



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS MARSHALL DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, OBTENIDOS
SOBRE MUESTRAS TALADRADAS Y BRIQUETAS
COMPACTADAS EN SITIO**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de INGENIERA CIVIL E INGENIERO CIVIL.

AUTORES: JOHANNA GABRIELA MALDONADO HIDROBO
JUAN FRANCISCO POZO CONSTANTE
TUTOR: HUGO PATRICIO CARRIÓN LATORRE

Quito-Ecuador
2022

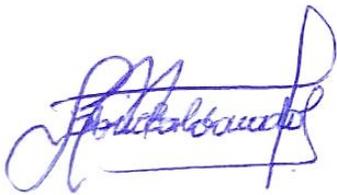
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Maldonado Hidrobo Johanna Gabriela con documento de identificación N°1722959143 y Pozo Constante Juan Francisco, con documento de identificación 1724041270; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 3 de enero de 2022.

Atentamente,



Maldonado Hidrobo Johanna Gabriela
1722959143



Pozo Constante Juan Francisco
1724041270

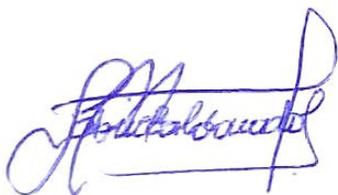
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Maldonado Hidrobo Johanna Gabriela con documento de identificación N°1722959143 y Pozo Constante Juan Francisco, con documento de identificación 1724041270; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Comparación entre Parámetros Marshall de mezclas asfálticas en caliente, obtenidos sobre muestras taladradas y briquetas compactadas en sitio”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 3 de enero de 2022

Atentamente,



Maldonado Hidrobo Johanna Gabriela

1722 959143



Pozo Constante Juan Francisco

1724041270

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N°0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, OBTENIDOS SOBRE MUESTRAS TALADRADAS Y BRIQUETAS COMPACTADAS EN SITIO**, realizado por Maldonado Hidrobo Johanna Gabriela con documentos de identificación N°1722959143 y Pozo Constante Juan Francisco, con documentos de identificación 1724041270, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 3 de enero de 2022

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre Msc.
0603015728

COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, OBTENIDOS SOBRE MUESTRAS TALADRADAS Y BRIQUETAS COMPACTADAS EN SITIO

COMPARISON OF HOT MIX MARSHALL PARAMETERS OF ASPHALT MIXTURES BETWEEN DRILLER SAMPLES AND BRIQUETTES SAMPLES COMPACTED ON SITE

Johanna Maldonado-Hidrobo¹, Juan Pozo-Constante², Hugo Carrión-Latorre³

Resumen

En el Ecuador, gran parte de las mezclas asfálticas en calientes usadas en vías de alto tráfico aún se siguen diseñando con el método Marshall. Endonde, el principal objetivo al emplear esta metodología es determinar el porcentaje óptimo de asfalto en función de parámetros de la mezcla como su densidad, volúmenes de vacíos, estabilidad y flujo [1]. Es por esta razón, que resulta esencial un correcto proceso de control y aseguramiento de la calidad durante las etapas de mezclado, colocación y compactación de la mezcla asfáltica. Dentro de este contexto, la presente investigación realiza una comparación experimental entre especímenes tipo briqueta fabricadas en sitio y especímenes tipo núcleos extraídos de una capa de rodadura en uso con el fin de estudiar y determinar el grado de correlación de los parámetros esenciales para determinar el porcentaje óptimo de asfalto empleados tanto a nivel de laboratorio como en sitio. Para esto, mediante métodos estadísticos se ha empleado la prueba de correlación de Spearman.

Abstract

In Ecuador, most of the hot asphalt mixes used in high traffic roads are still designed using the Marshall method. The main objective in using this methodology is to determine the optimum percentage of asphalt based on mix parameters such as density, void volumes, stability and flow. [1]. It is for this reason that a correct quality control and assurance process is essential during the mixing, placement and compaction stages of the asphalt mix. Within this context, the present investigation makes an experimental comparison between briquette-type specimens manufactured on site and core-type specimens extracted from a wearing course in use in order to study and determine the degree of correlation of the essential parameters to determine the optimum percentage of asphalt used both in the laboratory and on site. For this purpose, Spearman's correlation test was used by statistical methods. Based on the results obtained, it has been concluded that there is a low correlation between these two types of processes, which is possibly due

¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador.

² Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador.

³ Docente de la carrera de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador.

Autor para correspondencia: jmaldonadoh1@est.ups.edu.ec; jpozoc1@est.ups.edu.ec;

Basados en los resultados obtenidos, se ha llegado a concluir que existe una correlación baja entre estos dos tipos de procesos, que posiblemente se deba a la influencia del taladrado en la extracción de núcleos en las propiedades de los agregados y en la mezcla asfáltica por una pérdida de asfalto.

Palabras Clave: Densidad, estabilidad, flujo, parámetros, Método Marshall, volumen de vacíos.

to the influence of coring on the properties of the aggregates and on the asphalt mix due to a loss of asphalt.

Keywords: Density, stability, flow, parameters, Marshall Method, void volume.

1. Introducción

El control de calidad es indispensable durante y posterior al proceso de colocación de la mezcla asfáltica, ya que se debe comprobar el cumplimiento de los estándares de calidad y normativas requeridas.

Para que se efectúe sin ninguna irregularidad, es muy importante esclarecer que todos los procedimientos presenten resultados similares para evitar problemas entre contratistas y fiscalizadores, ya que existe la discrepancia de los resultados entre compactación de briquetas y la extracción de núcleos. El primero consiste en conformar una briketa de mezclas asfálticas de forma manual siguiendo la metodología descrita en el ensayo Marshall de la normativa American Society for Testing and Materials (ASTM D-1559), para un posterior análisis de las propiedades de las mismas. [1].

El segundo, se lo realiza posterior al compactado con rodillos tanto de tambor como neumáticos y tras esperar que el pavimento este a temperatura ambiente se realiza la extracción de núcleos mediante taladrado bajo normativa American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO T 230-68 e Instituto Nacional de Vías INV E 758-13 de la capa de rodadura para un posterior análisis de propiedades en base al ensayo Marshall ASTM D-1559. Por ello se pretende encontrar un valor de un factor de correlación entre estos dos procedimientos, considerando las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente posterior a un ensayo Marshall ASTM D1559/MOP 404-5.04, además establecer la influencia en los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica al taladrar en el pavimento para su extracción.

Los trabajos de campo, conformación de briquetas y extracción de núcleos, se realizaron en la Obra vial “ASFALTADO, SEÑALIZACIÓN Y DRENAJE MENOR EN UNA LONGITUD DE 3KM DE LA VÍA GÜITIG - EL PEDREGAL”.

2. Materiales y Métodos

La investigación se efectuó en la vía Güitig - El Pedregal” ubicada en el cantón Mejía de la Provincia de Pichincha, donde se realizó un total de 128 probetas que conforman: 96 briquetas compactadas manualmente, agrupadas en 32 promedios de 3 probetas cada uno, que se tomaron abscisas específicas en sitio mientras se procedía a la construcción de la carpeta asfáltica; 32 extracciones de núcleos taladrados posterior a una compactación mecánica de la mezcla asfáltica en las mismas abscisas.[2]

El método Marshall elabora tres tipos de pruebas para establecer características volumétricas como mecánicas de las mezclas asfálticas compactadas tanto manualmente como posterior a la compactación mecánica: Determinación de la gravedad específica, Prueba de estabilidad y flujo, y, el Análisis de densidad y vacíos. [3]

2.1. Metodología Aplicada

2.1.1. Procedimientos en campo

1) Fabricación de briquetas y extracción de núcleos

Para la fabricación de briquetas compactadas en sitio se toma en cuenta que cada volqueta vierte 38 metros lineales con un ancho de carpeta de 3 metros y con espesor de 3” (7,62 centímetros), obteniendo un volumen de 8.69 m³, esto se representa: por tres briquetas las mismas que se fabrican conforme a la normativa Propiedades Marshall de mezclas asfálticas en caliente, ASTM 1559; y un núcleo el mismo que fue extraído entre 4 a 6 días posterior a una compactación con rodillos de tambor y neumáticos conforme a lo establecido en la normativa INVE 758 y ASSHTO T230-70. Las muestras del pavimento compactado no se toman hasta que el material se haya endurecido lo suficiente para permitir la extracción del testigo sin producir perturbaciones estructurales en las uniones del agregado grueso con el mortero. [1] [4].

2.1.2. Procedimientos en laboratorio

1) Determinación de la gravedad específica

La prueba de gravedad específica se ejecuta de acuerdo con la Norma ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas mediante superficies saturadas de especímenes secos; y desarrolla tan pronto se haya enfriado la muestra a un cuarto de temperatura. [5]

2) Prueba de estabilidad y flujo

Una vez determinada la gravedad específica, se desarrolla la prueba de estabilidad y flujo de acuerdo a la normativa ASTM D1559.

La estabilidad del espécimen de prueba es la máxima resistencia en N (lb) que un espécimen estándar desarrollará a 60 ° C cuando es ensayado. El valor de flujo es el movimiento total o deformación, en unidades de 0.25 mm (1/100") que ocurre en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad. [10]

3) Análisis de densidad y vacíos

Al completar las pruebas de estabilidad y flujo, se procede al análisis de densidad y vacíos para cada serie de muestras de prueba. En base a ASTM D2041 se determina la gravedad específica teórica máxima para al menos dos contenidos de asfalto, de preferencia a aquellas que se acerquen al contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calculará de estos valores. [7]

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (Va); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA). [8][9]

2.2. Equipos y materiales

2.2.1. Procedimientos en campo

1) Briquetas compactadas manualmente

- Moldes de compactación
- Extractor
- Martillo de compactación
- Pedestal de compactación
- Sujetador de molde
- Equipo misceláneo
- Temperatura de la mezcla 140 °C

Se prepara el molde y el martillo, limpiando completamente el conjunto del molde y cara del martillo de compactación y suavizar la parte interior del molde y la cara del martillo con un lubricante. Se coloca el conjunto, collar, molde y base en el pedestal del compactador, con una espátula se llena, acomodando la mezcla 15 veces en el perímetro y 10 veces en el centro. La temperatura antes de compactar debe cumplir los límites ya establecidos. Con el martillo de compactación aplicar 75 golpes en un tiempo no superior a 90 seg. Se saca la base y el collar, se invierte el molde.

Aplicar en la otra cara el mismo número de golpes en un tiempo no mayor al indicado. Después de la compactación, se saca la base y se depositó en cajas para su traslado a laboratorio. [10]



Figura 1. Compactación manual de briquetas en sitio

2) Extracción de núcleos mediante taladrado

- Broca.
- Equipos de Bajo Rendimiento para extracción de testigos.

Se localiza el equipo a 1m de los bordes del tramo facilitado. Extraer los testigos teniendo presente que:

Las brocas sean las adecuadas respecto a la calidad y dimensiones para el tipo de trabajo a realizar, pavimentos de asfalto de 102 mm (4") y se encuentran en buenas condiciones, la presión del agua sea suficiente para una adecuada refrigeración, presión de corte aplicada concuerde con la capacidad del equipo empleado, el mismo se asienta sobre la superficie de forma que la broca quede apoyada perpendicularmente sobre ella y los dispositivos de fijación aseguran la estabilidad durante la extracción.

Iniciar el corte a baja velocidad y presión moderada, hasta que los dientes de la broca hayan penetrado en el asfalto. Una vez alcanzada esa condición, se aumenta la velocidad y la presión hasta los niveles normales para un adecuado rendimiento, se mantienen los niveles constantes durante todo el tiempo que dure la extracción, de manera que se asegure una geometría uniforme en el testigo. Verificar que la temperatura superficial no sea demasiado alta, para evitar que el testigo se disgregue durante la operación.

Identificar claramente los testigos extraídos de acuerdo al nombre asignado a la muestra de acuerdo a la abscisa de la vía que han sido especificados en planos. Depositar los testigos en bolsas de polietileno de alta densidad y luego en cajas de embalaje impermeables, para evitar que se alteren sus propiedades durante el traslado al laboratorio. Almacenar los testigos de la capa asfáltica en el laboratorio en sitio apropiado, sin luz solar directa, a una temperatura ambiente entre 10 °C y 30 °C y sin condensación, con el fin de mantener inalterada su condición original hasta el momento del ensayo. [11] [12]

Es importante rellenar los agujeros dejados por la extracción de testigos para no alterar las propiedades de la estructura vial.



Figura 2. Extracción de núcleos mediante taladrado

2.2.2. Ensayos de laboratorio

1) Ensayo de Densidad Bulk.

- Balanza.

Determinar la masa en g. de las probetas pesando: en aire después de enfriadas las muestras a temperatura ambiente (A), sumergidas (C) en un baño de agua a 25 ± 1 °C por 3 a 5 min., en estado SSS (B) en g. sacando la probeta del agua y secando con una toalla húmeda. Mediante relación entre las masas obtenidas de las muestras determinar $Densidad\ Bulk = \frac{A}{B - C}$ [5].



Figura 3. Muestra sumergida y toma de datos de masa sumergida para ensayo de Densidad Bulk

2) Ensayo Densidad Teórica Máxima “Rice”



Figura 4. Ensayo RICE, método manual

- Picnómetro plástico.
- Frascos de vidrio.
- Balanza.
- Bomba de vacío o aspirador de agua.

Ingresar al horno briquetas y núcleos en bandejas metálicas el tiempo necesario para desmenuzar sin partir las partículas, de manera que no tenga agregados finos mayores a ¼”. Determinar la masa de cada espécimen (A) en g. pesando las muestras en aire después de enfriadas a temperatura ambiente. Agregar agua suficiente aproximadamente a 25 °C para cubrir la muestra.

Remover el aire atrapado de manera que a todas las muestras se aplique un vacío parcial de 30 mm de Hg (4 kPa) o menor de presión absoluta, durante un período de 5 a 15 minutos.

Para el caso de procedimiento manual, agitar el recipiente con las muestras a intervalos de alrededor de 2 minutos. Llenar los frascos y el picnómetro con agua a una temperatura de 25 ± 1 °C y determinar la masa de la muestra sumergido (C) en g. Determinar densidad teórica mediante relación entre las masas obtenidas de las muestras,

$$\text{Densidad Teórica máxima} = \frac{A}{B - C} [7]$$

3) Prueba De Estabilidad Y Flujo

- - Mordaza.
- - Máquina Marshall.

Sumergir las muestras en un baño de agua a 60 ± 1 °C durante 30 a 40 min., antes de ensayar, y debe ser secada cuidadosamente para colocarla en el centro en la parte inferior de la mordaza, luego colocar la parte superior y centrar el conjunto en el aparato de carga.

Aplicar carga a la probeta a una velocidad constante de deformación de 50 ± 1 mm/min., hasta que se produzca la falla. El punto de falla queda definido por la carga máxima obtenida. [6]



Figura 5. Prueba de Estabilidad y Flujo. Máquina Marshall

4) Análisis de Densidad y Vacíos

VACÍOS EN AIRE

Los vacíos en aire en la mezcla compactada (Va) se determinan una vez se obtenga la densidad Bulk (Gmb) y la densidad Rice (Gmm). [13]

$$V_a = 100 \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

VACIOS EN AGREGADOS MINERALES

Mediante los valores de Gravedad específica neta del total de agregado (Gsb) y Gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada y Contenido de agregado, porcentaje total de la mezcla asfáltica (Ps) se determina. [13]

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

3. Resultados y Discusión

Se presentan los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio de acuerdo al Método Marshall en briquetas compactadas manualmente en sitio y núcleos extraídos mediante taladrado, que serán comparados mediante análisis estadísticos.

Tabla 1 Valores obtenidos de Ensayos

No.	Código	Briquetas compactadas manualmente en sitio						Núcleos extraídos mediante taladrado					
		Ensayo de Densidad Bulk.	Ensayo Densidad Teórica Máxima "Rice"	Ensayo de Estabilidad (lb)	Ensayo de Flujo (0.01")	Ensayo de Vacíos en Aire	Ensayo de Vacíos en Agregados Minerales	Ensayo de Densidad Bulk.	Ensayo Densidad Teórica Máxima "Rice"	Ensayo de Estabilidad (lb)	Ensayo de Flujo (0.01")	Ensayo de Vacíos en Aire	Ensayo de Vacíos en Agregados Minerales
1	A	2,298	2,41	6150,007	13,287	54,948	10,266	2,274	2,41	2366,328	42,311	49,755	11,217
2	B	2,21	2,41	2888,737	10,566	39,544	13,716	2,154	2,41	1942,593	35,98	33,226	15,909
3	C	2,203	2,373	3058,586	12,024	51,823	14,886	2,049	2,372	930,507	41,665	34,731	20,851
4	D	2,221	2,373	2532,832	11,496	54,726	14,208	2,155	2,372	1817,588	38,193	45,514	16,738
5	E	2,208	2,373	3363,391	11,354	52,59	14,701	2,145	2,372	1683,242	36,295	44,224	17,143
6	F	2,259	2,296	3128,797	17,798	88,872	14,468	2,223	2,362	1570,208	33,126	62,838	15,816
7	G	2,249	2,296	2496,888	15,451	86,29	14,837	2,091	2,362	647,713	22,531	44,839	20,841
8	H	2,237	2,31	3353,389	13,429	76,928	13,786	2,258	2,363	2258,528	25,72	65,491	12,975
9	I	2,282	2,31	3396,02	17,58	89,892	12,037	2,196	2,363	1790,509	24,228	53,864	15,346
10	J	2,135	2,31	2510,574	13,677	57,226	17,692	2,203	2,363	1414,152	24,795	54,959	15,086
11	K	2,227	2,317	2746,115	16,472	76,685	16,558	2,209	2,29	879,39	40,52	79,551	17,223
12	L	2,193	2,317	3153,959	16,178	67,431	16,338	2,158	2,29	1334,547	30,343	67,352	17,694
13	M	2,239	2,317	3539,585	15,106	78,041	15,348	2,16	2,29	662,917	14,921	68,963	18,324
14	N	2,226	2,308	3905,928	14,311	73,231	13,239	2,201	2,314	1616,116	28,657	60,005	14,22
15	O	2,248	2,308	4375,048	13,831	79,055	12,385	2,188	2,314	694,354	15,012	61,371	14,723
16	P	2,089	2,433	3697,763	12,534	38,324	22,912	2,03	2,402	1147,803	30,035	24,015	20,418
17	Q	2,32	2,433	4379,621	13,261	67,639	14,413	2,228	2,402	768,334	15,906	42,512	12,659
18	R	2,324	2,433	3743,101	11,413	68,535	14,251	2,197	2,402	689,228	15,752	38,281	13,864
19	S	2,303	2,439	3792,947	13,104	63,348	15,261	2,207	2,427	1223,15	41,402	33,916	13,675
20	T	2,311	2,439	3586,907	11,764	64,87	14,957	2,262	2,427	792,596	19,835	41,2	11,536
21	U	2,281	2,439	3197,453	12,077	59,676	16,05	2,19	2,427	642,585	78,488	32,064	14,352
22	V	2,297	2,444	3491,878	11,091	59,5	14,9	2,234	2,451	822,153	17,366	26,259	12,026
23	W	2,253	2,444	2632,086	14,172	52,711	16,502	2,239	2,451	1530,176	31,433	26,711	11,847
24	X	2,275	2,444	2913,543	12,791	55,926	15,702	2,176	2,451	1248,265	30,571	21,474	14,322
25	Y	2,275	2,408	3415,201	11,846	64,097	15,422	2,108	2,429	508,122	70,78	20,988	16,73
26	Z	2,297	2,408	3844,834	12,362	68,427	14,589	2,122	2,429	511,539	78,622	21,875	16,161
27	AA	2,279	2,408	2953,907	12,744	64,956	15,25	2,121	2,429	416,715	78,118	21,828	16,19
28	AB	2,28	2,391	3063,7	11,866	69,967	15,516	2,137	2,477	459,069	78,705	13,372	15,825
29	AC	2,311	2,391	3742,484	14,24	76,636	14,359	2,22	2,477	1094,667	37,744	17,475	12,577
30	AD	2,26	2,391	2275,184	12,042	66,293	16,236	2,144	2,477	670,423	20,429	13,637	15,566
31	AE	2,325	2,432	3476,108	13,445	68,615	14,006	2,15	2,442	527,807	21,74	22,905	15,483
32	AF	2,227	2,432	1951,401	11,9173	52,309	17,603	2,141	2,442	508,089	39,5433	22,288	15,844

3.1. Prueba de hipótesis

Los métodos explicados a continuación es un ejemplo de lo aplicado a todos los parámetros del Método Marshall, descritos anteriormente, ya que se tuvo para todos los parámetros la misma tendencia y resultados similares.

3.1.1. Método de Shapiro Wilk

Se utiliza el método Shapiro Wilk debido a que el número de muestras n es igual a 32 y partiendo de la hipótesis nula: los datos siguen una distribución normal. Conforme a la Tabla 2 Prueba de normalidad “Estabilidad”, mediante el programa de análisis estadístico, de lo cual se obtiene un porcentaje de significancia menor al 0.05 por lo tanto no se aprueba la hipótesis nula, teniendo así una distribución no paramétrica. [13]

3.1.2. Histograma de resultados

De acuerdo a las ilustraciones 6 Histograma Estabilidad de briquetas compactadas manualmente, 7 Histograma de núcleos extraídos mediante taladrado, se observa una desviación estándar de 765.977 y 556.112 respectivamente, entre una frecuencia esperada en la Estabilidad por lo tanto los resultados obtenidos no se ajustan a una distribución normal, corroborando los datos obtenidos del método Shapiro Wilk por el programa de análisis estadístico.

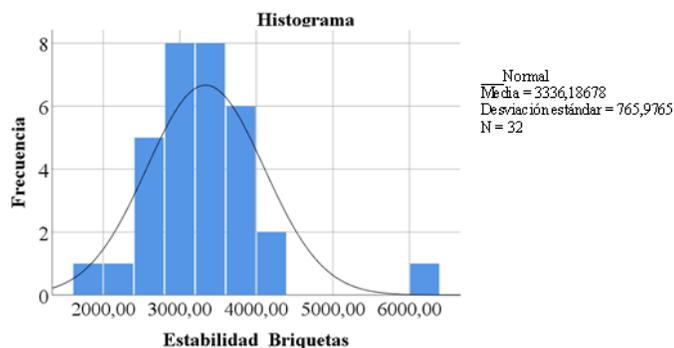


Figura 6. Histograma Estabilidad Briquetas

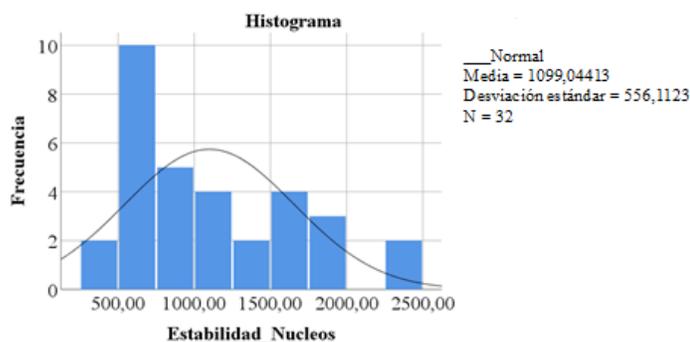


Figura 7. Histograma Estabilidad Núcleos

Tabla 2 Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad_Briquetas	0,135	32	0,148	0,900	32	0,006
Estabilidad_Núcleos	0,159	32	0,038	0,912	32	0,013

a. Corrección significativa de Lilliefors

3.1. Coeficiente de correlación (R^2)

Con base a la tabla de resultados Tabla 3. e ilustración 8 obtenidas de los programas de análisis estadístico, respectivamente se puede observar que el factor de corrección R^2 es menor que 0.8, lo que implica una correlación baja positiva. [14]

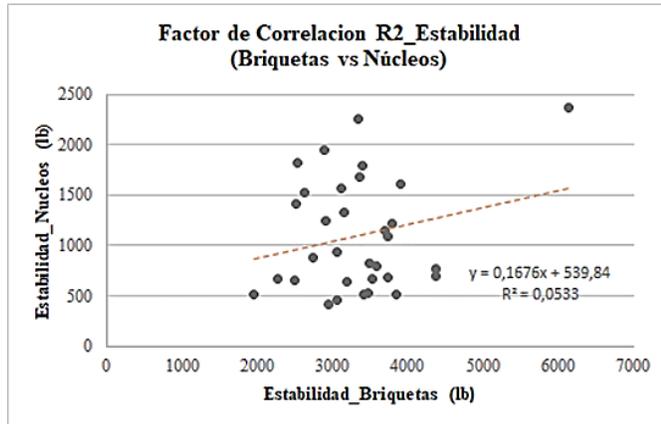


Figura 8. Estabilidad Briquetas vs Estabilidad Núcleos

3.2. Correlación ANOVA

De acuerdo al resultado con un nivel de significancia obtenido de 0.204 que es mayor al establecido 0.05, como indica la Tabla 9. se determina aprobar la correlación entre la propiedad Marshall, Estabilidad de los dos métodos de muestreo. [15]

3.3. Correlación no paramétrica

El coeficiente de correlación de Spearman es de 0.44 con una significancia 0.813 con base a la tabla 19. “Coeficiente de correlación de Spearman” por lo tanto se encuentra en un nivel de correlación positiva media, con una correlación estadística no significativa.

Debido a que los resultados de briquetas compactadas a mano y núcleos extraídos mediante taladrado siguen una tendencia lineal positiva, pero existe una desviación estándar relativamente alta comparándolos el uno con el otro, por lo tanto, así se incremente el número de muestras estos no se correlacionaran. Como se observa en las siguientes ilustraciones, 9, 10, 11 obtenidas en el software. [15]

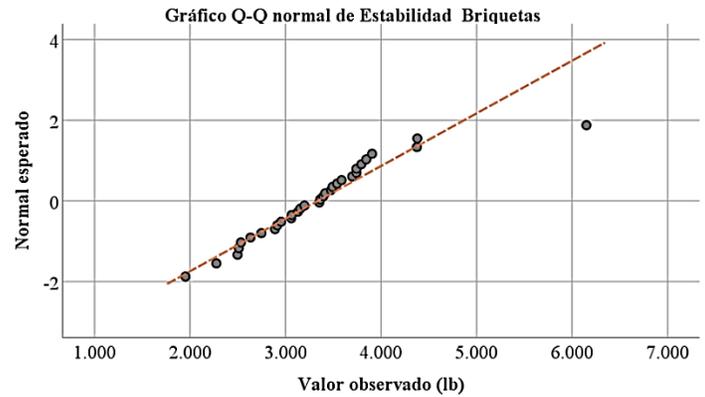


Figura 9. Tendencia de resultados EstabilidadBriquetas

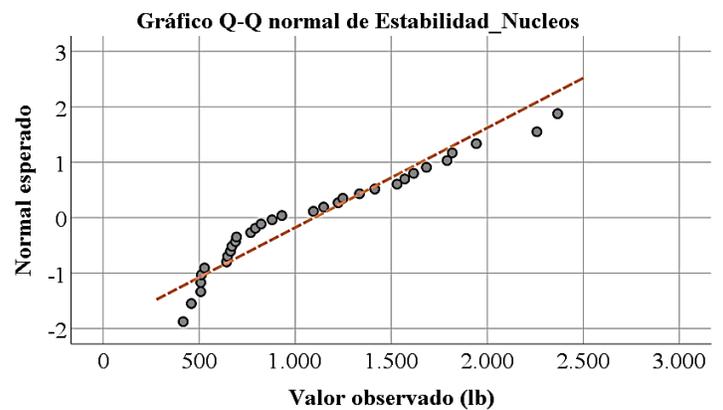


Figura 10. Tendencia de resultados Estabilidad Núcleos

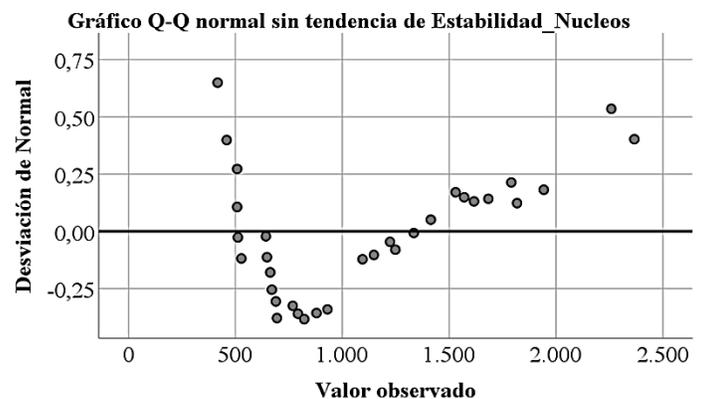


Figura 11. Desviación Estándar Estabilidad Briquetas

Tabla 3 Coeficiente de correlación R² Estabilidad

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio	
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F
1	0,231 ^a	0,053	0,022	550,0327904	0,053	1,689

Tabla 4 Correlación Método ANOVA Estabilidad

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	511006,57	1	511006,57	1,689	0,204 ^b
	Residuo	9076082,114	30	302536,070		
	Total	9587088,684	31			

a. Variable dependiente: Estabilidad_Nucleos

b. Predictores: (Constante), Estabilidad_Briquetas

Tabla 5 Coeficiente de correlación de Spearman Estabilidad

Rho de Spearman	Estabilidad_Briquetas	Coeficiente de correlación	Estabilidad_Briquetas	Estabilidad_Nucleos
		Sig. (bilateral)		
		N	32	32
	Estabilidad_Nucleos	Coeficiente de correlación	0,44	1,000
		Sig. (bilateral)	0,813	
		N	32	32

3.4. Análisis de resultados estadísticos

Tabla 6 Resumen de valores de media obtenidos

Ensayo	Briquetas compactadas manualmente	Núcleos extraídos mediante taladro
Densidad Bulk	2,2544	2,1439
Densidad Teórica Máxima. <i>Fórmula 1.</i>	2,3351	2,424
Densidad Teórica Máxima. <i>Fórmula 2</i>	2,3498	2,4424
Estabilidad. lb Flujo. 0,01”	3336,18 13,288	1099,04 36,274
Vacíos de Agregados Minerales (VAM) <i>Fórmula 1</i>	15,07	15,41
Vacíos de Agregados Minerales (VAM) <i>Fórmula 2</i>	5,34	9,2

En referencia a la información de la Tabla 11, se observa lo siguiente,

- Los núcleos tienen una densidad bulk menor al de las briquetas compactadas a mano, lo que implica una falla en la mezcla asfáltica, así como en la compactación mecánica, que al momento de la extracción de los núcleos se evidencia una alta porosidad de los mismos.
- La diferencia que existe en la Densidad Teórica Máxima entre datos de la misma fórmula con los dos diferentes métodos de extracción se da debido a la pérdida de asfalto la cual impermeabiliza al agregado, por ello vemos una mayor densidad en núcleos.
- Para los Vacíos de Agregados Minerales (VAM), como en las otras propiedades se observa una desviación significativa, así como también elevados valores de vacíos lo cual reafirma una falta de compactación y una falla en la mezcla asfáltica, al ser VFM dependiente de los valores tendrán resultados similares.

4. Conclusiones

- Para determinar la influencia del taladrado en la mezcla asfáltica por una posible pérdida del asfalto al momento del cizallamiento, se realizó ensayos de extracción de asfalto mediante hornos de ignición tanto a la briqueta compactada a mano como al núcleo extraído mediante taladrado dando resultados 7.515% y 6.701% respectivamente, por lo cual se ve una diferencia de 0.81%, afirmando que se pierde un porcentaje considerable de asfalto debido al cepillado de los núcleos y al cizallamiento al momento de la extracción.
- Para propiedades Marshall en su mayoría se tuvieron resultados de R^2 en los programas informáticos especializados en el análisis estadístico de (0,22-0,77) con un nivel de correlación baja y media para todos ellos con una distribución no paramétrica.
- Con lo nombrado anteriormente y basados en los resultados arrojados del software con el método de Spearman se presenta una correlación baja (0,04-0,715) con resultados estadísticos no significativos, de esta manera se procedió al análisis individual de cada método por cada propiedad, obteniendo resultados estadísticos significativos ($p > 0,05$) del mismo se muestra que los resultados de todas las propiedades obedecen a una regresión lineal positiva, ilustración 8, 9, 10, 11 esto implica que si se aumenta el número de muestras los resultados de correlación seguirán siendo los mismos.

Referencias

- [1] M. 001-F. M. de T. y O. Publicas, “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.” Quito, 2008.
- [2] A. R. R. José M. Cortez García, H. Guzmán, “Guía Básica De Diseño, Control De Producción Y Colocación De Mezclas Asfálticas En Caliente,” Universidad de el Salvador, 2007.
- [3] S. Gonzáles Minaya, Manual de Laboratorio Ensayos para Pavimentos Volumen I. Lima, Perú, 2001.
- [4] N. T. E.-I. E. de Normalización, “NTE-INEN 2 515:2010 Productos Derivados Del Petróleo, Cemento Asfáltico (Clasificación por viscosidad).” Quito, 2015.
- [5] American Society for Testing and Materials, “ASTM D2726 Gravedad Específica Bulk.” 2003.
- [6] American Society for Testing and Materials, “ASTM D6927 Estabilidad y Flujo.” 2003.
- [7] American Society for Testing and Materials, “ASTM D2041 Gravedad Específica Teórica Máxima.” 2003.
- [8] M. de C. del Paraguay, Normas para Materiales y Ensayos de Materiales Tomo 6 Volumen II. Paraguay, 2009.
- [9] American Society for Testing and Materials, “ASTM C136-C137 Comprobación Granulométrica.” 2003.
- [10] American Society for Testing and Materials, “ASTM D1559 Propiedades Marshall de mezclas asfálticas en caliente.” 2003.
- [11] Instituto Nacional de Vías, “INVE E 758-07 Métodos de Extracción de Testigos en Pavimentos Terminados y Otras Obras Estructurales.” Colombia, 2012.
- [12] American Association of State Hightway and Transportation Officials, “AASHTO T230-68 GUIDE FOR DESING OF PAVIMENTS ESTRUCTURS.” 1993.
- [13] M. V. C. Flores, “Relación de las Propiedades Marshall de Estabilidad y Flujo de una mezcla asfáltica en caliente, durante su colocación y posterior a la misma,” Universidad de Cuenca, 2017.
- [14] S. G. G. H. Bryan Andrés Álvarez Soria, “Correlación entre resistencia a la tracción indirecta y la resistencia climática (Absorción de agua) en adoquines de hormigón en la ciudad de Quito,” Universidad Politécnica Salesiana, 2020.
- [15] J. A. Corzo Salamanca, “Estadística no paramétrica: métodos basados en rangos,” Universidad Nacional de Colombia, 2005.