

# COMPARACIÓN DE LAS NORMAS TIPO FAA P-401 E IDU MD 20, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA



AUTOR: HENRY ALEXANDER APONTE HINCAPIÉ

TUTOR: JAVIER CAMACHO

ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

2015

# **COMPARACIÓN DE LAS NORMAS TIPO FAA P-401 E IDU MD 20, PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA**

**COMPARISON OF THE STANDARD FOR THE  
PREPARATION MIXES ASPHALT FAA TYPE P-401 AND  
IDU MD 20**

**Henry Alexander Aponte Hincapié**

**Ingeniero Civil**

Residente Técnico

Compañía de Trabajos Urbanos S. A.

Bogotá

Colombia

**henryaponte26@hotmail.com**

**Fecha de recepción:** 2 de diciembre de 2015

**Fecha de aprobación:** 4 de diciembre de 2015

## RESUMEN

En nuestro país existen entes que elaboran especificaciones generales para proyectos de infraestructura vial, que cuentan con sus propios criterios de aceptación, para garantizar la durabilidad de estructuras de pavimento, como son: el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), encargados de regular la infraestructura vial a nivel nacional y distrital y la Administración Federal de Aviación (FAA) para el desarrollo de proyectos aeroportuarios.

En el presente artículo se realizará una comparación entre los criterios de aceptación para la fabricación de mezcla asfáltica densa en caliente, para un proyecto vial utilizando mezcla tipo MD 20, norma elaborada por el IDU y para un proyecto aeroportuario utilizando mezcla tipo P 401, norma elaborada por la FAA, con el fin de determinar una alternativa de diseño de mezcla que cumpla con las dos especificaciones para la ejecución de proyectos de infraestructura vial.

**Palabras Clave:** Densidad máxima, normas técnicas, normas FAA

## ABSTRAC

In our country there are entities that develop general specifications for road infrastructure projects which have their own acceptance criteria to ensure the durability of pavement structures, such as the National Roads Institute (INVIAS) and the Urban Development Institute (IDU), responsible for regulating road infrastructure at district and national level, and the Federal Aviation Administration (FAA) for the development of airport projects.

In this article it will be performed a comparison between the acceptance criteria for the manufacture of hot dense asphaltic mix for a road project using MD 20 mixture type, standard developed by the IDU, and for an airport project using P 401 mixture type, standard developed by the FAA, in order to determine an alternate mix design that fulfills both specifications for the implementation of road infrastructure projects.

**Keywords:** maximum density, technical standards, standards FAA

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes entidades que elaboraron normas con especificaciones técnicas generales para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, las cuales se dividen por capítulos y dentro de estos se presentan las especificaciones de mezclas asfálticas. Entidades como Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y la Administración Federal de Aviación (FAA) establecen especificaciones para la elaboración de mezclas asfálticas densas en caliente para el desarrollo de las obras de su alcance, como proyectos de infraestructura vial a nivel nacional, de

infraestructura vial y espacio público en Bogotá D.C. e infraestructura aeroportuaria.

Para la construcción de la capa de rodadura de pistas aeroportuarias y calles de rodaje, la FAA utiliza entre sus especificaciones la mezcla asfáltica tipo P401 y para la construcción de la capa de rodadura de vías urbanas, el IDU utiliza entre sus especificaciones la mezcla asfáltica tipo MD20. Estos dos tipos de mezcla asfáltica pueden utilizar los mismos materiales pétreos y el mismo material bituminoso pero varían en la fórmula de trabajo para cumplir con los criterios de aceptación de la Entidad contratante.

El presente artículo pretende realizar una comparación entre las especificaciones de materiales establecidas por el IDU y el FAA para la construcción de carpetas asfálticas mediante la aplicación de mezcla asfáltica en caliente y determinar la posibilidad de obtener una fórmula de trabajo que cumpla con los requerimientos de los dos entidades tanto en el estudio de materiales individuales como en la realización de la mezcla asfáltica.

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo consiste en la comparación de las normas MD 20 (IDU) y P401 – 1 (FAA) establecidas para la elaboración de mezclas asfálticas por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y la Administración Federal de Aviación (FAA), respectivamente.

Las entidades mencionadas desarrollan los proyectos de construcción de vías urbanas y la construcción de pistas de aeropuertos y calles de rodaje bajo unos criterios y especificaciones establecidas, no obstante, con la comparación de las dos normas se pretende encontrar un tipo de mezcla asfáltica la cual cumpla con las dos especificaciones, luego de analizar las diferencias que existen entre cada una de ellas.

El cumplimiento de los requisitos que exigen cada una de las entidades garantiza un adecuado desempeño de la estructura construida, la evaluación de los materiales no debe de ser el único parámetro de aceptación sino el conjunto de los mismos.

### **1.1. AGREGADOS PÉTREOS**

En las dos especificaciones estudiadas, los agregados pétreos, que se emplean para la elaboración de las mezclas asfálticas deben tener condiciones tales que sean resistentes a la acción combinada del tránsito y del agua, que no presenten desprendimientos ni problemas de adhesividad.

### 1.1.1. Agregado grueso

En las dos especificaciones estudiadas, se le denomina agregado grueso a la porción del material que es retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Este agregado debe de ser procedente de un proceso de trituración de piedra de cantera o grava natural, los fragmentos deben de ser limpios, resistentes y durables, sin excesos de partículas planas, alargadas, blandas o de fácil desintegración. No deben poseer polvo, tierra o terrones de arcilla.

En la Tabla 1 se observa la comparación de las dos normas en relación a los criterios de aceptación del Agregado grueso, para la combinación de mezclas asfálticas.

**Tabla 1.** Comparación de criterios de aceptación del agregado grueso

ENSAYO	REQUISITOS DE ACEPTACIÓN		
	MD-20 (T4 - T5)	P 401 (< 27500 kg)	
<b>DUREZA</b>			
Desgaste máquina de los Ángeles	>25	>40	
<b>DURABILIDAD</b>			
Pérdida de solidez sulfato de sodio	>12	>12	
Pérdida de solidez sulfato de magnesio	>18	>18	
<b>GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS</b>			
Partículas fragmentadas mecánicamente	1 cara	>90%	>85%
	2 caras	>75%	>75%
Índice de alargamiento	>20%	>20%	
Índice de aplanamiento	>20%	>20%	

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que la norma IDU es más exigente en los parámetros de desgaste en Máquina de los Ángeles y el porcentaje de partículas fragmentadas mecánicamente en una cara.

### 1.1.2. Agregado fino

En las dos especificaciones estudiadas, se le denomina agregado fino a la porción del material que se encuentra comprendida entre los tamices de 4.75 mm (No. 4) y 75 µm (No. 200).

Cabe resaltar que el material debe tener una procedencia total de la trituración de piedra o parcialmente de una fuente natural de arena que no exceda de los parámetros exigidos por cada entidad.

Los granos de agregado fino deben de tener una consistencia dura, la superficie debe de estar limpia, rugosa y angular.

En la Tabla 2 se observa una comparación de los criterios de aceptación para el agregado fino de las mezclas asfálticas.

**Tabla 2.** Comparación de criterios de aceptación del agregado fino

ENSAYO	REQUISITOS DE ACEPTACIÓN	
	MD-20 (T4 - T5)	P 401 (< 27500kg)
<b>CONTENIDO DE ARENA NATURAL</b>		
Porción máxima de arena natural en peso	>25	>15
<b>DURABILIDAD</b>		
Pérdida de solidez sulfato de sodio	N/A	>10
Pérdida de solidez sulfato de magnesio	>18	>15
<b>GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS</b>		
Angularidad del agregado	<45	N/A
Índice de plasticidad	N/A	>6
Limite Liquido	N/A	>25
Equivalente de arena	<40	<45

Fuente: Elaboración Propia

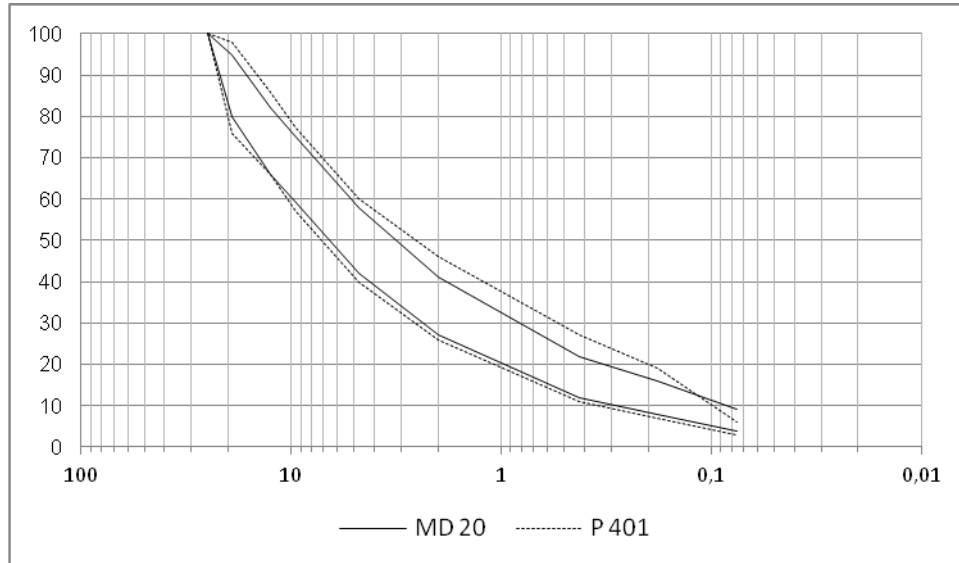
## 2. AGREGADOS COMBINADOS

### 2.1. GRANULOMETRÍA

En ambas especificaciones, la mezcla de los agregados grueso y fino, y el llenante mineral, deberán ajustarse a una curva granulométrica con la cual se garantizara minimizar segregaciones, y una óptima compactación, esta curva debe de ser uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la especificación, sin saltos bruscos entre las franjas.

En la Grafica 1 se observa una comparación de las dos normas tipo IDU y la FAA, en relación a la curva de granulometría.

**Grafica 1.** Comparación de la curva Granulométrica



- La temperatura mínima de la mezcla en el momento de la descarga desde el equipo de transporte.
- Las temperaturas máxima y mínima aceptables de la mezcla al inicio y terminación de la compactación.

### 3.1. DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

En el presente artículo se evaluó el diseño de las mezclas asfálticas elaboradas por el método Marshall, los cuales deberán cumplir con los criterios de aceptación de cada ente contratante, en este caso será el IDU (Instituto de desarrollo Urbano) y el FAA (Administración Federal de aviación).

En la tabla 3 se realizó una comparación sobre los criterios de aceptación de las mezclas asfálticas tipo MD 20 y P 401.

**Tabla 3.** Comparación criterios de aceptación de mezcla asfáltica

CARACTERÍSTICA	REQUISITOS DE ACEPTACIÓN	
	MD-20 (T4 - T5)	P 401 (< 27500 kg)
Compactación (golpes / cara)	75	75
Estabilidad mínima (kg)	900	1075
Flujo (mm)	2.- 3,5	2,5 - 4
Vacíos con aire (%)	4. - 6.	3,5
Vacíos en agregados	>= 14	>= 14
Vacíos llenos de asfalto	65 - 75	-
Relación llenante / ligante	0,8 - 1,2	-

Fuente: Elaboración Propia

## 4. ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS AGREGADOS.

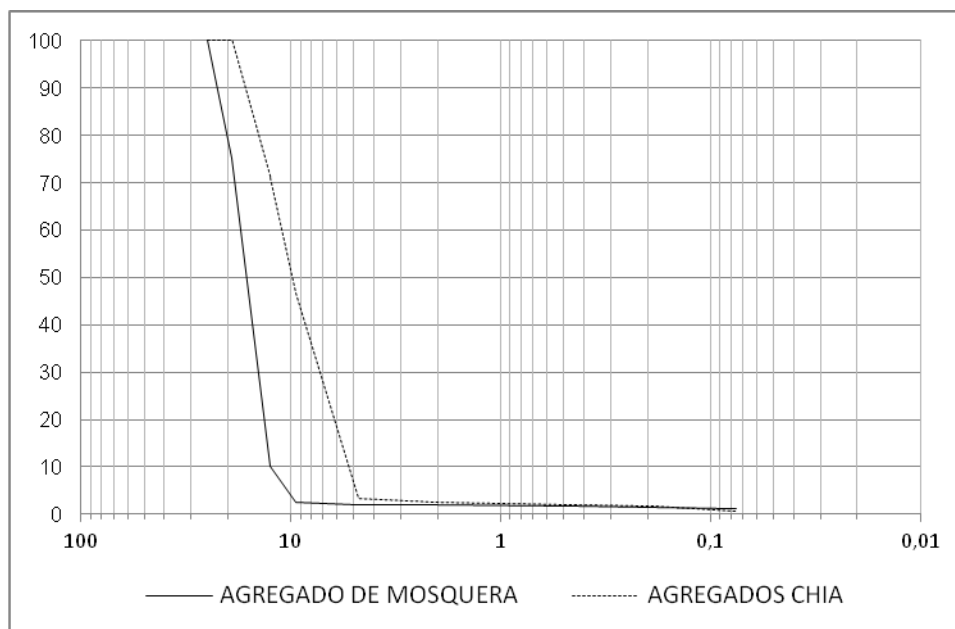
### 4.1. AGREGADO GRUESO

Para la elaboración de los diseños se utilizaron como parte del agregado grueso materiales pétreos, procedentes de trituración de las canteras cercanas a la sabana de Bogotá en el municipio de Mosquera y en el municipio de Chía.



En la gráfica 2 se observa la curva granulométrica que presenta el agregado grueso procedente del municipio de Mosquera, el cual tiene un tamaño máximo de 1" y el agregado procedente de chíá el cual tiene un tamaño máximo de 3/4", los cuales serán utilizados para el desarrollo del diseño Marshall.

**Grafica 2.** Curva Granulométrica del Agregado Grueso



<b>GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS</b>			
Partículas fragmentadas mecánicamente	1 cara	100	100
	2 caras	100	100
Índice de alargamiento		15	13
Índice de aplanamiento		8	9

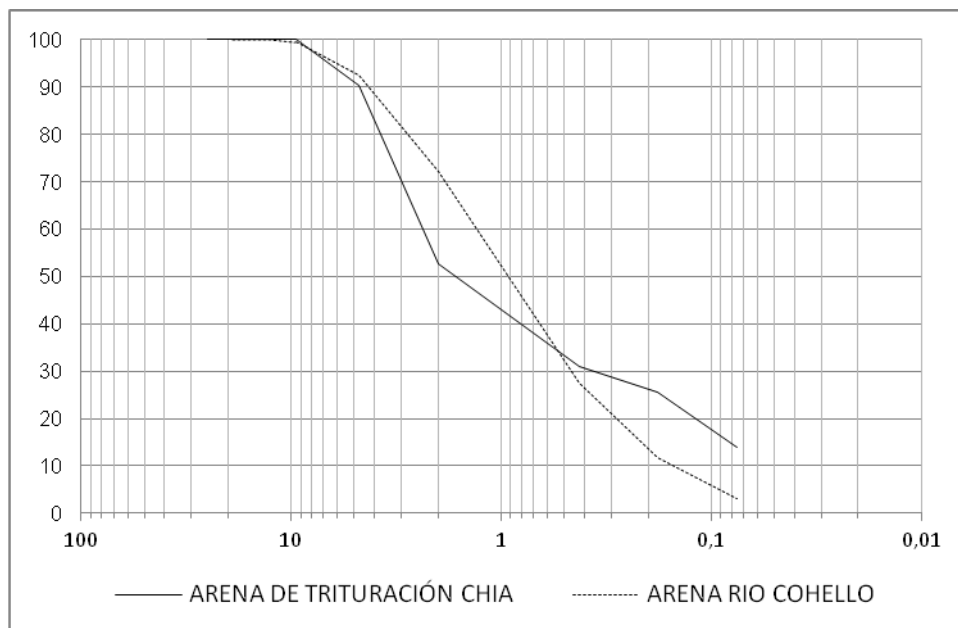
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2. AGREGADO FINO

Para la elaboración de los diseños se utilizaron como parte del agregado fino materiales pétreos, procedentes de trituración de las canteras cercanas a la sabana de Bogotá en el municipio de chía y arena del rio Cohello.

En la gráfica 3 se observa la curva granulométrica que presenta el agregado fino procedente del municipio de chía y la arena natural del rio Cohello, los cuales serán utilizados para el desarrollo del diseño Marshall.

**Grafica 3.** Curva Granulométrica del agregado Fino.



Fuente: Elaboración Propia

Además de la curva granulométrica el agregado fino, estos materiales deben cumplir con los demás criterios de aceptación exigidos por cada una de las entidades que realizaron las normas (IDU , FAA), en la tabla 5 se describen los resultados obtenidos de la elaboración de los ensayos a estos materiales.

**Tabla 5.** Resultados de los ensayos de laboratorio agregado fino

ENSAYO	PROCEDENCIA	
	ARENA CHÍA	ARENA COHELLO
<b>DURABILIDAD</b>		
Pérdida de solidez sulfato de sodio	7	3
Pérdida de solidez sulfato de magnesio	11	5
<b>GEOMETRÍA DE LAS PARTÍCULAS</b>		
Angularidad del agregado	35	40
Índice de plasticidad	NP	NP
Limite Liquido	NL	NL
Equivalente de arena	25	76

Fuente: Elaboración Propia

## 5. DISEÑO DE MEZCLA DE LAS NORMAS IDU Y FAA

### 5.1. CURVA GRANULOMÉTRICA

Con las curvas granulométricas de los agregados discriminados, procedemos a realizar distintas combinaciones hasta encontrar una curva que cumpla con los parámetros establecidos por las dos normas que se evalúan, en la tabla 6, se detalla los porcentajes utilizados por cada uno de los materiales.

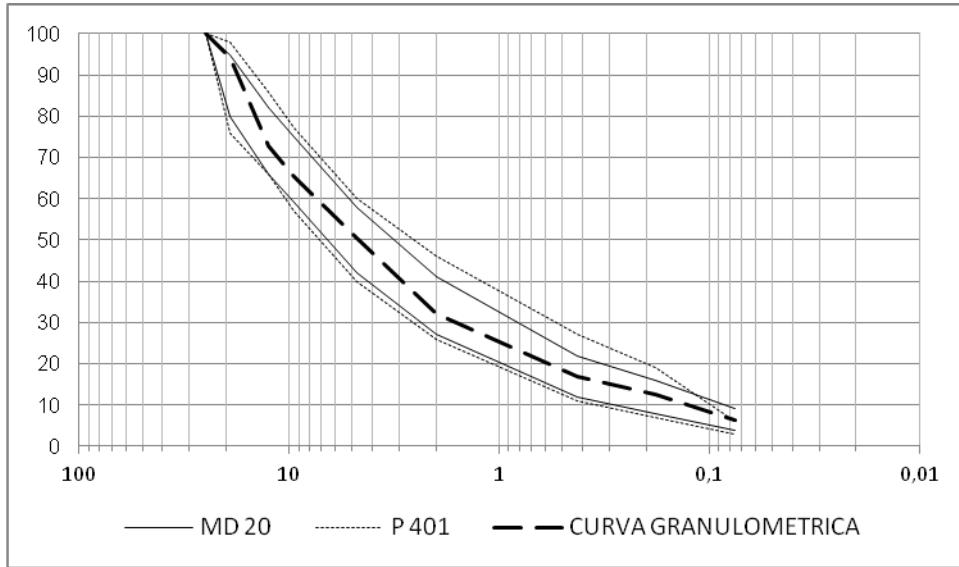
**Tabla 6.** Porcentajes de utilización de los materiales

MATERIAL	PORCENTAJE
Agregado Grueso Procedente de Mosquera	14%
Agregado Grueso Procedente de Chía	23%
Arena de Trituración Procedente de Chía	23%
Arena Natural del Rio Cohello	40%

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 4 se puede observar que la curva planteada satisface con los límites de las dos especificaciones (IDU y FAA).

**Grafica 4.** Curva Granulométrica de diseño



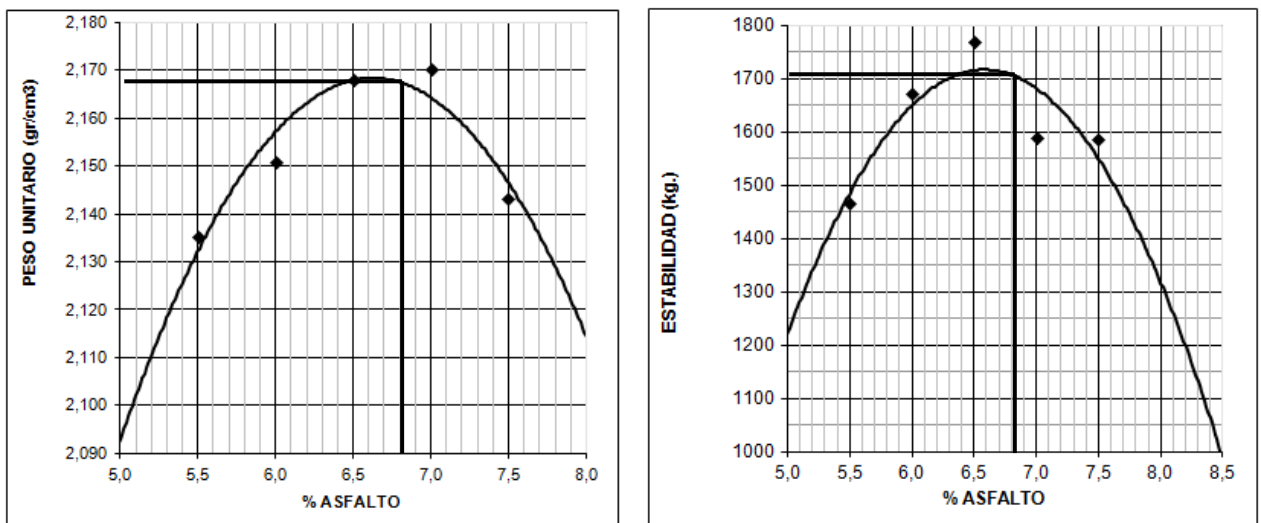
Fuente: Elaboración Propia

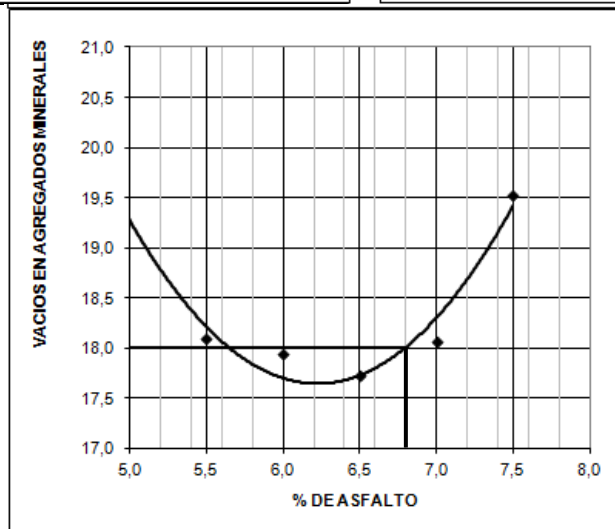
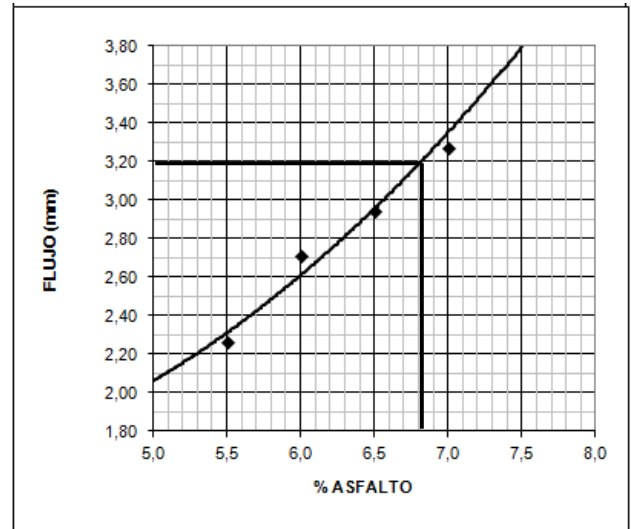
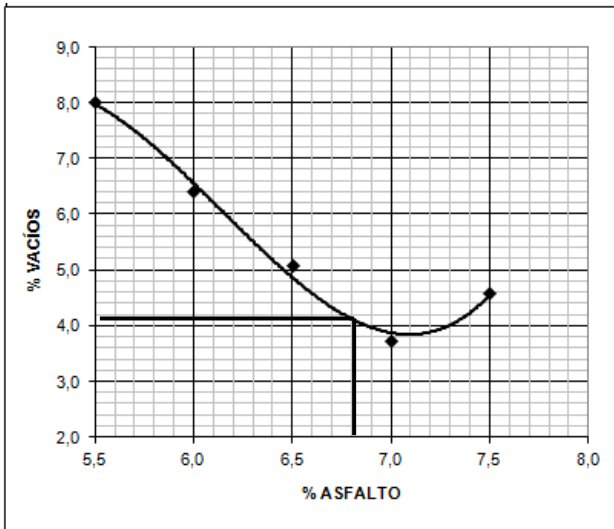
## 5.2. ELABORACIÓN DEL DISEÑO

Para la ejecución del diseño se elaboraron briquetas con distintos porcentajes de asfalto, con un incremento del 0.5%, el cual oscilaban entre el 4.5% y el 6.5%; con los parámetros de la curva reológica del cemento asfáltico las briquetas se compactaron a una temperatura entre 130°C y 134°C.

En la gráfica 5, se observan los resultados de las curvas del diseño realizado.

**Grafica 5.** Curvas de diseño





Fuente: Elaboración Propia

### 5.3. RESULTADOS DEL DISEÑO

En el análisis de las gráficas obtenidas con la realización del diseño, se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto es de 6,8%. En la tabla 7 se evidencian los resultados de diseño y las comparaciones con los parámetros de las especificaciones estudiadas.

**Tabla 7.** Resultados del diseño y comparación de especificaciones.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN PARA MD 20 (T4 - T5)</b>	<b>ESPECIFICACIÓN PARA FAA-P-401 (&lt; 27500 kg)</b>
PESO UNITARIO (gr. / cm <sup>3</sup> )	2,168	-	-
ESTABILIDAD (kg)	1702	900 (mín.)	1075 (mín.)
FLUJO (mm)	3,2	2 - 3.5	2.5 - 4.0
% VACÍOS	4,1	4 - 6	3.5
% VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	17,9	>=14	>=14

Fuente: Elaboración Propia

## 6. CONCLUSIONES

Para la realización de los diseños de mezclas asfálticas tipo MD 20 y P 401, se puede utilizar el mismo procedimiento de elaboración como lo es el método Marshall.

Al realizar el estudio individual de los parámetros de aceptación de los agregados pétreos, se observó que las especificaciones para las mezclas tipo P 401, presentan una mayor tolerancia en relación a la MD 20, como es el caso del desgaste en máquina de los Ángeles y el porcentaje de partículas fragmentadas en los agregados gruesos y el índice de plasticidad en los agregados finos. Pero es más exigente en la pérdida de material por acción de los sulfatos y en la porción de utilización de arena natural. En los agregados finos.

Al realizar la comparación de la franja granulométrica para las mezclas asfálticas, se detectó que la P 401 tiene unos rangos superiores en los tamaños mayores de la curva, pero es menor el rango en el tamiz N° 200.

En las mezclas asfálticas tipo P 401, para proyectos aeroportuarios es menor la tolerancia en el porcentaje de vacíos con aire, lo que significa que se debe incrementar la cantidad de cemento asfáltico utilizado, lo cual incrementaría el costo en la producción.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por mantenerme firme y no permitir decaer a pesar las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo y dedicación que comprendió mis estudios como especialista en Ingeniería de pavimentos.

A mis padres, hermanos y especialmente a mi novia por creer siempre en mí y apoyarme en todas las decisiones que tomo para el desarrollo de mi vida personal y profesional.

A todos los profesores y compañeros que compartieron conmigo sus conocimientos para convertirme en especialista, por su tiempo, dedicación y pasión por la actividad docente.

A esta prestigiosa Universidad, por abrirme las puertas y permitir prepararme para un futuro competitivo y formarme como persona hábil a nivel laboral.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1). Normas (IDU). (2013). Normas generales de construcción de carreteras.
- (2). Administración Federal de Aviación (FAA). Normas técnicas capítulo P 401
- (3). HUANG, Y. 2004. Pavement analysis and design. Second edition. Editorial Prentice-Hall.
- (4). P. GARNICA, J. GÓMEZ Y J. SESMA. "Mecánica de materiales para pavimentos". Publicación Técnica, No 197. Sanfandila-Queretano – Secretaría de Comunicación y Transporte, 2002.
- (5). INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO - IDU. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público de Bogotá, 2005.
- (6). P. GARNICA, J. GÓMEZ Y J. SESMA. "Mecánica de materiales para pavimentos". Publicación Técnica, No 197. Sanfandila-Queretano – Secretaría de Comunicación y Transporte, 2002.
- (7). R.P. ELLIOTET, ET. AL. "Effect of aggregate gradation variation on asphalt concrete mix properties". Transport Research Record, Paper 1317. pp 1-12, 1991.