales, con regla de 3 m		
<b>Del proceso constructivo</b>		
Todos los requerimientos geométricos y de alineamiento vertical y horizontal, así como de acabado superficial.		
Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación de la base granular.		

## **6.4 Metodología para el pago en función del grado de cumplimiento**

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de calidad de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

### **6.4.1 Parámetros para el pago de la obra**

Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la sub-base granular:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

Los parámetros de regularidad superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Previo a evaluar estos parámetros para pago de obra, en cada estimación el Contratista debe presentar el informe de laboratorio que demuestre el

cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y control que defina el cartel, cumpliendo además con la frecuencia mínima de ensayos que se especifique.

### **6.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor para pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de sub-base granular, conforme a los siguientes lineamientos:

- I. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- II. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras o mediciones (no menos de ocho) para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente la Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará

previamente establecida en los términos de referencia de los documentos de licitación.

## **6.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento**

### **6.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de calidad, se aplica al precio total del ítem de la sub-base granular colocada.

Los niveles de calidad son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de cumplimiento
- Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar toda la sub-base colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista, por su propia cuenta, tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir el lote de producción en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

### **6.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del porcentaje de reducción de precio para la sub-base granular**

Según se definió anteriormente, para determinar el nivel de calidad se consideran los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor

#### **i. Factor de reducción de precio por granulometría**

Para determinar el factor para reducción de pago por este concepto, se sub-divide la granulometría en 3 categorías:

Agregado grueso	Agregado de tamaño mayor o igual al tamiz No. 4 (inclusive)
Agregado fino	Material que pasa el tamiz No.8, y queda retenido en la malla No. 200.
Polvo	Material que pasa el tamiz No. 200.

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

- **Factor de reducción para el agregado grueso**

Este factor sólo se aplica al tamiz de esta fracción gruesa de mayor incumplimiento, y sólo se incluye en este análisis las tamices que están indicados en la especificación de granulometría.

Además el tamiz que corresponde al tamaño nominal máximo (% pasando entre 90% y 100%) es una condición que se debe cumplir siempre, por tanto no se incluye en este análisis de porcentaje de cumplimiento.

#### **Niveles de cumplimiento y sus tolerancias**

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de aceptación (% pasando)</b>
Nivel 1	$\pm 9.0$
Nivel 2	$\pm 10.0$
Nivel 3	$\pm 11.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 9.0] * 4.0$
Nivel 3	% $R_2 = [T_{90} - 10.] * 8 + 4.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el nivel de cumplimiento del 90%, en el nivel de cumplimiento correspondiente. Este rango se mide abriendo simétricamente el intervalo, a partir del valor correspondiente de la curva granulométrica propuesta por el Contratista, y puede sobrepasar los límites que determina la especificación en cada malla en  $\pm 3.5\%$ .

- **Factor de reducción para el agregado fino**

La reducción de precio por granulometría del agregado fino solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento. Para la fracción fina se especifica separadamente los niveles de cumplimiento para el tamiz No. 8 y luego el resto de las mallas.

## Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

### a. Tamiz No. 8

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	$\pm 7.5$
Nivel 2	$\pm 8.5$
Nivel 3	$\pm 10.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

### Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 4$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 8.5] * 8 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el nivel de cumplimiento del 90%, en el nivel de cumplimiento correspondiente. Este rango se mide abriendo simétricamente el intervalo, a partir del valor correspondiente de la curva granulométrica propuesta por el Contratista, y puede sobrepasar los límites que determina la especificación en esta malla en  $\pm 3.0\%$ .

**b. Resto de tamices (agregado fino), de tamaño inferior a la malla No. 8**

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de aceptación (% pasando)</b>
Nivel 1	$\pm 6.5$
Nivel 2	$\pm 7.5$
Nivel 3	$\pm 9.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Factor de reducción (%)</b>
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 6.5] * 4$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 9 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el nivel de cumplimiento del 90%, en el nivel de cumplimiento correspondiente. Este rango se mide abriendo simétricamente el intervalo, a partir del valor correspondiente de la curva granulométrica propuesta por el Contratista, y puede sobrepasar los límites que determina la especificación para cada malla en  $\pm 3.0\%$ .

▪ **Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)**

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de aceptación (% pasando)</b>
Nivel 1	$\pm 5.5$
Nivel 2	$\pm 6.5$
Nivel 3	$\pm 8.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Factor de reducción (%)</b>
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 5.5] * 4$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 6.5] * 9 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el nivel de cumplimiento del 90%, en el nivel de cumplimiento correspondiente. Este rango se mide abriendo simétricamente el intervalo, a partir del valor correspondiente de la curva granulométrica propuesta por el Contratista, y puede sobrepasar los límites que determina la especificación para cada malla en  $\pm 2.0\%$ .

## ii. Factor de reducción por densidad de compactación

### Niveles de calidad y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de compactación)
Nivel 1	> 96
Nivel 2	> 94
Nivel 3	> 93
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

### Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [96 - T_{90}] * 3$
Nivel 3	$\% R_3 = [94 - T_{90}] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es la tolerancia para la cual se alcanza el nivel de confianza del 90%, en el nivel de calidad correspondiente.

### iii. Factor de reducción por espesor de capa

El espesor se determina topográficamente, en puntos seleccionados aleatoriamente. No corresponde al espesor en el borde de la capa.

#### Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.7 cm a +1.7 cm
Nivel 2	-2.1 cm a +2.1 cm
Nivel 3	-2.5 cm a +2.6 cm
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

#### Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.7] * 10$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 2.1] * 25 + 4.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo simétricamente en ambas direcciones, a partir de dicho valor medio del intervalo, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

### 6.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\%R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

$\%FP$  = Factor de pago, en porcentaje

### 6.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

**Tabla No. 6.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación para pago de obra para sub-base granular**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Durabilidad	1 @ 16000 m <sup>3</sup>	1/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos (si lo especifica el cartel)	1 @ 16000 m <sup>3</sup>	1/mes
Límites de Atterberg	1 @ 4000 m <sup>3</sup>	1/semana
Caras fracturadas (si lo especifica el cartel)	1 @ 4000 m <sup>3</sup>	1/semana
Equivalente de arena (si lo especifica el cartel)	1 @ 8000 m <sup>3</sup>	2/mes
Contenido de humedad	control permanente	
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 20000 m <sup>3</sup>	1 cada 2 meses
Próctor modificado	1 @ 4000 m <sup>3</sup>	1/semana
Capacidad de soporte de California (CBR)	1 @ 4000 m <sup>3</sup>	1/semana
Regularidad geométrica del acabado superficial	control permanente	-
Espesor de capa	control permanente	-

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

---

## **Capítulo 7: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Base Estabilizada con Cemento**

---

### **7.1 Requerimientos previos**

#### **7.1.1 Aspectos básicos**

- El Contratista debe presentar, fundamentada en un informe de laboratorio, una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la base estabilizada.
- En el informe del Contratista sobre el cumplimiento de las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a realizar la producción, y por lo tanto, debe corresponder a los materiales con que realmente se va a construir la base estabilizada con cemento.
- Los parámetros de aceptación de los agregados deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la base estabilizada.
- El documento de solicitud de aceptación del diseño de la base estabilizada es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

### **7.2.1 Solicitud de aceptación d el diseño de la base estabilizada**

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la base estabilizada, debe presentar una solicitud de aceptación del diseño de la estabilización para la construcción de la capa de base, que comprende los siguientes aspectos:

- Fuentes de donde se tomarán los materiales.
- Proceso de triturado y tipo de graduación que aportará cada fuente de agregados.
- Estudio de laboratorio que demuestre que los agregados combinados según el diseño propuesto, cumplen con todos los parámetros de aceptación que establece el cartel para la construcción de una base estabilizada.
- Curva granulométrica propuesta (la granulometría de la base estabilizada es un parámetro de aceptación y por lo tanto, se debe cumplir siempre, durante todo el proceso constructivo, con esta especificación).
- Datos estadísticos de los apilamientos en que se soporta la curva granulométrica propuesta.
- Estudio de laboratorio completo del diseño de la estabilización. Debe aportarse la memoria de cálculo de laboratorio, incluidos los datos de resistencia obtenidos para cada espécimen a 7 días y a 28 días. Si se usa acelerante de fraguado, o en caso de que se requiera permitir el paso de los vehículos previo a la colocación de la capa de rodamiento, debe incluirse el dato de resistencia a 3 días. Los especímenes deben moldearse a la energía del Próctor Modificado. Caso de premura de tiempo, se puede aportar a posteriori la resistencia a 28 días, pero debe ser estrictamente la que corresponde a los especímenes moldeados en el diseño de la estabilización.
- Además, el porcentaje óptimo de humedad debe obtenerse de la curva Próctor Modificado, incluyendo el contenido de cemento de la estabilización, por lo tanto, debe presentarse la curva Próctor Modificado que corresponde al

porcentaje de cemento que se utilizará en la construcción de la base estabilizada.

- El informe debe incluir además una descripción detallada del sistema de curado que aplicará durante el proceso constructivo, con indicación clara de:
  - Momento a partir del cual se aplicará el curado
  - Dosificación a utilizar
  - Equipo a utilizar y su rendimiento
  - Soporte técnico o certificación de calidad que garantice la idoneidad del sistema de curado.
  - Ensayos de laboratorio que utilizará en el campo para demostrar la eficiencia del curado, determinando la resistencia de la capa construida, a los 28 días de edad.
  - Sistema de inspección que aplicará para verificar de forma permanente que la capa de curado no presente ningún tipo de daño, ya sea por el paso del tránsito o por otro tipo de agentes.

## **7.2 Definición de los parámetros de aceptación**

### **7.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregado**

- Coeficiente de desgaste de Los Angeles (si lo especifica el cartel) ASTM C 131, C 535
- Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)
- Límites de Atterberg ASTM D 43, AASHTO T 89
- Sanidad (si lo especifica el cartel) ASTM C 88, AASHTO T 104
- Equivalente de arena (si lo especifica el cartel) ASTM D 24194

### **7.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados**

- Granulometría ASTM C 126, C117; AASHTO T 27, T 11

### **7.2.3 Parámetros de aceptación para el agua**

- Calidad del agua (los ensayos que indique el cartel)

### **7.2.4 Parámetros de aceptación para el cemento**

El cemento que se va a utilizar debe cumplir con las especificaciones establecidas, de acuerdo con el tipo de cemento especificado en el cartel.

### **7.2.5 Parámetros de aceptación del proceso constructivo**

Estos parámetros deben cumplirse como requisito para el trámite de pago.

- Alineamiento vertical y horizontal
- Ancho y sobre-anchos
- Peraltes y demás detalles del trazado geométrico (rasante, prisma, etc).

Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que especifique el cartel.

- Resistencia de la base estabilizada a 28 días (efectividad del curado)
- Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación de la base estabilizada.
- Recubrimiento completo y permanente de la membrana de curado, en todo momento, hasta que se coloque la capa de rodamiento.

### 7.3 Parámetros de control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados, hasta la compactación y el acabado final de la base estabilizada con cemento.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el contratista seleccionará los que estime necesarios (frecuencia y tipo de ensayo) para garantizar uniformidad y calidad. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

#### 7.3.1 Listado de parámetros de control

Granulometría	ASTM C 126; AASHTO T 27, T 11 ASTM D 2216, AASHTO T 265
Equivalente de arena	ASTM D 2419
Durabilidad	
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica y absorción	ASTM D 854, AASHTO T 100; ASTM C 127; AASHTO T 85
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	ASTM C 131, C 3535, AASHTO T 96
Densidad Próctor modificado	ASTM D 1557; AASHTO T 180
Contenido de humedad	ASTM D 2216; AASHTO T 285
Porcentaje de compactación	ASTM D 2726, AASHTO T 166
Dosificación del cemento	
Dosificación del producto para curado	
Espesor de capa	

Condición de la capa de curado previo a la colocación de la capa de rodamiento  
Resistencia en sitio de la base estabilizada a 7 y 28 días  
Regularidad geométrica del acabado superficial  
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico  
Evaluación visual del producto para curado  
Calidad del agua

Otros, según las características del proceso de producción.

#### **7.4 Metodología para el pago en función del grado de cumplimiento**

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Como el contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el grado de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período, con lo cual determinará el nivel de calidad para dicho período, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

##### **7.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra**

- i. Los siguientes son los parámetros para determinar el nivel de cumplimiento de la base estabilizada con cemento:
  - Densidad de compactación
  - Resistencia a la compresión a los 7 días
  - Espesor de capa

- Regularidad superficial

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Previo a evaluar estos parámetros para pago de obra, en cada estimación el Contratista debe presentar el informe de laboratorio que demuestre el cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y control que defina el cartel, cumpliendo además con la frecuencia mínima de ensayos que se especifique.

**Tabla No. 7.1: Resumen de parámetros de calidad**

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
<b>Por fuentes de agregados</b>		
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Granulometría	Densidad de compactación
Índice de abrasión en máquina Los Angeles (si lo especifica el cartel)	Partículas planas y elongadas	Resistencia a la compresión a los 7 días
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad) (si lo especifica el cartel)	Límites de Atterberg	Espesor de capa
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	Caras fracturadas	
Límites de Atterberg (si lo especifica el cartel)	Gravedad específica y absorción	
	Equivalente de arena	
<b>Para los agregados mezclados</b>	Vacios en el agregado fino no compactado	
Granulometría	Contenido de humedad	
	Índice de abrasión en máquina Los Angeles	
<b>Para el agua</b>	Porcentaje de compactación	
Calidad del agua (según lo especifica el cartel)	Densidad Próctor modificado	
	Regularidad geométrica del acabado superficial	
<b>Para el cemento</b>	Espesor de capa	
Especificaciones según el tipo de cemento	Durabilidad	
	Angularidad del agregado fino	
<b>Durante el proceso constructivo</b>	Alineamiento vertical y horizontal	
Alineamiento vertical y horizontal	Ancho y sobre-anchos	
Ancho y sobre-anchos	Peraltes y demás detalles del trazado geométrico	
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico	Condición de la capa de curado	
Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que indique el cartel	Calidad del agua	
Resistencia a 28 días en la base estabilizada	Otros ensayos	
Calidad del agua		
Recubrimiento completo y permanente de la membrana de curado.		

### **7.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor para pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de base estabilizada, conforme a los siguientes lineamientos:

- i. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- ii. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el correspondiente porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- iii. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras (no menos de ocho) o mediciones para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

## **7.6 Cálculo del monto a pagar en función del grado de cumplimiento**

### **7.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación de obra para el pago.

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la base estabilizada colocada.

Los niveles de calidad son los siguientes:

- Nivel 1: Lo pactado en el contrato.
- Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.
- Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.
- Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a. Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de incumplimiento
- b. Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros por cumplimiento de la base estabilizada son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar toda la base estabilizada colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta y sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir un lote de producción en un nivel de cumplimiento superior.

### 7.6.1 Cálculo del nivel de cumplimiento y del monto a pagar

De conformidad con lo indicado anteriormente, para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

- Densidad de compactación
- Resistencia a la compresión a los 7 días
- Espesor de la capa

### 7.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del porcentaje de reducción del precio para la base estabilizada

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

#### i. Factor de reducción por densidad de compactación

#### Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de compactación)
Nivel 1	> 97.0
Nivel 2	> 95.0
Nivel 3	> 94.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [97 - T_{90}] * 3$
Nivel 3	$\% R_3 = [95 - T_{90}] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA:  $T_{90}$  es la tolerancia para la cual se alcanza el nivel de confianza del 90%, en el nivel de calidad correspondiente.

**ii. Factor de reducción por resistencia a la compresión a 7 días**

La resistencia se mide a los 7 días, a la energía especificada del Próctor Modificado y para cada espécimen individualmente.

**a. Base tipo BE-25**

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento ( $\text{kg/cm}^2$ )
Nivel 1	20 – 42
Nivel 2	18 – 44
Nivel 3	17 – 46
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 41] * 2.5$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 43] * 6.0 + 5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo simétricamente en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

**b. Base tipo BE-35 modificado (Resistencia a compresión a 7 días: 37.5 kg/cm<sup>2</sup>)**

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (kg/cm <sup>2</sup> )
Nivel 1	25-50
Nivel 2	23-53
Nivel 3	23-58
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 50] * 1.75$
Nivel 3	% $R_3 = [T_{90} - 53] * 3 + 5.25$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

iii. **Factor de reducción por el espesor**

El espesor se determina topográficamente, en puntos seleccionados aleatoriamente. No corresponde al espesor en el borde de la capa.

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (cm)
Nivel 1	-1.2 a +1.2
Nivel 2	-1.3 a +1.5
Nivel 3	-1.4 a +1.8
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 1.2] * 15$
Nivel 3	% $R_3 = [T_{90} - 1.5] * 35 + 4.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

### 7.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\%R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

$\%FP$  = Factor de pago, en porcentaje

### **7.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.**

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

**Tabla No. 7.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación para pago de obra para base estabilizada con cemento**

<b>Ensayo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia mínima (1)</b>
Granulometría	1 @ 2000 m <sup>3</sup>	1/semana
Contenido de humedad	Control permanente (2)	Control permanente
Regularidad geométrica del acabado superficial (regla de 3 m)	Control permanente	Control permanente
Límites de Atterberg	1 @ 2000 m <sup>3</sup>	1/semana
Resistencia en sitio de la base estabilizada a 28 días (3)	1 @ 7000 m <sup>3</sup> (2)	
Dosificación del cemento. (1)	Control permanente (2)	Control permanente
Dosificación del producto para curado	Control permanente (2)	Control permanente
Evaluación visual del producto para curado.	Control permanente (2)	Control permanente

- (1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.
- (2) El Contratista debe mantener una supervisión rigurosa de la obra para garantizar el cumplimiento estricto de estos controles permanentes.
- (3) Este ensayo se puede sustituir por un ensayo de deflectometría con deflectómetro de impacto, realizando mediciones como mínimo cada 25 m, antes y después de colocar la base estabilizada. El informe de laboratorio debe incluir el análisis estructural que demuestre el valor de resistencia alcanzado por la base estabilizada. Este análisis debe hacerse por tramos homogéneos, previamente definidos, con base en el perfil deflectométrico obtenido antes de construir la base estabilizada.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

---

## **Capítulo 8: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de las Losas de Hormigón**

---

### **8.1 Requerimientos previos**

#### **8.1.1 El diseño de la mezcla de concreto**

- I. El informe de diseño de mezcla es un informe profesional que debe tener el formato de un reporte de esta naturaleza (índice, empastado, páginas numeradas, etc) y debe presentarse suscrito por un profesional responsable del informe.
- II. Definición de diseño de mezcla. El diseño de mezcla consiste en la fórmula de proporcionamiento de los diferentes componentes de la materia prima con que se va a producir la mezcla del proyecto.
- III. El Contratista debe presentar en el diseño de mezcla, como mínimo la siguiente información:
  - a. Resultados de todas las pruebas de aceptación realizadas a la materia prima. En el anexo del informe debe adjuntar las memorias de cálculo de los ensayos realizados.
  - b. Los certificados de calidad de los aditivos que se incorporarán a la mezcla durante el proceso constructivo.
  - c. Certificado de calidad del producto que utilizará para el curado del hormigón, dosificación a utilizar y el fundamento técnico, en que se basa esta propuesta de curado, incluida la dosificación.
  - d. Certificado de calidad del agua que utilizará en la producción del concreto.
  - e. Memoria de cálculo del diseño de mezcla.
  - f. Resultados individuales de los ensayos de compresión y módulo de rotura realizados a cada espécimen, donde se demuestra que con el

diseño propuesto se alcanza la resistencia especificada para el hormigón. ( a 3, 7 y 28 días)

- g. Datos preliminares que muestren que está en proceso la prueba para determinar la reactividad álcali-agregado. Caso de producir hormigón sin conocer los resultados de este ensayo, el Contratista será el único responsable de asumir dicho riesgo, pues en caso de no cumplir con este requerimiento debe demoler y sustituir todo el hormigón colocado.
  - h. El tipo de ensayo en campo que utilizará para demostrar que la resistencia de diseño a los 28 días, efectivamente se está logrando en obra, como comprobación de la idoneidad del sistema constructivo y del proceso de curado.
- IV. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la administración, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla.
- V. El Contratista tiene la potestad de cambiar su diseño de mezcla, en cuyo caso, debe hacer el trámite completo ante la Administración, para someter a consideración un nuevo diseño de mezcla.
- VI. El Contratista debe tener debidamente aceptado su diseño de mezcla, previo a iniciar la producción. Aunque la Administración emita la aceptación del diseño presentado por el contratista, éste seguirá siendo el único responsable por la calidad de la producción y del propio diseño de mezcla.
- VII. El diseño de mezcla debe incluir todos los ensayos de laboratorio realizados en los quebradores, así como en los apilamientos de agregados, debidamente analizados estadísticamente, como fundamento de soporte de la granulometría que propone en el diseño de mezcla.
- VIII. Certificación de la planta. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que debe cumplir una planta de producción de hormigón, y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.

- IX. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

## 8.2 Definición de los parámetros de aceptación

Los siguientes parámetros de aceptación se deben cumplir durante el proceso de producción del hormigón:

### 8.2.1 Parámetros de aceptación para agregados

Granulometría	ASTM C 126,C117; AASHTO T27, T11
Terrones de arcilla	AASHTO T 112
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Índice de caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Módulo de finura de la arena	
Gravedad específica y absorción (del agregado grueso y fino)	ASTM D854, AASHTO T 100
Índice de abrasión en máquina de los Angeles	ASTM C 131, C535
Contenido de materia orgánica	ASTM C40; AASHTO T21
Equivalente de arena	ASTM C 2419
Reactividad álcali-agregado (1)	ASTM C 227
Partículas blandas o deletéreas	ASTM c 142; AASHTO T 112
Pesos unitarios sueltos y envarillados	ASTM C 29, AASHTO T 19
Durabilidad (del agregado grueso y fino)	AASHTO T - 210
Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)	

De la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los

parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso que se incorporará en la mezcla.

- (1) Por requerir este ensayo un periodo muy largo para su ejecución, el Contratista podrá aplicar el ensayo ASTM C 1260 para la aprobación de los agregados. Además, la Administración podrá eximir al Contratista de realizar el ensayo ASTM C227, a cambio de realizar otro ensayo de menor tiempo de ejecución, que previo a su ejecución debe ser aceptado por la Administración, solamente en el caso de que haya suficiente evidencia de que la fuente de agregados a utilizar nunca ha presentado problemas de reactividad álcali-agregado.

Cualquiera sea el caso, el Contratista será el único responsable por la calidad de la obra y de los materiales que utiliza, por lo tanto, aún en el caso de que la Administración no le exija realizar el ensayo ASTM C 227, será el Contratista, en concordancia con su sistema de calidad, el que debe decidir los ensayos complementarios a realizar para asegurar la calidad de la obra. Otros ensayos que puede realizar para analizar la reactividad álcali-agregado son: ASTM C 295, ASTM C 289 y ASTM C 1293.

### **8.2.2 Parámetros de aceptación para el cemento**

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 5.08 cm x 5.08 cm con arena sílica	AASTM C 109, AASHTO T 106

Certificado de calidad del cemento que demuestre que cumple con la especificación AASHTO M-85 98, o cualquier otra que indique el cartel para el tipo de cemento especificado.

### **8.2.3 Parámetros de aceptación para el agua**

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26

### **8.2.4 Parámetros de aceptación para el hormigón**

Resistencia a compresión de cilindros de 15cm X 30 cm de mezcla de prueba (7 y 28 días)	AASHTO T 106
Revenimiento	ASTM C 995
Módulo de rotura en vigas (7 y 28 días)	ASTM C 39, AASHTO T 22
Prueba de curado	ASTM C 171
Certificado de calidad para los aditivos	

Durante el proceso de producción, el contratista está obligado a mantener un archivo actualizado de todos los parámetros de aceptación, en donde demuestre que su proceso de producción en todo momento cumple con las exigencias contractuales, en todo lo concerniente a estos parámetros.

### **8.2.5 Parámetros de aceptación para el material de curado**

El Contratista debe presentar un certificado de que el material de curado cumple con la especificación AASHTO M 148-97, o cualquier otra especificación que indique el cartel.

### **8.2.6 Parámetros de aceptación para el material de sellado de juntas**

El Contratista debe presentar un certificado de que el material para sello de juntas cumple con la especificación AASHTO M 173, M 301, o cualquier otra que indique el cartel.

### **8.2.7 Parámetros de aceptación y requerimientos específicos para el pavimento durante el proceso constructivo**

Como criterio de aceptación, el proceso constructivo que ejecuta el Contratista debe garantizar la correcta ejecución de la obra en los siguientes aspectos:

- Revenimiento y contenido de vacíos, previo al extendido de la mezcla
- Tiempo transcurrido entre la producción y el extendido de la mezcla
- Correcta colocación y ubicación de las dovelas (pasajuntas) y de las barras de sujeción de las juntas longitudinales (tie bars)
- Control de avance y de suministro de hormigón (proceso continuo de pavimentación)
- Procedimiento de vibrado del hormigón
- Procedimiento para control del espesor de capa
- El procedimiento de acabado superficial y pre-texturizado
- Correcta aplicación del material de curado (para la superficie y los bordes)
- El tiempo para ranurado de las juntas longitudinales y transversales
- La geometría de la ranura de las juntas longitudinales y transversales
- Correcta aplicación del material a colocar en las ranuras de las juntas previo a verter el material de sellado
- El tipo y geometría del material sellante
- La condición de los bordes de las ranuras

- La geometría y espaciamiento de las ranuras de texturizado
- El coeficiente de rozamiento
- La geometría de los bordes de las losas
- El índice de rugosidad internacional (IRI) especificado
- Además, el Contratista debe demostrar de forma fehaciente, que efectivamente el pavimento está alcanzando en la obra la resistencia especificada a 28 días, de conformidad con lo indicado en el punto 8.1.1.h. Este es un requisito a cumplir para el trámite de las estimaciones
- Todos los requerimientos técnicos, ambientales, de seguridad para la colocación del hormigón.

### **8.3 Parámetros de control**

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final del proceso constructivo.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

#### **8.3.1 Parámetros de control para agregados**

Granulometría	ASTM C 126,C117; AASHTO T27, T11
Terrones de arcilla	AASHTO T 112
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Índice de caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791

Módulo de finura de la arena	NLT -176 (Norma española)
Gravedad específica y absorción (del agregado grueso y del agregado fino)	ASTM D854, AASHTO T 100
Índice de abrasión en máquina de los Angeles	ASTM C 131, C535
Contenido de materia orgánica	AASHTO T21
Equivalente de arena	ASTM C 2419
Reactividad álcali-agregado	CSA-A 23, 2-25A
Partículas blandas o deletéreas	ASTM c142; AASHTO T 112
Pesos unitarios sueltos y envarillados	ASTM C 29, AASHTO T 19
Porcentaje pasando la malla 200	ASTM C 126, C117; AASHTO T27, T11
Angularidad del agregado fino	
Durabilidad	AASHTO T 210

### 8.3.2 Parámetros de control del agua

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26

### 8.3.3 Parámetros de control para el cemento

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/c plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 5.08 cm x 5.08 cm con arena sílica	AASHTO C 109, AASHTO T 106

### 8.3.4 Parámetros de control para el hormigón

Resistencia a compresión a 3 días	
Resistencia a flexotracción a 3 días	
Resistencia a compresión a los 7 días	ASTM C 39, AASHTO T 22
Resistencia a la compresión a los 28 días	ASTM C 39, AASHTO T 22
Resistencia a la flexotracción a los 7 días	ASTM C 293, AASHTO T 197-198
Resistencia a la flexotracción a los 28 días	ASTM C 293, AASHTO T 197-198
Revenimiento en la planta	
Revenimiento en el momento de extendido	ASTM C 995
Contenido de aire	ASTM C 131, C 173; AASHTO T152,196
Módulo de rotura	ASTM C 293, AASHTO T 197- 198
Temperatura de colocación del hormigón	
Certificados de calidad de los aditivos	
Permeabilidad del hormigón	
Verificación de la resistencia a compresión de las losas de hormigón a 28 días	

### 8.3.5 Curado

Certificado de calidad del producto de curado
Dosificación o número de pasadas
Permeabilidad en las juntas (efectividad del sellado de juntas)
Efectividad del sistema de curado (resistencia a 28 días y permeabilidad de la superficie de las losas)
Permeabilidad del hormigón

### **8.3.6 Otros controles constructivos**

- Control de construcción de las “canastillas” de las dobelas.
- Control de colocación y lubricación de dobelas y control de colocación de las barras de sujeción de las juntas longitudinales.
- Control de ubicación de los cortes de las juntas transversales
- Control de la humedad de la superficie de la base.
- Control total del tiempo de fraguado:
  - Hora de despacho de la vagoneta
  - Hora de colocación
  - Tiempo de curado
  - Tiempo de ranurado
- Control de las condiciones ambientales: temperatura, viento, humedad del aire, lluvia, etc.
- Control de fisuración superficial
- Control del proceso de terminación:
  - Afinado de la superficie y los bordes
  - Pre-texturizado
  - Texturizado (ranurado)
  - Curado superficial y de los bordes
  - Ranurado de las juntas longitudinales y transversales (geometría y condición de los bordes)
  - Limpieza de las juntas, exentas de partículas incompresibles
  - Sellado de las juntas
- Control de espesores
- Control de la regularidad superficial (IRI)
- Control de la limpieza de las ranuras previo a la colocación del sellado de las juntas.

Tabla No. 8.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
<b>1. Agregados</b>	<b>1. Agregados</b>	
Granulometría Terrones de arcillas Sanidad Índice de caras fracturadas Partículas planas y elongadas Módulo de finura de la arena Gravedad específica y absorción Índice de abrasión en máquina de los Angeles Contenido de materia orgánica Equivalente de arena Reactividad álcali-agregado Partículas blandas o deletéreas Pesos unitarios sueltos y envarillados Durabilidad del agregado grueso y fino Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)	Granulometría Terrones de arcillas Sanidad Índice de caras fracturadas Partículas planas y elongadas Módulo de finura de la arena Gravedad específica y absorción Índice de abrasión en máquina de los Angeles Contenido de materia orgánica Equivalente de arena Reactividad álcali-agregado Angularidad del agregado fino Durabilidad Partículas blandas o deletéreas Pesos unitarios sueltos y envarillados Porcentaje pasando la malla 200	Espesor de losa Resistencia a flexotracción a los 28 días Índice de rugosidad internacional (IRI) Coeficiente de rozamiento
<b>2. Cemento</b>	<b>2. Cemento</b>	
Consistencia Tiempo de fragua sin aditivo Contenido de cenizas Tipo de cemento (según especificaciones) Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante. Resistencia a compresión en cubos de 5.08 cm x 5.08 cm con arena sílica Certificado de calidad del cemento	Consistencia Tiempo de fragua sin aditivo Contenido de cenizas Tipo de cemento (según especificaciones) Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante. Resistencia a compresión en cubos de 5.08 cm x 5.08 cm con arena sílica	
<b>3. Agua</b>	<b>3. Agua</b>	
Acidez (pH) Contenido de cloruros Contenido de residuos solubles Contenido de sulfatos Contenido de materia orgánica	Acidez (pH) Contenido de cloruros Contenido de residuos solubles Contenido de sulfatos Contenido de materia orgánica	
<b>4. Hormigón</b>	<b>3. Hormigón</b>	
Resistencia a compresión de cilindros de 15cm X 30 cm de mezcla de prueba Revenimiento Módulo de rotura en vigas Prueba de curado Certificado de calidad para los aditivos	Resistencia a compresión a los 3 días Resistencia a la compresión a los 7 días Resistencia a la compresión a los 28 días Resistencia a la flexotracción a los 7 días Resistencia a la flexotracción a los 28 días Contenido de aire Revenimiento en la planta Revenimiento en el momento de extendido Permeabilidad del hormigón Verificación de la resistencia a compresión de las losas de hormigón Regularidad superficial Espesor de losa Temperatura de colocación del hormigón Certificados de calidad de los aditivos	
<b>5. Curado</b>		
Certificado de calidad Dosificación Efectividad del sistema de curado (resistencia de la losa a 28 días)		
<b>6. Sellado de juntas</b>		
Certificado de calidad		
<b>7. Durante el proceso constructivo</b>	<b>4. Curado</b>	
Revenimiento y contenido de vacíos, previo al extendido de la mezcla Tiempo transcurrido entre la producción y el extendido de la mezcla Correcta colocación y ubicación de las dovelas (pasajuntas) Control de avance y de suministro de hormigón Procedimiento de vibrado del hormigón Procedimiento para control del espesor de capa El procedimiento de acabado superficial y pre-texturizado Correcta aplicación del material de curado (para la superficie y los bordes) El tiempo para ranurado de las juntas longitudinales y transversales La geometría de la ranura de las juntas longitudinales y transversales Correcta aplicación del material a colocar en las ranuras de las juntas previo a verter el material de sellado El tipo y geometría del material sellante La condición de los bordes de las ranuras La geometría de las ranuras de texturizado El coeficiente de rozamiento La geometría de los bordes de las losas El índice de rugosidad internacional (IRI) especificado Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación del hormigón.	Certificado de calidad del producto de curado Dosificación o número de pasadas Efectividad del sistema de curado	

## **8.4 Metodología para el pago en función del grado de cumplimiento**

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

### **8.4.1 Parámetros para el pago de la obra**

Los siguientes son los parámetros de pago de la mezcla de concreto:

- Espesor de losa
- Resistencia a flexotracción a los 28 días
- Índice de rugosidad internacional
- Coeficiente de rozamiento

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

### **8.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor de pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de losas de hormigón, conforme a los siguientes lineamientos:

- i. La cantidad a pagar de este ítem de obra será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- ii. En cualquier momento de la producción durante el período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso del espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma se calculará el porcentaje de pago que corresponde para el ítem producido durante ese período.
- iii. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras (no menos de ocho) o mediciones para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.
- iv. Si el pago del ítem del hormigón se sub-divide por ejemplo en: agregados, cemento, acero para las juntas longitudinales, o algún otro componente, el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

## **8.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento**

### **8.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago de obra.

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de losas de hormigón.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a) Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de incumplimiento.
- b) Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar todo el pavimento de hormigón colocado y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta y sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de reducción de precio, el contratista, por su propia cuenta, tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir el lote de producción en un nivel de calidad superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

Para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

- Resistencia a la flexotracción del hormigón a los 28 días
- Espesor de la capa

### **8.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción del precio del pavimento de hormigón**

#### **i) Resistencia a la flexotracción del hormigón a los 28 días**

##### Niveles de calidad y sus tolerancias

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de cumplimiento (Resistencia a flexotracción a 28 días, kg/cm<sup>2</sup>) (1)</b>
Nivel 1	0.98 RE
Nivel 2	0.95 RE
Nivel 3	0.93 RE
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(1) RE: Resistencia especificada.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [0.98RE - T_{90}] * 2.0$
Nivel 3	$\% R_2 = [0.95RE - T_{90}] * 8.0 + 6.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

## ii) Espesor de losa

El espesor se determina topográficamente, en puntos seleccionados aleatoriamente. No corresponde al espesor en el borde de la capa.

Nivel de cumplimiento	Tolerancia (cm)
Nivel 1	-0.7 a +0.9
Nivel 2	-0.8 a +1.1
Nivel 3	-0.9 a +1.3
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% ( $T_{90}$ ), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 0.9] * 25$
Nivel 3	% $R_2 = [T_{90} - 1.1] * 50 + 5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

### 8.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

% $R_i$  = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

%FP = Factor de pago, en porcentaje

### 8.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que estos ensayos deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, solamente son un requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de losas de hormigón para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

**Tabla No. 8.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para losas de hormigón**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima
Granulometría	1 @ 2000 m <sup>2</sup>	3/semana
Terrones de arcillas (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 5000 m <sup>2</sup>	2/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	1 @ 12000 m <sup>2</sup>	1/mes
Índice de caras fracturadas	1 @ 5000 m <sup>2</sup>	2/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 5000 m <sup>2</sup>	2/mes
Módulo de finura de la arena	1 @ 2000 m <sup>2</sup>	3/semana
Gravedad específica y absorción	1 @ 3000 m <sup>2</sup>	2/mes
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 20000 m <sup>2</sup>	1 cada 2 meses
Contenido de materia orgánica (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 12000 m <sup>2</sup>	1/mes
Equivalente de arena	1 @ 12000 m <sup>2</sup>	1/mes
Partículas blandas o deletéreas	1 @ 10000 m <sup>2</sup>	1/mes
Pesos unitarios sueltos y envarillados	Control permanente	-
Porcentaje pasando la malla 200	Control permanente	-

**Continuación tabla No. 8.2**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia Mínima
Acidez (pH)	1/20000 m <sup>2</sup>	1/mes
Contenido de cloruros	1/20000 m <sup>2</sup>	1/mes
Contenido de residuos solubles	1/20000 m <sup>2</sup>	1/mes
Contenido de sulfatos	1/20000 m <sup>2</sup>	1/mes
Contenido de materia orgánica	1/20000 m <sup>2</sup>	1/mes
Contenido de grasas		

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

---

## **Capítulo 9: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de las Excavaciones y Terraplenado**

---

### **9.1 Requerimientos previos**

- i. Para ejecutar un trabajo de movimiento de tierra o roca, el Contratista debe someter de previo a la aprobación del Ingeniero de Proyecto el equipo que utilizará, el lugar donde dispondrá los materiales que deban removerse así como el proceso constructivo que utilizará, para lo cual tomará en consideración: escorrentías superficiales, pasos existentes (de vehículos, peatones o animales), problemas de drenaje, aspectos de seguridad, regulaciones ambientales, etc.
- ii. Para la aprobación de una fuente de material de préstamo, el Contratista debe presentar a la Ingeniería de Proyecto los siguientes análisis, para cada uno de los tipos de suelos que se encuentren en la fuente:
  - Granulometría (si el material es arenoso o granular)
  - Límites de Atterberg
  - Curva Próctor de compactación (la que especifique el cartel según el tipo de material).
  - Curva de capacidad de soporte CBR en función de la densidad de compactación.
  - Estos materiales deben cumplir las exigencias de las especificaciones contractuales.
  - Durabilidad (si lo requiere la Ingeniería de Proyecto)
- iii. Previo a iniciar los trabajos de colocación y compactación, el Contratista debe solicitar la aprobación del sistema constructivo que utilizará, incluido lo siguiente:
  - Descripción y cantidad de equipo que utilizará

- Procedimiento que utilizará para el control de la humedad de compactación
- Procedimiento que utilizará para construir el tramo de prueba de compactación (equipo, tipo de ensayo y formulario para el registro de datos)
- Espesor de capa a colocar y compactar
- El procedimiento que utilizará para comprobar posibles variaciones en el tipo de material que está utilizando y su correspondiente curva Próctor para control de compactación
- El procedimiento que utilizará para el control geométrico y topográfico del trabajo a ejecutar
- Los asuntos ambientales que debe cumplir para la ejecución de los trabajos (reposición de suelos, enzacatado, reposición de capa vegetal, etc)
- Las condiciones de seguridad con que se ejecutará el trabajo

## 9.2 Parámetros de aceptación

Los materiales a utilizar en los trabajos de terraplenado o rellenos deben cumplir con las siguientes condiciones de aceptación:

Identificación (valoración) visual del tipo de material, incluido el tipo de material (tobas, gravas de río, ignimbrita, arena, arcilla, limo, arcilla limosa), color, plasticidad aparente, presencia de vetas de otro tipo de materiales, etc.

Límites de Atterberg

ASTM D 423, AASHTO T 89

Clasificación (según el método que especifique el cartel)

Contenido de humedad de compactación

ASTM 2216; AASHTO T 96

Capacidad de soporte (CBR)

ASTM D 1883; AASHTO T 193

Granulometría (si son materiales granulares o arenosos)      ASTM C 126; AASHTO T 27, T11

Curva Próctor del material (cada tipo de material debe tener asociado la curva Próctor que le corresponde)

Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de regularidad geométrica para la ejecución de los trabajos.

### 9.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir todas las etapas del proceso constructivo.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Algunos de los parámetros de control son los siguientes:

Valoración (caracterización) visual del material

Límites de Atterberg      ASTM D 423, AASHTO T 89

Clasificación

Contenido de humedad natural      ASTM D 2216, AASHTO T 265

Contenido de humedad de compactación      ASTM 2216, AASHTO T 96

Curva Próctor del material

Capacidad de soporte (CBR)      ASTM D 1883, AASHTO T 193

Granulometría (en materiales granulares)      ASTM C 126, AASHTO T 27, T 11

Densidad de compactación en la parte inferior y superior de la capa a compactar

Geometría de cortes, taludes o rellenos

Alineamiento y trazado geométrico  
 Regularidad de la superficie compactada  
 Espesor de capa a compactar

Otros, según las características de la obra.

**Tabla No. 9.1: Resumen de parámetros de calidad**

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
Límites de Atterberg Clasificación (según el método que especifica el cartel) Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría (si son materiales granulares o arenosos) Curva Próctor del material Durabilidad (si lo especifica el cartel)	Límites de Atterberg Clasificación Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría Densidad de compactación (en la parte superior e inferior de la capa) Curva Próctor del material Geometría de cortes, taludes o rellenos	Densidad de compactación
<b>Del proceso constructivo</b> Geometría de cortes, rellenos o terraplenes. Regularidad superficial Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la ejecución de los trabajos.	Alineamiento y trazado geométrico Regularidad de la superficie compactada Espesor de capa a compactar Contenido de humedad natural Caracterización visual del material Durabilidad Otros ensayos	

#### **9.4 Metodología para el pago en función del grado de cumplimiento**

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

### 9.4.1 Parámetros para el pago de la obra

NOTA: Antes de analizar el nivel de cumplimiento del parámetro de pago, el trabajo realizado debe cumplir con todos los requerimientos geométricos y de acabado superficial especificados, así como con los parámetros de aceptación establecidos en el contrato.

Los siguientes son los parámetros a utilizar para determinar el nivel de cumplimiento de las excavaciones y terraplenado

- **Densidad de compactación**

La compactación se puede medir indistintamente en la parte superior, media o inferior de la capa.

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (% de compactación)
Nivel 1	> 95%
Nivel 2	> 94%
Nivel 3	> 93%
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [95 - T_{90}] * 6$
Nivel 3	% $R_3 = [94 - T_{90}] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

### **9.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor p ara pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de excavaciones y terraplenado, conforme a los siguientes lineamientos:

- i. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- ii. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones de la de la compactación para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- iii. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras (no menos de ocho) o mediciones para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

### **9.6 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.**

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos no corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar los ensayos deben ser representativas, además deben ser supervisados por la Ingeniería de proyecto.

**Tabla No. 9.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para trabajos de excavaciones y terraplenado**

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Límites de Atterberg	1/2000 m <sup>3</sup>	2/semana (2)
Clasificación (según AASHTO)	1/4000 m <sup>3</sup>	1/semana (2)
Contenido de humedad de compactación	Control permanente	Control permanente (2)
Capacidad de soporte (CBR)	1/4000 m <sup>3</sup>	1/semana (2)
Granulometría (en materiales granulares)	1/3000 m <sup>3</sup>	1/semana (2)
Curva Próctor del material	Control permanente	Cada vez que hay cambio de material (2)
Geometría de excavaciones, cortes, taludes o rellenos	-	Control permanente
Alineamiento y trazado geométrico	-	Control permanente
Regularidad de la superficie compactada	-	Control permanente
Espesor de capa a compactar	-	Control permanente

(1) El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, no exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

(2) Cada vez que se presente un cambio de material hay que repetir todos estos ensayos.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por duplicado y una de ellas se envía a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición. Además todas las muestras deben estar debidamente registradas en la bitácora de muestreo, con toda la información que en ese documento se especifica.

Otros, según los requerimientos específicos del proyecto y del propio proceso productivo.

**Tabla No. 5.1: Resumen de parámetros de calidad**

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros para Pago
<b>Por fuente de agregados</b>		
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Granulometría	Granulometría
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Densidad de compactación
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Límites de Atterberg	Espesor de capa
Equivalente de arena (si lo especifica el cartel)	Caras fracturadas	Regularidad superficial
Límites de Atterberg	Gravedad específica y absorción	
Terrones de arcilla y partículas friables	Equivalente de arena	
	Vacios en el agregado fino no compactado	
<b>Para los agregados mezclados</b>	Contenido de humedad	
Capacidad de soporte de California	Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	
Curva Próctor modificado	Porcentaje de compactación	
Granulometría	Densidad Próctor modificado	
Caras fracturadas	Capacidad de soporte de California (CBR)	
Partículas planas y elongadas	Regularidad geométrica del acabado superficial	
Vacios en el agregado fino no compactado (si lo especifica)	Espesor de capa	
	Durabilidad	
<b>Para la regularidad geométrica superficial</b>	Resistencia a la acción de los sulfatos	
Alineamiento vertical y horizontal	Angularidad del agregado fino	
Ancho y sobre-anchos	Regularidad geométrica del trazado (prisma rasante, peraltes, etc)	
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico	Otros ensayos	
Deformaciones superficiales, con regla de 3 m		
<b>Del proceso constructivo</b>		
Todos los requerimientos geométricos y de alineamiento vertical y horizontal, así como de acabado superficial.		
Todos los requerimientos técnicos, ambientales y de seguridad para la colocación de la base granular.		

#### **5.4 Metodología para el pago en función del grado de cumplimiento**

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el

nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

#### **5.4.1 Parámetros para el pago de la obra**

Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la base:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

Los parámetros de regularidad superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Previo a evaluar estos parámetros para pago de obra, en cada estimación el Contratista debe presentar el informe de laboratorio que demuestre el cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y control que defina el cartel, cumpliendo además con la frecuencia mínima de ensayos que se especifique.

#### **5.5 Lineamientos para muestreo y cálculo del factor para pago de obra**

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de base granular, conforme a los siguientes lineamientos:

- i. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- ii. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el correspondiente porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente la Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de referencia de los documentos de licitación.

El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de diez muestras o mediciones (no menos de ocho) para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

## **5.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento**

### **5.6.1 Aspectos generales**

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la base granular colocada.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de incumplimiento
- Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar toda la base colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista, por su propia cuenta, tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir el lote de producción correspondiente en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

### **5.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del porcentaje de reducción de precio de la base granular**

Según se definió anteriormente, para determinar el nivel de calidad se consideran los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor

#### **i) Factor de reducción del precio por granulometría**

Para determinar el factor para reducción de pago por este concepto, se sub-divide la granulometría en 3 categorías:

Agregado grueso	Agregado de tamaño mayor o igual al tamiz No. 4 (inclusive)
Agregado fino	Material que pasa el tamiz No.8, y queda retenido en la malla No. 200.
Polvo	Material que pasa el tamiz No. 200.

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

- **Factor de reducción para el agregado grueso**

#### Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (% pasando)
Nivel 1	± 8.0
Nivel 2	± 9.0
Nivel 3	± 10.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base, y puede sobrepasar el rango de la especificación de granulometría en ± 3.5%.

#### Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 8.0] * 4$
Nivel 3	% $R_2 = [T_{90} - 9.0\%] * 7 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel

NOTA 1:  $T_{90}$  es el rango para la cual se alcanza el nivel de cumplimiento del 90%, en el nivel de cumplimiento correspondiente. Este rango se mide abriendo simétricamente el intervalo, a partir del valor correspondiente de la curva granulométrica propuesta por el Contratista, y no puede sobrepasar los límites que determina la especificación en cada malla. Este criterio aplica en todos los tamices, incluido el agregado fino y el polvo, o sea, que para el cálculo de  $T_{90}$ , no se considera el área bajo la curva fuera del rango de la especificación.

- **Factor de reducción para el agregado fino**

La reducción de precio por granulometría del agregado fino solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento. Para la fracción fina se especifican separadamente el tamiz No. 8 y luego el resto de las mallas.

#### **Niveles de cumplimiento y sus tolerancias**

##### **a) Para el tamiz No. 8**

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de cumplimiento (% pasando)</b>
Nivel 1	$\pm 6.5$
Nivel 2	$\pm 7.5$
Nivel 3	$\pm 9.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base, y puede sobrepasar el rango de la especificación de granulometría en  $\pm 3.0\%$ .

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 6.5] * 4$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 8 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

**b) Resto de tamices (agregado fino), de tamaño inferior a la malla No. 8**

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (% pasando)
Nivel 1	$\pm 5.5$
Nivel 2	$\pm 6.5$
Nivel 3	$\pm 8.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base, y puede sobrepasar el rango de la especificación de granulometría en  $\pm 2.5\%$ .

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 5.5] * 4$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 6.5] * 9 + 4$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el  $T_{90}$ , en cada nivel de cumplimiento se abre el intervalo hasta alcanzar el 90% de cumplimiento. Si esta condición no se logra en alguno de los 3 primeros niveles, se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

- **Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)**

#### Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (% pasando)
Nivel 1	$\pm 4.0$
Nivel 2	$\pm 5.5$
Nivel 3	$\pm 7.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base, y puede sobrepasar el rango de la especificación de granulometría en  $\pm 2.0\%$ .

#### Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4.0] * 3$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5.5] * 9 + 4.5$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

▪ **Factor de reducción por la densidad de compactación**

El espesor se determina topográficamente, en puntos seleccionados aleatoriamente. No corresponde al espesor de borde de la capa.

**Nivel de cumplimiento y sus tolerancias**

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Rango de cumplimiento (% de compactación)</b>
Nivel 1	> 97%
Nivel 2	> 95%
Nivel 3	> 94%
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

<b>Nivel de cumplimiento</b>	<b>Factor de reducción (%)</b>
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [97 - T_{90}] * 3$
Nivel 3	% $R_3 = [95 - T_{90}] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la $T_{90}$ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3