



Propuesta trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniero Industrial

Código 00

Página 1 de 70

Propuesta para la estandarización de los procesos productivos de la empresa Multiservicios JRA S.A.S mediante la metodología PHVA.

autor

Robinson Galvan Buelvas

Director

Sandra Milena Castro Escobar
Msc en ingeniería industrial

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, mayo 24 de 2018**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	2 de 70

Índice de contenido

1. RESUMEN DEL PROYECTO	6
1.1. Palabras clave	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3.1. Formulación del Problema	8
3.2. Sistematización del Problema	8
4. JUSTIFICACION	9
5. ANTECEDENTES	10
6. MARCO REFERENCIAL	11
6.1 Marco teórico	11
6.1.1. PHVA	11
6.1.2. Emulsión asfáltica	11
6.1.3. Asfalto	12
6.1.4. Agente emulsificantes	12
6.1.5. Manejo y almacenamiento	13
6.2. Marco conceptual	13
7. OBJETIVOS	14
8.1. Objetivo General	14
8.2. Objetivos Específicos	14
8. METODOLOGÍA	15
9. CRONOGRAMA Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	¡Error! Marcador no definido.
9.1. Cronograma de Actividades	¡Error! Marcador no definido.
9.2 Descripción de actividades: (Lista de tareas) ..	¡Error! Marcador no definido.
10. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES	16
11. DESARROLLO DEL PROYECTO	17
11.1. Diagnostico actual y propuesta de estandarización.	17
11.1.1. Recolección de información	17



Propuesta trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniero Industrial

Código 00

Página 3 de 70

11.1.2. Estudio de métodos y tiempo	18
11.1.3. Análisis y elaboración del diagnóstico	21
11.1.4. Propuesta de estandarización	23
12.2. Indicadores de seguimiento	36
12. CONCLUSIONES	44
13. RECOMENDACIONES	45
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
15. ANEXOS	

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	4 de 70

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama esquemático de la emulsión asfáltica.	12
Ilustración 2 Diagrama de Ishikawa (Recolección de información).....	17
Ilustración 3 Diagrama de operaciones de la producción de emulsión asfáltica	18
Ilustración 4 Diagrama de recorrido de la producción de emulsión asfáltica	19
Ilustración 5 Cursograma de la producción de emulsión asfáltica.	20
Ilustración 6 Hoja de estudio de observación de tiempo	21
Ilustración 7 Cuadro porcentaje de asfalto Cte: 40 °C.....	24
Ilustración 8 Cuadro porcentaje de asfalto Cte: 40 °C.....	25
Ilustración 9 Formato del control de entradas y salidas	26
Ilustración 10 Formato para el control de la producción.	28
Ilustración 11 Formato de manejo de inventario de producto terminado y materia prima	29
Ilustración 12 Formato de ensayo de % de asfalto en emulsiones asfálticas	33
Ilustración 13 Formato de ensayo de penetración en asfaltos	34
Ilustración 14 Formato de ensayo de punto de ablandamiento es asfaltos	35

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	5 de 70

Índice de tablas

Tabla 1 Cronograma y descripción de Actividades	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 Indicadores de seguimiento de la propuesta de estandarización	36
Tabla 3 Gastos de la propuesta	39
Tabla 4 Costos mensuales de la organización	39
Tabla 5 Ingresos mensuales de la organización	40
Tabla 6 Relación beneficio.....	¡Error! Marcador no definido.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	6 de 70

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Multiservicios JRA S.A.S fue creada como persona natural en febrero del año 1999, en la ciudad de Barrancabermeja (S/der) y en la ciudad de Bogotá en el mes de mayo de 2001, comenzando como distribuidores de emulsiones asfálticas; actualmente pertenece al grupo de productores desde el año 2013. La planta en Barrancabermeja tiene una capacidad para producir 15 toneladas/hora, con equipo de tecnología de punta, para elaboración de emulsiones asfálticas de alta calidad, con laboratorio y personal técnico con amplia experiencia en el ramo.

En el proyecto se efectuó un diseño de propuestas de mejoras necesarias en los procesos de producción de emulsión asfáltica en la empresa ya descrita, estas mejoras se lograron mediante la utilización de procedimientos, herramientas de mejora y análisis en los métodos empleados en los procesos productivos, como objetivo principal se obtuvo la estandarización y el aumento de la eficiencia; así poder llegar al control de las variables de operación que influyen en la calidad del producto final.

Gracias a esta propuesta se logró la estandarización de los procesos con más incidencias de problemas con la creación de formatos para llevar un control de todo lo que se realiza en el día a día, también identificando unos indicadores de seguimiento para la propuesta para definir el alcance de cada una las técnicas sugeridas y por lo último la verificación de la viabilidad de la propuesta.

1.1. Palabras clave

Estandarización, Emulsión asfáltica, control, procesos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	7 de 70

2. INTRODUCCIÓN

En épocas donde las exigencias del mercado son cada vez más altas, las empresas están en la obligación de ser más productivas y competitivas con sus productos o servicios, por lo que se debe trabajar hacia un mejoramiento continuo, estandarizando procesos y logrando los niveles de satisfacción del cliente.

El mercado de producción de emulsiones asfálticas, actualmente presenta una fuerte competencia a nivel nacional, ocasionado por la gran demanda que posee este sector; por tal razón es necesario que empresas como Multiservicios JRA S.A.S entre en un proceso de estandarización y estudio de sus procesos productivos buscando el mejoramiento y solución a las falencias que puedan presentar, mediante la planeación de su producción y su respectivo control para mayor posicionamiento en un mercado de alta exigencia.

Como parte del proceso de mejoramiento continuo y estandarización de los procesos, se ha determinado realizar un análisis de los procesos productivos de la empresa Multiservicios JRA S.A.S mediante la metodología PHVA donde se realizará el estudio de tiempos para lograr la implementación de la estandarización de los procesos para así lograr la documentación de cada uno de los procedimientos realizados por la organización y la realización de un diagnóstico para detectar problemas de ejecución que han generado conflictos a nivel interno, y que han afectado a la producción de la empresa.

Con base en los resultados obtenidos de los análisis de las actividades realizadas y las experiencias obtenidas durante el transcurso del periodo de la pasantía, se genera una propuesta con el objetivo de estandarizar el proceso productivo de la emulsión asfáltica.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	8 de 70

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa cuenta con un control de variables de proceso deficiente, debido a que con el paso del tiempo ha ido decayendo, teniendo un rendimiento no tan eficiente como el que se esperaría, por ende, la organización está en busca de mejoras que ayuden al aumento de dicha eficiencia, de igual manera la estandarización de procesos que no cuentan con registro alguno. El control de la planta no cuenta con un sistema de automatización sino manual por lo que los valores en los parámetros de proceso son imprecisos y el manejo del tiempo de producción un poco extenso por lo que se plantea diseñar una propuesta de control para incrementar la exactitud de los valores de los parámetros controlados y reducir el tiempo de operación.

Si estos acontecimientos persisten, se verá afectado significativamente la calidad del producto reduciendo así sus características y además dejándolos sin ninguna posibilidad de competir en el mercado y muchos menos alcanzar el posicionamiento deseado para llegar a hacer productores potenciales de emulsiones asfálticas de la región, siendo esta una de las metas a lograr por la organización.

Por dichos factores mencionados se incursionará en la búsqueda de tácticas para analizar y mejorar los procesos que presenten incidencias en el producto y además que presenten mayores tiempos muertos o de ocio. El control de calidad del producto final y de la producción serán fundamentales debido que serán unos de los factores que ayuden al incremento de eficiencia para así alcanzar las metas impuestas.

3.1. Formulación del Problema

- ¿Cómo proponer la estandarización de los procesos productivos de la empresa Multiservicios JRA S.A.S mediante la metodología PHVA?

3.2. Sistematización del Problema

- ¿Cuál es el estado actual de los procesos productivos de la empresa?
- ¿Cómo medir el rendimiento de la propuesta a la estandarización?
- ¿Cómo saber que tan rentable podrá ser la propuesta?

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	9 de 70

4. JUSTIFICACION

La estandarización nos facilita en la identificación de las fallas en los diferentes procesos y así poder combatir oportunamente dichas fallas, para ellos se deberán utilizar herramientas de mejora continua como el diagrama de Ishikawa, estudio de métodos entre otros que ayudarán al diseño de las técnicas para el mejoramiento de los procesos y poder alcanzar mayor eficiencia en los parámetros de calidad del producto para llegar a obtener unos resultados idóneos del producto terminado.

Después de encontrar las técnicas adecuadas y poder llegar a la evaluación de este, se buscará que la organización y sus miembros, ya sean directivos o empleados, creen un pensamiento de mejorar constantemente a medida que los métodos presente pequeñas deficiencias y se encuentren en la capacidad de proponer soluciones a cada problema que vaya surgiendo.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	10 de 70

5. ANTECEDENTES

En el trabajo de Angulo J y Marini F; desarrollaron un diseño de mejora continua por la necesidad de mejorar la productividad en la compañía EMULSIONES Y ASFALTOS SAC; utilizaron la metodología PHVA, la cual es la que mejor se adecúa a la empresa para aumentar la productividad, se identificaron los indicadores actuales junto a los principales problemas de la empresa gracias a herramientas como AMFE, diagrama de Ishikawa, matrices de QFD y que gracias a estos podremos profundizar más en estos problemas. ^[1]

El biodiesel es un fuerte candidato para reemplazar el diésel y tiene su origen en recursos renovables. La garantía de la calidad del biodiesel es una cuestión de suma importancia para tomar su lugar en la matriz energética global. Uno de los parámetros que se destacan en el monitoreo de su calidad es el número de ácido. Elizabeth Da Silva et al. Propusieron un método estandarizado para el control de calidad del biodiesel. El trabajo informa una comparación de los métodos convencionales y del método estandarizado considerando las condiciones de análisis, repetibilidad, límites de detección y cuantificación, recuperación, selectividad, reproducibilidad y determinación de la acidez en diversas muestras de biodiesel. ^[2]

El estudio de Noa Nissinboim tiene como objetivo avanzar en la comprensión de las condiciones bajo las cuales la estandarización se asocia con la reducción de errores. Los resultados muestran que la elección juega un papel importante en la determinación de la relación entre la estandarización y la reducción de errores. El nivel más alto de reducción de errores se encuentra en circunstancias en las que a los empleados se les otorga un alto grado de discreción, la rigidez de la estandarización es intermedia y, como resultado, la adhesión a la estandarización es alta. Las situaciones de altos niveles de rigidez de estandarización no están asociadas a la reducción de errores. ^[3]

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	11 de 70

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Marco teórico

6.1.1. PHVA

La utilización continua del PHVA nos brinda una solución que realmente nos permite mantener la competitividad de nuestros productos y servicios, mejorar la calidad, reduce los costos, mejora la productividad, reduce los precios, aumenta la participación de mercado, supervivencia de la empresa, provee nuevos puestos de trabajo, aumenta la rentabilidad de la empresa.

Los términos usados en el ciclo PHVA, tienen el siguiente significado:

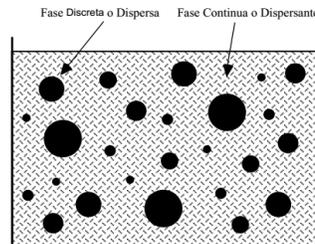
- Planear (P): Consiste en: Establecer metas para los indicadores de resultado y establecer la manera (el camino, el método) para alcanzar las metas propuestas.
- Hacer (H): Ejecución de las tareas exactamente de la forma prevista en el plan y en la recolección de datos para la verificación del proceso. En esta etapa es esencial el entrenamiento en el trabajo resultante de la fase de planeamiento.
- Verificar (V): Tomando como base los datos recolectados durante la ejecución, se compara el resultado obtenido con la meta planificada.
- Actuar (A): Esta es la etapa en la cual el usuario detectó desvíos y actuará de modo que el problema no se repita nunca más. ^[4]

6.1.2. Emulsión asfáltica

Las emulsiones de asfalto generalmente están compuestas por gotas de asfalto dispersas de 5-55 μm en agua. Dado que el agua constituye la fase continua de la emulsión, la viscosidad del sistema muestra una reducción significativa en comparación con la viscosidad original del asfalto. La coalescencia de las gotas se evita mediante la molécula anfífilas (surfactante), que está especialmente formulada para disminuir la tensión interfacial entre el asfalto y el agua con el fin de estabilizar el sistema contra la coalescencia y permitir la emulsificación. El contenido de asfalto puede variar según la aplicación. Sin embargo, para propósitos de fabricación, generalmente está comprendido entre 50% y 80% (porcentaje en peso). ^[5]

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	12 de 70

Ilustración 1. Diagrama esquemático de la emulsión asfáltica.



Fuente: Talavera, R. Emulsiones Asfálticas, Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Pag 15,21-25.

6.1.3. Asfalto

La obtención de este material termoplástico es con los residuos del procesamiento de refinación del petróleo crudo. Esto hace que llevar un control de calidad del asfalto sea pobre, además de que sea una mezcla muy compleja de estructuras químicas complicadas. A pesar de todo es un material de suma importancia en la construcción de las vías terrestres debido a sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad, durabilidad y sobre todo por su bajo costo.

Otra de sus características es apta para los trabajos donde estará expuesta a los cambios de temperatura, puede sufrir de envejecimiento por los largos tiempos de exposición por causa del intemperismo. ^[6]

6.1.4. Agente emulsificantes

La segunda etapa consta de la mezcla del agente emulsificante con la solución acuosa y por ultimo con el asfalto para lograr la emulsión asfáltica; las propiedades de las emulsiones asfálticas dependen en gran medida de los agentes químicos utilizados como emulsivos. El agente emulsivo mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura. Es también el factor determinante en la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no-iónicas.

El agente emulsivo es de los componentes individuales de la emulsión asfáltica, el más importante. Para ser un agente emulsivo eficaz, el surfactante debe ser soluble en agua y poseer un adecuado equilibrio entre las propiedades hidrofílicas y lipofílicas. ^[7]

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	13 de 70

6.1.5. Manejo y almacenamiento

Este aspecto exige mayores precauciones que para otros tipos de materiales asfálticos; un manejo o almacenamiento inapropiado (o ambos) puede producir su rotura prematura y producir pérdidas. Por tanto, se debe seguir ciertas reglas:

- Se deben utilizar tanques de almacenamiento verticales (para almacenar emulsiones por largos períodos de tiempo) porque es mucho menor el área de emulsión expuesta al aire que en tanques horizontales, disminuyendo la posibilidad de formación de natas.
- La salida de la emulsión debe ser por el fondo del tanque, para minimizar la contaminación por nata que se haya formado.
- La temperatura de almacenamiento debe estar comprendida entre 10 y 85 °C; las emulsiones de rotura rápida y alta viscosidad deben almacenarse a temperaturas entre 50 y 85 °C. No se debe calentar la emulsión almacenada a temperaturas superiores a 85 °C. Las temperaturas elevadas evaporan el agua, lo cual trae como consecuencia, un aumento en la viscosidad y formación excesiva de nata que inutilizan la emulsión y hace difícil la desocupación del tanque.
- Temperaturas inferiores a 10 °C producen el rompimiento de la emulsión, separando el asfalto del agua, con lo cual igualmente se inutiliza la emulsión y hace difícil la limpieza. ^[8]

6.2. Marco conceptual

- **Estandarización:** Es una actividad que inicia con la investigación y observación de un proceso con el fin de establecer unas reglas o estándares específicos para llegar a una óptima ejecución de las tareas y llevar un registro de todo lo que se realiza.
- **Proceso:** Secuencia de pasos que llevan una lógica que tiene como finalidad lograr un resultado.
- **Indicador de seguimiento:** Instrumentos de medición del cumplimiento de los objetivos ya sean cualitativos o cuantitativos, y que tengan como fin llegar a alcanzar un objetivo específico establecido.
- **Estudio de métodos:** Herramienta fundamental de la ingeniería industrial debido a que es el estudio del trabajo que tiene como finalidad el registro, evaluación y sistematización de todos los métodos utilizados para llevar a cabo unas actividades en un proceso específico.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	14 de 70

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General

Proponer la estandarización de los procesos productivos de la empresa Multiservicios JRA S.A.S mediante la metodología PHVA.

7.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual y proponer estandarización en los procesos productivos de la empresa.
- Establecer los indicadores de seguimiento del método planteado.
- Realizar un estudio económico de la propuesta.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	15 de 70

8. METODOLOGÍA

Para llegar al cumplimiento de los objetivos implantados del anteproyecto se desarrolló una investigación descriptiva debido a que permitió la recolección de información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que refieren. De igual manera, la investigación es aplicada, ya que está enfocada a la generación de nuevos conocimientos y tiene como finalidad la solución de problemas prácticos.

Se desarrolló por medio de la observación directa, la recolección de datos y un análisis detallado de los diferentes procesos de la organización. Utilizando unas herramientas de mejora continua para determinar los errores presentes en los procesos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	16 de 70

9. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES

- Dar un diagnóstico acertado lo más acertado posible del estado actual de la empresa en cuanto a sus procesos productivos para así dar soluciones a los problemas identificados y poder llegar a su estandarización.
- Definir indicadores de seguimiento que ayuden en la evaluación al momento de implementar la propuesta e identificar el alcanza de dicha propuesta.
- Conocer que tanta viabilidad económica contara la propuesta en su etapa de implementación.

El proceso será analizado y estandarizado, en todos los procesos que influyan potencialmente con la calidad del producto terminado, para así ser beneficiada en cuanto al aumento de la eficiencia de la organización y poder al fin alcanzar un posicionamiento en el mercado productor de emulsiones asfálticas y pavimentos asfálticos de la región.

Como futuro ingeniero industrial desarrollaron aptitudes frente a temas relacionados con la estandarización dentro de un ambiente industrial, la constitución de un pensamiento en la mejora continúa utilizando como base el ciclo Deming (PHVA) en la organización.



10. DESARROLLO DEL PROYECTO

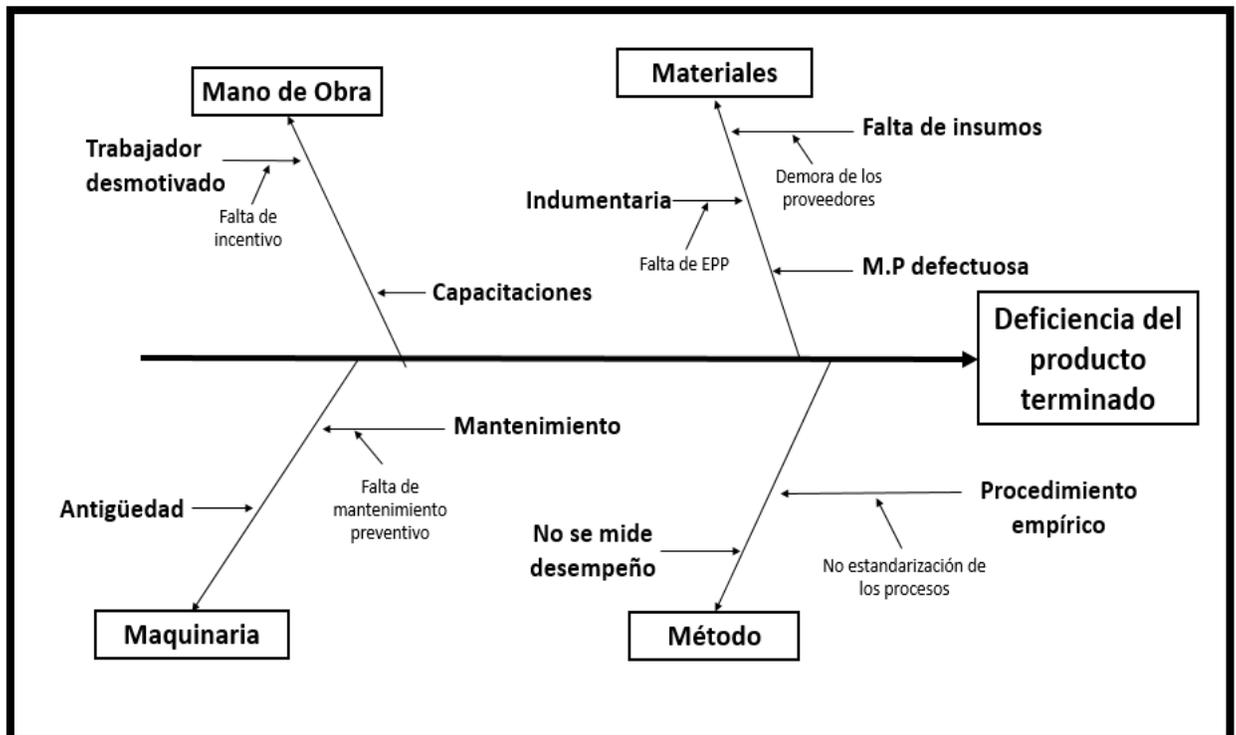
10.1. Diagnostico actual y propuesta de estandarización.

10.1.1. Recolección de información

Para conocer el estado actual de la empresa se realizará una sesión de grupo ([ver anexo 1](#)) con todos los empleados que tengan contacto directo e indirecto con el producto que se ofrece; para así obtener información sobre todos los procesos que realizan e identificar fallas, y de igual forma saber que observaciones y/o recomendaciones tienen para el mejoramiento de dichos procesos.

La información recolectada fue representada en un diagrama de Ishikawa (espina de pescado) donde se analizó las diferentes causas y efectos que influyen en la producción del producto terminado (emulsión asfáltica) siendo este el problema primordial que se ha venido presentando en los últimos meses en la empresa.

Ilustración 2. Diagrama de Ishikawa (Recolección de información)



FUENTE: Elaboración propia



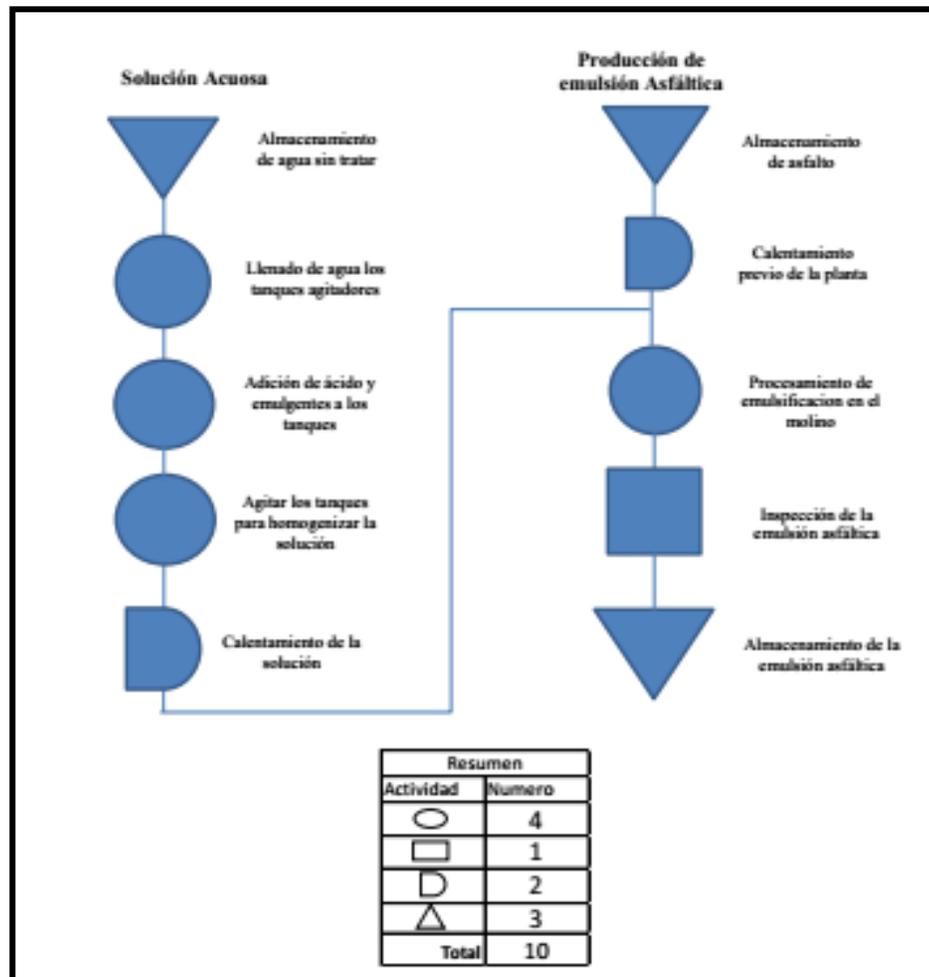
10.1.2. Estudio de métodos y tiempo

Para la realización del estudio de métodos y tiempos se escogió como área de estudio toda la zona de producción debido a que es el sector donde se evidenció en la recolección de información deficiencias e inconformidades por parte de los trabajadores involucrados en este proceso, además que la empresa no cuenta actualmente con diagramas que representen el ciclo de la producción y sus tiempos en cada etapa.

Se iniciará con la elaboración de los diferentes diagramas que representan el proceso:

DIAGRAMA DE OPERACIONES

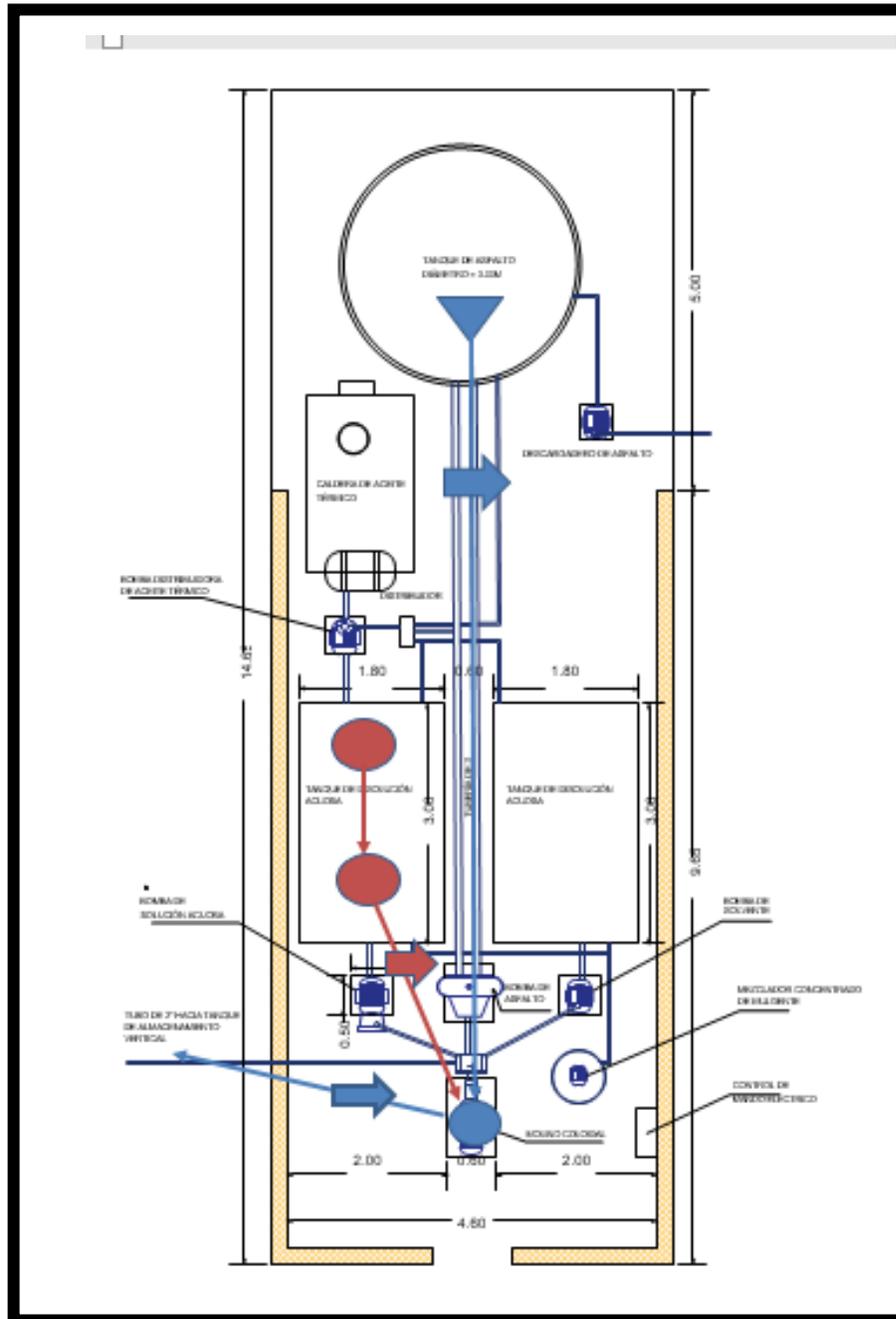
Ilustración 3 Diagrama de operaciones de la producción de emulsión asfáltica



Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE RECORRIDO

Ilustración 4. Diagrama de recorrido de la producción de emulsión asfáltica





Fuente: Elaboración propia

CURSOGRAMA

Ilustración 5. Cursograma de la producción de emulsión asfáltica.

CURSOGRAMA ANALITICO DEL PROCESO			ACTIVIDAD					ACTUAL
DIAGRAMA N° 1			OPERACIÓN					4
PROCESO: PRODUCCION DE EMULSION ASFALTICA			TRANSPORTE					3
ACTIVIDAD:FABRICAR EL PRODUCTO FINAL (EMULSION ASFALTICA) HACIA EL TANQUE N°1			DEMORA					2
METODO: ACTUAL			INSPECCION					1
LUGAR: MULTISERVICIOS J.R.A S.A.S			ALMACENAMIENTO					3
ELABORADO POR: ROBINSON GALVAN								
Emulsión Asfáltica			O	T	I	D	A	OBSERVACIONES
#PROCESOS	T.P (MIN)	DP (MTS)	○	⇒	□	D	△	
1. Almacenamiento de asfalto.	0	0						
2. Calentamiento previo de la plata de producción.	60							El tiempo puede variar dependiendo a la temperatura del asfalto.
3. Transporte del asfalto al molino coloidal.		11,3						
4. Almacenamiento de agua sin tratamiento.	0	0						
5. Transporte del agua al tanque agitador.		24,94						
6. Llenado de los tanques agitadores de agua	5							Estas operaciones se realiza a la par con el de la emulsificacion en el molino coloidal.
7. Adicionar el ácido nítrico y el agente emulsificante.	3							
8. Agitar los tanques para homogeneizar la solución acuosa.	2							
9. Calentamiento de la solución acuosa	15							
7. Transporte de la solución acuosa al molino coloidal.		4,24						
8. Emulsificación de la solución acuosa con el asfalto en el molino coloidal.	180							Esta operación se realiza a la par con la preparación de la solución acuosa
9. Inspección de la emulsión asfáltica producida.	20							
10. Almacenamiento de la emulsión final en los tanques.		15,51						
TOTAL	240	60,99	4	3	1	2	3	

Fuente: Elaboración propia

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	21 de 70

HOJA DE ESTUDIO DE OBSERVACION DE TIEMPO

Ilustración 6. Hoja de estudio de observación de tiempo

HOJA DE ESTUDIO DE OBSERVACION DE TIEMPO																
Identificación de la operación: Adición de químicos																
Operadores: Cristian, Plinio, Nelson										Aprovador: Robinson Galvan			Observador: Robinson Galvan			
CICLOS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ t	CT	RF	Nt	
1	Adicionar acido nitrico a la solcion	t	0,54	0,59	1	0,52	0,55	0,57	0,54	0,5	0,56	1,12	6,49	0,649	0,1	0,649
	R		0,54	0,59	1	0,52	0,55	0,57	0,54	0,5	0,56	1,12				
2	Adicionar emulsificante a la solcion	t	1,1	0,59	1,15	1	0,57	1,2	1,12	0,59	1,05	1,1	9,47	0,947	0,1	0,947
	R		1,64	1,18	2,15	1,52	1,12	1,77	1,66	1,09	1,61	2,22				
3	Agitar la solcion	t	1,59	2	2,2	2,1	1,49	2,09	2,15	2,18	1,5	2,05	19,35	1,935	0,1	1,935
	R		3,23	3,18	4,35	3,62	2,61	3,86	3,81	3,27	3,11	4,27				
															3,531	
Nt=Tiempo estandar						St=Nt*Af										
Af= Factor de tolerancia						Af=1+0,10						St=3,531*1,10				
St=Tiempo estandar						Af=1,10						St= 3,884				

Fuente: Elaboración propia

10.1.3. Análisis y elaboración del diagnostico

- En el diagrama Ishikawa (**Ilustración 2**) fue organizada la información suministrada por todos los trabajadores de la empresa gracias a la realización de una sesión de grupo donde se expusieron los temas que presentaron deficiencias, siendo todos relacionados con la producción; y evidentemente se corroboró que presentan problemáticas significativas. Iniciando con los métodos que no presentan registro alguno debido a que todos sus procesos no se encuentran estandarizados ya que todas sus actividades son realizadas empíricamente. Otro factor que influye mucho en la disminución de la calidad del producto terminado, son los materiales utilizados al momento de la producción como lo es la materia prima (Asfalto), actualmente se ha venido presentando inconformidades respecto a las características indicadas para su procesamiento (la materia prima es suministrada con cualidades que no son idóneas desde los proveedores), como la penetración y punto de ablandamiento, siendo estas sus características esenciales para lograr

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	22 de 70

obtener un producto terminado óptimo; además se ha venido presentando recientemente demoras por parte de los proveedores que en circunstancias paralizan la producción por agotamiento en el inventario.

De igual manera, la maquinaria presenta deterioro por el pasar del tiempo y su constante uso, también ha afectado que no se cuenta con planes de mantenimiento preventivo, sino que solo se les ha aplicado mantenimiento correctivo y esto se ha repercutido a que baje un poco la calidad del producto y demoras en el proceso.

- El diagrama de operaciones (**Ilustración 3**), se expuso el proceso generalizado de la producción de emulsión asfáltica, donde se identificó que la producción se divide en dos procesos; el principal que es donde circula la materia prima principal que es el asfalto, y la segunda es el proceso donde se realiza la solución acuosa que es el complemento para poder lograr la emulsificación en el molino coloidal.
- En la elaboración del cursograma (**Ilustración 5**), se pudo analizar que, en el proceso, las distancias que recorren los materiales al interior de la planta de producción son un poco largos, esto es debido a su transporte que es realizado mediante tuberías e impulsadas por bombas y queda recalcar que esa tubería tiene un diámetro de dos pulgadas (2”). Otro factor evidente es la demora en el calentamiento previo de la planta para iniciar con la producción, este proceso lo realizan mediante una caldera con aceite térmico que es calentado por un mechón alimentado por A.C.P.M y este mismo sistema es el encargado de calentar los tanques utilizados para la elaboración de la solución acuosa siendo este uno de los problemas evidentes que afectan la calidad del producto terminado, dado que no es posible controlar la temperatura de dichos tanques y no llega en las óptimas condiciones para ser procesado y se debe buscar la manera de controlar esta variable.
- Se decidió aplicarle la hoja de estudio de observación de tiempo (**Ilustración 6**) solo a la operación de adición de los aditivos químicos a la solución acuosa, debido a que es la única operación realizada por trabajadores y no es ingresada al proceso por tubería como las demás, esta operación es realizada repetidas veces durante la producción.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	23 de 70

10.1.4. Propuesta de estandarización

Teniendo en cuenta las inconformidades y la falta de documentación en los procesos productivos actuales de la empresa, se ha llegado a la necesidad de la búsqueda de una propuesta de estandarización para mitigar las irregularidades en el producto terminado.

Se elaboraron manuales que describen detalladamente los procesos, formatos para llevar el control de entradas, salidas y producto en inventario; además formatos que ayuden a la supervisión en las pruebas realizadas al control de calidad de la materia prima y el producto terminado.

10.1.4.1. Formatos e instrumentos

10.1.4.1.1. Cuadros de % de asfalto de la salida del molino coloidal.

Para llegar a la utilización de este cuadro es necesario la remodelación de la planta, con la adecuación de otro tanque para la fabricación de la solución acuosa debido a que el sistema de calentamiento de la planta no logra alcanzar las temperaturas idóneas para la elaboración de la emulsión asfáltica, por tal la organización deberá realizar una inversión que será representada más adelante.

Estos cuadros fueron elaborados con ayuda de una planta piloto, con el sistema tanteo y error con la colaboración del operador de planta en donde se tomaron dos temperaturas constantes de la solución acuosa que fueron las de 40 °C y 38 °C. Los cuadros son los siguientes:



Ilustración 7. Cuadro porcentaje de asfalto Cte: 40 °C

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NIT. 900.520.766-9
M-JRA

% de asfalto

TB (°C)	60	61	62	63	64	65
130	78,5					
130,5		79,5	80,5	81,5	82,5	83,5
131	79					
131,5		80	81	82	83	84
132	79,5					
132,5		80,5	81,5	82,5	83,5	84,5
133	80					
133,5		81	82	83	84	85
134	80,5					
134,5		81,5	82,5	83,5	84,5	85,5
135	81					
135,5		82	83	84	85	86
136	81,5					
136,5		82,5	83,5	84,5	85,5	86,5
137	82					
137,5		83	84	85	86	87
138	82,5					
138,5		83,5	84,5	85,5	86,5	87,5
139	83					
139,5		84	85	86	87	88
140	83,5					
140,5		84,5	85,5	86,5	87,5	
141	84					
141,5		85	86	87	88	
142	84,5					
142,5		85,5	86,5	87,5	88	
143	85					
143,5		86	87	88		
144	85,5					
144,5		86,5	87,5	88		
145	86					

TB= Temperatura del Asfalto
 Tw= Temperatura solución acuosa
 TE=Temperatura a la salida de la molina coloidal

TW= 40°C

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 8. Cuadro porcentaje de asfalto Cte: 40 °C

MULTISERVICIOS JRA S.A.S. Emulsiones Asfálticas NIT. 900.320.746-9		M-JRA				
% de asfalto						
Tb (°C)	60	61	62	63	64	65
130						
130,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5
131						
131,5	78	79	80	81	82	83
132						
132,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,5
133						
133,5	79	80	81	82	83	84
134						
134,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,5	84,5
135						
135,5						
136	80	81	82	83	84	85
136,5						
137				83,5	84,5	85,5
137,5	80,5	81,5	82,5		85	86
138						
138,5	81	82	83	84	85,5	86,5
139						
139,5	81,5	82,5	83,5	84,5		
140					86	87
140,5		83	84	85		
141	82					87,5
141,5			84,5	85,5	86,5	
142	82,5	83,5				88
142,5				86	87	
143	83	84	85			
143,5				86,5	87,5	
144		84,5	85,5			
144,5	83,5				88	
145	84	85	86	87		

TB= Temperatura del Asfalto
 Tw= Temperatura solución acuosa
 TE=Temperatura a la salida de la molina coloidal

TW= 38°C

Fuente: Elaboración propia

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	27 de 70

10.1.4.1.3. Manual de procedimiento de la producción de emulsión asfáltica de la organización.

10.1.4.1.4 Producción y manejo de inventario

En esta área al igual que las demás, tampoco se encontró con registro alguno por tanto fueron elaborados dos formatos, uno para llevar un control de cada una de las jornadas de producción para lograr un seguimiento en cada lote de producción y poder identificar las posibles fallas que se presenten en el producto terminado. De igual manera para el inventario que no se lleva un registro, en ocasiones se ha presentado la detención de la producción por falta de un insumo ocasionando pérdidas y demoras en las entregas de los pedidos. Los formatos son los siguientes:



Ilustración 10. Formato para el control de la producción.

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NIT. 900.520.746-9

M-JRA

Control de producción N°Ref

Proveedor Asfalto: _____ Supervisor: _____

Fecha: _____

VARIABLES		
ASFALTO	TEMPERATURA (°C)	
	PENETRACION	
	PUNTO DE ABLANDECIMIENTO	
SOLUCION ACUOSA	PH	
	TEMPERATURA (°C)	
	FORMULA	
EMULSION ASFALTICA	CONTENIDO ASFALTO	
	TAMIZADO	

Firma del supervisor

Firma del gerente

OBSERVACIONES: _____

Fuente: Elaboracion propia



A este formato van anexo los formatos con los resultados de cada una de los ensayos de control de calidad que se le realizan a la materia prima, insumos y producto terminado.

Ilustración 11. Formato de manejo de inventario de producto terminado y materia prima

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NIT: 900.320.746-9

M-JRA

Fecha: _____ N°Ref

Supervisor: _____

ALMACENAMIENTO			
TANQUE	MEDIDA (Cm)	CANTIDAD (Kg)	%
TANQUE N°1			
TANQUE N°2			
TANQUE N°3			
ASFALTO			

MATERIA PRIMA		
ARTICULOS	UNIDADES	CANTIDAD (Kg)
Polimero		
Asfier Ref 211		
Asfier Ref 480		
Asfier Ref 100		
Asfier Ref 400		
Acido HNO4		
A.C.P.M		
Canecas Vacias		

Fuente: Elaboración propia

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	30 de 70

10.1.4.1.5. Manuales de ensayos para la inspección de materia prima e insumos.

Estos manuales fueron elaborados debido a que la compañía no cuenta con dichos manuales actualmente con los cuales realizan las pruebas de control de calidad tanto en la materia prima como en el producto terminado y así evitar deficiencias en los resultados, y que puedan repercutir en la calidad del producto terminado Teniendo en cuenta las normas expuestas por INVIAS .Estos son los manuales elaborados:

10.1.4.1.5.1 Manual de ensayo de % de asfalto en emulsiones asfálticas.

OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación del residuo por evaporación a 163° C (325° F), de las emulsiones asfálticas.

1.2 Mediante este ensayo se determina el porcentaje de asfalto que contiene una emulsión, evaporando el agua y pesando el residuo.

1.3 Se describen dos procedimientos según sea o no necesario realizar ensayos sobre dicho residuo.

1.4 No involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

USO Y SIGNIFICADO

Esta práctica se usa como parámetro indicador de la composición característica de una emulsión asfáltica. El residuo por evaporación obtenido se utiliza para establecer otras propiedades a través de ensayos de caracterización, sin embargo las propiedades del residuo difieren, dependiendo del método empleado para su obtención (por evaporación o por destilación).

El manual completo se encuentra ([Ver Anexo 2](#))

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	31 de 70

10.1.4.1.5.2 Manual de ensayo de tamizado en emulsiones asfálticas.

OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para la realización del ensayo de tamizado de las emulsiones asfálticas.

1.2 Mediante este ensayo se determina la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que hay en la emulsión. Los grumos, así como la película que se forman en la parte superior, pueden ser debidos a la rotura de la emulsión, contaminaciones, mala fabricación, periodos prolongados de almacenamiento, la temperatura, el sistema de aplicación y de transporte, entre otros.

1.3 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

USO Y SIGNIFICADO

La retención de una excesiva cantidad de partículas de emulsión en el tamiz de ensayo, indica que se pueden presentar problemas para el manejo de la emulsión y durante aplicación de la misma.

El manual completo se encuentra ([Ver anexo 3](#)).

10.1.4.1.5.3 Manual de ensayo de penetración en asfaltos.

OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto.

1.2 Involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física,

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	32 de 70

que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

USO Y SIGNIFICADO

El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia. Altos valores de penetración indican consistencias más blandas.

El manual completo se encuentra ([ver anexo 4](#)).

10.1.4.1.5.4 Manual de ensayo de punto de ablandamiento en asfaltos.

OBJETO

1.1 Este método cubre la determinación del punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30° a 157° C (86° a 315° F), utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada (30° a 80° C), glicerina USP (encima de 80° a 157° C), o glicol etileno (30° a 110° C).

1.2 Los valores dados en unidades SI, deben ser tomados como norma. Los valores en paréntesis son de información solamente.

1.3 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

USO Y SIGNIFICADO

3.1 Los productos bituminosos son materiales viscoelásticos y no cambian del estado sólido al estado líquido a una temperatura definida, sino que gradualmente se tornan más blandos y menos viscosos cuando la temperatura se eleva. Por esta razón, el punto de ablandamiento se debe determinar por medio de un método arbitrario fijo, pero definido que produzca resultados reproducibles y comparables.

3.2 El punto de ablandamiento es útil para clasificar productos bituminosos y es un valor índice de la tendencia del material a fluir cuando está sometido a temperaturas elevadas, durante su vida de servicio. También, puede servir para establecer la uniformidad de los embarques o fuentes de abastecimiento.

El manual completo se encuentra ([ver anexo 5](#)).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	33 de 70

10.1.4.1.6. Formatos de los ensayos de inspección de materia prima e insumos.

Debido a que la empresa no contará con ningún registro alguno del control de calidad de la materia prima recibida, al igual que del producto terminado despachado a los clientes se decidió crear los siguientes formatos de cada una de las pruebas realizadas en la empresa:

11.1.4.1.6.1. Formatos de los ensayos de inspección % de asfalto en emulsiones asfálticas

Ilustración 12. Formato de ensayo de % de asfalto en emulsiones asfálticas

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NIT. 910.520.766-9

M-JRA

Fecha:
Nº Ref.

Proveedor:

Prueba de % de asfalto

Peso tara:

Peso tara + producto:

Peso neto:

Calculo:

-

 *100=

>57	No aceptable	
≤ 57 y ≥ 60	Aceptable	
<60	Perdidas	

Firma Laboratorista

Carreza 18 Bis No. 60 G.-79 Sur - Barrio Melissa - Teléfono 792 0355 - Bogotá D.C.
Planta B/bermeja - Kilómetro 9 Vía B/manga, Vereda El Zarzal - Calaber. 315 - 740 6432

FUENTE: Elaboración propia



10.1.4.1.6.2. Formatos de los ensayos de inspección de penetración en asfaltos.

Ilustración 13. Formato de ensayo de penetración en asfaltos

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NTT. 908.528.766-9

M-JRA

Fecha: _____ N°Ref

Proveedor: _____

Prueba de penetración en asfalto

Ensayo 1	
Ensayo 2	
Ensayo 3	
Ensayo 4	

Calculo:

$$\frac{\square + \square + \square + \square}{4} = \square$$

>60	No aceptable	
<=60 y >=70	Aceptable	
<70	Noaceptable	

Firma Laboratorista

Carretera 18 Bis No. 60 G-79 Sur - Barrio ~~Majesta~~ - Teléfono 792 0355 - Bogotá D.C.
Planta B/bermeja - Kilómetro 9 Vía Bimanga, Vereda El Zarzal - ~~Cabitar~~ - 315 - 740 6432

FUENTE: Elaboración propia



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Código 00

Página 35 de 70

10.1.4.1.6.3. Formatos de los ensayos de inspección de punto de ablandamiento en asfaltos.

Ilustración 14. Formato de ensayo de punto de ablandamiento es asfaltos

MULTISERVICIOS JRA S.A.S.
Emulsiones Asfálticas
NIT. 908.520.766-9

M-JRA

Fecha: _____

N°Ref

Proveedor: _____

Prueba de punto de ablandamiento

Temperatura Bola 1	
Temperatura Bola 2	

Calculo:

$$\frac{\boxed{} + \boxed{}}{2} = \boxed{}$$

>°45	No aceptable, muy blando	
≤°45 y >°55	Aceptable	
<°55	No aceptable, muy duro	

Firma Laboratorista

Carrera 18 Bis No. 60 G-79 Sur – Barrio ~~Mojuna~~ – Teléfono 792 0355 - Bogotá D.C.
Planta B/beneja – Kilómetro 9 Vía B/manga, Vereda El Zarzal - ~~Cedibor 333~~ - 740 6432

FUENTE: Elaboración propia

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	36 de 70

10.2. Indicadores de seguimiento

Gracias al desarrollo de la propuesta de estandarización y de los análisis correspondientes, se diseña el plan de acción de mejora para la empresa Multiservicios JRA S.A.S. Teniendo como prioridad las acciones de mejoras, las tareas para cada acción de mejora, el responsable de las tareas, los recursos necesarios y su financiamiento, el diseño de sus respectivos indicadores de seguimiento y el responsable del mismo; con el objetivo de llevar un control minucioso que indique el avance respecto a las mejoras en los procesos productivos.

Tabla 1 Indicadores de seguimiento de la propuesta de estandarización

Propuesta de estandarización en los procesos productivos en la empresa Multiservicios JRA S.A.S.					
Acciones a mejorar	Tareas	Responsable de la tarea	Recursos necesario	Indicador de seguimiento	Responsable del seguimiento
Control de entradas y salidas	-Controlar todo producto o materia prima que ingrese a la empresa. - Controlar el despacho del producto terminado de la empresa.	Jefe de ventas y despacho	\$ 0	- Número de compras y ventas cumplidas / Número de compras y ventas a cumplir -Se debe cumplir el 100% de las compras y ventas como mínimo	Gerente
Control de inventario (Insumos y producto terminado)	-Controlar y verificar los insumos y materia prima existentes en la empresa.	Jefe de producción	\$0	-Número de insumos y materias primas verificadas / Número de insumos y materias	Gerente



				primas a verificar - 100% de los insumos y materias primas deben verificarse	
Producción	-Control de todas las variables que influyen en el deterioro del producto terminado	Jefe de producción	\$274.000.000	-Número de variables revisadas / Número de variables a revisar - 100% de las variables que influyen en el deterioro del producto deben revisarse	Gerente
Calidad	-Adecuada elaboración de prueba de % de asfalto. - Adecuada elaboración de prueba de penetración en asfaltos. - Adecuada elaboración de prueba de punto de ablandamiento en asfaltos. - Adecuada elaboración de prueba de tamizado en emulsiones.	Jefe de producción	\$0	-porcentaje de calidad alcanzado del producto terminado / porcentaje de calidad requerido del producto terminado -El 100% de los productos terminados deben tener el porcentaje de calidad requerida	Gerente



Procedimiento	- Estandarización de todos los procesos involucrados en la producción de emulsión asfáltica.	Jefe de producción	\$ 0	-Número de procesos de producción estandarizados / Número de procesos de producción a estandarizar - El 100% de los procesos de producción de emulsión asfáltica deben ser estandarizados.	Gerente

FUENTE: Elaboración propia

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	39 de 70

10.3. Estudio económico de la propuesta

10.3.1. Inversión inicial

Para la inversión inicial de la propuesta para poder llevar a cabo la estandarización son necesarios los siguientes implementos:

Tabla 2 Inversión de la propuesta
Gastos de la propuesta

Concepto	Costo
Tanque en acero inoxidable	130.000.000
Motor con eje y aspas	50.500.000
Tubería en acero inoxidable	35.000.000
Otros materiales	15.000.000
Mano de obra	25.000.000
Equipo de computo	3.500.000
Automatización	15.000.000
TOTAL	274.000.000

Fuente: Elaboración propia

10.3.2. Egresos

Tabla 3 Egresos anuales de la organización

Egresos anuales de operación	
Concepto	Costos
Materia prima	1.450.000.000
Insumos	90.000.000
Energía Eléctrica	10.800.000
Mano de obra	81.488.000
Otros materiales	34.000.000
TOTAL	1.666.288.000

Fuente: Elaboración propia



10.3.3. Ingresos

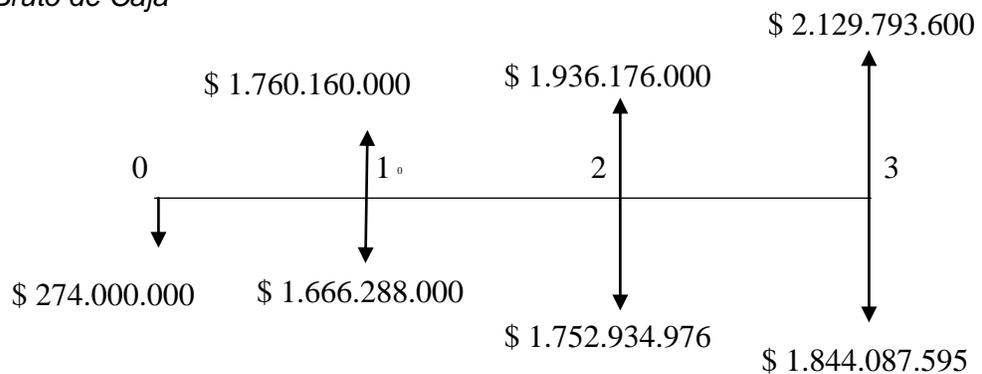
Tabla 4 Ingresos anuales de la organización

Ingresos anuales de la organización	
Concepto	Costos
Ingreso por ventas	1.736.160.000
Fletes de tracto mula	24.000.000
TOTAL	1.760.160.000

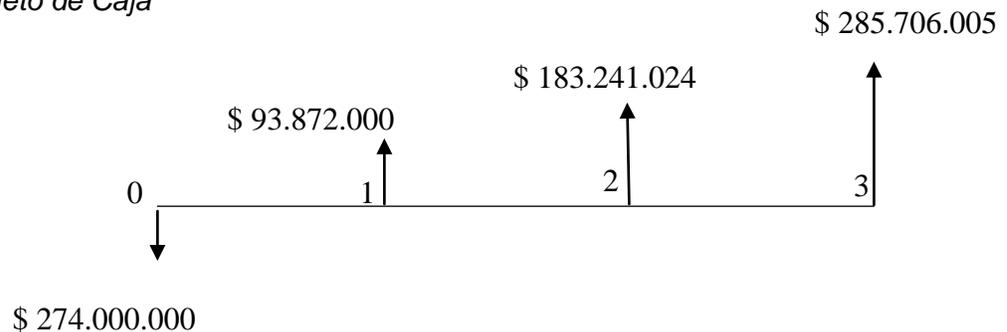
Fuente: Elaboración propia

10.3.4. Evaluación Económica

Flujo Bruto de Caja



Flujo Neto de Caja



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	41 de 70

10.3.4.1. Valor presente neto

Para determinar el valor presente neto se usó un porcentaje de interés de captación del 5.2% anual que es la Tasa de Oportunidad en el Mercado en Colombia

$$VPN (5.2\%) = \frac{Vf}{(1+i)^n}$$

$$VPN (5.2\%) = \frac{285.706.005}{(1+0.052)^3} + \frac{183.241.024}{(1+0.052)^2} + \frac{93.872.000}{(1+0.052)^1} - 274.000.000$$

$$VPN (5.2\%) = \$ 226.208.230,7$$

10.3.4.2. Tasa interna de retorno

La TIR es aquella tasa en la cual la sumatoria de ingresos – sumatoria de egresos es llevado a un valor presente, su valor tiende a cero.

La TIR financieramente y estadísticamente se captura bajo la siguiente forma:

$$TIR = I_{inf} + (I_{sup} - I_{inf}) \frac{VPN_{tasa inferior}}{N^o Absoluta VPN de las 2 tasas}$$

$$TIR = 0.37 + (0.38 - 0.37) \frac{3.260.479,09}{4.304.313,92}$$

$$TIR = 0.3775$$

$$TIR = 37.75\%$$

Valor TIR en Excel

Tabla 5 TIR

INVERSIÓN	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO
- \$ 274.000.000	\$ 93.872.780	\$ 183.241.024	\$ 285.706.005
TIR			37,755%

Para que la TIR nos arroje un guarismo o valor exactamente igual al del cálculo en Excel o la calculadora financiera se deben cumplir dos condiciones.

1. que la tasa aplicada en las fórmulas sea consecutiva.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	42 de 70

2. que el guarismo o valor que nos arroje la tasa inferior con respecto al valor presente neto sea positivo, y el valor que nos arroje la tasa superior en cuanto al valor presente neto sea negativo.

10.3.4.3. Tasa de recuperación contable

De acuerdo a la Tasa Interna de Retorno se halla la tasa de recuperación Contable

$$TRC = \frac{TIR}{1 - \left(\frac{1}{1 + TIR}\right)^n}$$

$$TRC = \frac{0.3775}{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.3775}\right)^3}$$

$$TRC = 0.6114$$

$$TRC = 61.14\%$$

10.3.4.4. Periodo de recuperación

$$P.R.I = \frac{1}{TRC}$$

$$P.R.I = \frac{1}{0.6114}$$

$$P.R.I = 1.6355$$

$$P.R.I = 1 \text{ año, } 7 \text{ meses, } 19 \text{ días}$$

10.3.4.5. Relación Beneficio-costo

La relación Beneficio/ costos compara directamente los beneficios y los costos asociados a un proyecto de inversión con el fin de definir su viabilidad. (Conexión esan, 2017)

Para saber si un proyecto es viable, se debe considerar lo siguiente:

Si $B/C > 1$, indica que los beneficios son mayores a los costos y el proyecto debe ser considerado.

Si $B/C = 1$, significa que los beneficios igualan a los costos. No hay ganancias, el proyecto es indiferente.

Si $B/C < 1$, muestra que los costos superan a los beneficios. El proyecto no debe ser considerado.



Propuesta trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniero Industrial

Código 00

Página 43 de 70

$$R \left(\frac{B}{C} \right) = \frac{\sum \text{INGRESOS}}{\sum \text{EGRESOS}}$$

$$R \left(\frac{B}{C} \right) = \frac{500.204.230,71}{274.000.000}$$

$$R \left(\frac{B}{C} \right) = 1.8255$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	44 de 70

11. CONCLUSIONES

En la empresa se realizó una evolución detallada donde se percibió diversos problemas que han generado deficiencias en el producto que ellos comercializan, los estudios realizados fueron utilizados diversos instrumentos y métodos como lo fue la entrevista, estudio de métodos y diversos diagramas. Conforme a toda la información recolectada y analizada, se dio un diagnóstico de las principales problemáticas que afronta la organización.

En conclusión, en la empresa Multiservicios JRA S.A.S. mediante el diagnóstico realizado, se identificó que no contaban con registro alguno de las producciones realizadas diariamente, ni los métodos de inspección de materia e insumos; por este motivo, en la propuesta de estandarización se propuso diversos formatos de control y manuales para la ejecución de las pruebas de control de calidad ya que este ha sido el mayor inconveniente por recibir materia prima deficiente, por ende afectando el producto terminado, con esto se podrá mitigar este problema.

Posteriormente, se propuso una modificación en la estructura física de la planta de producción con la adecuación de un nuevo tanque agitador donde se elabora la solución acuosa para así poder controlar una de las variables que es la temperatura de dicha solución acuosa, para así poder hacer uso del formato de control de calidad del producto que fue realizada con la ayuda del operador de planta de la empresa, este formato se realizó en el laboratorio con el método tanteo hasta lograr estandarizar dicho formato.
(Ver ilustración)

Se concluye que en el objetivo beneficio – costo, la organización puede desarrollar la propuesta para sí lograr obtener un producto en óptimas condiciones y lograr la estandarización en el área de producción.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	45 de 70

12. RECOMENDACIONES

- Ejecutar la propuesta de estandarización de procesos diseñadas para la organización.
- Efectuar la modificación de la estructura física para lograr controlar la temperatura de la solución acuosa.
- Realizar un estudio de tiempos más detallado y profundo en los procesos de despacho y recepción de materia prima.
- Buscar la implementación de la ISO 9001 para aumentar la eficiencia en los procesos.
- Ejecutar un proyecto sobre los riesgos laborales evidenciados en la empresa.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	46 de 70

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Angulo, J., Marini, F. (2014). Diseño de plan de mejora continua aplicando la metodología PHVA en la empresa de Emulsiones & Asfaltos SAC (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres. Perú.
- [2] Da Silva, E., Castro, E., D'Elia, E. (2015). Comparing a novel voltammetric method with a standardized method for quality control of biodiesel. *Journal of industrial and Engineering Chemistry*. 23, 353-361.
- [3] Nissinboim, N., Naveh, E. (2018). Process standardization and error reduction: A revisit from a choice approach. *Safety Science*. 103, 43-50.
- [4] Gonzales, A., (2006). Métodos de compensación basados en competencias, Barranquilla, Colombia. Ediciones Uninorte.
- [5] M. Ronald, F. Luis "Asphalt emulsions formulation: State-of-the-art and dependency of formulation on emulsions properties", construction and building materials Vol 123, pag 162-173.
- [6] Talavera, R. Emulsiones Asfálticas, Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Pag 15,21-25.
- [7] Asphalt Institute, "Emulsiones Asfálticas", Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Series No. 9, Pág 1-13
- [8] Ontiveros, L. (2013). Evaluación de la adherencia entre capas de pavimento empleando diferentes emulsiones asfálticas (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	47 de 70

14. ANEXOS

Anexo 1: Sesión de grupo aplicada a los trabajadores involucrados en la producción de emulsión asfáltica para la recolección de información del estado actual de la empresa.

Sesión de grupo

Objetivo: Recolectar información sobre el estado actual de la empresa.

Público objetivo: Trabajadores involucrados en la producción de emulsión asfáltica en la empresa.

1. ¿Cuál es el problema que más se evidencia en la empresa?
2. ¿Por qué creen que se repite ese problema constantemente?
3. ¿Tienen algún control con el ingreso de la materia prima y sus insumos?
4. ¿En cuestión de la maquinaria, en qué estado se encuentran y reciben mantenimiento periódicamente?
5. ¿El ambiente laboral es agradable, sienten presión laboral?
6. ¿Cada cuánto reciben capacitaciones?

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Manual de ensayo de % de asfalto en emulsiones asfálticas.

1. OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación del residuo por evaporación a 163° C (325° F), de las emulsiones asfálticas.

1.2 Mediante este ensayo se determina el porcentaje de asfalto que contiene una emulsión, evaporando el agua y pesando el residuo.

1.3 Se describen dos procedimientos según sea o no necesario realizar ensayos sobre dicho residuo.

1.5 No involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	48 de 70

tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

2. USO Y SIGNIFICADO

Esta práctica se usa como parámetro indicador de la composición característica de una emulsión asfáltica. El residuo por evaporación obtenido se utiliza para establecer otras propiedades a través de ensayos de caracterización, sin embargo las propiedades del residuo difieren, dependiendo del método empleado para su obtención (por evaporación o por destilación).

3. EQUIPO

3.1 Vasos de vidrio (Beakers) – Vasos de vidrio o de metal resistentes al calor, de boca ancha, con capacidad de 1000 ml. Tres o cuatro según el procedimiento utilizado.

3.2 Varillas de vidrio – Varillas de vidrio de 6.4 mm (1/4") de diámetro y 177.8 mm (7") de longitud, con extremos redondeados.

3.3 Balanza – Una balanza de 500 g de capacidad y con una precisión de 0.1 g.

3.4 Horno – Tipo 1B de conformidad con la norma ASTM E-145, con control termostático capaz de mantener una temperatura de $163^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ ($325^{\circ} \pm 6^{\circ} \text{F}$),

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	49 de 70

con la forma y dimensiones que se describen en la norma para determinar pérdidas por calentamiento de aceites y compuestos asfálticos,

3.5 Tamiz – Un tamiz con aberturas de 300 μm (No.50).

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Procedimiento A – Este procedimiento se empleará cuando se necesite únicamente determinar el porcentaje de residuo de la emulsión. Después de haber mezclado bien la emulsión, se pesan 50 ± 0.1 g de muestra en cada uno de los tres vasos con las respectivas varillas de vidrio, habiendo tarado previamente el conjunto vaso y varilla de vidrio, cada conjunto de vaso y varilla. Se colocan los vasos en el horno, cuya temperatura se ha regulado a $163^\circ \pm 3^\circ\text{C}$ ($325^\circ \pm 6^\circ\text{F}$) y se dejan durante 2 horas. Seguidamente, se sacan del horno y se agita bien el residuo. Después de la agitación se vuelven a colocar los vasos y las varillas en el horno durante 1 hora, sacándolos a continuación y dejándolos enfriar a la temperatura ambiente antes de pesarlos.

4.2 Procedimiento B.- Este procedimiento se emplea cuando es necesario realizar, con el residuo obtenido, ensayos adicionales. El procedimiento es similar al anterior pero utilizando cuatro muestras de 50 ± 0.1 g. Después de determinar el porcentaje de residuo, se introducen de nuevo los vasos en el horno hasta que el residuo asfáltico esté lo suficientemente fluido, para pasar a través del tamiz de 300 μm (No.50), lo cual lleva normalmente de 15 a 30 minutos. El material que pasa el tamiz se vierte directamente en los recipientes o moldes que se vayan a emplear en los ensayos sobre el residuo, dejándolos enfriar a la temperatura ambiente, sin cubrirlos, antes de proceder a su ensayo.



Los valores de la penetración y de la ductilidad del residuo obtenido siguiendo este método suelen ser inferiores a los que se obtienen cuando el residuo ensayado es el obtenido en el ensayo de destilación de emulsiones asfálticas,

Si los resultados obtenidos al ensayar el residuo cumplen esos requisitos, el material se puede aceptar. En el caso de no cumplir los resultados, no se puede rechazar el material, sino que hay que volver a determinar sus características sobre el residuo obtenido del ensayo de destilación de emulsiones asfálticas.

5. CÁLCULOS

5.1 Tanto en el caso del procedimiento A como el B se calcula el porcentaje de residuo en cada vaso de la siguiente manera:

$$\text{Residuo \%} = \frac{\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square}{C} 100$$

Donde:
A = peso del vaso + varilla + residuo,
B = peso del vaso + varilla , y
C = peso de la muestra.

5.2 El resultado será el promedio de las determinaciones, expresándolo con aproximación del 0.1%

6. PRECISIÓN

Se deberá emplear el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados, con el 95% de probabilidad. Ensayos duplicados realizados por el mismo operador se considerarán aceptables, si no difieren en más de la siguiente cantidad:
Residuo por evaporación

Residuos por evaporación % en peso	Repetición % en peso
------------------------------------	----------------------

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	51 de 70

De 50 a 70	0.4
------------	-----

Los resultados obtenidos por dos laboratorios se considerarán aceptables, si no difieren en más de la siguiente cantidad:

Residuo evaporación % en peso	por	Reproducción % en peso
De 50 a 70		0.8

7. NORMAS DE REFERENCIA

NLT 147/72

ASTM D 244 – 00

Fuente: % de asfalto en emulsiones asfálticas, I.N.V. E – 771 – 07., Instituto Nacional de Vías. (2018)

Anexo 3: Manual de ensayo de tamizado en emulsiones asfálticas.

1. OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para la realización del ensayo de tamizado de las emulsiones asfálticas.

1.2 Mediante este ensayo se determina la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que hay en la emulsión. Los grumos, así como la película que se forman en la parte superior, pueden ser debidos a la rotura de la emulsión, contaminaciones, mala fabricación, periodos prolongados de almacenamiento, la temperatura, el sistema de aplicación y de transporte, entre otros.

1.3 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	52 de 70

2. USO Y SIGNIFICADO

La retención de una excesiva cantidad de partículas de emulsión en el tamiz de ensayo, indica que se pueden presentar problemas para el manejo de la emulsión y durante aplicación de la misma.

3. EQUIPO Y MATERIALES

3.1 Tamiz – Un tamiz de abertura 850 μm (No.20), montado sobre un bastidor de unos 80 mm de diámetro, provisto de un aro que sirva de soporte para mantenerlo sobre un vaso o recipiente apropiado.

3.2 Fondo – De tamaño apropiado para acoplarse a la parte inferior del tamiz.

3.3 Solución de oleato sódico – Una solución de oleato sódico al 2% diluida en 100 ml de agua destilada.

Nota 1.- Se reemplaza la solución de oleato sódico por agua destilada para ensayos sobre emulsiones catiónicas .

3.4 Balanza – Una con capacidad de 2000 g y precisión de 1 g y otra con capacidad de 500 g y precisión de 0.2 g.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 La temperatura a la cual debe estar el tamiz, es relativa a la viscosidad de la emulsión. Para materiales cuya viscosidad a 25° C es 100 segundos o menor, se debe realizar el ensayo a la temperatura ambiente. Para materiales cuya viscosidad a 25° C es superior a 100 segundos y para los cuales se especifique una viscosidad a 50° C, el ensayo se deberá realizar a una temperatura de 50° \pm 3° C. Si se requiere precalentar la emulsión, se debe colocar la muestra en un recipiente dentro de un baño de agua, siguiendo con un agitado hasta lograr una total homogeneidad de la muestra.

4.2 Se taran el tamiz y el fondo. Después de tarados se moja la malla del tamiz con solución de oleato sódico o de agua destilada, según el tipo de emulsión que se ensaya, sea aniónica o catiónica. Se pesan 1.000 g de la emulsión en un recipiente y se hacen pasar a través del tamiz. El recipiente y el residuo que quede en el tamiz se lavan perfectamente con la misma solución, hasta que el

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	53 de 70

líquido de lavado salga de color claro. Se coloca entonces el fondo debajo del tamiz y se calienta durante 2 horas en un horno regulado a 105° C (221° F). Se deja enfriar en un desecador y se determina la masa del tamiz con el fondo y el residuo.

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS

5.1 Cálculos – Se calcula el porcentaje de muestra retenido en el tamiz de la siguiente manera:

$$\text{Muestra retenida, \%} = \frac{B}{A} \times 100$$

dónde:

A = masa del tamiz y el fondo, en gramos.

B = masa del tamiz, el fondo y residuo, en gramos.

5.2 Expresión de los resultados – Los resultados se expresarán en porcentaje en peso de residuo retenido en el tamiz, respecto a la muestra total, con aproximación del 0.01%. Si el residuo es menor de 0.1%, informar el resultado como "menor de 0.1%".

6. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

Se Deberá emplear el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados. (95% de probabilidad):

6.1 Ensayos duplicados realizados por el mismo operador se considerarán aceptables, si no difieren en más de la siguiente cantidad:

Ensayo de tamizado % en peso	Repetibilidad % en peso
De 0 a 0.1	0.03

6.2 Los resultados obtenidos por dos laboratorios se considerarán aceptables, si no difieren en más de la siguiente cantidad:

Ensayo de tamizado % en peso	Reproducibilidad % en peso

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	54 de 70

De 0 a 0.1	0.08
------------	------

7. OBSERVACIONES

7.1 Es imprescindible un buen lavado del residuo que queda en el tamiz con la solución adecuada.

7.2 No se debe sobrecalentar el residuo durante la desecación.

7.3 El resultado del ensayo está muy afectado por la toma de la muestra. Si la muestra se toma en la boquilla de un distribuidor, hay que evitar que se forme espuma. Si se toma en un tanque, no se debe coger la película que sobrenada en la superficie.

8. NORMAS DE REFERENCIA

- NLT 142
- ASTM D – 244

Fuente: Tamizado de las emulsiones asfálticas, I.N.V. E – 765 – 07., Instituto Nacional de Vías. (2018)

Anexo 4: Manual de ensayo de penetración en asfaltos.

1. OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto.

1.2 Involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

2. DEFINICIONES

2.1 La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	55 de 70

milímetro

hasta la cual una aguja normalizada penetra verticalmente en el material en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura. Normalmente, el ensayo se realiza a 25° C (77° F) durante un tiempo de 5 segundos y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100 g, aunque se pueden emplear otras condiciones previamente definidas.

3. USO Y SIGNIFICADO

El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia. Altos valores de penetración indican consistencias más blandas.

4. EQUIPO Y MATERIALES

4.1 Penetrómetro – El aparato para la medida de las penetraciones se denomina penetrómetro y, en esencia estará constituido por un mecanismo que permita el movimiento vertical sin rozamiento apreciable de un vástago o soporte móvil al cual se pueda fijar firmemente por su parte inferior, la aguja de penetración; y que permita, además, la colocación sobre el mismo, de diferentes cargas suplementarias; el aparato deberá estar calibrado para dar directamente la lectura en unidades de penetración, y debe ser capaz de indicar la profundidad de penetración con una aproximación de 0.1 mm.

La masa del vástago será de 47.5 ±0.05 g, y la masa total del conjunto móvil formado por el vástago juntamente con la aguja, de 50.0 ± 0.05 g. Se deberá disponer, igualmente, de pesas individuales suplementarias de 50.0 ± 0.05 g y 100.0 ± 0.05 g para obtener otras cargas totales móviles de acuerdo con las condiciones del ensayo. El penetrómetro deberá estar provisto, además, de una base de apoyo para la colocación del recipiente con la muestra, de forma plana y que forme un ángulo de 90 grados con el sistema móvil, así como de un nivel de burbuja y tornillos de nivelación. Este vástago se deberá poder separar fácilmente del conjunto del penetrómetro para verificar y ajustar correctamente su peso.

4.2 Aguja de penetración – La aguja (ver Figura 1) será de acero inoxidable endurecido y templado, (ASTM Grado 440 C ó similar), con una dureza Rockwell HRC54 a HRC 60, tendrá unos 50 mm (2") de longitud y entre 1.00 y 1.02 mm (0.039 a 0.040) de diámetro, con uno de sus extremos simétricamente afilado hasta formar un cono de ángulo comprendido entre 8° 40' y 9° 40' en toda su longitud, y cuyo eje sea coaxial con el de la aguja; la variación total axial entre las intersecciones de las superficies del cono y del cilindro, medida como proyección sobre el eje de simetría de la aguja, no deberá exceder de

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	56 de 70

0.02 mm (0.08"). Después de dada la conicidad, se corta su punta para formar un cono truncado, cuya base tenga un diámetro comprendido entre 0.14 y 0.16 mm (0.0055 y 0.0063") y esté situado en un plano perpendicular al eje de la aguja, con una tolerancia máxima de 2° y con sus bordes filosos y libres de rebabas.

La textura de la superficie cónica (filo de la superficie de la punta truncada), deberá tener una rugosidad media superficial comprendida entre 0.2 y 0.3 μm (8 a 12 μm). La aspereza superficial del eje de la aguja debe estar entre 0.025 y 0.125 μm (1 y 5 μ). La aguja irá montada rígida y coaxialmente en un casquillo cilíndrico, de latón o acero inoxidable, de 3.2 ± 0.05 (0.126 \pm 0.002") de diámetro y 38 ± 1 mm (1.5 \pm 0.04") de largo, debiendo quedar una longitud libre de aguja entre 40 y 45 mm (1.57 a 1.77"). La excentricidad, o distancia máxima al eje del casquillo, desde cualquier punto de la superficie de la aguja, incluida su punta, no excederá de 1 mm (0.04"). La masa total del conjunto casquillo-aguja será de 2.5 ± 0.05 g, permitiéndose para su ajuste un pequeño agujero o rebaje sobre el casquillo; igualmente, irá grabada sobre éste la identificación individual de la aguja, no se autoriza la repetición de una misma identificación hasta pasados 3 años. Las agujas que cumplan los requisitos de control exigidos en este Sección deberán hacerlo constar así en su correspondiente certificado.

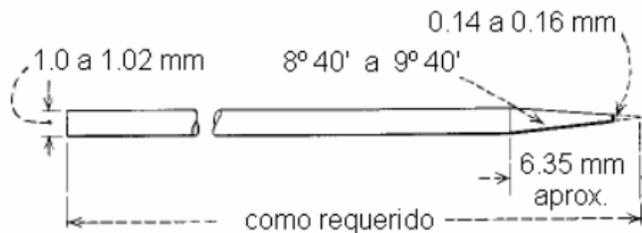


Figura 1. Agujas para ensayo de penetración

4.3 Recipiente o molde para la muestra – Los recipientes para las muestras serán de metal o vidrio, de forma cilíndrica y fondo plano, y con las siguientes dimensiones interiores:

	Diámetro mm (")	Profundid ad mm (")
Penetración hasta 200	55 (2.17)	35 (1.38)
Penetración entre 200 y	55 (2.1 7)	70 (2.7 5)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	57 de 70

350		
-----	--	--

4.4 Baño de agua – Para la inmersión de los recipientes con las muestras, se dispondrá de un baño de agua con una capacidad mínima de 10 litros y provisto de un dispositivo capaz de mantener la temperatura especificada para el ensayo con una variación de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (0.2°F). El baño irá equipado con una placa de soporte perforada, colocada a una distancia no menor de 50 mm del fondo, ni mayor de 100 mm del nivel superior del líquido en el baño. Si la penetración se va a realizar en el mismo baño de agua, éste deberá disponer, además, de una plataforma resistente para soportar el penetrómetro. Para ensayos de penetración a bajas temperaturas, se pueden utilizar solución salina como líquido del baño.

4.5 Baño auxiliar – El ensayo de penetración se puede realizar igualmente en un baño de agua auxiliar, metálico, de vidrio o plástico, y que proporcione una base firme y estable a los recipientes para las muestras impidiendo, además, cualquier oscilación o basculamiento de los mismos durante el ensayo. Su capacidad deberá ser aproximadamente de 2 litros y con suficiente profundidad para permitir que los recipientes con las muestras queden completamente sumergidos.

4.6 Dispositivo medidor de tiempo – Control de precisión. La precisión de los instrumentos empleados para medir la duración de los tiempos de carga, se deberá comprobar inmediatamente antes de cada ensayo.

4.7 Termómetros – Para controlar las temperaturas del ensayo en el baño de agua se dispondrá de termómetros de mercurio con varilla de vidrio, de inmersión total, con subdivisiones y escala máxima de error de 0.1°C o cualquier otro dispositivo que mida temperaturas con igual precisión, exactitud y sensibilidad. Deben cumplir con las siguientes características principales:

Temperatura del ensayo $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)	Referencia ASTM	Escala $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)	Graduación $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)	Longitud total mm	Error máximo $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)
25 (77)	17C	19 a 27 (66 a 80)	0.1 (0.2)	275	0.1 (0.2)
0 y 4 (32 y 39.2)	63C	-8 a 32 (18 a 89)	0.1 (0.2)	379	0.1 (0.2)
46.1 (115)	64C	25 a 55 (77 a 131)	0.1 (0.2)	379	0.1 (0.2)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	58 de 70

		131)			
--	--	------	--	--	--

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Preparación de la muestra – Se tomarán las precauciones necesarias para que la muestra del ensayo sea verdaderamente representativa, de aspecto homogéneo y sin contaminación. De la muestra de laboratorio, se separarán con una espátula caliente unos 400 a 500 g de material que se colocarán en un recipiente, que se calienta cuidadosamente agitándolo para evitar sobrecalentamientos locales y para homogeneizar el material, hasta que alcance la fluidez que permita su vertido en los moldes para las probetas. Las temperaturas de calentamiento no excederán a las del Punto de Ablandamiento, de cada material en más de 90° C (195° F). El tiempo total de calentamiento no excederá 30 minutos, evitándose la formación de burbujas de aire.

A continuación, se llena el molde para la probeta calentado a una temperatura semejante a la del material, y hasta una altura que, medida a la temperatura del ensayo, sea superior al menos en 10 mm a la penetración supuesta. Se preparará un total de dos moldes por cada muestra de material y ensayo de iguales características. Después de llenar los moldes, se cubren con un vaso de vidrio invertido, de dimensiones apropiadas, para protegerlos del polvo y permitir la eliminación de posibles burbujas de aire, y se dejan enfriar al aire a una temperatura entre 20° y 30° C, (68° y 86° F), por un período entre 1 y 1.5 horas, si se emplean moldes pequeños, y entre 1.5 y 2 horas si se utilizan los de mayor tamaño. Finalmente, se sumergen los recipientes en el baño de agua a la temperatura especificada, manteniéndolos así durante los mismos períodos de enfriamiento.

5.2 Condiciones del ensayo – Las condiciones normalizadas del ensayo son respectivamente, de 25° C (77° F), 100 g y 5 segundos para la temperatura, la carga y el tiempo de duración de la misma. Sin embargo, se admite emplear otras condiciones de ensayo, como por ejemplo:

Temperatura °C (°F)	Carga g	Tiempo s
0 (32)	200	60
4 (39.2)	200	60
25 (77)	100	5

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	59 de 70

25 (77)	50	5
45 (113)	50	5
46.1 (115°)	50	5

5.3 Ejecución del ensayo – Primero se comprueba que el vástago soporte de la aguja este perfectamente limpio y seco, y que se deslice en forma suave y sin rozamiento sobre su guía. La aguja de penetración se limpia con tolueno u otro disolvente apropiado y se seca con un paño limpio, fijándola firmemente en su soporte. Salvo que se especifique otra carga, se coloca el peso suplementario de 50 g sobre el vástago, para obtener la masa móvil total de 100 ± 0.1 g. El ensayo de penetración se puede realizar directamente en el baño de agua, colocando el penetrómetro sobre la plataforma que para este fin debe tener el baño, y sobre la base del penetrómetro el recipiente con la muestra, el cual debe quedar completamente sumergido. La penetración se puede, igualmente, llevar a cabo en el baño auxiliar colocado sobre la base del penetrómetro, conectándolo directamente al baño de agua mediante un sistema de alimentación en circuito cerrado, que mantenga constante la temperatura de ambos baños. El recipiente con la muestra se coloca en el baño auxiliar, completamente sumergido. Si el ensayo se realiza para un arbitraje, las penetraciones a temperaturas diferentes a la normalizada, se realizarán directamente en el baño de agua.

Cuando no se disponga de un sistema de alimentación como el descrito en el párrafo anterior, la penetración se puede también realizar mediante un pequeño baño auxiliar de unos 400 cm^3 , de fondo plano y suficiente profundidad, el cual se deberá mantener sumergido en el baño principal hasta la realización del ensayo. La muestra se pasa al baño pequeño, se cubre completamente con agua procedente del baño principal, a la temperatura de ensayo y el conjunto se sitúa sobre la base del penetrómetro. Puede ser conveniente dotar a este baño con un tipo de soporte, así como un sistema que proporcione un apoyo con 3 puntos de contacto al recipiente para la muestra. Una vez transcurridos los tiempos de inmersión, se aproxima la aguja del penetrómetro hasta que su punta toque justamente la superficie de la muestra, sin que penetre, lo cual se facilita aproximando la aguja y su imagen reflejada mediante una lámpara auxiliar, convenientemente colocada. Se anota la lectura o se pone en cero el penetrómetro y se suelta seguidamente el mecanismo que libera la aguja durante el tiempo especificado. Finalmente, se lee y anota la distancia, expresada en décimas de milímetro, que haya penetrado la aguja en la muestra.

Si el recipiente con la muestra se mueve durante la penetración, se anula el resultado. Cuando se utilice el baño pequeño auxiliar, el conjunto del

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	60 de 70

recipiente y el baño, se retornarán al baño principal hasta cuando se vaya a efectuar la penetración siguiente. Igualmente, si la penetración no se ha realizado al cabo de 2 minutos, se devuelve el conjunto recipiente -baño, al baño principal de agua y se opera con una pareja distinta. Se realizarán al menos tres penetraciones en cada recipiente, sobre diferentes puntos de la superficie separados, como mínimo, 10 mm (3/8") entre sí y de las paredes del recipiente. Después de cada penetración, se desmonta y saca la aguja y se limpia cuidadosamente con un trapo limpio y seco. Cuando las penetraciones obtenidas sean más profundas de 200, se usarán al menos tres agujas, dejándolas en la muestra hasta que las tres determinaciones se hayan completado.

Los aparatos y el procedimiento descrito anteriormente son de aplicación general para materiales con penetraciones hasta de 350. El método, sin embargo, puede ser utilizado para determinaciones de penetración de 500, utilizando moldes y agujas especiales. El recipiente para la muestra debe tener, al menos, 60 mm de profundidad. El volumen total del material en el recipiente no deberá exceder de 125 ml para permitir las variaciones propias de la muestra, por cambio de temperatura. La aguja que se emplee deberá cumplir con los requisitos de calidad, dimensiones y masa exigidos con excepción de su longitud libre, que será como mínimo de 50 a 55 mm (1.97 a 2.17") .

Se puede obtener un valor aproximado de la penetración de estos materiales, utilizando el recipiente convencional de 70 mm de diámetro, la aguja normalizada y una carga móvil total de 50 g. La penetración buscada se calcula, entonces, multiplicando el valor obtenido en estas condiciones por $\sqrt{2}$, o sea:

$$\text{Penetración (100 g)} = \text{Penetración (50 g)} \cdot 1.414$$

En estos casos, el resultado se debe expresar como aproximado, indicando el procedimiento de obtención.

6.RESULTADOS

6.1 El resultado del ensayo será el promedio de tres penetraciones cuyos valores no difieran en más de las siguientes cantidades:

Penetración	0 a 49	50 a 149	150 a 249	Entre 250 y 500
Diferencia máxima entre valores extremos	2	4	12	20

6.2 Si se excede la tolerancia anterior, se repite el ensayo utilizando el segundo

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	61 de 70

molde con muestra previamente preparada. Si se excediera de nuevo la correspondiente tolerancia, se anulan los resultados obtenidos y se procederá a la realización de un nuevo ensayo.

7. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

7.1. Para juzgar la aceptabilidad de los resultados para ensayos a 25° C, se seguirán los siguientes criterios (95% de probabilidad):

7.1.1 Repetibilidad – Los ensayos por duplicado por un mismo operador y equipo en tiempos diferentes y sobre una misma muestra, se considerarán dudosos si difieren en más de las siguientes cantidades (ensayos a 25° C (77° F)):

Material asfáltico ensayo a 25° C	Diferencia
Asfalto con penetración menor de 50	1 unidad
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	4% del valor medio

7.1.2 Reproducibilidad – Los ensayos realizados por distintos operadores en diferentes laboratorios y sobre una misma muestra, se considerarán dudosos si difieren en más de las siguientes cantidades (ensayos a 25° C (77° F)).

Asfalto con penetración menor de 50	4 unidades
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	11% del valor medio

Los valores de precisión indicados anteriormente, se han obtenido multiplicando los estimativos de las desviaciones típicas de las poblaciones que se indican a continuación, por $2\sqrt{2}$.

Material Asfáltico Ensayos a 25°C (77°F)	Estimación de la desviación típica	
	En un laboratorios	Entre laboratorios
Asfaltos con penetración menor de 50	0.35 unidades	1.4 Unidades
Asfaltos con penetración igual o mayor de 50	1.4% del valor medio	3.8% del valor medio

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	62 de 70

Los estimativos de precisión anteriores están basados en los siguientes datos:

	Asfaltos de Penet.<50	Asfaltos de Penet. ³⁵⁰
Muestras		7
Laboratorios	2	27
Repeticiones por muestra	16	3
Grados de libertad dentro del laboratorio	3	185
Entre laboratorios	32	89
	14	

Los criterios de precisión para ensayos a temperaturas diferentes a 25° C están siendo determinados.

7.2 Tolerancias – Este método no tiene tolerancias debido a que los valores determinados son definidos, únicamente, en términos del método de ensayo.

8. NORMAS DE REFERENCIA

- ASTM D 5 – 97
- AASHTO T 49 – 03
- NLT 124 / 84

Fuente: Penetración para los asfaltos, I.N.V. E – 706 – 0., Instituto Nacional de Vías. (2018)

Anexo 5: Manual de ensayo de punto de ablandamiento en asfaltos.

1. OBJETO

1.1 Este método cubre la determinación del punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30° a 157° C (86° a 315° F), utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada (30° a 80° C), glicerina USP (encima de 80° a 157° C), o glicol etileno (30° a 110° C).

1.2 Los valores dados en unidades SI, deben ser tomados como norma. Los valores en paréntesis son de información solamente.

1.3 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	63 de 70

tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

2. RESUMEN DEL MÉTODO

Dos discos horizontales de material bituminoso, fundidos entre anillos de bronce, se calientan a una rata controlada en un baño líquido, mientras cada uno de ellos soporta una bola de acero. El punto de ablandamiento se considera como el valor promedio de las temperaturas, a la cuales los dos discos se ablandan lo suficiente, para permitir que cada bola envuelta en material bituminoso, caiga desde una distancia de 25 mm (1").

3. USO Y SIGNIFICADO

3.1 Los productos bituminosos son materiales viscoelásticos y no cambian del estado sólido al estado líquido a una temperatura definida, sino que gradualmente se tornan más blandos y menos viscosos cuando la temperatura se eleva. Por esta razón, el punto de ablandamiento se debe determinar por medio de un método arbitrario fijo, pero definido que produzca resultados reproducibles y comparables.

3.2 El punto de ablandamiento es útil para clasificar productos bituminosos y es un valor índice de la tendencia del material a fluir cuando está sometido a temperaturas elevadas, durante su vida de servicio. También, puede servir para establecer la uniformidad de los embarques o fuentes de abastecimiento.

4. EQUIPO Y MATERIALES

4.1 Anillos – De bronce, de bordes cuadrados, conforme con las dimensiones mostradas en la Figura 1a.

4.2 Platos de base – Hechos de material no absorbente, con espesor suficiente para prevenir la deformación y de tamaño adecuado (50 x 75 mm (2 x 3")) para mantener dos o más anillos. Los platos serán planos.

4.3 Bolas – Esferas de acero, de 9.5 mm de diámetro (3/8"), pesando cada una

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	64 de 70

3.5
± 0.05 g.

4.4 Guías de contacto de las bolas – De bronce, con la forma, apariencia y dimensiones de la Figura 1c.

4.5 Baño – Recipiente de vidrio que se pueda calentar, con un diámetro interno no menor de 85 mm, y altura entre la base y el borde de 120 mm como mínimo, con capacidad de 800 ml.

4.6 Soporte de anillos y montaje completo – Un soporte de bronce diseñado, para sostener los dos anillos en posición horizontal con la forma y dimensiones mostradas en la Figura 1b. El montaje completo está indicado en la Figura 1d, con la base de los anillos colocada 25 mm (1") por encima de la superficie superior del plato de base. La superficie inferior de este último deberá estar 16 ± 3 mm ($5/8 \pm 1/8$ ") por encima del fondo del baño.

4.7 Termómetros – Serán de dos tipos, con las características definidas en la Especificación ASTM E1:

Termómetro	Intervalo de temperaturas
15C ó 15F	-2° a + 80°C (30° a 180°F)
16C ó 16F	30° a 200°C (85° a 392°F)

El termómetro adecuado se colocará en el montaje como se indica en la Figura 1d, cuidando que el extremo del bulbo esté a nivel con el fondo de los anillos y dentro de los 13 mm (0.5") alrededor de ellos, pero sin tocar los anillos ni el soporte.

4.8 Líquido para el baño:

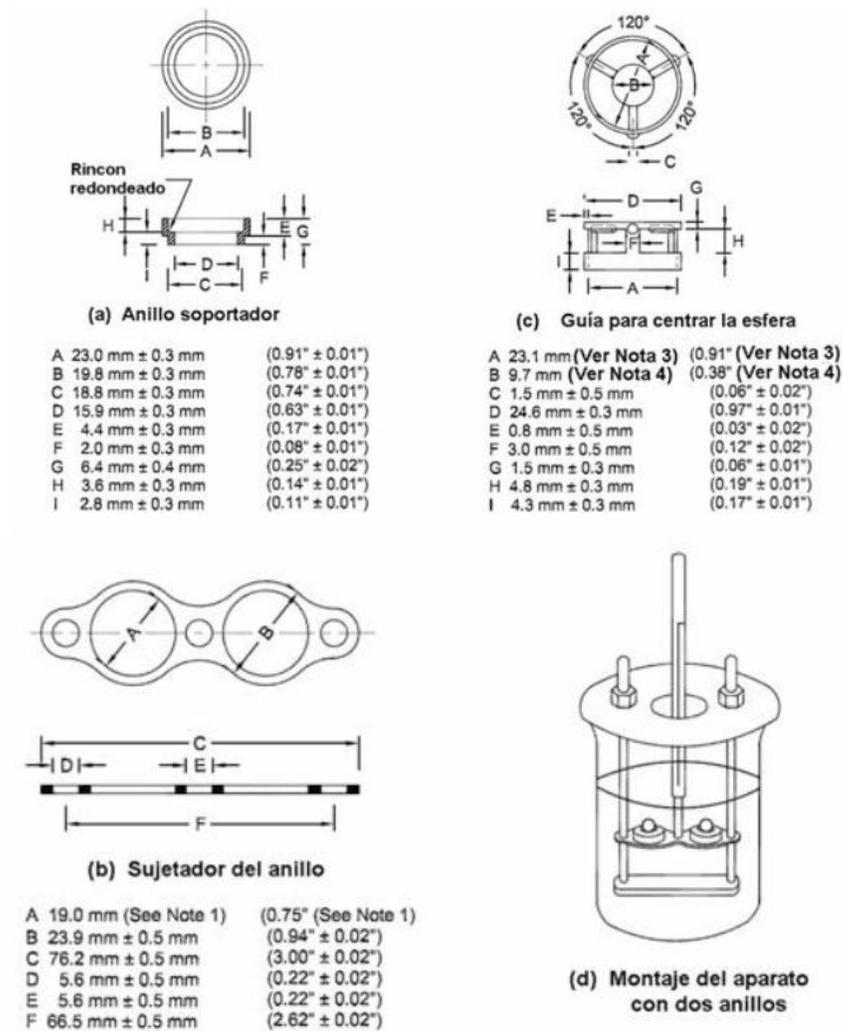
4.8.1 Agua destilada recién hervida, para evitar la formación de burbujas sobre la superficie del espécimen.

4.8.2 Glicerina USP; se debe tener mucho cuidado porque su punto de ignición es de



160°C(320°F).

Figura 1. Anillo soportador sujetador de anillo guía para centrar esfera y montaje que muestra dos aparatos



4.8.3 Glicol etileno, con punto de ebullición entre 195° y 197° C (383° y 387° F). Se deben tomar precauciones porque esta sustancia es tóxica cuando se ingiere o sus vapores son inhalados. Su contacto prolongado con la piel es dañino. Su punto de ignición es 115° C (239° F). Cuando se usa este líquido en el baño, el ensayo deberá efectuarse en un laboratorio ventilado y con campana extractora de vapores, con capacidad para asegurar la remoción de los gases tóxicos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	66 de 70

4.9 Agentes aislantes – Consisten en aceites o grasas con siliconas que se usan para evitar la adherencia del producto bituminoso sobre el plato de base, cuando se hacen los discos. Se coloca en una ligera capa sobre la superficie que se quiere proteger. También se pueden usar mezclas de glicerina con talco, dextrin o arcilla china. Cuando se usen siliconas, se debe evitar la contaminación de otros elementos del equipo de ensayo, pues puede producir errores en las determinaciones de penetración o punto de ignición. En estos casos, se deben emplear guantes desechables de caucho.

5. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

5.1 Antes de iniciar labores se debe verificar que todo haya sido planeado (equipos, materiales, etc.) para terminar el ensayo dentro de 6 horas. Se calienta la muestra de material bituminoso en forma cuidadosa, se agita frecuentemente para evitar sobrecalentamientos localizados, hasta asegurar que esté suficientemente fluida para poderla verter. Al agitarse, se deberá evitar la formación de burbujas. El calentamiento de la muestra no debe tomar más de 2 horas; y, en ningún caso, la temperatura será mayor que 110° C (200° F) por encima del punto de ablandamiento esperado. Si el ensayo se debe repetir, no se recalientará la muestra, sino que se deberá utilizar una muestra fresca.

5.2 Se calientan los dos anillos de bronce sin el plato de base, aproximadamente a la misma temperatura del producto asfáltico, y se colocan sobre el plato de base, tratado con un agente aislante.

5.3 Se vierte, con un ligero exceso, el producto bituminoso dentro de los anillos y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos. Para materiales que estén blandos a la temperatura ambiente, se enfrían los especímenes, al menos durante 30 minutos a una temperatura inferior, 10° C (18° F) por debajo del punto de ablandamiento esperado. Desde el momento en que se forman los discos, no deberán transcurrir más de 240 minutos hasta la terminación del ensayo.

5.4 Cuando los especímenes estén fríos, se corta el exceso de material de la parte superior, con un cuchillo o espátula precalentada, para que la superficie del disco coincida con el nivel superior del anillo.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	67 de 70

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Se escoge , dependiendo del punto de ablandamiento esperado, el baño líquido y el termómetro adecuado, entre los siguientes casos:

6.1.1 Baño con agua destilada recién hervida, para ablandamiento esperado entre 30° y 80° C (86° y 176° F); se debe usar un termómetro 15C (ó 15F). La temperatura, al comenzar el baño, deberá ser de 5° ± 1° C (41° ± 2° F).

6.1.2 Baño con glicerina USP, para obtener ablandamientos por encima de 80° C (176° F) y hasta 157° C (315° F); se debe usar un termómetro 16C (ó 16F). La temperatura de iniciación del baño deberá ser de 30° ± 1° C (86° ± 2° F).

6.1.3 Baño con glicol etileno para ablandamiento entre 30° C (86° F) y 110° C (230° F); se debe usar un termómetro 16C (ó 16F). La temperatura de iniciación del baño deberá ser de 5° ± 1° C (41° ± 2° F).

6.2 Se hace el montaje de los aparatos en un laboratorio ventilado, colocando los anillos con los especímenes, las guías para las bolas y los termómetros en posición, y se llena el baño con el líquido apropiado hasta una altura de 105 ± 3 mm (4 1/8" ± 1/8"). Si se usa glicol etileno, se debe asegurar que el ventilador de la campana extractora esté funcionando antes de depositar el líquido.

Usando unas tenazas apropiadas, se colocan las dos bolas en el fondo del baño para que adquieran la misma temperatura de iniciación que el resto del montaje.

6.3 Se coloca todo el conjunto del baño, en agua con hielo o se calienta muy suavemente, para alcanzar y mantener durante 15 minutos la temperatura de iniciación apropiada. Se debe cuidar de no contaminar el líquido del baño.

6.4 Usando otra vez las tenazas, se coloca cada una de las bolas en la guía para su centrado.

6.5 Se calienta el baño en forma pausada (Nota 1), para asegurar que la rata de elevación de la temperatura sea constante a 5° C/min (9° F/minuto). Se protege el baño de corrientes de aire usando pantallas, si es necesario. No se

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	68 de 70

debe promediar la rata de elevación de la temperatura durante el período del ensayo.

La máxima variación permitida para un período de 1 minuto, después de transcurridos los 3 primeros minutos, será de $\pm 0.5^{\circ} \text{C}$ ($\pm 1^{\circ} \text{F}$). Se repite cualquier ensayo en el cual la rata de elevación de la temperatura no caiga dentro de estos límites.

Para el ensayo usando glicerina, el control de temperatura se puede establecer a partir de los 32°C , luego se continúa el procedimiento controlando la aplicación de temperatura tal como se describe en la Sección 6.5

Nota 1.- Para el calentamiento se permite el uso de un mechero de gas o un plato caliente eléctrico; sin embargo el plato eléctrico precisa tener un sistema para incrementar la temperatura sin demora, y mantener la velocidad de calentamiento.

6.6 Se anota para cada anillo y bola, la temperatura indicada por el termómetro en el momento en que el producto bituminoso que rodea la bola, toque el fondo del plato de base. No se debe hacer corrección por la parte emergente del termómetro. Si la diferencia entre las dos temperaturas excede de 1°C (2°F), se repite el ensayo.

7. CÁLCULOS

7.1 Para un espécimen de un producto bituminoso dado, el punto de ablandamiento determinado en un baño con agua, será inferior que el determinado con glicerina. Ya que la determinación del punto de ablandamiento es necesariamente arbitraria, esta diferencia es importante solamente para puntos de ablandamiento ligeramente por encima de los 80°C (176°F).

7.2 El cambio de agua por glicerina para puntos de ablandamiento por encima de 80°C , crea una discontinuidad. Los más bajos puntos de ablandamiento que es posible obtener con baños de glicerina, son del orden de 84.5°C (184°F). En estos casos, la corrección será de -4.2°C (-7.6°F). Si se necesita resolver una discrepancia, se repetirá el ensayo. Bajo cualquier circunstancia, si el valor medio de las dos temperaturas determinadas en glicerina, es de 80.0°C (176°F), o más bajo, se repite el ensayo utilizando baño de agua.

7.3 Para convertir puntos de ablandamiento determinados en agua que estén

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	69 de 70

ligeramente por encima de 80° C (176° F), en aquellos determinados en glicerina, la corrección es de + 4.2° C (+ 7.6° F). Para dilucidar discrepancias, se repite el ensayo en glicerina. Bajo cualquier circunstancia, si el valor medio de las dos temperaturas determinadas en agua es de 85° C (185.0° F) o más alto, se repite el ensayo en glicerina.

7.4 Los resultados obtenidos usando glicol etileno, variarán de los obtenidos usando agua y glicerina, en cantidades calculadas con las siguientes fórmulas:

$$PAg = 1.026583 \times PAge - 1.334968 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

$$PAa = 0.974118 \times PAe - 1.444590 \text{ } ^\circ \text{ C}$$

donde:

PAg = punto de ablandamiento en glicerina,

PA

a = punto de ablandamiento en agua , y

PAge = punto de ablandamiento en glicol etileno.

8. INFORME

8.1 Cuando se utilicen termómetros 15C (ó 15F), se deben reportar las temperaturas con aproximación de 0.2° C (0.5° F). Cuando se utilicen los termómetros 16C (ó 16F), se deben reportar las temperaturas con aproximación de 0.5° C (1.0° F).

8.2 Se informa la clase de líquido que fue utilizado para el baño durante el ensayo.

9. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

9.1 Cuando se utiliza agua destilada o glicerina USP, los siguientes criterios se emplearán para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% de probabilidad):

9.1.1 Precisión de un operador – Se ha encontrado que la desviación estándar para un operador de este ensayo, es de 0.41° C (0.73° F). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos efectuados correctamente por el mismo operador, sobre la misma muestra de asfalto, no deberían diferenciarse en más de 1.2° C (2.0° F).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	70 de 70

9.1.2 Precisión multilaboratorios – La desviación estándar para este caso es de 0.70° C (1.26° F). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos efectuados correctamente por dos laboratorios sobre la misma muestra de asfalto, no se deberían diferenciar en más de 2.0° C (3.5° F).

9.2 Para el caso de glicol etileno las discrepancias admisibles serán:

9.2.1 Precisión del mismo operador – Se ha encontrado que la desviación estándar

para un operador de este ensayo, es de 0.70° C (1.26° F). Por consiguiente los resultados de dos ensayos efectuados correctamente no diferirán en más de 2.0° C (3.5° F).

9.2.2 Precisión multilaboratorios – Se ha encontrado que la desviación estándar para este caso es de 1.08° C (1.95° F). Por consiguiente los resultados de dos ensayos efectuados correctamente no diferirán en más de 3° C (5.5° F).

9.3 Tolerancias – El procedimiento descrito es esta norma no tiene tolerancias, puesto que, el valor de punto de ablandamiento de materiales bituminosos, es definido en términos de este método de prueba.

10. NORMAS DE REFERENCIA

- ASTM D 36 – 95 (2000)
- AASHTO T 53 – 96 (2004)

NLT 125 – 84

Fuente: Punto de ablandamiento en los asfaltos, I.N.V. E – 712 – 07., Instituto Nacional de Vías. (2018)