

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA
(UNPHU)**

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Escuela de Ingeniería Civil

“Relación Costo-Beneficio del Uso del Asfalto Drenante en la República Dominicana”.



**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil**

Sustentado por:

Elisa Massiel Rodríguez Quezada

Bolívar Jesiel Castillo Castillo

Asesor:

Ing. José Armando Guzmán Buonpensiere

Santo Domingo, D.N.

2016

Relación Costo – Beneficio del Uso del Asfalto Drenante en la República Dominicana.

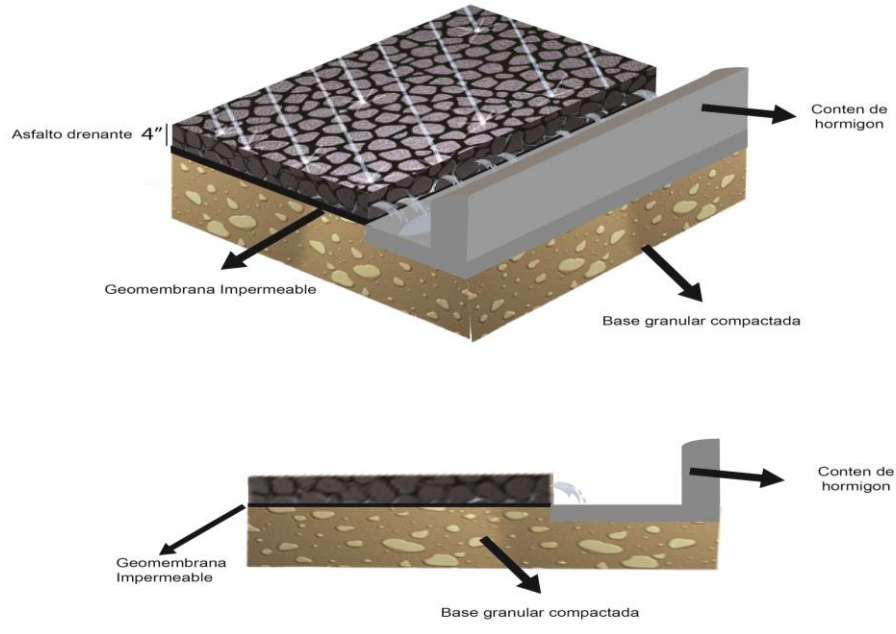


Ilustración. Asfalto Drenante sobre Base Granular Compactada.

Fuente: Propia.

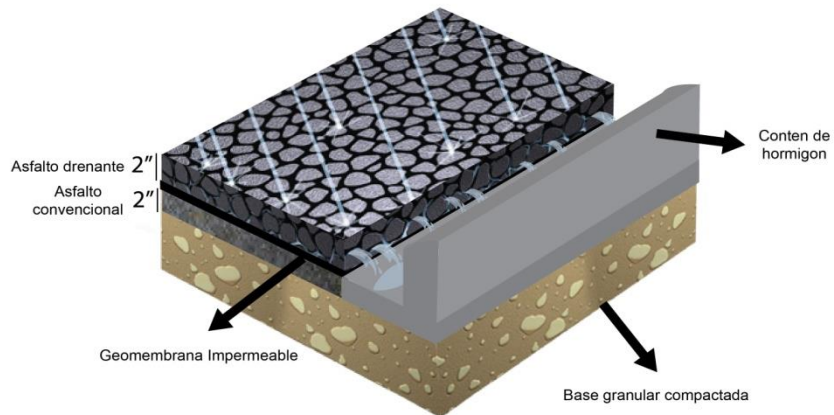


Ilustración. Asfalto Drenante sobre Asfalto Convencional Existente.

Fuente: Propia.

DEDICATORIA

A Dios por sobre todas las cosas, a mis padres Natividad Quezada y Elvin Rodríguez, a mis hermanas Nathalia Rodríguez y Nicole Rodríguez. A mis maestros por todos los conocimientos adquiridos durante el trayecto. A mis familiares y amigos que me mantuvieron motivada para culminar esta etapa. A todos aquellos que formaron parte de esta investigación.

Elisa M. Rodríguez Quezada.

A Dios porque el siempre está en el timón de mi vida, dirigiéndola y guiándola para salir siempre adelante sin importar las adversidades.

A mi padre el Lic. Bolivar Castillo por estar siempre ahí para mí, por sus consejos y sus lecciones.

A mi madre la Ing. Ana Marys Castillo, por nunca darse por vencida conmigo por estar ahí para mi, por ayudarme en todo, por confiar siempre en mi por todos esos corajes que te hice pasar, al final valieron la pena y esta tesis o mejor dicho este logro es mas tuyo que mío, todo lo que soy es gracias a ti, por motivarme en todo momento y nunca dejar que me rindiera porque siempre has querido lo mejor para mí y por incúlcame grandes valores.

A mis hermanos, Adrián y Abel, a mis tías, Nurys, Siona, Ingrid, Rosa, a mis amigos y a mi padrino el Ing. Raymundo García por darme el tiempo y la comprensión para terminar este trabajo.

A mi novia, Elisa Massiel Rodríguez Quezada, quien también es mi compañera de tesis, por nunca rendirse, por tantas dificultades y sacrificios, por estar siempre apoyándome y estar ahí en todo momento, sabes que este logro es nuestro como muchos que vendrán.

Bolívar J. Castillo Castillo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, porque gracias a él todo ha sido posible, a mi madre Natividad Quezada y mi padre Elvin Rodríguez por su apoyo incondicional sobre todas las cosas, a mis hermanas Nathalia Rodríguez y Nicole Rodríguez por siempre estar ahí en todo el trayecto.

A Laboratorios P & R Ingeniería por todo el servicio brindado, su solidaridad y apoyo en todo lo requerido de la investigación, en especial a la Ing. Digna Cuevas. A nuestro asesor el Ing. José Armando Guzmán por su apoyo siempre. A mi jefe el Ing. Allan Guzmán por su apoyo y su gran ayuda. A mi suegra la Ing. Ana Marys Castillo por el sustento en todo el recorrido.

A mi novio y compañero de este gran proyecto, Jesiel Castillo por estar ahí en todas las adversidades, por el sacrificio que solo tú y yo sabemos, por el apoyo y comprensión incondicional. Esta meta que la iniciamos juntos con toda la motivación y la terminaremos juntos con todo el orgullo.

A mis compañeras de vida Paola Dominici, Sarah Berges, Laura García, Ayleen Contreras, Geymi Santana y Amelia Elcenko por su confianza y soporte. A mis compañeros de carrera que son testigos de todo mi recorrido y por su gran colaboración. Dionis Marte, Carolin Pérez, Julia Perozo, Enmanuel Veras, José Peña, Máximo Almanzar, Ana Argelia, Rafael Melo y Cristian Amparo.

Elisa M. Rodríguez Quezada.

Quiero agradecer a Dios por haberme permitido y ayudado a terminar este ciclo en mi vida como es mi carrera universitaria, agradecer a mi padre Lic. Bolivar Castillo y sobre todo a mi madre la Ing. Ana Marys Castillo porque sin ella nada de esto hubiera sido posible, agradecer a la ingeniera Digna Cuevas por habernos ayudado a realizar los ensayos del laboratorio, agradecer a mis amigos, mis hermanos, mis tías y a mi novia Elisa Rodríguez por siempre estar ahí en la buenas y en las malas, de verdad que sin ti no lo hubiera logrado, por tantas noches sin dormir, tantos dolores de cabeza que te hice pasar, pero al final lo logramos. A mi asesor el Ing. José Armando Guzmán Buonpesiere por asesorarnos y guiarnos.

Bolívar J. Castillo Castillo.

RESUMEN

En nuestro país el uso del pavimento asfáltico es muy utilizado en la construcción de carreteras y durante muchos años ha tenido un buen comportamiento para los servicios que ha sido creado, no obstante a eso en el transcurso de los tiempos se han determinado algunos problemas en las carreteras construidas con este tipo de mezcla, entre lo que podemos mencionar se encuentran:

- El hidropelaje. Se lleva a cabo cuando la capa de agua se forma entre el neumático y el pavimento causando así un falso contacto, haciendo que el conductor pierda el control de su vehículo.
- Efecto neblina. Este fenómeno se presenta en dos casos: el levantamiento del agua (Splash) y la pulverización o efecto neblina (Spray). Estos efectos se realizan cuando el pavimento con agua produce una pulverización y si hay mucha agua acumulada, aparecerá el levantamiento del fluido.

En el extranjero se han desarrollado alternativas para este tipo de problemas, dando lugar a utilizar las mezclas drenantes las cuales presentan un favorable comportamiento en lo que respecta al tránsito en condiciones de lluvia con el propósito de evitar numerosos accidentes causados por lluvia en nuestro país.

El presente trabajo de investigación denominado RELACION COSTO – BENEFICIO DEL USO DEL ASFALTO DRENANTE EN LA REPUBLICA DOMINICANA, pretende enfocar: 1) Un diseño de mezcla asfáltica drenante para su uso y beneficio en la República Dominicana y la seguridad de los conductores al transitar. 2) Un estudio detallado de los costos de las mezclas drenantes y su comparación con las mezclas convencionales. Además de la utilización de la inclusión de polímeros en estas mezclas drenantes.

El siguiente trabajo comprende 4 capítulos, en los que se desarrollaran la descripción de la investigación y el trabajo experimental, por tanto, se llevo a cabo la selección de materiales y diseño de la mezcla para establecer un adecuado proporcionamiento de la misma.

Finalmente se presentan un resumen de los beneficios del asfalto drenante para los usuarios y un diseño elaborado en laboratorio para su mejor uso.

ABSTRACT

In our country the use of asphalt pavement is very used in the construction of roads and for many years has had a good behavior for the services that has been created, nevertheless a that in the course of time Roads built with this type of mixture , Among which you can mention are:

- Hydroplaning. A cable is worn when the water layer forms between the tire and the pavement causing false contact, causing the driver to lose control of his vehicle.
- Fog effect. This phenomenon occurs in two cases: the water lifting (Splash) and the spraying of the mist effect (Spray). These effects are realized when the pavement with water produces a spray and if there is much water accumulated, appears the lifting of the fluid.

Abroad alternatives have been developed for this type of problems, resulting in mixtures of drainage causes have a favorable behavior in terms of transit in rainy conditions in order to avoid accidents caused by rain in our country.

The present research work called COST - BENEFIT RATIO OF THE USE OF DRIFTING ASPHALT IN THE DOMINICAN REPUBLIC, focusing on the cause: 1) A design of the drainage asphalt mixture for its use and benefit in the Dominican Republic and the safety of drivers On the road. 2) A detailed study of the costs of drainage mixtures and their comparison with conventional mixtures. In addition to the use of the inclusion of polymers in these draining mixtures.

The following work comprises 4 chapters, which reveal the description of the research and the experimental work, therefore, the selection of materials and the design of the mixture are carried out to establish a single size of the same.

Finally, a summary of the benefits of drainage asphalt for the users and a design elaborated in the laboratory for their best use is presented.

INDICE

INTRODUCCION.....	17
I. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA.....	19
1.1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACION	20
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	21
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.3.-JUSTIFICACION	22
1.4.- ANTECEDENTES.....	23
1.5.- ALCANCES Y LIMITACIONES	25
II- MARCO TEORICO	26
2.1- DEFINICIONES	26
2.2.- MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.3.- MARCO CONTEXTUAL	28
2.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	28
2.4.1- VENTAJAS.....	29
2.4.2- DESVENTAJAS	33
2.5.- DIFERENCIAS ENTRE EL HORMIGON ASFALTICO CONVENCIONAL Y EL DRENANTE.....	34
2.6.- ELABORACION DE MEZCLAS DRENANTES	37
2.6.1.- COMPONENTES	38
2.6.2. - AGREGADOS	39
2.6.3.- LIGANTE BITUMINOSO	41
2.6.4.- PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LA MEZCLA	42
2.6.5.- FABRICACION Y PUESTA EN OBRA	47
2.6.6.- ASFALTOS MODIFICADOS	52
2.6.6.1.- OBJETIVOS DE LA MODIFICACIÓN	53
2.6.6.2.- BENEFICIOS QUE SE BUSCAN CON LA MODIFICACIÓN DEL ASFALTO	54
2.6.6.3.- LOS POLIMEROS.....	55
2.6.7.- MÉTODOS EMPLEADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES.	59
III. MARCO METODOLOGICO	62

3.1.- ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	62
3.2. - TIPO DE INVESTIGACION.....	62
3.3.- PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION	63
3.3.1.- METODOLOGIA	63
3.3.2.- DISEÑO DE MEZCLA	64
3.3.2.1.- DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS.....	64
3.3.3.- DOSIFICACION DE AGREGADOS.....	69
3.3.4.- ASFALTO MODIFICADO CON POLIMERO “TERPOLIMERO ELASTOMERO REACTIVO DE ETILENO” (TERE).	76
3.3.5.- DISEÑO DE MEZCLA	77
3.3.5.1. ELABORACION DE BRIQUETAS.....	78
3.3.5.2.- VACIOS	83
3.3.5.2.1.- DENSIDAD BULK.....	83
3.3.5.5.- DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (SECO)	84
3.4 – METODO DE INVESTIGACION.....	87
3.5.- TECNICAS DE INVESTIGACION.....	88
IV. ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS	88
4.1.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	88
4.1.1- DESCRIPCION DEL ENSAYO.....	88
4.1.1.1.- VACIOS EN LA MEZCLA.....	89
4.1.1.1.1.- DENSIDAD BULK.....	89
4.1.1.1.2.- GRAVEDAD ESPECÍFICA MAXIMA TEORICA.....	89
4.1.1.1.3.- CALCULO DE VACIOS.....	89
4.1.1.2.- DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES EN ESTADO SECO.	90
4.1.2.1.- DETERMINACION DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO	91
4.1.2.- VOLUMETRIA DE LOS AGREGADOS PARA 1 M3.....	92
4.1.2.1.- DENSIDAD SUELTA DE LOS AGREGADOS.....	92
4.1.2.2.- CALCULO DE LOS VOLUMENES DE AGREGADOS PARA 1 M	97
4.2.- PRESUPUESTOS.....	98
4.2.1.- PRESUPUESTO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE BASE GRANULAR.	99
4.2.2.- PRESUPUESTO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE ASFALTO EXISTENTE.....	106
4.2.3.- PRESUPUESTO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE BASE GRANULAR.	114

4.2.4.- PRESUPUESTO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE ASFALTO CONVENCIONAL EXISTENTE.....	123
4.3.- ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS	131
4.4.- CONCLUSION	133
4.5.- RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFIA	136
ANEXOS	138

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Laboratorio P & R Ingeniería.....	28
Ilustración 2: Hidroplaneo.....	29
Ilustración 3: Macrotextura de Pavimento.....	30
Ilustración 4: Deslumbramiento de los faros sobre el pavimento.....	31
Ilustración 5: Proyecciones de agua causadas por los vehículos.....	32
Ilustración 6: Clasificación de polímeros.....	56
Ilustración 7: Porción de arena triturada gris proveniente de Industrias Bisono.....	65
Ilustración 8: Porción de Grava 3/4 proveniente de Industrias Bisono.....	66
Ilustración 9: Porción de gravilla proveniente de Parque Industrial Duarte.....	68
Ilustración 10: Proporciones de agregados para briquetas.....	76
Ilustración 11: Briquetas.....	78
Ilustración 12: Peso de Briquetas.....	79
Ilustración 13: Muestra de Polímero Terpolimero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE).....	80
Ilustración 14: Mezclado de agregados en caldera.....	81
Ilustración 15: Compactación de briquetas.....	82
Ilustración 16: Medición de briquetas.....	83
Ilustración 17: Pesos de briquetas.....	84
Ilustración 18: Máquina de los ángeles.....	85
Ilustración 19: Desgaste de briquetas.....	86
Ilustración 20: Desgaste de briquetas (Máquina de los ángeles).....	87
Ilustración 21: Granulometría de los agregados para la mezcla asfáltica drenante.....	138
Ilustración 22: Calentamiento de los agregados para el peso seco.....	139
Ilustración 23: Calentamiento del AC-30 con polímero para los agregados.....	139
Ilustración 24: Colocación de AC-30 con polímero en los agregados.....	140
Ilustración 25: Briquetas de Mezclas Asfálticas Drenantes.....	140
Ilustración 26: Ing. Digna Cuevas.....	141
Ilustración 27: Laboratorio P & R Ingeniería.....	142

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1: Perdida por desgaste en el ensayo cántabro	45
Grafica 2: Determinación de la permeabilidad in situ mediante permeámetro.	52
Grafica 3: Efecto de la incorporación de un polímero sobre la susceptibilidad térmica del asfalto	54
Grafica 4: Granulometría Arena Triturada Gris	66
Grafica 5: Granulometría Grava $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$	67
Grafica 6: Granulometría Gravilla.....	69
Grafica 7: Granulometría Cal	70
Grafica 8: Especificaciones Granulométricas.....	73
Grafica 9: Dosificación Teórica	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría de normativa española.....	40
Tabla 2: Características del asfalto modificado para mezclas drenantes.....	42
Tabla 3: Granulometría Arena Triturada Gris	65
Tabla 4: Granulometría Grava 3/4 a 1/2.....	67
Tabla 5: Granulometría Gravilla	68
Tabla 6: Granulometría Cal	69
Tabla 7: Clasificación Cemento Asfáltico.....	70
Tabla 8: Densidad Relativa del Cemento Asfáltico.....	71
Tabla 9: Curva Mezcla Drenante.....	72
Tabla 10: Tabla Dosificación Teórica	74
Tabla 11: Resumen de diseño de mezclas	75
Tabla 12: Gravedad Específica Máxima Teórica	89
Tabla 13: Desgaste Maquina de Los Ángeles	91
Tabla 14: Densidad Suelta del material: Arena	93
Tabla 15: Densidad Suelta del material: Gravilla.....	94
Tabla 16: Densidad Suelta del material: Grava	95
Tabla 17: Densidad Suelta del material: Agregados Combinados	96
Tabla 18: Resumen de Costos	131

INTRODUCCION

Los asfaltos drenantes son aquellas mezclas bituminosas cuyo contenido de vacíos es suficientemente alto para permitir que a su vez se drene el agua de lluvia con rapidez y pueda ser evacuada hacia otras cuencas u otros elementos de drenaje, evitando su permanencia en la superficie de la capa de rodadura, incluso bajo precipitaciones intensas y prolongadas.

Los asfaltos drenantes constituyen un tipo particular de pavimento que fue inicialmente concebido para mejorar la circulación con lluvia y evitar el problema de aquaplaning o hidroplaneo. El aquaplaning o hidroplaneo es la situación en la que un vehículo atraviesa en la carretera a cierta velocidad una superficie cubierta de agua, llevándolo a una pérdida de tracción y control del mismo por parte del conductor. Si esto ocurriese en la totalidad de las ruedas, el vehículo se convierte en efecto, en un trineo incontrolable.

La presencia de agua sobre el pavimento dificulta el contacto del neumático con la superficie del firme, dando lugar a que se produzcan con mayor facilidad ocasiones para el deslizamiento y el vuelco de los vehículos que circulan a altas velocidades.

Este método se implementa con objeto de mejorar la adherencia neumático-pavimento con lluvia o en presencia de agua, se ha desarrollado este tipo de mezcla que facilita la evacuación del agua a través de ella y el contacto neumático-pavimento.

En esta investigación se expondrán las bases de la relación Costo – Beneficio acerca de las mezclas drenantes, las cuales serán de interés particular en el país, se tratan los antecedentes con el propósito de conocer el desarrollo que ha tenido este tipo de mezcla a través de los años en otros países, asimismo el planteamiento, objetivos, alcances y limitaciones para definir el enfoque de la investigación a realizar, la justificación que enfatiza la importancia de la realización de dicho estudio.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

Las Vías de tránsito de mezcla asfáltica en La República Dominicana se diseñan con la pendiente necesaria con el propósito de que el agua drene hacia la respectiva cuneta, sin embargo durante lluvias intensas o prolongadas, no llega a ser suficiente para drenar el agua hacia los lados produciendo una película de agua sobre el pavimento que al filtrarse en esta debilita su estructura.

Cuando un vehículo circula sobre un pavimento se produce una separación entre el neumático y el pavimento, fenómeno conocido como hidroplaneo o aquaplaning, de igual forma se hace presente la reflexión de la luz que produce el agua sobre la superficie durante la noche, afectando la visión del conductor.

Esto ha llevado a que se realicen investigaciones proponiendo como una solución, el uso de mezclas asfálticas drenantes o porosas, las cuales proporcionan un mejor drenaje del agua a través de la capa de rodadura y no sobre la misma, significa que debe diseñarse la granulometría que se ajuste a lo requerido por las mezclas drenantes de acuerdo a las características propias de los agregados disponibles en nuestro país e investigar el comportamiento de nuestros asfaltos en estas mezclas.

1.1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACION

1. ¿Qué tan factible es el uso del asfalto drenante en su aspecto costo-beneficio?
2. ¿Por qué utilizar el asfalto drenante en las calles de República Dominicana?
3. ¿Cómo funciona este tipo de asfalto y como se aplica?
4. ¿Qué tipo de características tiene este asfalto para mejorar el pavimento en República Dominicana?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

1. Fundamentar la conveniencia del uso del asfalto drenante en las calles de República Dominicana para disminuir los efectos del agua y manejar las lluvias que se prolongan en las calles. Reducir el número de accidentes, dislocamientos del asfalto, agrietamientos por fatiga, lo que representa peligro al usuario.
2. Establecer un esquema de costo comparativo del asfalto drenante vs el asfalto convencional.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el costo-beneficio para la implementación del asfalto drenante.
- Elaboración de un diseño de mezcla drenante factible para su uso.
- Comparar el uso de este tipo de asfalto con otros similares.

1.3.-JUSTIFICACION

La humedad en nuestro país es uno de los factores que afecta en mayor grado el desempeño de la mezcla asfáltica debido a que produce una degradación en las propiedades mecánicas del material por la presencia de agua en forma líquida o como vapor. La degradación de las propiedades mecánicas se da por la pérdida de adhesividad entre el asfalto y el agregado y la pérdida de resistencia cohesiva en el cemento asfáltico por la presencia de agua.

Por tanto, vale la pena comenzar a establecer una Relación Costo-Beneficio del uso del Asfalto Drenante utilizando materiales (agregados y asfalto) para verificar que estas mezclas puedan aportar al mejoramiento de pavimentos en nuestro país.

En estas mezclas drenantes el porcentaje elevado de vacíos que estas permiten (20%-25%) ayudan en la evacuación más rápida del agua de la superficie del pavimento mejorando la visión del conductor en épocas de lluvia así como su elevada macrotextura favorece la adherencia neumático-pavimento permitiendo de esta forma una conducción más segura.

La importancia de dicha mezcla es que en ella drene el agua de lluvia con rapidez, y pueda ser evacuada hacia las cunetas u otros elementos de drenaje, evitando su permanencia en la superficie de la capa de rodadura, incluso bajo precipitaciones intensas y prologadas.

1.4.- ANTECEDENTES

Las mezclas drenantes, fueron inicialmente desarrolladas en los EEUU entre los años 40's, donde se empleaban como capas de pequeño espesor (2.5 cm aprox.) con el objetivo de renovar la textura superficial de pavimentos (Recapeos). Este empleo no suponía, sin embargo, un aprovechamiento integral de sus posibilidades y no se tenía en cuenta, al menos de una forma específica, la mejora que para la comodidad y seguridad de conducción supone la capacidad drenante. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

En Europa las mezclas asfálticas drenantes fueron desarrolladas en Francia en 1968, donde la experiencia mostró que, al cabo de diez años, aún colmatadas (bloqueo por la acumulación de sedimentos), mantenían una buena rugosidad superficial y un aceptable drenaje superficial. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

A mediados de los años setenta, la utilización de asfaltos modificados con polímeros permitió mejorar sus características geológicas (características elásticas, plásticas y viscosas) y de adherencia aumentando su cohesión y disminuyendo su susceptibilidad térmica. No obstante, debido a la confrontación entre ventajas e inconvenientes, el desarrollo de esta técnica en Francia se bloqueó, hasta 1985 cuando fue nuevamente retomada, pero fue España el primer país en estudiar con profundidad este tipo de mezclas. (Muñoz, G. 2012. Mezclas Drenantes)

Los estudios que se han realizado fueron enfocados al desarrollo de una metodología de diseño y control, en estos, intervinieron tanto la Dirección General de Carreteras como la Universidad y las Empresas Privadas de España, se iniciaron en los años 80 en la provincia de Santander y fueron dirigidos por la Escuela Técnica de Ingenieros de Caminos de Santander, como resultado de se normalizaron los siguientes estudios:

- Determinación de la pérdida por desgaste de mezclas asfálticas mediante el empleo de máquina de Los Ángeles (Ensayo Cántabro).

- Determinación de la permeabilidad in situ mediante el empleo del permeámetro L.C.S. (Laboratorio Escuela de Caminos de Santander).

Desde esa fecha, en España las mezclas asfálticas drenantes se utilizan en carreteras como capa de rodadura drenante, con espesores de 3 o 4 cm e incluso de 5 cm. Posteriormente, con el paso de los años, la experiencia y la investigación, el uso de estas mezclas se ha extendido por todo el mundo, adaptándose a todo tipo de condiciones climáticas y técnicas correspondientes a países como Suiza, Japón, Malasia o China no solo en carreteras como capa de rodadura drenante sino también, en estacionamientos vehiculares e incluso en aeropuertos. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

En Latinoamérica se observa el notorio uso que se le ha dado a estos estudios en las normativas propias de cada región que contemplan el diseño de mezclas asfálticas drenantes, mediante adaptaciones realizadas a las condiciones y materiales disponibles de cada región, países como Chile y Colombia, por ejemplo, donde se observa en sus respectivos documentos (Manual de Carreteras Chile, normas INV Colombia) las adaptaciones realizadas de los estudios españoles.

En estos países donde se utiliza este tipo de mezclas, se observa el acelerado nivel de popularidad que estas han tomado, por ejemplo, en España desde el año 1986 se iniciaron obras con mezclas asfálticas drenantes no experimentales y a finales de 1990 ya existían 10 millones de m², hoy en día se calcula que existen más de 100 millones de m². (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

1.5.- ALCANCES Y LIMITACIONES

Esta investigación tiene por alcance realizar un diseño de mezcla drenante en laboratorio para establecer una relación costo - beneficio de la misma. No contempla los procesos de elaboración en planta, colocación en campo, ni análisis de algún tramo de prueba. Este asfalto drenante será modificado con polímero llamado Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) , el cual permite mejorar la adherencia entre el agregado y el material bituminoso, además proporcionar una resistencia del asfalto dentro de la mezcla.

Existen muchos tipos de asfaltos modificados sin embargo esta investigación se limitará a establecer un análisis económico-comparativo de lo que es el asfalto drenante y el asfalto convencional que aplicamos normalmente en nuestro país, pero no establecemos comparaciones entre los diferentes tipos de polímeros que podrían utilizarse para la modificación del asfalto, sino que se utilizará un único tipo de polímero, el TERE.

Las briquetas de asfalto serán elaboradas bajo el método Marshall. Para establecer la satisfacción del diseño de la mezcla asfáltica serán verificadas las características más importantes de estas: pérdida por desgaste, porcentaje de vacíos y permeabilidad a través de ensayos de laboratorio.

II- MARCO TEORICO

2.1- DEFINICIONES

Las mezclas asfálticas drenantes pueden definirse como aquellas cuyo contenido de vacíos es suficiente para permitir que en ella filtre el agua de lluvia con rapidez, y pueda ser evacuada hacia cunetas u otros elementos de drenaje, evitando su permanencia en la superficie de la capa de rodadura, incluso bajo precipitaciones intensas y prologadas. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Habitualmente se admite que para que una mezcla pueda considerarse drenante debe tener un contenido mínimo de vacíos del 16%. Este límite establecido, 16%, puede parecer arbitrario. Realmente con valores inferiores de porosidad las mezclas pueden tener una capacidad drenante apreciable. Sin embargo, para que esta capacidad se mantenga durante un periodo de tiempo razonable, es necesario fijar un límite mínimo de partida. Este límite cambia según distintos criterios pero casi todos pueden englobarse dentro del correspondiente al 16%. Ello no supone que las distintas normativas se conformen con este porcentaje. Lo aconsejable es partir de una porosidad mayor. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Las mezclas drenantes pueden construirse tanto en caliente como en frío, empleando como ligante los asfaltos puros o las emulsiones asfálticas modificadas o no. De hecho, las mezclas en frío fabricadas tradicionalmente en España, con un contenido nulo o casi nulo de arena, son drenantes en sentido estricto con porcentajes de vacíos presente en la mezcla asfáltica del orden del 25%. Sin embargo, la técnica de las mezclas drenantes ha adquirido un auge espectacular en los últimos años debido al avance de sistemas de diseño e instalación en obra como mezcla bituminosa en caliente. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

2.2.- MARCO CONCEPTUAL

- **El Hormigón Asfáltico:** Es un material mezclado con aridos (arena, grava, gravilla y filler) y cemento asfáltico modificado o no para pavimentar caminos, carreteras, autovías y autopistas.
- **Las Mezclas Asfálticas Drenantes:** Son aquellas mezclas cuyo contenido de vacíos es suficiente para permitir que en ella filtre el agua de lluvia con rapidez, y pueda ser retirada hacia las cunetas u otros elementos de drenaje, evitando que se mantenga en la superficie de la capa de rodadura, incluso bajo precipitaciones intensas y prologadas.
- **Presupuesto:** Es el cálculo anticipado de los ingresos y egresos de una actividad económica durante un período. Es un plan dirigido a cumplir un propósito bajo ciertas condiciones previstas.
- **El costo-beneficio:** Es una técnica basada en obtener resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia como por motivación humana, donde los beneficios superan el costo.
- **El Análisis de Costo:** Es el proceso de establecer los recursos necesarios tanto de calidad como de cantidad para llevar a cabo una determinada tarea.
- **Los polímeros:** Son compuestos químicos formados por la unión de otras moléculas más pequeñas, las cuales se enlazan entre sí.

- **Ensayo cántabro:** Este se utiliza para la caracterización de las mezclas bituminosas abiertas mediante pérdida de material por desgaste.
- **Ensayo Marshall:** Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.

2.3.- MARCO CONTEXTUAL

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de control de calidad de P & R Ingeniería ubicadas en La San Martín #83, Santo Domingo, República Dominicana.



**Ilustración 1: Laboratorio P & R Ingeniería.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.**

2.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como es bien sabido, el objetivo que se busca con este tipo de mezclas es mejorar las condiciones de circulación de vehículos en situaciones de lluvia.

Entre las ventajas, y desventajas de este tipo de mezclas se presenta los criterios de carácter técnico, social, ambiental y económico.

2.4.1- VENTAJAS

a) Eliminación del hidroplaneo.

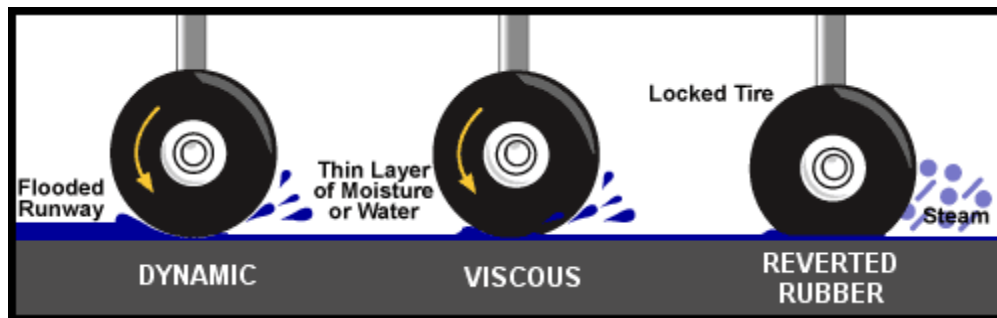


Ilustración 2: Hidroplaneo.

Fuente: <https://twitter.com/magflightpty/status>

Uno de los mayores riesgos cuando se conduce con lluvia es el hidroplaneo, esto es, la capa de agua que se forma entre el neumático y el pavimento que rompe el contacto entre ambos, el neumático “flota en el agua” de modo que el conductor pierde el control de su vehículo, la evacuación rápida del agua de la superficie del camino a través de la mezcla drenante impide que se produzca este fenómeno. (Muñoz, 2001).

b) Resistencia al deslizamiento con pavimento mojado.

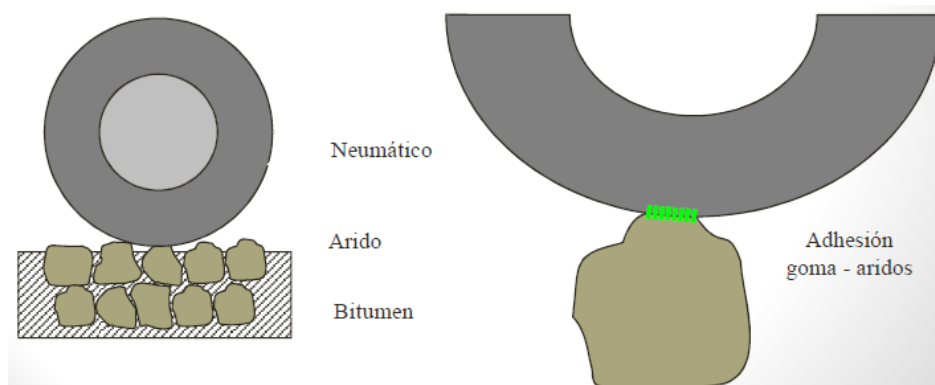


Ilustración 3: Macrotextura de Pavimento

Fuente: <http://www.tresingenieros.com>

Aun cuando no exista el hidropneumático, la lluvia puede reducir considerablemente la resistencia al deslizamiento de la superficie del camino. Los asfaltos porosos pueden contrarrestar este efecto permitiendo, debido a la macrotextura, que exista rozamiento entre el neumático y la superficie de rodadura, de modo que el vehículo realice los movimientos que desea el conductor logrando así una mayor seguridad (menores distancias de frenado). (Muñoz, 2001).

c) Menor deslumbramiento por los faros de los vehículos.



Ilustración 4: Deslumbramiento de los faros sobre el pavimento.

Fuente: <http://www.autobodymagazine.com.mx>

Los conductores que circulan en dirección contraria durante la noche, se ven enfrentados al deslumbramiento debido a la reflexión de la luz, en los pavimentos mojados tradicionales (superficie lisa), en cambio, los pavimentos de textura rugosa dispersan la luz y por lo tanto reducen el problema de deslumbramiento permitiendo al conductor ver mejor la señalización horizontal. (Muñoz, 2001).

d) Reducción del ruido al paso de vehículo.

Las mezclas drenantes tienen la capacidad de absorber los ruidos provocados principalmente por el contacto que se produce entre el neumático y el pavimento cuando el vehículo está en movimiento. Los huecos interconectados permiten el paso de aire,

atenuando los efectos sonoros. Tanto el conductor, como el entorno, se ven favorecidos por esta reducción. (Muñoz, 2001).

e) Reducción de las proyecciones de agua



Ilustración 5: Proyecciones de agua causadas por los vehículos.

Fuente: <http://www.autobodymagazine.com.mx>

Estas mezclas al permitir mantener la superficie del pavimento libre de agua cuando está lloviendo impiden que se produzca el levantamiento (“splash”) y pulverización (“spray”) del agua al paso de los vehículos mejorando notablemente la visibilidad del usuario. (Muñoz, 2001).

2.4.2- DESVENTAJAS

a) Colmatación de poros.

Los huecos de las mezclas porosas durante su vida útil tienden a colmatarse por la acumulación de polvo, arena, materia orgánica u otros. Este fenómeno, a pesar de constituir una pérdida en las propiedades drenantes de la mezcla (y por ende en la reducción de ruidos, efecto neblina e hidroplaneo), no afecta en el funcionamiento como carpeta de rodadura. En la actualidad, existen máquinas de origen americano y japonés que mediante técnicas de lavado a presión lograrían la limpieza de los poros, anulando temporalmente la colmatación. (Ruiz, 2000).

b) Mayor costo.

Estas mezclas es preferible construirlas con asfaltos modificados y áridos de una calidad superior a la normal, lo cual establecen aumento del costo directo tanto de su construcción como del mantenimiento de esta obra (con respecto a una mezcla asfáltica Convencional). (Ruiz, 2000).

c) Diseño geométrico estricto.

La mezcla drenante, cuando es utilizada como carpeta de rodadura, obligadamente se debe extender sobre una capa que sea impermeable y estructuralmente estable. Adicionalmente esta capa requiere de una geometría adecuada para la evacuación del agua hacia los costados de la pista. (Ruiz, 2000).

d) Drenaje lateral.

Los huecos de esta mezcla hacen escurrir el agua de la superficie hacia drenes laterales, lo cual implica forzosamente la construcción de ductos y otras obras asociadas a la evacuación de las aguas. (Ruiz, 2000).

2.5.- DIFERENCIAS ENTRE HORMIGON ASFALTICO CONVENCIONAL Y EL DRENANTE.

El asfalto es una sustancia negra pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente, derivada del petróleo, es uno de los componentes más pesados que lo conforman, generalmente formado por una mezcla de: Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, Azufre y Oxígeno; a esto se le suman pequeñas cantidades de metales y compuestos orgánicos. Para la obtención del cemento asfáltico se deben separar los diferentes componentes en una refinería. Sin embargo, el material que encontramos en las vías (El hormigón asfáltico) tiene una combinación de este cemento asfáltico con otros materiales (Áridos), los cuales le aportan las características técnicas de dureza, resistencia y flexibilidad necesaria para soportar el tráfico; en este sentido existen diferentes “recetas” de acuerdo al tráfico que están destinados a soportar, desde un simple camino peatonal en medio de un parque, hasta las grandes autopistas frecuentadas por tráfico pesado. (García Haba, 2011).

Los pavimentos convencionales diseñados para el paso de vehículos están formados por varias capas superpuestas de material de pavimento compactado y sellado superficial. Las mezclas asfálticas por lo general están integradas por 90% de agregados gruesos y finos, un 5% de polvo mineral y un 5% de cemento asfáltico. (García Haba, 2011).

Un requerimiento del hormigón asfáltico convencional es impedir la entrada de agua en el suelo, a través del sello o las juntas, para proteger la integridad de la capa base y sub-base que lo soportan, sin embargo, esta capacidad impermeabilizante genera grandes acumulaciones de agua en la superficie en las temporadas de lluvia y todo este caudal puede terminar congestionando las alcantarillas, además la superficie se torna más lisa, impidiendo la adecuada adherencia de las llantas al piso, en igual sentido la distancia de frenado ya no es la misma que en condiciones secas, otra de las consecuencias de una capa asfáltica saturada de humedad es la constante salpicadura de agua sucia en el parabrisas, y en los visores de los cascos, llegando a impedir una adecuada visibilidad, todos estos factores incrementan significativamente las posibilidades de accidentes y agregan un alto nivel de riesgo a la conducción bajo la lluvia. (García Haba, 2011)

Este sistema (pavimentos porosos) bien diseñado, tiene una resistencia y una duración similar o superior a un pavimento convencional. Además, su facilidad de manipulación permite una puesta en obra fácil, no requiere grandes espacios adicionales para su instalación y es apropiado para pendientes suaves, por lo que pueden implantarse en zonas urbanas consolidadas (García Haba, 2011).

Estos pavimentos porosos son de rápida y fácil colocación (sin embargo, necesita de mano de obra especializada) y especial manejo de la temperatura de la mezcla ya que para su colocación sólo es necesario extender el material y compactarlo evitando el vibrado. Además, se puede evitar el uso de cortadoras de disco de diamante y el sellado de juntas presentes en este. (Saucedo Vidal, 2012).

Los pavimentos de asfalto convencionales tienden a deflactarse en menor tiempo que los pavimentos de asfalto poroso, pero la magnitud de la deflexión es aproximadamente igual (EPA, 1980).

Otra ventaja relacionada con la seguridad, es que proporcionan ventilación al suelo (García Haba, 2011), ya que la cantidad de vacíos hace que su densidad y la conductividad térmica sea mejor que la de un pavimento convencional (Zaetang, Wongsas, Sata, & Chindaprasirt, 2013). Estas características del pavimento permiten adaptar la temperatura y la humedad y así eliminar el fenómeno islas de calor en las ciudades, que es producida por un gran volumen de concreto u otros materiales absorbentes que hacen que el calor se acumule (Yang & Jiang, 2003). Esto también permite que haya un ahorro de energía al disminuir el uso de aires acondicionados y luz eléctrica para iluminar las calles (Saucedo Vidal, 2012).

Desde el punto de vista de la seguridad, los poros del pavimento tienen la ventaja de ayudar a eliminar el agua y el aceite de la superficie directamente, haciendo así que incrementen los coeficientes de fricción del pavimento poroso (comparado con los pavimentos tradicionales), contribuyendo a que las carreteras donde estén instalados estos sean más seguras; por otro lado, estos mismos poros trabajan como canales de descompresión donde cualquier agua estancada escapa de debajo de los neumáticos del vehículo, manteniendo los neumáticos en contacto con la superficie (Ferguson, 2005).

Estéticamente, los pavimentos permeables proporcionan una mejor presentación respecto a otros sistemas de drenaje. Por ello, tienen una adecuada integración paisajística en el entramado urbano, y son bien aceptados socialmente (García Haba, 2011).

Además, una gran ventaja de los pavimentos porosos, es que estos reducen el ruido del tráfico, particularmente el ruido producido por los neumáticos de los carros. Una superficie porosa absorbe la energía del sonido y permite que parte del aire que se encuentra alrededor de los neumáticos sea presionada dentro de los poros de este, disipando así la presión de aire antes de que se genere algún ruido. La reducción de ruido es particularmente eficaz para sonidos agudos. En conclusión, el ruido de los neumáticos en un pavimento poroso es de menor intensidad y bajo de tono que el de un pavimento tradicional (Ferguson, 2005), lo cual ayuda a mejorar la comodidad de los usuarios y de las personas que habitan en el sector.

La reducción de los volúmenes de agua en la red convencional implica una reducción de los costos asociados a otros sistemas de tratamiento (por ejemplo, plantas de tratamiento, (García Haba, 2011).

2.6.- ELABORACION DE MEZCLAS DRENANTES

La elaboración de una mezcla drenante implica el empleo de una composición granulométrica muy diferente a la de las mezclas tradicionales. En estas últimas el contenido de arena suele ser muy elevado, generalmente comprendido en un 20% y un 40%, y como consecuencia de ello, la resistencia de la mezcla, está basada principalmente en la cohesión proporcionada por el montero bituminoso. El rozamiento interno de la mezcla únicamente, se moviliza frente a altas solicitaciones, mantenidas en el tiempo. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002)

En las mezclas drenantes para poder obtener un contenido en vacíos elevado, es necesario modificar la proporción agregado grueso / agregado fino de tal forma que, en general el

contenido de arena suele ser inferior al 20%. Debido a ello, la capacidad de resistencia de la mezcla no puede basarse en la cohesión, puesto que falta mortero, sino en el razonamiento interno. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

Esta falta de cohesión hace que la mezcla sea bastante crítica ante ciertos esfuerzos del tráfico, especialmente los de tipo tangencial, que provocan fenómenos de disgregación. Para poder conjugar una buena porosidad con una buena resistencia a la disgregación, es necesario realizar un diseño cuidadoso de la mezcla, eligiendo con detalle los distintos componentes, sus proporciones, y utilizando los distintos ensayos puestos a punto. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

2.6.1.- COMPONENTES

Como en el resto de las mezclas bituminosas, los componentes básicos de las mezclas drenantes son los agregados y el ligante bituminoso. En ocasiones, a estos componentes básicos se añaden otro tipo de productos, denominados aditivos, con los que se pretende mejorar alguna de las características de las mezclas: adhesividad, superficie específica, etc. En particular, determinadas empresas suelen emplear fibras para permitir aumentar el contenido y la calidad. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Frecuentemente cuando se buscan mezclas con un contenido de vacíos inicial superior al 20%, se emplean ligantes modificados mediante el uso de distintos tipos de polímeros. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

2.6.2. - AGREGADOS

Los agregados para mezclas drenantes deben reunir unas características similares a las exigidas para otros tipos de mezclas tradicionales. Cuando, la mezcla drenante vaya a ser empleada como capa de rodadura, la normativa española exige que se cumplan las siguientes condiciones:

1. **Agregado grueso** (retenido por el tamiz de 2,5 mm.):

- a). La proporción mínima (% en masa) de partículas con 2 o más caras de fractura, será superior a 75 en cualquier caso, y para tráfico pesado, incluso se exige un 100%.
- b). El coeficiente mínimo de desgaste Los Ángeles, será inferior a 20.
- c). El coeficiente mínimo de pulido acelerado, será superior a 0,40 en todos los casos, y para los tráficos más pesados, será superior a 0,45.
- d). El coeficiente de lajas, será inferior a 25.
- e). El coeficiente de limpieza será inferior al 0,5% en masa.

2) **Agregado fino** (pasa el tamiz 2,5 mm. y es retenido por el de 0,80 mm):

- a). La proporción máxima de arena natural en la mezcla será del 25% para los tráficos ligeros, del 15% para el tráfico intermedio, y del 10% para los tráficos pesados.
- b). El coeficiente de desgaste de Los Ángeles debe cumplir las mismas condiciones que el agregado grueso.

3) Polvo mineral (filler: pasa por el tamiz de 0,08 mm.)

- a). La densidad aparente del polvo mineral, deberá estar comprendida entre 0,5 y 0,8 gr/cm³
- b). El coeficiente de emulsibilidad será inferior a 0,6.
- c). Únicamente se permitirá el empleo de polvo mineral de recuperación para los tráficos ligeros. Para los tráficos medios y pesados, el polvo mineral será de aportación.

Todas estas recomendaciones se cumplen de manera general en las mezclas bituminosas drenantes fabricadas en España. Únicamente puede citarse como excepción la del empleo de finos de procedencia caliza, con desgaste de Los Ángeles superiores a 20, en aquellas zonas en las que los agregados disponibles tienen una mala adhesividad con los ligantes bituminosos. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

La composición granulométrica, agregado grueso, agregado fino y polvo de aportación, deberá ser tal que la curva resultado este encajada dentro de alguno de los usos siguientes:

Tamiz (mm.)	P-12	PA-12
20	100	100
12,5	75 - 100	70 - 100
10	60 - 90	50 - 80
5	32 - 50	15 - 30
2,5	10 - 18	10 - 22
0,63	6 - 12	6 - 13
0,08	3 - 6	3 - 6

Tabla 1: Granulometría de normativa española

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002.

En la práctica habitual, se busca que la curva granulométrica se encaje en el uso PA – 12 con el que se obtienen mezclas de mayor porosidad. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

Por otro lado, en la mayor parte de los casos las mezclas bituminosas se emplean en capas de 4 cm. de espesor y, por ello, el tamaño máximo de agregado utilizado suele ser el menor de los admitidos por el uso, es decir, (P-12, PA-12) ,5 mm. Únicamente cuando se fabrican mezclas para ser empleadas en capas de 5 o 6 cm. de espesor se recurre al empleo de agregados de hasta 20 mm de tamaño máximo.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

2.6.3.- LIGANTE ASFALTICO

La normativa española especifica el empleo de asfaltos de penetración 60/70 para las zonas cálidas y tráfico pesado, y de penetración 80/100 para las zonas templadas o tráfico ligero. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Sin embargo, como ya se ha indicado, el empleo de asfaltos modificadas por adición de polímeros esta enormemente extendido tanto en España como en Europa. En particular, en España más de la mitad de las mezclas bituminosas porosas ejecutadas hasta finales del año 90, se han fabricado con estos cementos asfálticos.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

En general, la modificación del cemento asfáltico por adición de polímeros supone una mejora de las características propias del ligante. Suele aumentarse de forma sensible el intervalo de temperaturas comprendido entre el punto de fragilidad Fraass y el punto de reblandecimiento (Anillo y Bola), así como el índice de penetración. Es decir, se mejora la

adhesividad y la cohesión intrínseca. Cuando el polímero empleado es del tipo elastómero, por ejemplo, un SBS, también se le puede apreciar en el asfalto modificado un cierto comportamiento elástico inexistente en los asfaltos convencionales.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Asfalto original	
- Penetración (25°C, 100 g, 5 s) (0,1 mm.)	55 -70
- Punto de reblandecimiento (A y B) (°C)	>58
- Punto de fragilidad Fraass (°C)	<-10
- Ductilidad (5°C, 5 cm/min.) (cm)	>4
- Flotador (60°C) (s.)	>700
- Estabilidad al almacenamiento:	
. Diferencia punto reblandecimiento (°C)	<5
. Diferencia penetración (25°C) (0,1 mm.)	<10
- Recuperación elástica (25°C, torsión) (%)	>15
- Contenido en agua (en volumen) (%)	<0,2
- Punto de inflamación (v/a) (°C)	>235
- Densidad relativa (25°C/25°C) (g/cm ³)	>1,0
Residuo después de película fina	
- Variación de masa (%)	<1,0
- Penetración (25°C, 100 g, 5 s) (% p.o)	>65
- Variación del punto de reblandecimiento (°C).	-5/+10
- Ductilidad (5°C, 5 cm /mín) (cm.)	>2

Tabla 2: Características del asfalto modificado para mezclas drenantes.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002.

2.6.4.- PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LA MEZCLA

El proceso de dosificación de la mezcla drenante sigue un camino diferente del habitualmente empleado para otras mezclas del tipo hormigón asfáltico en España se sigue

el criterio de dosificación Marshall, para las mezclas drenantes, tanto en España como en otros países europeos que han adoptado el sistema desarrollado por la Universidad de Santander, se sigue el denominado Método Cántabro.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

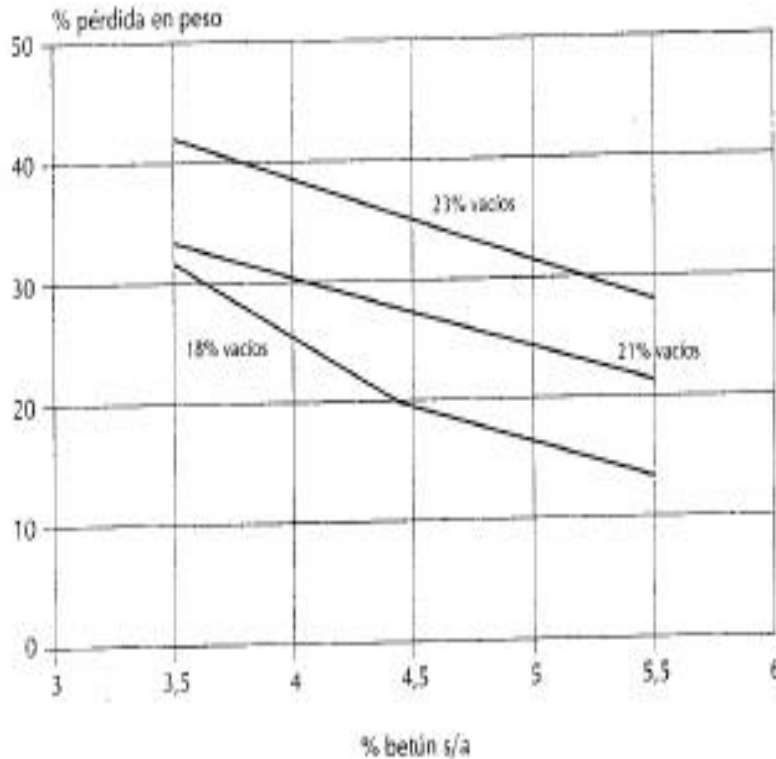
El Ensayo Cántabro consiste en la determinación del valor de la pérdida por desgaste de una probeta de mezcla bituminosa empleando la máquina de Los Ángeles sin carga. El procedimiento seguido es el siguiente:

- Con la composición granulométrica definida, se preparan para cada contenido de ligante un mínimo de 4 probetas.
- Las distintas fracciones de agregados se secan en estufa hasta peso constante a una temperatura de 105 a 110 °C.
- El Asfalto empleado se calienta hasta la temperatura tal que su viscosidad permita una buena envuelta sin que se produzca el escurrimiento.
- Las probetas se fabrican con un volumen de agregados de 1,000 gr. Y el resto del proceso se sigue el mismo que para el procedimiento Marshall.
- La compactación de la mezcla se realiza empleando los moldes y el martillo Marshall, pero dando a cada probeta un total de 50 golpes por cara.
- Sobre la probeta fabricada se realizan ensayos de densidad y vacíos siguiendo un procedimiento geométrico.

- Después de pesar las probetas, se someten en el tambor de Los Ángeles, sin carga abrasiva, (bolas) a 300 vueltas. La temperatura del ensayo deberá ser de $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Después de las 300 vueltas se pesa la probeta y se calcula la pérdida de peso en porcentaje respecto del inicial que ha sufrido.

Este valor de la pérdida de peso es el que sirve de referencia para la dosificación de la mezcla. Es importante señalar junto con la pérdida de peso, la temperatura a la que se ha efectuado, puesto que esta influye de manera decisiva en el resultado.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Aunque no está especificado de manera taxativa en la normativa española, suele ser práctica habitual realizar paralelamente un ensayo de pérdida por desgaste sobre probetas que han estado sumergidas en agua durante 4 días.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).



Gráfica 1: Perdida por desgaste en el ensayo cántabro

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002.

A 49°C. De esta manera se puede conocer el efecto de agua sobre la cohesión y resistencia de la mezcla drenante.

La normativa española actual establece que la pérdida por desgaste en el ensayo Cántabro a 25 °C debe ser inferior al 25% en peso. Además, el contenido de vacíos, determinado midiendo con calibrador las dimensiones de las probetas preparadas según la norma NTL-159/86, deberá ser superior al 20%. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Con estos criterios es relativamente sencillo establecer cuál debe ser el contenido mínimo de ligante de la mezcla drenante. En ocasiones, con los cementos asfálticos de penetración

convencionales, suele ser difícil encajar una composición granulométrica y un contenido de ligante tales que se cumplan las dos condiciones exigidas: vacíos y pérdida por desgaste. Por ello, es habitual como se ha indicado, buscar una mejora de la resistencia de la mezcla, y, por consiguiente, una menor pérdida por desgaste, empleando bitúmenes modificados. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

La realización del ensayo de pérdida por desgaste tras inmersión es muy recomendable puesto que permite simular el efecto que va a producir la presencia de agua en todo el espesor de la mezcla durante la vida de servicio de esta. Además, permite detectar posibles problemas de mala adhesividad pasiva agregado – ligante, posibles problemas de mala calidad de los filler o agregado fino etc., además de constituir una garantía de seguridad para el futuro comportamiento de la mezcla en la carretera. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Respecto al criterio de vacíos la normativa Española en su última revisión, ha aumentado el contenido mínimo de vacíos del 18 al 20%, admitiendo con ello la necesidad de que el contenido de vacíos de la mezcla sea el mayor posible en el momento inicial. En este sentido, conviene indicar que las investigaciones seguidas en estos momentos en algunos laboratorios indican que mediante de la optimización de formulaciones de Asfalto polímero, es posible superar sin problemas el límite del 25% de vacíos en mezcla manteniendo la pérdida por desgaste en el Ensayo Cántabro por debajo del 25% incluso tras inmersión. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

2.6.5.- FABRICACION Y PUESTA EN OBRA

La fabricación y puesta en obra de mezclas drenantes se realiza de forma similar a la de las mezclas en caliente del tipo hormigón asfáltico. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

El tipo de plantas de fabricación a utilizar pueden ser tanto continuas como discontinuas, sin o con cribado y dosificación de agregados en caliente. En estas últimas, se debe estar especialmente atento a todo lo que se refiere al cribado y almacenamiento de agregados en caliente. El problema más importante se produce debido a las distintas proporciones de agregado grueso y arena que estas mezclas tienen respecto de las convencionales. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Lo más conveniente es modificar el tamizado de las diversas mallas para adaptarla a las proporciones de agregado grueso (grava y gravilla) en un 85% aprox. y arena. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Debe tenerse en cuenta las temperaturas de fabricación, puesto que si se calienta excesivamente en la mezcla pueden presentarse escurrimientos del ligante durante su transporte, debido al alto contenido en vacíos, de este tipo de mezclas. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Lo anterior se agrava durante los tiempos de transporte prolongados debido a que, a mayor distancia de transporte, mayor temperatura de salida de la mezcla, esto con el fin de asegurar que la temperatura de salida de la mezcla, esto con el fin de asegurar que la temperatura de extensión y compactación sea adecuada. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Las mezclas drenantes deben emplearse sobre bases asfálticas completamente impermeables y buenas especificaciones planimetrías, geométricas y de drenaje para evitar la infiltración del agua hacia las capas inferiores o la acumulación de la misma dentro de la carpeta. Además, el riego de adherencia o de liga debe de cuidarse de manera especial para conseguir una excelente unión con la capa de base; por ser mezcla drenante y presentar un alto porcentaje de vacíos de la superficie de contacto entre las capas de base y rodadura es menor, conviene aumentar el porcentaje de riego de adherencia.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

En cuanto al tratamiento de las juntas en una mezcla drenante no es conveniente contarlas, porque en el proceso de corte se produce el cierre de los vacíos de la mezcla, obstaculizándose la circulación del agua a través de la capa.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Referente a la compactación, lo recomendable es utilizar únicamente compactadores lisos metálicos, tipo Tandem o Triciclo, de 10t., con estas se han demostrado que se consigue una compactación adecuada; estos rodillos deberán ir compactado en forma continua una vez la extendedora haya extendido el material. Para determinar el número de pasadas se debe determinar en un tramo experimental, este número está comprendido entre 3 o 5. Al utilizar compactadores de neumáticos se produce el pegado de las gravillas incluso utilizando anti-adherentes, como consecuencia se presenta una mala terminación en la superficie de la vía, por lo tanto, no son aconsejables. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Para realizar un óptimo control de calidad, además de los controles habituales de todas las mezclas con este tipo de mezclas drenantes se debe comprobar que no se han producido

escurrimientos de ligantes durante el transporte y que al terminar el proceso de compactación la permeabilidad obtenida está de acuerdo a la prevista en el diseño de la mezcla. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

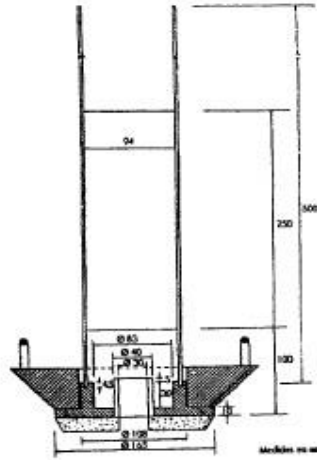


Ilustración 6: Ensayo de permeabilidad.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002.

Otro aspecto fundamental es el que se refiere a las temperaturas de fabricación. En este tipo de mezclas si se calienta excesivamente se corre el riesgo durante la operación de transporte de que se produzcan escurrimientos del ligante, debido al alto contenido en vacíos de la mezcla. Este problema se agrava, como es lógico, en el caso de los asfaltos convencionales por su menor viscosidad y, sobre todo, en aquellas obras en las que los tiempos de transporte son prolongados. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Este último factor suele ser determinante, ya que a mayor distancia de transporte, mayor temperatura de salida de la mezcla para asegurar que la temperatura de extensión y compactación sea adecuada, y, por tanto, a la salida de la fabricación el ligante tendrá una

menor viscosidad, lo que unido a un mayor tiempo en los camiones aumenta el riesgo de escurrimiento. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Cuando se produce este fenómeno, puede observarse sin dificultad por la presencia en la caja de los camiones de una película más o menos gruesa de ligante. La existencia de escurrimiento de ligante en la mezcla provoca sub-dosificaciones de ligantes en algunas zonas, lo que se traducirá en mala resistencia de la mezcla, con posibles peladuras y pérdida de gravillas, y en cualquier caso, con una disminución de la durabilidad de la mezcla. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

En relación con la puesta en obra, es preciso señalar 3 diferencias respecto de las mezclas convencionales. A primera de ellas hace referencia al soporte y al riego de adherencia. Como es lógico, las mezclas drenantes deben emplearse sobre soportes impermeables y de buena planimetría, para evitar la infiltración del agua hacia las capas inferiores o la acumulación del agua dentro del firme. Además, el riego de adherencia debe de cuidarse de manera especial para conseguir un buen anclaje con la capa soporte ya que en este caso la superficie de contacto entre las capas esta disminuida por la presencia de los vacíos de la mezcla drenante. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Los riegos de adherencia, como consecuencia de todo ello, deben de realizarse con una dotación más alta de la habitual. Una práctica habitual es dejar una dotación de 500 gr/m² de ligante residual cuando el soporte es un firme antiguo de buenas condiciones. Si el soporte es una capa ejecutada recientemente, puede disminuirse esta dotación a 300 gr/m² y si el soporte además de antiguo esta envejecido y/o presenta alguna fisuración, conviene aumentarlo hasta los 700 gr/m². El empleo para el riego de adherencia de emulsiones

modificadas por adición de elastómeros es una práctica habitual en Europa y resulta bastante aconsejable. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

La segunda diferencia hace referencia al tratamiento de las juntas. De manera general con las mezclas drenantes no es conveniente cortar juntas, sobre todo con la cortadora rotatoria, porque en el proceso de corte se produce el cierre de los vacíos de la mezcla, y, como consecuencia, se obstaculiza la circulación del agua través de la capa. Cuando sea posible, convendrá extender la mezcla en todo el ancho previsto de una sola pasada. En caso contrario deberá evitarse que el tráfico pise la junta, para las extensiones paralelas posteriores es conveniente que la extendedora disponga de un calentador lateral de infrarrojos que permite calentar unos centímetros de la mezcla extendida en primer lugar. Con ello, y una adecuada compactación, se puede obtener una junta longitudinal bien terminada. (Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Para el control rápido de la permeabilidad obtenida, se ha puesto a punto un permeámetro de carga variable, denominado L.C.S., de fácil manejo. Con este aparato se puede hacer un seguimiento prácticamente continuo de las permeabilidades en obra. La experiencia acumulada con este aparato ha permitido determinar unas curvas de correlación entre los datos proporcionados, el coeficiente de permeabilidad y el contenido de vacíos:

$$\ln K = 7,624 - 1,348 \ln T$$

$$\ln H = 4,071 - 0,305 \ln T$$

Donde:

K = coeficiente de permeabilidad en cm./s. 10^{-2}

H = porcentaje de vacíos en la mezcla

T = tiempo de evacuación en seg.

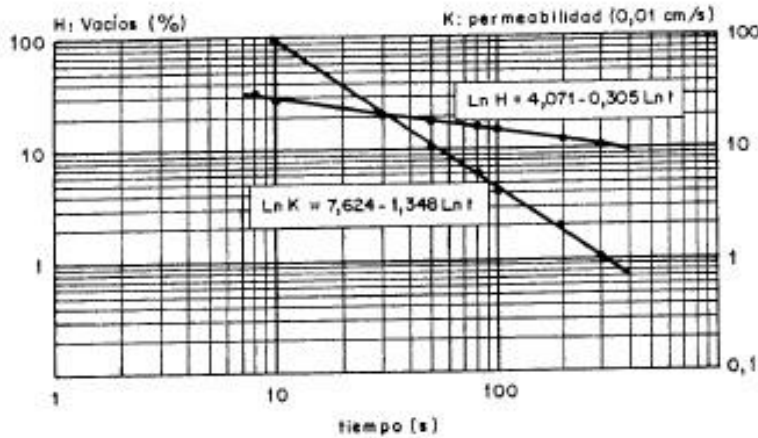


Figura 14.4 – Determinación de la permeabilidad in situ mediante permeámetro LCS.

Grafica 2: Determinación de la permeabilidad in situ mediante permeámetro.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002.

También pueden efectuarse medidas de control de la macro rugosidad (círculo de arena) y de la micro rugosidad (péndulo T.R.R.L.) y medidas del coeficiente de rozamiento transversal (SCRIM).

Todas estas medidas de control de las características de la mezcla pueden seguirse en el tiempo para analizar su evolución.(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

2.6.6.- ASFALTOS MODIFICADOS

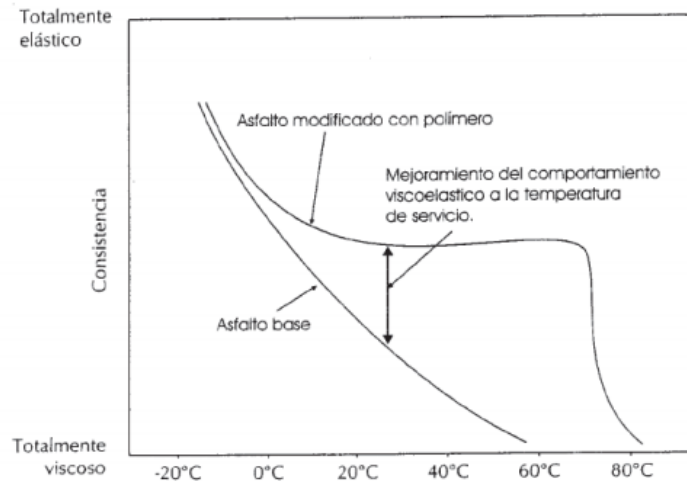
Generalmente, las características de los cementos asfálticos son suficientes para fabricar mezclas asfálticas resistentes a la acción conjunta del tráfico y de los agentes ambientales;

sin embargo, en algunas ocasiones, las mezclas asfálticas están sometidas a tan fuertes solicitaciones, que requieren el uso de asfaltos con propiedades mecánicas y geológicas mejores que la de los asfaltos convencionales. La modificación del asfalto con la incorporación de polímeros da por resultado una mejoría considerable en las características de elasticidad, adherencia y cohesión. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes).

2.6.6.1.- OBJETIVOS DE LA MODIFICACIÓN

Los modificadores le permiten al diseñador intervenir sobre las características mecánicas del asfalto. Entre otras se puede mencionar la reducción de la susceptibilidad térmica, en la búsqueda de características geológicas constantes, especialmente a elevadas temperaturas de servicio. En consecuencia, ello implica modificar las propiedades de las mezclas, en el sentido de disminuir tanto la deformación plástica a alta temperatura, como la rigidez a baja temperatura, ofreciendo un mejor comportamiento en servicio ante la acción de las cargas circulantes pesadas del tránsito, independientemente de las condiciones climáticas imperantes. Un asfalto real, común, presenta un cambio continuo de sus características en todo el rango de temperaturas de operación. El asfalto ideal es aquel que muestra una característica más o menos constante en un amplio rango de temperaturas de servicio, convirtiéndose en un fluido viscoso a las temperaturas de la mezcla y compactación.

La adición de un polímero adecuado modifica la susceptibilidad térmica del asfalto, tal como se observa en la figura, obteniéndose debido a una mejora en el comportamiento visco-elástico a las temperaturas de servicio a las deseadas en un asfalto ideal. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes)



Grafica 3: Efecto de la incorporación de un polímero sobre la susceptibilidad térmica del asfalto.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002.

2.6.6.2.- BENEFICIOS QUE SE BUSCAN CON LA MODIFICACIÓN DEL ASFALTO

Los principales beneficios que se persiguen con la modificación del asfalto:

- Aumentar la rigidez a altas temperaturas de servicio mejorando la resistencia de las mezclas a la deformación permanente.
- Reducir la rigidez a bajas temperaturas, previniendo la fisuración térmica.
- Aumenta la resistencia a fatiga de las mezclas.
- Mejorar la adhesión con los agregados pétreos.

- Mejorar la cohesión, brindando mejor retención de los agregados en la vida inicial de los tratamientos superficiales.
- Reducir el endurecimiento en servicio, brindando una vida superior a la mezcla, debido a la retención de sus ventajas iniciales.
- Disminuir la susceptibilidad térmica en el rango de temperatura de servicio.
- Aumentar la viscosidad de bajas velocidades de corte, permitiendo mejores espesores de película en el agregado de las mezclas abiertas y reduciendo la exudación en tratamientos superficiales.

Aunque existe una variedad de aditivos que pueden ser exitosos en la mejora de cuando menos una de las propiedades del asfalto, pero, es necesario tener en cuenta que no existe un aditivo que mejore todas las propiedades antes descritas. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes).

2.6.6.3.- LOS POLIMEROS

Los polímeros son sustancias formadas por la unión, de cientos o miles de moléculas pequeñas, llamadas monómeros. La gran diversidad de materiales poliméricos hace que su clasificación y sistematización sea difícil; sin embargo, a continuación, se presenta la siguiente:

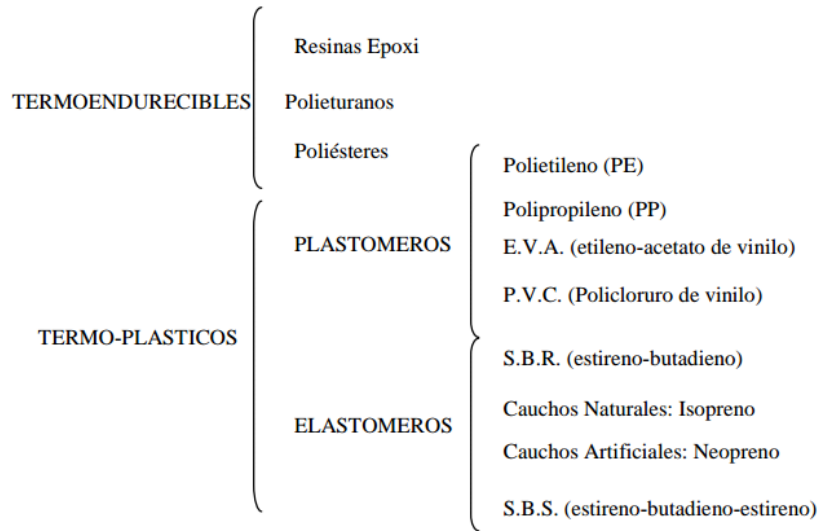


Ilustración 6: Clasificación de polímeros.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejó Fonseca, 2002.

Los termoendurecibles: son polímeros formados por reacción química de dos componentes (base y endurecedor), dando lugar a una estructura entrecruzada, por lo que no pueden ser recuperados para volver a transformarse. Los termoendurecibles más comunes son:

- Resinas Epoxi: tienen agentes endurecedores de los enlaces transversales. Se usan en grandes porcentajes, mayores de 20%. Muy costosas, se usan en zonas especiales.
- Poliuretano: similares a las Resinas Epoxi, muy caros, se usan a bajas temperaturas y en capas delgadas.
- Poliésteres: son menos usados.

Los termoplásticos: son polímeros solubles que se reblandecen por acción del calor y pueden llegar a fluir. Son, generalmente, polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los termoplásticos se dividen en dos grupos:

- Plastómeros: al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación. Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad, los plastómeros más comunes son:
 - Polietileno: tienen buena resistencia a la tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.
 - Polipropileno atáctico (EPDM): lo mezclan con elastómeros para hacerlo más flexible; muy flexible y resistente al calor y a los agentes químicos.
 - E.V.A (Etileno-Acetato de Vinilo): los copolímeros de Etileno copolímerizan al Etileno con otros monómeros (Acetato de Vinilo) para destruir la regularidad estructural y reducir su grado de cristalinidad.

Sus propiedades dependen del:

- Peso molecular: si aumenta – menor flexibilidad y mayor dificultad para mezclarlo.

% Acetato de Vinilo (33 al 40%)- si aumenta es más flexible. Hay que recircularlo en almacenamiento para evitar la separación, se mezcla a 160 °C sin aditivos, tiene buena compatibilidad con el asfalto.

- P.V.C. (Policloruro de Vinilo): tiene muy baja actividad química, pero al mezclarlo con el asfalto a 130 °C se gelifica, obteniéndose un ligante más viscoso que el original, muy resistente a los solventes; es usado en estaciones de servicio y aeropuertos; Se usa de un 2 al 6%; tiene bajo precio comparativamente.

- Elastómeros o cauchos: son polímeros lineales amorfos, generalmente insaturados, que son sometidos al proceso de vulcanización adquieren una estructura parcialmente reticulada, que le confiere sus propiedades elásticas, los cauchos de uso más generalizado son:

- S.B.R.: cauchos sintéticos del 25% de Estireno y 75% de Butadieno., para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico.

- Isopreno: caucho natural, se le usa para hacer caucho sintético.

- Neopreno: caucho sintético con gran resistividad a los agentes atmosféricos, se usa en carreteras para apoyo de vigas y estructuras.

- S.B.S (Estireno – Butadieno - Estireno) o Caucho Termoplástico: desarrollado en Estados Unidos en la década de los 60's en adhesivos y suelos, llega luego al asfalto; los dos homopolímeros que lo forman son incompatibles entre sí.

- El más incompatible El Estireno: (fase dura) con temperatura de cristalización 100 °C. 29

- Butadieno (fase elástica): con temperatura de cristalización menor que la ambiente.

La incorporación de un polímero (sustancia macromolecular con propiedades viscoelástica) a un asfalto dará lugar a interacciones entre moléculas del primero y los componentes del segundo y producirá alteraciones en el sistema coloidal del asfalto, con el consiguiente cambio de propiedades.

Las interacciones y cambio de propiedades producidas, dependerán de los siguientes factores:

- Composición y estructura molecular del polímero incorporado (peso molecular, composición química, temperatura de transición vítrea, polaridad, etc.).
- Composición química y estructura coloidal del asfalto. • Proporción relativa de asfalto polímero.
- Proceso de incorporación (modo de fabricación, temperatura, tiempo de mezclado, etc.).(Ingeniería de pavimentos para carretera, Alfonso Montejo Fonseca, 2002)|

2.6.7.-MÉTODOS EMPLEADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES.

Debido a las características propias de estas mezclas, la necesidad de desarrollar ensayos que ayuden a comprender de una mejor forma su comportamiento y evaluación es evidente, ya que, debido a la particularidad de su estructura interna supone que la energía de compactación necesaria para lograr la compacidad en obra es menor que en las mezclas convencionales, por lo que es necesario evaluar para qué energía de compactación se alcanza la máxima densidad en la metodología Marshall, no obstante, se debe tener presente que para el caso de las mezclas drenantes las propiedades requeridas nada tienen que ver con su estabilidad, son otras propiedades y características las que importan siempre y cuando se adapten a los fines buscados y tomando en cuenta las sollicitaciones a las que la mezcla estará sometida. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes)

Algunas de las metodologías normalmente utilizadas son:

- CANTABRO (Origen ESPAÑA). El método parte del estudio de la cohesión en la mezcla, la cual se realiza en base a exigencias de estudios a sus agregados y asfaltos disponibles. Se fabrican numerosos especímenes para analizarlos en laboratorio, determinando la pérdida por desgaste de una probeta de mezcla empleando la máquina de Los Ángeles sin la carga de bolas de acero. Se evalúan de antemano las características fundamentales en la mezcla, como son la macro textura, la cantidad de vacíos y la fricción, parámetros iniciales de diseño. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes)
- AUSTRALIANA (Open Graded Asphalt Design Guide, originada en la Australian Asphalt Pavement Association) Se basa en una “Guía de Diseño” la cual hace la composición de ensayos y determinaciones características, mediante “Cartas de Diseño”. Con esto es posible establecer qué porcentaje de asfalto es el necesario en el diseño de la mezcla de obra, respetando valores de ensayos tales como: 41 Cántabro Seco, Cántabro Húmedo, Vacíos, Escurrimiento. Esta guía de diseño sugiere dos rangos de aplicación, denominados como:
 - 1) Tipo I, TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) < 500 ($N < 5 \times 10^6$)
 - 2) Tipo II, TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) > 500 ($N > 5 \times 10^6$). El Tipo I, provee una modesta performance, el Tipo II está destinado a la más alta performance, con elevado contenido de asfalto así como el uso de asfalto modificado. La Guía de Diseño consta de: Selección del TMN; Selección de la granulometría y del asfalto de prueba. Previamente a la determinación del contenido de asfalto de la mezcla, debe determinarse la absorción de asfalto por

parte del agregado pétreo. La metodología se refiere únicamente al asfalto efectivo. Existe un mínimo contenido de asfalto referido al TMN y vinculado al recubrimiento, con una película que asegure cohesión y durabilidad. El máximo se relaciona a la posibilidad de escurrimiento de asfalto durante el transporte.(RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes)

- RP (Origen CHILE) Esta metodología fue desarrollada en Chile, en el Laboratorio Nacional de Vialidad, MOP, por los Ing. Héctor Rioja V. y Gabriel Palma P. La metodología consiste en la medición del esfuerzo a la penetración, a temperatura y velocidad controlada, que presentan probetas de mezcla asfáltica abierta, fabricadas de acuerdo con la metodología Marshall. Utilizando en este caso 45 golpes por cara y distintos contenidos de asfalto, considerando que la mezcla óptima es aquella que presenta el valor máximo de esfuerzo a la penetración. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes)
- TRACCIÓN INDIRECTA (Origen BRASIL) Esta es una metodología sencilla que se basa en obtener un esfuerzo de tracción por compresión diametral. El conocimiento de los valores de tracción indirecta en laboratorio representa una herramienta más al conocimiento, puesto que el único control que se le realiza a una capa terminada es la determinación de su densidad y se compara con la obtenida en la compactación Marshall. En esta investigación, la metodología cántabra será la que se utilizará para su desarrollo. (RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes).

III. MARCO METODOLOGICO

3.1.- ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

La investigación o metodología cuantitativa es el procedimiento de decisión que pretende señalar, entre ciertas alternativas, usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística. Por eso la investigación cuantitativa se produce por la causa y efecto de las cosas.

Así pues nuestra investigación es de carácter cuantitativa puesto que al obtener una Relación Costo - Beneficio del uso del Asfalto Drenante y del Asfalto Convencional podemos realizar una comparación del diseño de mezcla que compone la configuración de cada una de los asfaltos mencionados.

3.2. - TIPO DE INVESTIGACION

De acuerdo al análisis global, la investigación es aplicada por la utilización de los conocimientos sobre el uso del asfalto drenante para su provecho y beneficio en la República Dominicana.

Según el objetivo de nuestra investigación podemos afirmar que es de carácter exploratorio ya que la finalidad es mejorar el diseño de nuestros pavimentos y una comparación presupuestal del asfalto convencional con este tipo de asfalto, en base a que esta investigación ha sido poca exploratoria y reconocida en nuestro país.

Según la recogida de datos podemos definir el tipo de nuestra investigación como experimental, puesto que nos basaremos en los conocimientos adquiridos del asfalto drenante e introducir su uso para mejorar las vías de tránsito en la República Dominicana.

Los análisis de costos que aplicaremos en el asfalto drenante y en el asfalto convencional estarán fundamentados en la economía actual, por lo tanto, de acuerdo al periodo y secuencia nuestra investigación será de carácter Transversal.

De acuerdo al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información será tanto retrospectiva, por análisis de costo del asfalto convencional debido a que los datos serán recogidos de otra fuente anterior a nuestra investigación, como prospectiva ya que los datos del asfalto drenante son recogidos a propósito de la investigación.

3.3.- PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION

3.3.1.- METODOLOGIA

Este ensayo está recogido en la norma NLT-352, y se utiliza para la caracterización de las mezclas bituminosas abiertas mediante pérdida de material por desgaste.

Se prepara un mínimo de 4 probetas para cada contenido de cemento asfaltico ensayado. Estas probetas son las utilizadas en el Ensayo Marshall y se preparan tal y como indica la norma NLT-159 para este ensayo. Se determina la masa de cada probeta con precisión de 0,1 g y se anota ese valor (P1).

Cada probeta se introduce en el tambor de la máquina de Los Ángeles y, sin la carga abrasiva de las bolas, se hace girar 300 vueltas en el tambor tal y como indica la norma

NLT-149 para el Ensayo de desgaste de Los Ángeles. Tras esta operación, se extrae la probeta y se pesa de nuevo (P2) con la misma precisión.

Se calcula la pérdida por desgaste de cada probeta mediante la expresión:

$$P = ((P1 - P2) / P1) 100.$$

Se realizan los ensayos especificados con el fin de determinar para qué porcentaje de asfalto adicionado a la mezcla se cumple con las exigencias establecidas, realizándose, de ser necesario, las correcciones en el diseño que garanticen el cumplimiento de dichas especificaciones.

En esta metodología Cántabro se contemplan los pasos siguientes:

- Elección de la curva granulométrica
- Elección de los porcentajes de asfalto para el diseño

3.3.2.- DISEÑO DE MEZCLA

3.3.2.1.- DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS

- Arena Triturada Gris



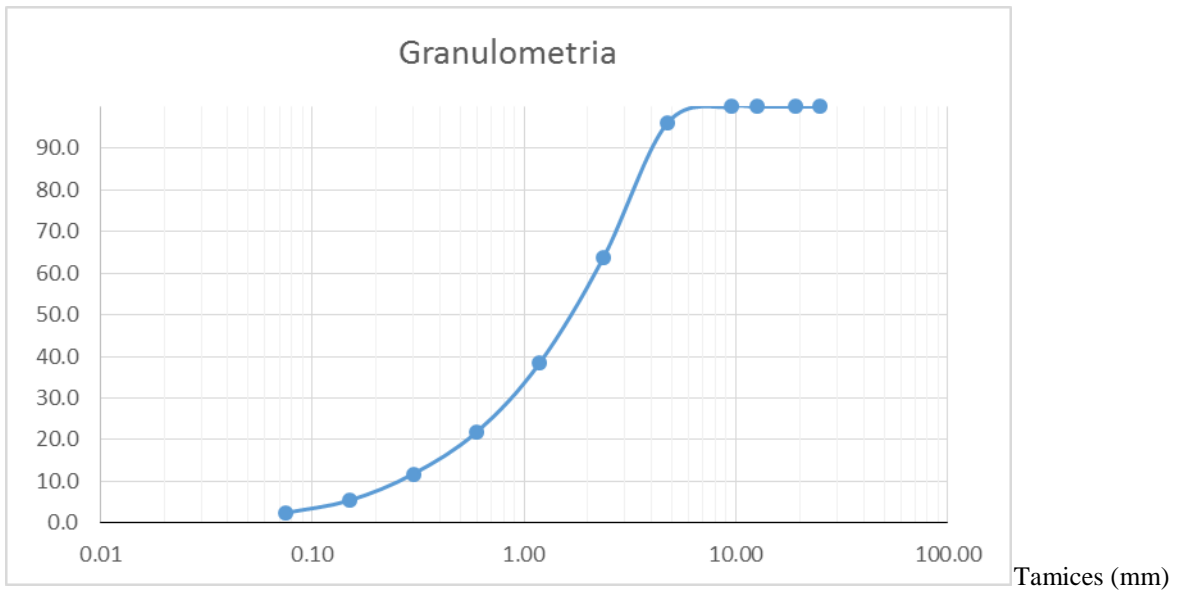
Ilustración 7: Porción de arena triturada gris proveniente de Industrias Bisoño.

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Material:	Arena Triturada Gris				
Proveniencia:	Industrias Bisoño				
PM:	2,327.10				
TAMIZ		Muestra 1			
Módulo	Abertura, mm	Peso retenido, grs	Porcentajes		
			Retenido	Acumulado	Pasante
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.0
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.0
½"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.0
⅜"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.0
4	4.75	89.90	3.86	3.86	96.1
8	2.36	756.80	32.52	36.38	63.6
16	1.18	588.20	25.28	61.66	38.3
30	0.60	381.60	16.40	78.06	21.9
50	0.30	235.80	10.13	88.19	11.8
100	0.15	148.40	6.38	94.57	5.4
200	0.08	69.20	2.97	97.54	2.5

Tabla 3: Granulometría Arena Triturada Gris

% Pasante



Grafica 4: Granulometría Arena Triturada Gris

- Grava de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$



Ilustración 8: Porción de Grava $\frac{3}{4}$ proveniente de Industrias Bisono.

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

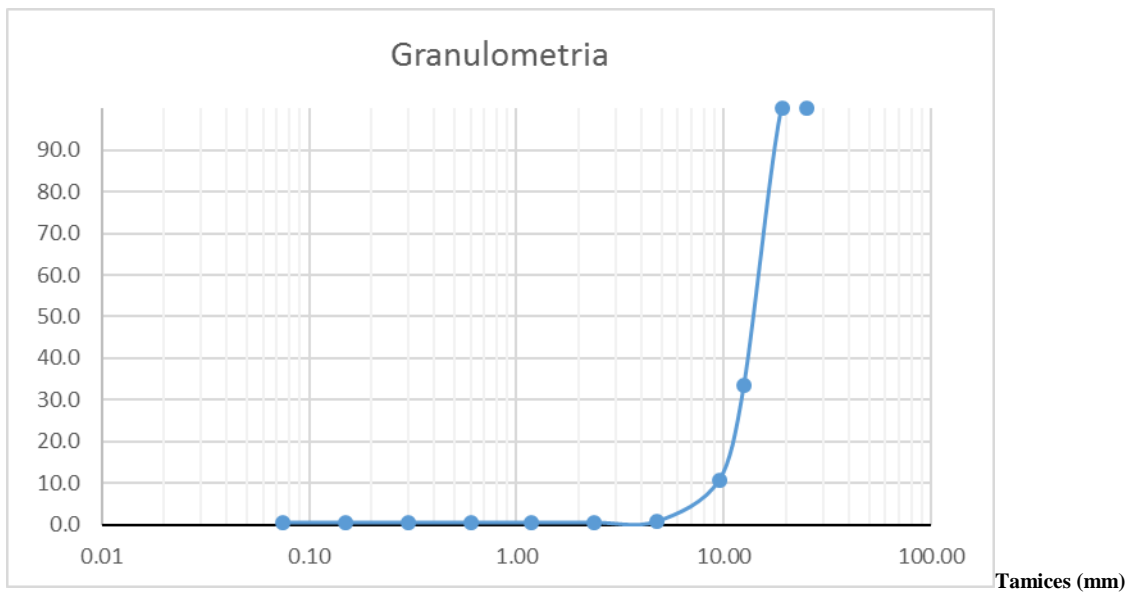
Material:	Grava 3/4 a 1/2
Proveniencia:	Industrias Bisono
PM=	3,128.70 g

TAMIZ		Muestra 1			
Módulo	Abertura, mm	Peso retenido, grs	Porcentajes		
			Retenido	Acumulado	Pasante
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.0
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.0
1/2"	12.50	2082.40	66.56	66.56	33.4
3/8"	9.50	710.70	22.72	89.27	10.7
4	4.75	309.30	9.89	99.16	0.8
8	2.36	7.00	0.22	99.38	0.6
16	1.18	2.30	0.07	99.46	0.5
30	0.60	0.00	0.00	99.46	0.5
50	0.30	0.00	0.00	99.46	0.5
100	0.15	0.00	0.00	99.46	0.5
200	0.08	0.00	0.00	99.46	0.5

Granulometría Grava 3/4 a 1/2

% Pasante

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.



Grafica 5: Granulometría Grava 3/4 a 1/2

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

- Gravilla



Ilustración 9: Porción de gravilla proveniente de Parque Industrial Duarte.

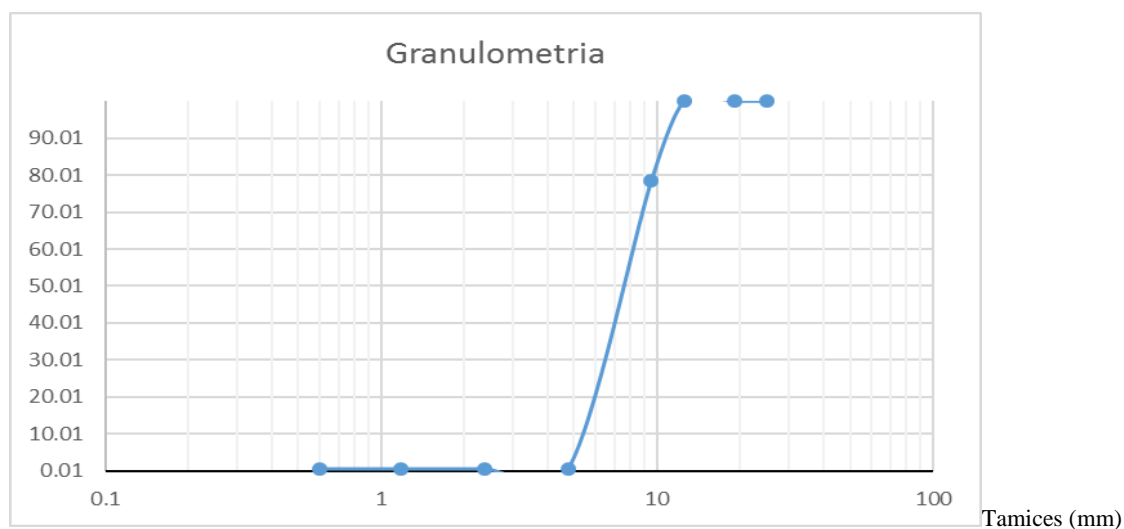
Material:	Gravilla
PM:	2,695.60 g
Proveniencia:	Parque Industrial Duarte

TAMIZ		Muestra 1				Muestra 2				PROMEDIO
Módulo	Abertura, mm	Peso retenido, grs	Porcentajes			Peso retenido, grs	Porcentajes			
			Retenido	Acumulado	Pasante		Retenido	Acumulado	Pasante	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0
½"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0
⅜"	9.50	578.40	21.46	21.46	78.5	604.80	22.44	22.44	77.6	78.1
4	4.75	2101.10	77.95	99.40	0.6	2071.40	76.84	99.28	0.7	0.7
8	2.36	1.90	0.07	99.47	0.5	2.20	0.08	99.36	0.6	0.6
16	1.18	0.00	0.00	99.47	0.5	0.00	0.00	99.36	0.6	0.6
30	0.60	0.00	0.00	99.47	0.5	0.00	0.00	99.36	0.6	0.6
50	0.30	0.00	0.00	99.47	0.5	0.00	0.00	99.36	0.6	0.6
100	0.15	0.00	0.00	99.47	0.5	0.00	0.00	99.36	0.6	0.6
200	0.08	0.00	0.00	99.47	0.5	0.00	0.00	99.36	0.6	0.6

Tabla 5: Granulometría Gravilla

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

% Pasante



Grafica 6: Granulometría Gravilla

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

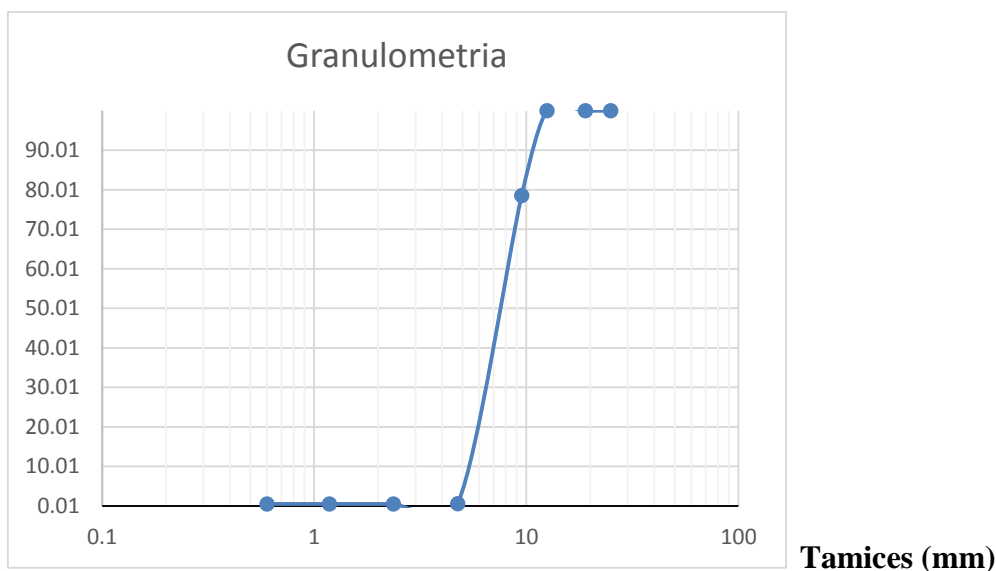
Tabla 6: Granulometría Cal

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Material	Cal Artesanal
PM=	498.6

TAMIZ		Muestra 1				Muestra 2				PROMEDIO
Módulo	Abertura, mm	Peso retenido, grs	Porcentajes			Peso retenido, grs	Porcentajes			Pasante
			Retenido	Acumulado	Pasante		Retenido	Acumulado	Pasante	
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.0
8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.0
16	1.18	0.40	0.08	0.08	99.92	0.20	0.04	0.04	99.96	99.9
30	0.60	1.60	0.32	0.40	99.60	1.20	0.24	0.28	99.72	99.7
50	0.30	54.10	10.85	11.25	88.75	53.60	10.75	11.03	88.97	88.9
100	0.15	50.00	10.03	21.28	78.72	51.10	10.24	21.27	78.73	78.7
200	0.08	24.10	4.83	26.11	73.89	23.80	4.77	26.04	73.96	73.9

Pasante %



Grafica 7: Granulometría Cal

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

CLASIFICACION CEMENTO ASFALTICO ASTM D-3381-05 (Tabla 2)											
NORMAS		DESCRIPCION ENSAYOS REALIZADOS	RESULTADOS			ESPECIFICACIONES CEMENTO ASFALTICO (GRADO DE VISCOSIDAD)					
AASHTO	ASTM		M#1	M#1	PROMEDIO	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
T-202	D-2171	Viscosidad Absoluta @ 60 °C, Poise	4584		4584	250± 50	500± 100	1000± 200	2000± 400	3000± 600	4000± 800
T-201	D-2170	Viscosidad Cinemática @ 135 °C, CST	429	429	429	125	175	250	300	350	400
	D5	Penetración 77°F (25°C), 100g., 5 seg., min			31	220	140	80	60	40	20
	D92	Punto de inflación Copa Abierta de Cleveland, min, °F(°C)	400+		400+	325(163)	350 (177)	425 (219)	450 (232)	450 (232)	450 (232)
	D2042	Solubilidad en tricloro etileno, min,%				99	99	99	99	99	99
	D1298	Gravedad específica @ 60 °C									
	D1298	Gravedad API @ 60 °C	5.24		5.24	Peso=1.035 kg/litros (8.621 Lbs/Gl)					
	D-70	Densidad @ 2 (kg/m³)	1031.74		1031.74						
	D-70	Gravedad específica @ 25 °C	1.0348		1.0348						
	D1754	PRUEBA SOBRE RESIDUO DEL ENSAYO DE PELICULA DELGADA									
T-202	D-2171	VISCOSIDAD ABSOLUTA@ 60 °C, max.POISE				1250	2500	5000	10000	15000	20000
T-51	D-113	DUCTILIDAD @ 25°C, 5 cm/min -cm				100	100	75	50	40	25
RESULTADO FINAL			AC-30								

Tabla 7: Clasificación Cemento Asfáltico

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

DENSIDAD RELATIVA DE MATERIALES BITUMINOSOS

ASTM D70 (METODO DEL PICNOMETRO)

	Pesos(Grs)	DENSIDAD RELATIVA (DR)	Temperatura	DENSIDAD RELATIVA H2O @ TEMPERATURA	DENSIDAD CEMENTO ASFALTICO (Kg/m ³)
A=Peso picnometro	33.4	1.033	25°C	997.0	1030.3
B=Peo del picn. +agua a temp.	61.7				
C=Peso del picn.o + asfalto	51.9				
D=Peso picn. + asfalto+ agua	62.3				
A=Peso picnometro	33.4	1.036	25°C	997.0	1033.2
B=Peo del picn. +agua a temp.	61.7				
C=Peso del picn.o + asfalto	50.3				
D=Peso picn. + asfalto+ agua	62.3				
Promedio		1.035			1031.7

Tabla 8: Densidad Relativa del Cemento Asfáltico

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

3.3.3.-DOSIFICACION DE AGREGADOS.

El asfalto drenante para obtener una cantidad de vacíos elevados se necesita modificar la proporción agregado grueso y agregado fino inferior al 20%.

El contenido de arena suele ser muy elevado entre un 33% y un 60%, y por ello, la resistencia de la mezcla, está basada principalmente en la cohesión proporcionada por el asfalto utilizado. El rozamiento interno de la mezcla únicamente, se moviliza frente a altas solicitudes, mantenidas en el tiempo.

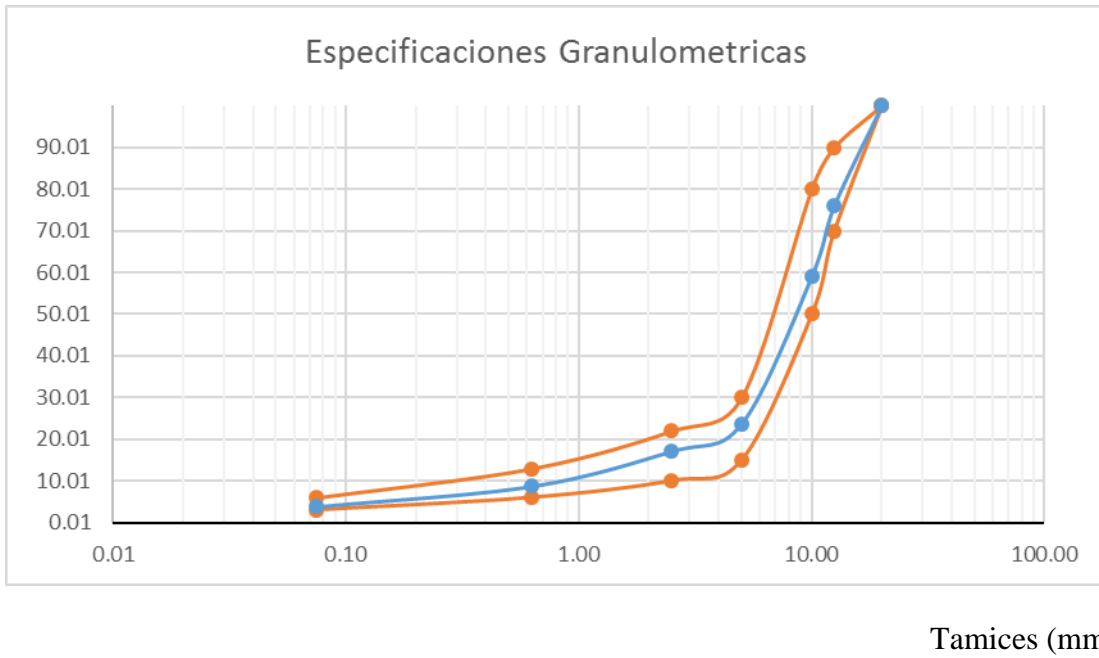
En la siguiente tabla se especifican las recomendaciones hechas por la normativa española respecto a los agregados a utilizar en mezclas drenantes, donde se pueden observar los límites de la granulometría.

Tabla 9: Curva Mezcla Drenante

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

TAMIZ		CURVA MEZCLA DRENANTE	
Módulo	Abertura, mm	BANDA GRANULOMETRICA	
		MAXIMO	MINIMO
¾"	20.00	100.00	100.00
½"	12.50	90.00	70.00
⅜"	10.00	80.00	50.00
4	5.00	30.00	15.00
8	2.50	22.00	10.00
30	0.63	13.00	6.00
200	0.08	6.00	3.00

% Pasante



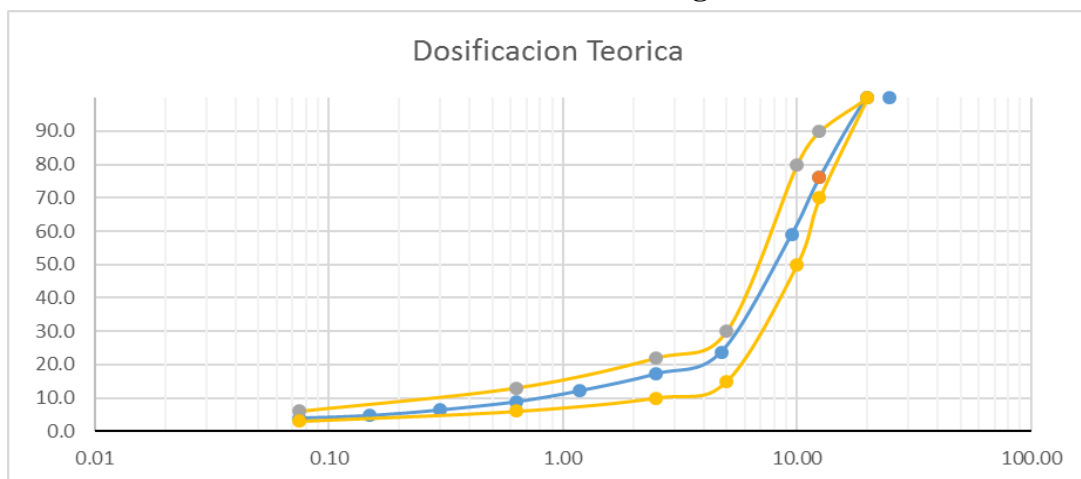
Grafica 8: Especificaciones Granulométricas

El objetivo de la dosificación de agregados es que la mezcla se adapte a estas recomendaciones, para el diseño se ha empleado cuatro fracciones diferentes de agregados. Se ha añadido grava de $\frac{3}{4}$, arena triturada gris, gravilla y cal. En la siguiente tabla se muestra la granulometría de las fracciones seleccionadas para el diseño de mezcla.

PARA LA DOSIFICACION TEORICA							
PESOS, GRS.		1,500.00	600.00	540.00	300.00	60.00	1,500.00
TAMIZ		PORCENTAJES	40.00	36.00	20.00	4.00	100.00
Módulo	Abertura, mm	MATERIAL	GRAVILLA PARQUE INDUSTRIAL DUARTE	GRAVA BISONO	ARENA BISONO	CAL ARTESANAL	CURVA
		%	PASANTE	PASANTE	PASANTE	PASANTE	PASANTE
1"	25.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.0
¾"	20.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.0
½"	12.50		100.00	33.44	100.00	100.00	76.0
⅜"	9.50		78.05	10.73	100.00	100.00	59.1
4	4.75		0.66	0.84	96.14	100.00	23.8
8	2.50		0.58	0.62	63.62	100.00	17.2
16	1.18		0.58	0.54	38.34	99.94	12.1
30	0.63		0.58	0.54	21.94	99.66	8.8
50	0.30		0.58	0.54	11.81	88.86	6.3
100	0.15		0.58	0.54	5.43	78.72	4.7
200	0.08		0.58	0.54	2.46	73.92	3.9

Tabla 10: Tabla Dosificación Teórica

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.



Gráfica 9: Dosificación Teórica

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

La dosificación seleccionada de agregados son un 40% de gravilla, 36% de grava, 20% de arena y 4% de cal.

RESUMEN DE DISEÑO DE MEZCLA

DOSIFICACION

Grava	36 %	Bisono
Gravilla	40%	Parque Industrial Duarte
Arena Tritura Gris	20%	Bisono
Cal	4%	P&R Ingeniería
Polímero	2%	TERE

Tabla 11: Resumen de diseño de mezcla

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Estos porcentajes lo conseguimos tanteando hasta lograr que la curva quede dentro del entorno, ósea dentro de los parámetros establecidos por la norma que utilizamos.



Ilustración 10: Proporciones de agregados para briquetas.

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

3.3.4.- ASFALTO MODIFICADO CON POLIMERO TERPOLIMERO ELASTOMERO REACTIVO DE ETILENO (TERE).

El Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) (RET por sus siglas en inglés para “Reactive Elastomeric Terpolymer”) es un producto relativamente nuevo diseñado específicamente para la modificación de asfalto. La invención del TERE surge a partir de 1988 cuando las compañías Chevron (petrolera) y DuPont (química) se unen en un esfuerzo conjunto para desarrollar un nuevo polímero modificador de asfalto con las siguientes características:

- Que el polímero pudiera incorporarse fácilmente al asfalto.
- Que el asfalto modificado con ese polímero fuera sencillo de trabajar

- Que el polímero proporcionara propiedades visco elásticas similares a las de otros polímeros ya utilizados (Copolímeros de Estireno Butadieno – SB).

Para 1989, DuPont desarrolla el TERE de reacción lenta y a partir de 1991 se comienza con la experiencia de pavimentación de trechos experimentales en los Estados Unidos de América. De 1994 a la fecha, se desarrollan varios grados de TERE, entre ellos el de alta reacción con catalizador (que actualmente se utiliza en México).

El TERE ha sido evaluado ampliamente en los Estados Unidos como parte del desarrollo del programa SHRP, cumpliendo con las especificaciones del programa.

TERE es un polímero cuyo composición es diferente a los elastómeros formados por bloques de estireno – butadieno. El material es un compuesto químico con una columna de etileno que incorpora dos copolímeros el cual por su distribución química, puede reaccionar químicamente con los asfáltenos del asfalto para formar un solo compuesto inseparable.

3.3.5.- DISEÑO DE MEZCLA

En la normativa española para las mezclas drenantes establece que se realizara a partir de briquetas tipo Cántabro elaboradas con los procedimientos establecidos

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Vacíos en la Mezcla.
- Desgaste en la máquina de los ángeles (estado seco).

3.3.5.1. ELABORACION DE BRIQUETAS.

La elaboración de briquetas se realizó bajo el procedimiento planteado en la norma AASHTO T 245 con la masa de agregados de 1,200g del método de Marshall.

El proceso consiste en la elaboración de briquetas con un promedio de diámetro de 10 centímetros y con una altura promedio de 7 centímetros.



Ilustración 11: Briquetas.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Se preparó los materiales con la dosificación de diseño en un recipiente, se fueron pesando sucesivamente las cantidades de las fracciones de tal modo que la cantidad total de árido para cada briqueta fuera de 1,200 g.



Ilustración 12: Peso de Briquetas.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Se utilizó el aditivo Elvaloy 5170 (surfax), en proporción de 2% por peso de cemento asfáltico.



Ilustración 13: Muestra de Polímero Terpolimero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE).

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Se colocó a continuación el recipiente al horno para calentar la dosificación de agregados a una temperatura de 190 °C.

Se procedió al mezclado en la caldera, se añadió por pesada la cantidad de asfalto calculado para la mezcla y se continuó hasta que la mezcla se observara homogéneamente cubierta.



Ilustración 14: Mezclado de agregados en caldera
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

La compactación de las probetas se realizó empleando la máquina y el procedimiento de compactación descrito en la norma AASHTO T 245, sin embargo el número de golpes fue establecido en base a la normativa española que rectifica que el número de golpes deberá de ser de 50 por cara.



Ilustración 15: Compactación de briquetas
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

3.3.5.2.- VACIOS

Para el cálculo de los vacíos en la mezcla se ha utilizado AASHTO T 269. Se ha tomado el procedimiento descrito en esta norma para la evaluación de vacíos de aire en las briquetas para mezclas abiertas, donde se define a las mezclas abiertas como aquellas cuyo contenido de vacíos son del 10% o más, que es el caso.

3.3.5.2.1.-DENSIDAD BULK

Se determinó la densidad bulk de 12 briquetas, de una mezcla asfáltica compactada, a partir de su masa seca (en gr) y de su volumen (en cm^3) y se promediaron los resultados. Se midió la altura y su diámetro en cuatro sitios diferentes y se calculó su promedio.



Ilustración 16: Medición de briquetas
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

3.3.5.5.- DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (SECO)

El ensayo de desgaste conocido también como ensayo cántabro, permite valorar indirectamente la cohesión, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tránsito.

Se prepararon 3 briquetas de cada contenido de asfalto y el ensayo se realizó procurando que la temperatura este entre 15 y 30 grados Celsius.



Ilustración 17: Pesos de briquetas
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Se introdujo las briquetas en la máquina de Los Ángeles y, sin la carga abrasiva de las bolas, se hizo girar 280 vueltas.



Ilustración 18: Máquina de los ángeles
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.



Ilustración 19: Desgaste de briquetas
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.



Ilustración 20: Desgaste de briquetas (Maquina de los ángeles)
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

3.4 – METODO DE INVESTIGACION

En la presente investigación se basara en los siguientes métodos:

- Método inductivo: En este método se elaboró conclusiones generadas a partir de la relación costo – beneficio del uso del asfalto drenante con ciertos métodos aplicados para el mejor resultado. En esta se deberían observar y registrar todos los hechos y luego analizarlos y clasificarlos ordenadamente.
- Método analítico: Se analizara el diseño presupuestal de las mezclas asfálticas drenantes y las mezclas asfálticas convencionales ya que en base a este haremos una comparación del beneficio que tendrán estas.

3.5.- TECNICAS DE INVESTIGACION.

La manera en que recopilamos los datos de nuestra investigación fue mediante observaciones. Se obtienen datos que luego se sintetizan para desarrollar la investigación.

Con esta técnica establecimos un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el objeto de estudio que se toma en consideración.

Se recopiló datos e información de distintos diseños de mezclas asfálticas drenantes en diferentes países para aplicarlo a nuestro país y ensayos que se realizan con el fin de obtener el mejor resultado de esta.

IV. ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS

4.1.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1- DESCRIPCION DEL ENSAYO

En este capítulo se realizara la interpretación de los datos obtenidos mediante lo ensayos realizara a partir de briquetas tipo Marshall elaboradas con los procedimientos establecidos

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Vacíos en la Mezcla.
- Desgaste en la máquina de los ángeles (estado seco).

4.1.1.1.- VACIOS EN LA MEZCLA

4.1.1.1.1.- DENSIDAD BULK

Se procede a calcular la densidad de cada briqueta como se muestra en la siguiente fórmula:

Densidad: M / V cilindro

Donde:

M: Masa

V cilindro: Volumen del cilindro

El cálculo debe realizarse para cada cantidad de asfalto.

4.1.1.1.2.- GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada contenido de asfalto para determinar la gravedad específica.

Ensayo Gravedad Especifica Máxima Teórica						
%CA	Peso M	Peso picnómetro a temperatura Calibr.	Peso Picn. +agua + muestra	Grav.Esp. Max. Teor.	Gr. Esp. Efect.	Temp. (° C)
3.50	1,500.30	7,976.29	8,899.10	2.60	2.75	24.00
4.00	1,500.00	7,976.29	8,891.90	2.57	2.74	24.00
4.50	1,500.00	7,976.77	8,886.80	2.54	2.73	23.50
5.00	1,504.40	7,977.25	8,886.50	2.53	2.74	23.00
Gravedad Especifica Efectiva promedio					2.739 Kg/M3	

Tabla 12: Gravedad Específica Máxima Teórica

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

4.1.1.1.3.- CALCULO DE VACIOS.

Con los resultados anteriores en los que se calculó la gravedad específica bulk y la gravedad específica máxima teórica se determina el contenido de vacios para cada contenido de asfalto de la siguiente manera:

$$\text{Vacíos} = (\text{Gem} - \text{Geb}) / \text{Gem} \times 100$$

Donde:

Gem: Gravedad específica máxima teórica.

Geb: Gravedad específica Bulk.

4.1.1.2.- DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES EN ESTADO SECO.

Se calculó el resultado del ensayo de pérdida por desgaste para briqueta, mediante la siguiente fórmula:

$$P = (w1 - w2) / w1 \times 100$$

Donde:

P: Valor de la pérdida por desgaste, en %.

W1: Masa inicial de la probeta, en gramos.

W2: Masa final de la probeta, en gramos.

%CA	PESOS GRAMOS			Volumen	Densidad bulk Kg/m3	Gravedad Especifica Máxima Teórica	Vacíos totales %	Peso después del desgaste P ₂	Pérdida Cántabro %
	Peso antes del desgaste P ₁	Diámetro	Espesor						
B	c	d	E	F	G	H	I	J	
	1205.0	10.16	6.8	551.3	2.186			565.30	
	1202.3	10.16	7.1	575.6	2.089			880.300	
	1204.0	10.16	7.1	575.6	2.092			966.10	
3.50	1203.8				2.090	2.589	19.25	923.20	23.31
	1202.4	10.16	7.0	567.5	2.119			977.10	
	1202.0	10.16	7.0	567.5	2.118			1005.100	
	1203.2	10.16	7.0	567.5	2.120			1012.80	
4.00	1202.5				2.119	2.568	17.50	1008.95	16.10
	1198.3	10.16	7.0	567.5	2.111			1115.00	
	1206.5	10.16	6.9	559.4	2.157			1036.200	
	1200.5	10.16	6.9	559.4	2.146			1051.60	
4.50	1201.8				2.138	2.549	16.11	1067.60	11.16
	1207.0	10.16	7.0	567.5	2.127			1158.00	
	1260.3	10.16	7.0	567.5	2.221			1123.800	
	1197.6	10.16	7.0	567.5	2.110			1159.30	
5.00	1221.6				2.119	2.529	16.23	1158.65	5.16
Especificación							≥20		≤25

Tabla 13: Desgaste Maquina de Los Ángeles

Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

Valores en rojo no se consideraron en el promedio.

4.1.2.1.- DETERMINACION DEL CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO



Grafica 8: Porcentaje de vacios

Observación: La dosis de AC que satisface los requerimientos de vacios es 3.5%

4.1.2.- VOLUMETRIA DE LOS AGREGADOS PARA 1 M3

4.1.2.1.- DENSIDAD SUELTA DE LOS AGREGADOS

- **Arena Gris Triturada**

PROYECTO: _____
PROCEDENCIA
DEL MATERIAL: Bisonó
DESCRIPCION
DEL MATERIAL: Arena Gris Triturada del Rio Nizao
FECHA: 28/11/2016

DENSIDAD SUELTA DEL MATERIAL (ASTM C-29)

Envase No.	1	1	1		
Peso Mat. + Envase (kg)	8.015	8.032	8.026		
Peso de Envase (kg)	3.314	3.314	3.314	HUMEDAD DE LA MUESTRA	
Peso de Material (kg)	4.701	4.718	4.712	PESO MUESTRA HUMEDA	G
Peso Mat. Sin Humedad (kg)	4.701	4.718	4.712	PESO MUESTRA SECA	G
Volumen Envase (m³)	0.00296	0.00296	0.00296	PESO AGUA	G
Densidad Suelta (kg/m³)	1,590.86	1,596.62	1,594.59	CONTENIDO HUMEDAD %	0.0 %

Promedio Densidad Suelta

1,594.0 (kg/m³)

Tabla 14: Densidad Suelta del material: Arena
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

- Gravilla

PROYECTO: Asfalto Drenante
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Parque Industrial Duarte, Material Triturado de Mina de Tosca
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Gravilla
FECHA: 28/11/2016

DENSIDAD SUELTA DEL MATERIAL (ASTM C-29)

Envase No.	1	1	1		
Peso Mat. + Envase (kg)	7.591	7.585	7.583		
Peso de Envase (kg)	3.314	3.314	3.314	HUMEDAD DE LA MUESTRA	
Peso de Material (kg)	4.277	4.271	4.269	PESO MUESTRA HUMEDA	G
Peso Mat. Sin Humedad (kg)	4.277	4.271	4.269	PESO MUESTRA SECA	G
Volumen Envase (m³)	0.00296	0.00296	0.00296	PESO AGUA	G
Densidad Suelta (kg/m³)	1,447.38	1,445.35	1,444.67	CONTENIDO HUMEDAD %	0.0 %

Promedio Densidad Suelta 1,445.8 (kg/m³)

Tabla 15: Densidad Suelta del material: Gravilla
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

- Grava 3/4 a 1/2

PROYECTO: Asfalto Drenante
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Bisonó Material de Rio Nizao
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Grava
FECHA: 28/11/2016

DENSIDAD SUELTA DEL MATERIAL (ASTM C-29)

Envase No.	1	1	1		
Peso Mat. + Envase (kg)	7.851	7.857	7.860		
Peso de Envase (kg)	3.314	3.314	3.314	HUMEDAD DE LA MUESTRA	
Peso de Material (kg)	4.537	4.543	4.546	PESO MUESTRA HUMEDA	G
Peso Mat. Sin Humedad (kg)	4.537	4.543	4.546	PESO MUESTRA SECA	G
Volumen Envase (m³)	0.00296	0.00296	0.00296	PESO AGUA	G
Densidad Suelta (kg/m³)	1,535.36	1,537.39	1,538.41	CONTENIDO HUMEDAD %	0.0 %

Promedio Densidad Suelta 1,537.1 (kg/m³)

Tabla 16: Densidad Suelta del material: Grava
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

PROYECTO: Asfalto Drenante
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Agregados combinados
FECHA: 28/11/2016

DENSIDAD SUELTA DEL MATERIAL (ASTM C-29)

Envase No.	1	1	1		
Peso Mat. + Envase (kg)	8.248	8.282	8.296		
Peso de Envase (kg)	3.314	3.314	3.314	HUMEDAD DE LA MUESTRA	
Peso de Material (kg)	4.934	4.968	4.982	PESO MUESTRA HUMEDA	G
Peso Mat. Sin Humedad (kg)	4.934	4.968	4.982	PESO MUESTRA SECA	G
Volumen Envase (m³)	0.00296	0.00296	0.00296	PESO AGUA	G
Densidad Suelta (kg/m³)	1,669.71	1,681.22	1,685.96	CONTENIDO HUMEDAD %	0.0 %

Promedio Densidad Suelta

1,679.0 (kg/m³)

Tabla 17: Densidad Suelta del material: Agregados Combinados
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.

4.1.2.2.- CALCULO DE LOS VOLUMENES DE AGREGADOS PARA 1 M3

- **Agregados Combinado**

DENSIDAD SUELTA COMBINADA 1,678.97 Kg/M³

DENSIDAD DE LOS AGREGADOS:

GRAVA 1,537.07 Kg/M³

GRAVILLA 1,445.80 Kg/M³

ARENA 1,594.03 Kg/M³

CAL 1,200.00 Kg/M³

VOLUMEN DE AGREGADO PARA UN (1.0)M³

$$\text{GRAVA} \quad \frac{1678.97 \cdot 0.40}{1537.07} = 0.437 \quad \text{mt}^3$$

$$\text{GRAVILLA} \quad \frac{1678.97 \cdot 0.36}{1445.80} = 0.418 \quad \text{mt}^3$$

$$\text{ARENA} \quad \frac{1678.97 \cdot 0.20}{1594.03} = 0.211 \quad \text{mt}^3$$

$$\text{CAL} \quad \frac{1678.97 \cdot 0.04}{1200.00} = 0.056 \quad \text{mt}^3$$

$$\text{VOL. DE AGREGADO SUELTO} = \quad \quad \quad \mathbf{1.122} \quad \text{mt}^3$$

Nota:

Se necesita 1.122 mt³ de agregados para elaborar 1 mt³ de mezcla asfáltica.

4.2.- PRESUPUESTOS.

En esta investigación quisimos enfocar los costos de la producción y colocación de una mezcla asfáltica drenante sobre una base granular con una geomembrana impermeable y una mezcla asfáltica drenante sobre un asfalto convencional existente (Recapeo) con el diseño de mezcla ya realizado. En esta investigación también comparamos los costos de un Hormigón Asfáltico convencional sobre una base granular y sobre un asfalto existente.

4.2.1.- PRESUPUESTO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE BASE GRANULAR

PRESUPUESTO DE PRODUCCION EN PLANTA PARA 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

Rendimiento estimado de producción: 26.67 M3C/Hr

1. Mano de Obra.

No.	Descripcion	Unidad	Sueldo / Mensual RD\$	Carga Social RD\$	Valor RD\$	Costo / Dias RD\$	Costo / Horas RD\$	Rend./ Horas	Costo/ Unidad RD\$
1.01	Ingeniero encargado de la planta	M3C	\$ 100,000.00	\$34,000.00	\$ 134,000.00	\$ 5,623.16	\$ 702.90	26.67	\$ 26.36
1.02	Operador planta de asfalto	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.03	Operador caldera y generador eléctrico	M3C	\$ 22,000.00	\$ 7,480.00	\$ 29,480.00	\$ 1,237.10	\$ 154.64	26.67	\$ 5.80
1.04	Ing. Químico Enc. De Laboratorio	M3C	\$ 60,000.00	\$20,400.00	\$ 80,400.00	\$ 3,373.90	\$ 421.74	26.67	\$ 15.81
1.05	Encargado de tamizado y pesado	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.06	Encargado de Picnometro y penetrometro	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.07	Despachador	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.08	Mecánico general.	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.09	Electricista	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.10	Soldador	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.11	Ayudante Mecánico	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.12	Obrero (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.13	Sereno (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.14	Operador Camión de servicios	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.15	Operador cargador frontal	M3C	\$ 45,000.00	\$15,300.00	\$ 60,300.00	\$ 2,530.42	\$ 316.30	26.67	\$ 11.86
TOTAL DE MANO DE OBRA DE PRODUCCION POR M3									\$ 134.20

2. Equipos.

Costo Combustible: 141GL SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripcion	Unidad	Costo / Hora RD\$	Rend./ Horas	Costo / Unidad RD\$
2.01	Planta de asfalto ADM SLP-110-2B	M3C	\$ 6,450.00	26.67	\$ 241.84
2.02	Generador eléctrico SDM 400 KW	M3C	\$ 2,852.89	26.67	\$ 106.97
2.03	Camioneta para encargado de la planta	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.04	Camioneta para laboratorio	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.05	Camioncito de servicios	M3C	\$ 158.35	26.67	\$ 5.94
2.06	Tanquero para transporte AC-30	M3C	\$ 53.08	26.67	\$ 1.99
2.07	Cargador frontal 950 Caterpillar (130 HP)	M3C	\$ 1,650.00	26.67	\$ 61.87
2.08	Equipo de comunicación, agua, luz y telefono	M3C	\$ 100.00	26.67	\$ 3.75
2.09	Equipo laboratorio	M3C	\$ 2,362.52	26.67	\$ 88.58
TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR M3			\$		521.78

3. Gasoil y Lubricantes para equipos.

No.	Descripción	Unidad	Galones de gasoil/hora	Gasoil	Lubricante	Rend./ Horas	Costo/M3 RD\$
3.01	Gasoil y lub. Planta asfalto (144 hp)	M3C	5.76	\$ 812.16	\$ 162.43	26.67	\$ 36.54
3.02	Gasoil y lub generador eléctrico	M3C	3.00	\$ 423.00	\$ 84.60	26.67	\$ 19.03
3.03	Gasoil y lub. Camioneta op. Planta (120 hp)	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.04	Gasoil y lub. Camioneta laboratorio	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.05	Gasoil y lubricantes camion tanquero (425 hp)	M3C	17.00	\$ 2,397.00	\$ 479.40	26.67	\$ 107.85
3.06	Gasoil y lubricantes camion de servicios (150 hp)	M3C	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
3.07	Gasoil y lubricantes cargador 950 CAT (130 hp)	M3C	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	26.67	\$ 32.99
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES PARA EQUIPOS EN MT3						\$	295.39

4. Alquiler Solar.

No.	Otros	Unidad	Costo/M3	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
4.01	Alquiler Solar	M2	\$ 4.00	1.00	\$ 4.00

TOTAL DE PRODUCCION DE ASFALTO POR M3 \$ 781.82

PRESUPUESTO DE SUMINISTRO DE AC-30 EN PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

5 Suministro de AC-30

No.	Descripcion	Unidad	Costo/GL	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Suministro AC-30	gls	\$ 172.50	28.00	\$ 4,830.00

Suministro de AC-30 \$ 4,830.00

Costo de Colocacion de Asfalto por MT3

Costo Combustible: SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

1. Equipos

No.	Descripción	Unidad	Costo/Hora	Rend/Hr	Costo/M3 RD\$
1	Barredora	M3	\$ 700.00	26.67	\$ 21.88
2	Pavimentadora	M3	\$3,273.68	26.67	\$ 102.30
3	Rodillo de neumatico	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
4	Rodillo liso	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
5	Equipo topografico	M3	\$ 93.33	26.67	\$ 2.92
6	Movilizacion personal de colocación	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06
7	Movilización personal topográfico	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06

TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR MT3 \$ 234.74

2. Gasoil y Lubricantes para Equipos

No.	Descripcion	Unidad	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Gasoil y lub. Barredora (110 hp)	M3	4.40	\$ 620.40	\$ 124.08	26.67	\$ 27.91
2	Gasoil y lub. Pavimentadora (205	M3	8.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	26.67	\$ 52.02
3	Gasoil y lubricantes rodillo neumatico	M3	5.80	\$ 817.80	\$ 163.56	26.67	\$ 36.80
4	Gasoil y lubricantes rodillo liso (160 hp)	M3	6.40	\$ 902.40	\$ 180.48	26.67	\$ 40.60
5	Gasoil y lubricantes camioneta asf. (120	M3	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
6	Gasoil y lubricantes camioneta	M3		\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
7	Gasoil y lubricantes Camion volteo	M3	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3							\$ 218.24

3. Mano de Obra

No.	Descripción	Unidad	Costo /Dia	Carga Social	Valor RD\$	Costo/ Hora	Rendim. /Hr	Costo / Unidad RD\$
1	Operador barredora	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
2	Operador pavimentadora	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
3	Operador rodillo neumatico	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
4	Operador rodillo liso	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
5	Brigada topog. Para control cables	M3	\$ 5,850.00	\$ 1,989.00	\$ 7,839.00	\$ 979.88	\$ 26.67	\$ 36.74
6	Brigada de colocación asfalto	M3	\$ 11,450.00	\$ 3,893.00	\$ 15,343.00	\$ 1,917.88	\$ 26.67	\$ 71.91
TOTAL DE COSTO MANO DE OBRA POR MT3								\$ 152.62
TOTAL COLOCACION POR MT3 DE ASFALTO								\$ 605.60

Agregados segun diseño Anexado					
No.	Descripción	Unidad	Costo/M 3 RD\$	Cantidad usado por M3	Costo/M3 RD\$
1	Grava de 3/4" a 1/2" triturada gris	M3	\$ 800.00	0.1084	\$ 86.72
2	Gravilla de 1/2 a 3/4"	M3	\$ 850.00	0.4551	\$ 386.84
3	Arena triturada gris	M3	\$ 950.00	0.41	\$ 389.50
4	Arena itabo	M3	\$ 800.00	0.0893	\$ 71.44
COSTO POR M3 DE AGREGADOS				1.0628	\$ 934.50

Planta de Asfalto ADM SLP-110-2B					
DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 20,645,767.50		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 3,096,865.13		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 17,548,902.38
Uso anual en horas	H	2,000.00			
Vida económica (N)	Años	20.00			
Inversión media anual $((N+1)/2N(\text{precio adq}))$			\$ 10,839,027.94		
Costo de Posesion					
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 877.45		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 614.21		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 3,071.06		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anul hora)			\$ 433.56		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual)			\$ 263.23		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 216.78		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 5,476.29
Gasoil	Gl	5.76	\$ 141.00	\$ 812.16	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 812.16	\$ 162.43	\$ 974.59
Total de Costo Planta de Asfalto ADM de 110 TON					\$ 6,450.88

Generador Planta Electrica SDM 400 KW

DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 10,695,000.00		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 1,604,250.00		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 9,090,750.00
Uso anual en horas	H	\$ 2,000.00			
Vida económica (N)	años	\$ 10.00			
Inversion media anual ((N+1)/2N(precio adq.)			\$ 5,882,250.00		
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 454.54		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 318.18		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 1,590.88		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anual hora)			\$ 235.29		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual hora)			\$ 136.36		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 117.65		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 2,852.89
Costo de Operación					
Gasoil	Gl	3.00	\$ 141.00	\$ 423.00	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 423.00	\$ 84.60	\$ 507.60
Total de Costo Generadores/Hora	RD\$				\$ 3,360.49

Riego de Imprimacion 0.5GLS/M2 Con Gravilla

Rend. M2/Dia: 3,500 M2/dia. Rend. M2/Dia: 437.50 M2/Hora

1. Equipos

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
1.01	Camion de Agua	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 1,000.00	0.29
1.02	Minicargador	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 1,050.00	0.30
1.03	Barredora	hora	1.00	1.00	1.00	437.50	0.00229	\$ 1,200.00	2.74
1.04	Rodillo	hora	1.00	1.00	1.00	437.50	0.00229	\$ 1,750.00	4.00
1.05	Camion Distribuidor	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 15,000.00	4.29
1.06	Chofer Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	437.50	0.00229	\$ 150.00	3.98
1.07	Ayudante Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	437.50	0.00229	\$ 110.00	2.92
1.08	Camion (Cap. 3 M3) para transporte de personal y gravilla	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00229	\$ 3,000.00	6.86
1.09	Transporte RC-2 y Almacenamiento (\$5)	gl	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00000	\$ 5.00	5.00
TOTAL COSTO DE EQUIPOS								M2	\$ 30.37

2. Mano de Obra

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
2.01	Obreros (8)	hora	64.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	120.00	3.18
2.02	Capataz	hora	8.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	275.00	0.91
TOTAL DE MANO DE OBRA									\$ 4.09

3. Materiales

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
3.01	Gravilla Triturada de 1/4 @ 1/2 (En Planta)	m3	1.00	1.05	1.05	100.00	0.01000	550.00	6.06
3.02	Liquido asfaltico RC-2	gl	0.500	1.00	1.00	1.00	1.00000	153.45	76.73
3.03	Kerosene	gl	0.0075	1.00	1.00	1.00	1.00000	152.50	1.14
3.04	Herramientas Diversas	(%)	0.15	1.00	1.00	1.00	1.00000	4.09	0.61
TOTAL DE MATERIALES									\$ 84.55

Costo Combustible: 141GL	SEPT 17/09/2016
Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible	
Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible	

No.	Descripcion	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Rend.	Costo/Unidad RD\$
4.01	Gasoil y lub. Minicargador (130 hp)	5.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	437.50	\$ 3.17
4.02	Gasoil y lubricantes rodillo (160 hp)	6.40	\$ 817.80	\$ 163.56	437.50	\$ 2.24
4.03	Gasoil y lubricantes Camion Distribuidor	5.00	\$ 705.00	\$ 141.00	437.50	\$ 1.93
4.04	Gasoil y lubricantes Barredora (130 hp)	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	437.50	\$ 2.01
TOTAL DE COMBUSTIBLE POR MT3						\$ 9.36

COSTO UNITARIO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE BASE GRANULAR

Elaboracion de 1 MT3 de Asfalto

No.		Cantidad	Unidad	P.U.	Costo RD\$
1	Produccion en planta de HAC	1	M3	\$ 955.36	\$ 955.36
2	Suministro de agregados para la produccion de 1M3 de HAC	1	M3	\$ 934.50	\$ 934.50
3	Suministro de AC-30 para 1 M3 de HAC	1	M3	\$ 4,830.00	\$ 4,830.00
TOTAL COSTO M3 HAC					\$ 6,719.86

1	Riego de Imprimacion	1	M2	RD\$128.36	RD\$128.36
---	----------------------	---	----	------------	------------

El costo de la carpeta asfáltica mas el riego de imprimación seria de **\$6,848.22**

4.2.2.- PRESUPUESTO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE ASFALTO EXISTENTE (RECAPEO)

PRESUPUESTO DE PRODUCCION EN PLANTA PARA 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

Rendimiento estimado de producción: 26.67 M3C/Hr

1. Mano de Obra.

No.	Descripcion	Unidad	Sueldo / Mensual RD\$	Carga Social RD\$	Valor RD\$	Costo / Dias RD\$	Costo / Horas RD\$	Rend./ Horas	Costo/ Unidad RD\$
1.01	Ingeniero encargado de la planta	M3C	\$ 100,000.00	\$34,000.00	\$ 134,000.00	\$ 5,623.16	\$ 702.90	26.67	\$ 26.36
1.02	Operador planta de asfalto	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.03	Operador caldera y generador eléctrico	M3C	\$ 22,000.00	\$ 7,480.00	\$ 29,480.00	\$ 1,237.10	\$ 154.64	26.67	\$ 5.80
1.04	Ing. Químico Enc. De Laboratorio	M3C	\$ 60,000.00	\$20,400.00	\$ 80,400.00	\$ 3,373.90	\$ 421.74	26.67	\$ 15.81
1.05	Encargado de tamizado y pesado	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.06	Encargado de Picnometro y penetrometro	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.07	Despachador	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.08	Mecánico general.	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.09	Electricista	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.10	Soldador	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.11	Ayudante Mecánico	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.12	Obrero (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.13	Sereno (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.14	Operador Camión de servicios	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.15	Operador cargador frontal	M3C	\$ 45,000.00	\$15,300.00	\$ 60,300.00	\$ 2,530.42	\$ 316.30	26.67	\$ 11.86
TOTAL DE MANO DE OBRA DE PRODUCCION POR M3									\$ 134.20

2. Equipos.

Costo Combustible: 141GL SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripción	Unidad	Costo / Hora RD\$	Rend./ Horas	Costo / Unidad RD\$
2.01	Planta de asfalto ADM SLP-110-2B	M3C	\$ 6,450.00	26.67	\$ 241.84
2.02	Generador eléctrico SDM 400 KW	M3C	\$ 2,852.89	26.67	\$ 106.97
2.03	Camioneta para encargado de la planta	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.04	Camioneta para laboratorio	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.05	Camioncito de servicios	M3C	\$ 158.35	26.67	\$ 5.94
2.06	Tanquero para transporte AC-30	M3C	\$ 53.08	26.67	\$ 1.99
2.07	Cargador frontal 950 Caterpillar (130 HP)	M3C	\$ 1,650.00	26.67	\$ 61.87
2.08	Equipo de comunicación, agua, luz y telefono	M3C	\$ 100.00	26.67	\$ 3.75
2.09	Equipo laboratorio	M3C	\$ 2,362.52	26.67	\$ 88.58
TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR M3			\$		521.78

3. Gasoil y Lubricantes para equipos.

No.	Descripción	Unidad	Galones de gasoil/hora	Gasoil	Lubricante	Rend./ Horas	Costo/M3 RD\$
3.01	Gasoil y lub. Planta asfalto (144 hp)	M3C	5.76	\$ 812.16	\$ 162.43	26.67	\$ 36.54
3.02	Gasoil y lub generador eléctrico	M3C	3.00	\$ 423.00	\$ 84.60	26.67	\$ 19.03
3.03	Gasoil y lub. Camioneta op. Planta (120 hp)	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.04	Gasoil y lub. Camioneta laboratorio	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.05	Gasoil y lubricantes camion tanquero (425 hp)	M3C	17.00	\$ 2,397.00	\$ 479.40	26.67	\$ 107.85
3.06	Gasoil y lubricantes camion de servicios (150 hp)	M3C	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
3.07	Gasoil y lubricantes cargador 950 CAT (130 hp)	M3C	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	26.67	\$ 32.99
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES PARA EQUIPOS EN MT3						\$	295.39

4. Alquiler Solar.

No.	Otros	Unidad	Costo/M3	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
4.01	Alquiler Solar	M2	\$ 4.00	1.00	\$ 4.00

TOTAL DE PRODUCCION DE ASFALTO POR M3 \$ 781.82

PRESUPUESTO DE SUMINISTRO DE AC-30 EN PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

5 Suministro de AC-30

No.	Descripcion	Unidad	Costo/GL	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Suministro AC-30	gls	\$ 172.50	28.00	\$ 4,830.00

Suministro de AC-30 \$ 4,830.00

Costo de Colocacion de Asfalto por MT3

Costo Combustible: SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

1. Equipos

No.	Descripción	Unidad	Costo/Hora	Rend/Hr	Costo/M3 RD\$
1	Barredora	M3	\$ 700.00	26.67	\$ 21.88
2	Pavimentadora	M3	\$3,273.68	26.67	\$ 102.30
3	Rodillo de neumatico	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
4	Rodillo liso	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
5	Equipo topografico	M3	\$ 93.33	26.67	\$ 2.92
6	Movilizacion personal de colocación	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06
7	Movilización personal topográfico	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06

TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR MT3 \$ 234.74

2. Gasoil y Lubricantes para Equipos

No.	Descripcion	Unidad	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Gasoil y lub. Barredora (110 hp)	M3	4.40	\$ 620.40	\$ 124.08	26.67	\$ 27.91
2	Gasoil y lub. Pavimentadora (205	M3	8.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	26.67	\$ 52.02
3	Gasoil y lubricantes rodillo neumatico	M3	5.80	\$ 817.80	\$ 163.56	26.67	\$ 36.80
4	Gasoil y lubricantes rodillo liso (160 hp)	M3	6.40	\$ 902.40	\$ 180.48	26.67	\$ 40.60
5	Gasoil y lubricantes camioneta asf. (120	M3	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
6	Gasoil y lubricantes camioneta	M3		\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
7	Gasoil y lubricantes Camion volteo	M3	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3							\$ 218.24

3. Mano de Obra

No.	Descripción	Unidad	Costo /Dia	Carga Social	Valor RD\$	Costo/ Hora	Rendim. /Hr	Costo / Unidad RD\$
1	Operador barredora	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
2	Operador pavimentadora	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
3	Operador rodillo neumatico	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
4	Operador rodillo liso	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
5	Brigada topog. Para control cables	M3	\$ 5,850.00	\$ 1,989.00	\$ 7,839.00	\$ 979.88	\$ 26.67	\$ 36.74
6	Brigada de colocación asfalto	M3	\$ 11,450.00	\$ 3,893.00	\$ 15,343.00	\$ 1,917.88	\$ 26.67	\$ 71.91
TOTAL DE COSTO MANO DE OBRA POR MT3								\$ 152.62
TOTAL COLOCACION POR MT3 DE ASFALTO								\$ 605.60

Agregados segun diseño Anexado					
No.	Descripción	Unidad	Costo/M 3 RD\$	Cantidad usado por M3	Costo/M3 RD\$
1	Grava de 3/4" a 1/2" triturada gris	M3	\$ 800.00	0.1084	\$ 86.72
2	Gravilla de 1/2 a 3/4"	M3	\$ 850.00	0.4551	\$ 386.84
3	Arena triturada gris	M3	\$ 950.00	0.41	\$ 389.50
4	Arena itabo	M3	\$ 800.00	0.0893	\$ 71.44
COSTO POR M3 DE AGREGADOS			1.0628	\$ 934.50	

Planta de Asfalto ADM SLP-110-2B					
DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 20,645,767.50		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 3,096,865.13		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 17,548,902.38
Uso anual en horas	H	2,000.00			
Vida económica (N)	Años	20.00			
Inversión media anual $((N+1)/2N(\text{precio adq}))$			\$ 10,839,027.94		
Costo de Posesion					
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 877.45		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 614.21		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 3,071.06		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anul hora)			\$ 433.56		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual)			\$ 263.23		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 216.78		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 5,476.29
Gasoil	Gl	5.76	\$ 141.00	\$ 812.16	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 812.16	\$ 162.43	\$ 974.59
Total de Costo Planta de Asfalto ADM de 110 TON				\$	6,450.88

Generador Planta Electrica SDM 400 KW

DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 10,695,000.00		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 1,604,250.00		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 9,090,750.00
Uso anual en horas	H	\$ 2,000.00			
Vida económica (N)	años	\$ 10.00			
Inversion media anual ((N+1)/2N(precio adq.))			\$ 5,882,250.00		
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 454.54		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 318.18		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 1,590.88		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anual hora)			\$ 235.29		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual hora)			\$ 136.36		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 117.65		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 2,852.89
Costo de Operación					
Gasoil	GI	3.00	\$ 141.00	\$ 423.00	
Lubricantes	GI	0.20	\$ 423.00	\$ 84.60	\$ 507.60
Total de Costo Generadores/Hora	RD\$				\$ 3,360.49

Riego de Adherencia 0.5GLS/M2

Rend. M2/Dia: 3,500 M2/dia. Rend. M2/Hora: 475.5 M2/Hora.

1. Equipos

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
1.02	Minicargador	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	1,050.00	0.30
1.03	Barredora	hora	1.00	1.00	1.00	475.50	0.00210	1,200.00	2.52
1.05	Camion Distribuidor	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	15,000.00	4.29
1.06	Chofer Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	475.50	0.00210	150.00	3.66
1.07	Ayudante Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	475.50	0.00210	110.00	2.68
TOTAL DE EQUIPOS									\$ 13.45

2. Mano de Obra

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
2.07	Obreros (4)	hora	32.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	120.00	1.59
2.08	Capataz	hora	8.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	275.00	0.91
TOTAL DE MANO DE OBRA									\$ 2.50

3. Insumos

No.	Descripcion	Unidad	Costo RD\$	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
3.02	Liquido asfaltico RC-2	M2	\$ 153.45	0.25	\$ 38.36
3.04	Herramientas Diversas	M2	\$ 2.50	0.15	\$ 0.38
TOTAL DE INSUMOS					\$ 38.74

4. Gasoil y Lubricantes para Equipos

Costo Combustible: 141GL

SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripcion	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Rend.	Costo/Unidad RD\$
4.01	Gasoil y lub. Minicargador (54 hp)	5.20	\$ 620.40	\$ 124.08	3,500.00	\$ 0.21
4.02	Gasoil y lub. Barredora (130 hp)	5.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	3,500.00	\$ 0.40
4.04	Gasoil y lubricantes Camion Distribuidor	5.00	\$ 705.00	\$ 141.00	3,500.00	\$ 0.24
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3						\$ 0.85

TOTAL DE COSTO DE RIEGO DE ADHERENCIA						\$ 55.54
--	--	--	--	--	--	-----------------

**COSTO UNITARIO DE ASFALTO CONVENCIONAL SOBRE ASFALTO
EXISTENTE (RECAPEO)**

Elaboracion de 1 MT3 de Asfalto

No.		Cantidad	Unidad	P.U.	Costo RD\$
1	Produccion en planta de HAC	1	M3	\$ 955.36	\$ 955.36
2	Suministro de agregados para la produccion de 1M3 de HAC	1	M3	\$ 934.50	\$ 934.50
3	Suministro de AC-30 para 1 M3 de HAC	1	M3	\$ 4,830.00	\$ 4,830.00
TOTAL COSTO M3 HAC					\$ 6,719.86

1	Riego de Adherencia	1	M2	RD\$55.54	RD\$55.54
----------	----------------------------	----------	-----------	------------------	------------------

El costo de la carpeta asfáltica mas el riego de adherencia seria de **\$6,775.40**

4.2.3.- PRESUPUESTO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE BASE GRANULAR.

PRESUPUESTO DE PRODUCCION EN PLANTA PARA 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

Rendimiento estimado de producción: 26.67 M3C/Hr

1. Mano de Obra.									
No.	Descripción	Unidad	Sueldo / Mensual RD\$	Carga Social RD\$	Valor RD\$	Costo / Dias RD\$	Costo / Horas RD\$	Rend./ Horas	Costo/ Unidad RD\$
1.01	Ingeniero encargado de la planta	M3C	\$ 100,000.00	\$34,000.00	\$ 134,000.00	\$ 5,623.16	\$ 702.90	26.67	\$ 26.36
1.02	Operador planta de asfalto	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.03	Operador caldera y generador eléctrico	M3C	\$ 22,000.00	\$ 7,480.00	\$ 29,480.00	\$ 1,237.10	\$ 154.64	26.67	\$ 5.80
1.04	Ing. Químico Enc. De Laboratorio	M3C	\$ 60,000.00	\$20,400.00	\$ 80,400.00	\$ 3,373.90	\$ 421.74	26.67	\$ 15.81
1.05	Encargado de tamizado y pesado	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.06	Encargado de Picnometro y penetrometro	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.07	Despachador	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.08	Mecánico general.	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.09	Electricista	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.10	Soldador	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.11	Ayudante Mecánico	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.12	Obrero (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.13	Sereno (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.14	Operador Camión de servicios	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.15	Operador cargador frontal	M3C	\$ 45,000.00	\$15,300.00	\$ 60,300.00	\$ 2,530.42	\$ 316.30	26.67	\$ 11.86
TOTAL DE MANO DE OBRA DE PRODUCCION POR M3									\$ 134.20

2. Equipos.

Costo Combustible: 141GL SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripcion	Unidad	Costo / Hora RD\$	Rend./ Horas	Costo / Unidad RD\$
2.01	Planta de asfalto ADM SLP-110-2B	M3C	\$ 6,450.00	26.67	\$ 241.84
2.02	Generador eléctrico SDM 400 KW	M3C	\$ 2,852.89	26.67	\$ 106.97
2.03	Camioneta para encargado de la planta	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.04	Camioneta para laboratorio	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.05	Camioncito de servicios	M3C	\$ 158.35	26.67	\$ 5.94
2.06	Tanquero para transporte AC-30	M3C	\$ 53.08	26.67	\$ 1.99
2.07	Cargador frontal 950 Caterpillar (130 HP)	M3C	\$ 1,650.00	26.67	\$ 61.87
2.08	Equipo de comunicación, agua, luz y telefono	M3C	\$ 100.00	26.67	\$ 3.75
2.09	Equipo laboratorio	M3C	\$ 2,362.52	26.67	\$ 88.58
TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR M3			\$		521.78

3. Gasoil y Lubricantes para equipos.

No.	Descripción	Unidad	Galones de gasoil/hora	Gasoil	Lubricante	Rend./ Horas	Costo/M3 RD\$
3.01	Gasoil y lub. Planta asfalto (144 hp)	M3C	5.76	\$ 812.16	\$ 162.43	26.67	\$ 36.54
3.02	Gasoil y lub generador eléctrico	M3C	3.00	\$ 423.00	\$ 84.60	26.67	\$ 19.03
3.03	Gasoil y lub. Camioneta op. Planta (120 hp)	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.04	Gasoil y lub. Camioneta laboratorio	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.05	Gasoil y lubricantes camion tanquero (425 hp)	M3C	17.00	\$ 2,397.00	\$ 479.40	26.67	\$ 107.85
3.06	Gasoil y lubricantes camion de servicios (150 hp)	M3C	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
3.07	Gasoil y lubricantes cargador 950 CAT (130 hp)	M3C	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	26.67	\$ 32.99
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES PARA EQUIPOS EN MT3						\$	295.39

4. Alquiler Solar.

No.	Otros	Unidad	Costo/M3	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
4.01	Alquiler Solar	M2	\$ 4.00	1.00	\$ 4.00

TOTAL DE PRODUCCION DE ASFALTO POR M3 \$ 781.82

PRESUPUESTO DE SUMINISTRO DE AC-30 EN PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

5 Suministro de AC-30

No.	Descripcion	Unidad	Costo/GL	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Suministro AC-30	gls	\$ 172.50	28.00	\$ 4,830.00

Suministro de AC-30 \$ 4,830.00

Costo de Colocacion de Asfalto por MT3

Costo Combustible: SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

1. Equipos

No.	Descripción	Unidad	Costo/Hora	Rend/Hr	Costo/M3 RD\$
1	Barredora	M3	\$ 700.00	26.67	\$ 21.88
2	Pavimentadora	M3	\$ 3,273.68	26.67	\$ 102.30
3	Rodillo de neumatico	M3	\$ 1,560.35	26.67	\$ 48.76
4	Rodillo liso	M3	\$ 1,560.35	26.67	\$ 48.76
5	Equipo topografico	M3	\$ 93.33	26.67	\$ 2.92
6	Movilizacion personal de colocación	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06
7	Movilización personal topográfico	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06

TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR MT3 \$ 234.74

2. Gasoil y Lubricantes para Equipos

No.	Descripcion	Unidad	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Gasoil y lub. Barredora (110 hp)	M3	4.40	\$ 620.40	\$ 124.08	26.67	\$ 27.91
2	Gasoil y lub. Pavimentadora (205	M3	8.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	26.67	\$ 52.02
3	Gasoil y lubricantes rodillo neumatico	M3	5.80	\$ 817.80	\$ 163.56	26.67	\$ 36.80
4	Gasoil y lubricantes rodillo liso (160 hp)	M3	6.40	\$ 902.40	\$ 180.48	26.67	\$ 40.60
5	Gasoil y lubricantes camioneta asf. (120	M3	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
6	Gasoil y lubricantes camioneta	M3		\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
7	Gasoil y lubricantes Camion volteo	M3	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3							\$ 218.24

3. Mano de Obra

No.	Descripción	Unidad	Costo /Dia	Carga Social	Valor RD\$	Costo/ Hora	Rendim. /Hr	Costo / Unidad RD\$
1	Operador barredora	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
2	Operador pavimentadora	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
3	Operador rodillo neumatico	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
4	Operador rodillo liso	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
5	Brigada topog. Para control cables	M3	\$ 5,850.00	\$ 1,989.00	\$ 7,839.00	\$ 979.88	\$ 26.67	\$ 36.74
6	Brigada de colocación asfalto	M3	\$ 11,450.00	\$ 3,893.00	\$ 15,343.00	\$ 1,917.88	\$ 26.67	\$ 71.91
TOTAL DE COSTO MANO DE OBRA POR MT3								\$ 152.62
TOTAL COLOCACION POR MT3 DE ASFALTO								\$ 605.60

Suministro de Agregados a la Planta de Asfalto

No.	Descripcion	Unidad	Costo/M3 RD\$	Cantidad usado por M3	Costo/M3 RD\$
1	Grava de 3/4"	M3	\$ 800.00	0.43692748	\$ 349.54
2	Gravilla	M3	\$ 850.00	0.41805782	\$ 355.35
3	Arena triturada gris	M3	\$ 950.00	0.21065641	\$ 200.12
4	Cal	KG	\$ 3,120.00	0.056	\$ 174.72
COSTO POR M3 DE AGREGADOS					\$ 1,079.73

Nota: Las cantidades consideradas se basan en el diseño de mezcla drenante anexo.

Planta de Asfalto ADM SLP-110-2B					
DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 20,645,767.50		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 3,096,865.13		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 17,548,902.38
Uso anual en horas	H	2,000.00			
Vida económica (N)	Años	20.00			
Inversión media anual $((N+1)/2N(\text{precio adq}))$			\$ 10,839,027.94		
Costo de Posesión					
Depreciación anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 877.45		
Tasa de inflación (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 614.21		
Interés (35% valor a depr/uso anual hora)			\$ 3,071.06		
Taller de reparación (8% inver media anual/uso anul hora)			\$ 433.56		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual)			\$ 263.23		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 216.78		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 5,476.29
Gasoil	Gl	5.76	\$ 141.00	\$ 812.16	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 812.16	\$ 162.43	\$ 974.59
Total de Costo Planta de Asfalto ADM de 110 TON					\$ 6,450.88

Generador Planta Electrica SDM 400 KW

DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 10,695,000.00		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 1,604,250.00		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 9,090,750.00
Uso anual en horas	H	\$ 2,000.00			
Vida económica (N)	años	\$ 10.00			
Inversion media anual ((N+1)/2N(precio adq.))			\$ 5,882,250.00		
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 454.54		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 318.18		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 1,590.88		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anual hora)			\$ 235.29		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual hora)			\$ 136.36		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 117.65		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 2,852.89
Costo de Operación					
Gasoil	Gl	3.00	\$ 141.00	\$ 423.00	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 423.00	\$ 84.60	\$ 507.60
Total de Costo Generadores/Hora	RD\$				\$ 3,360.49

Riego de Imprimacion 0.5GLS/M2 Con Gravilla

Rend. M2/Día: 3,500 M2/día. Rend. M2/Día: 437.50 M2/Hora

1. Equipos

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
1.01	Camion de Agua	día	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 1,000.00	0.29
1.02	Minicargador	día	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 1,050.00	0.30
1.03	Barredora	hora	1.00	1.00	1.00	437.50	0.00229	\$ 1,200.00	2.74
1.04	Rodillo	hora	1.00	1.00	1.00	437.50	0.00229	\$ 1,750.00	4.00
1.05	Camion Distribuidor	día	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	\$ 15,000.00	4.29
1.06	Chofer Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	437.50	0.00229	\$ 150.00	3.98
1.07	Ayudante Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	437.50	0.00229	\$ 110.00	2.92
1.08	Camion (Cap. 3 M3) para transporte de personal y gravilla	día	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00229	\$ 3,000.00	6.86
1.09	Transporte RC-2 y Almacenamiento (SS)	gl	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00000	\$ 5.00	5.00
TOTAL COSTO DE EQUIPOS								M2	\$ 30.37

2. Mano de Obra

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
2.01	Obreros (8)	hora	64.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	120.00	3.18
2.02	Capataz	hora	8.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	275.00	0.91
TOTAL DE MANO DE OBRA									\$ 4.09

3. Materiales

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
3.01	Gravilla Triturada de 1/4 @ 1/2 (En Planta)	m3	1.00	1.05	1.05	100.00	0.01000	550.00	6.06
3.02	Liquido asphaltico RC-2	gl	0.500	1.00	1.00	1.00	1.00000	153.45	76.73
3.03	Keosene	gl	0.0075	1.00	1.00	1.00	1.00000	152.50	1.14
3.04	Herramientas Diversas	(%)	0.15	1.00	1.00	1.00	1.00000	4.09	0.61
TOTAL DE MATERIALES									\$ 84.55

Costo Combustible: 141GL	SEPT 17/09/2016
Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible	
Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible	

No.	Descripcion	Gasol /hora	Gasol	Lubricantes	Rend.	Costo/Unidad RD\$
4.01	Gasol y lub. Minicargador (130 hp)	5.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	437.50	\$ 3.17
4.02	Gasol y lubricantes rodillo (160 hp)	6.40	\$ 817.80	\$ 163.56	437.50	\$ 2.24
4.03	Gasol y lubricantes Camion Distribuidor	5.00	\$ 705.00	\$ 141.00	437.50	\$ 1.93
4.04	Gasol y lubricantes Barredora (130 hp)	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	437.50	\$ 2.01
TOTAL DE COMBUSTIBLE POR MT3						\$ 9.36

Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE)

Costo KG/GL de Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) (\$ 5.50 US)	\$ 255.75
--	-----------

Descripcion	Cantidad	Unidad	Costo RD\$	Costo por Unidad RD\$
AC-30 =	3.9	KG/GL		
AC-30 por 1 M3 (28 galones) =	109.2	KG		
Cantidad de Polimero Según Diseño (2%) =	2.184	KG	\$ 255.75	\$ 558.56

Nota: Las proporciones tomadas son basadas al diseño de mezcla asfáltica drenante anexo.

COSTO UNITARIO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE BASE GRANULAR

Elaboracion de 1 MT3 de Asfalto Drenante

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.U.	Costo RD\$
1	Produccion en planta de HAC	1	M3	\$ 956.68	\$ 956.68
2	Suministro de agregados para la produccion de 1M3 de HAC	1	M3	\$ 1,079.73	\$ 1,079.73
3	Suministro de AC-30 para 1 M3 de HAC	1	M3	\$ 4,830.00	\$ 4,830.00
4	Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) (\$ 5.50 US)	2.184	KG/M3	\$ 255.75	\$ 558.56
TOTAL COSTO M3 DE ASFALTO DRENANTE					\$ 7,424.97

1	Riego de Imprimacion	1	M2	\$ 128.36	\$ 128.36
2	Geomembrana Macline SDH200 = 80 mils (5 X 50 mts)	1	M2	\$ 445.00	\$ 445.00

El costo de la carpeta asfáltica mas el riego de imprimación y la geomembrana seria de

\$7,998.34

4.2.4.- PRESUPUESTO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE ASFALTO CONVENCIONAL EXISTENTE.

PRESUPUESTO DE PRODUCCION EN PLANTA PARA 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

Rendimiento estimado de producción: 26.67 M3C/Hr

1. Mano de Obra.									
No.	Descripción	Unidad	Sueldo / Mensual RD\$	Carga Social RD\$	Valor RD\$	Costo / Dias RD\$	Costo / Horas RD\$	Rend./ Horas	Costo/ Unidad RD\$
1.01	Ingeniero encargado de la planta	M3C	\$ 100,000.00	\$34,000.00	\$ 134,000.00	\$ 5,623.16	\$ 702.90	26.67	\$ 26.36
1.02	Operador planta de asfalto	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.03	Operador caldera y generador eléctrico	M3C	\$ 22,000.00	\$ 7,480.00	\$ 29,480.00	\$ 1,237.10	\$ 154.64	26.67	\$ 5.80
1.04	Ing. Químico Enc. De Laboratorio	M3C	\$ 60,000.00	\$20,400.00	\$ 80,400.00	\$ 3,373.90	\$ 421.74	26.67	\$ 15.81
1.05	Encargado de tamizado y pesado	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.06	Encargado de Picnometro y penetrometro	M3C	\$ 15,000.00	\$ 5,100.00	\$ 20,100.00	\$ 843.47	\$ 105.43	26.67	\$ 3.95
1.07	Despachador	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.08	Mecánico general.	M3C	\$ 40,000.00	\$13,600.00	\$ 53,600.00	\$ 2,249.27	\$ 281.16	26.67	\$ 10.54
1.09	Electricista	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.10	Soldador	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.11	Ayudante Mecánico	M3C	\$ 20,000.00	\$ 6,800.00	\$ 26,800.00	\$ 1,124.63	\$ 140.58	26.67	\$ 5.27
1.12	Obrero (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.13	Sereno (2)	M3C	\$ 28,596.00	\$ 9,722.64	\$ 38,318.64	\$ 1,608.00	\$ 201.00	26.67	\$ 7.54
1.14	Operador Camión de servicios	M3C	\$ 25,000.00	\$ 8,500.00	\$ 33,500.00	\$ 1,405.79	\$ 175.72	26.67	\$ 6.59
1.15	Operador cargador frontal	M3C	\$ 45,000.00	\$15,300.00	\$ 60,300.00	\$ 2,530.42	\$ 316.30	26.67	\$ 11.86
TOTAL DE MANO DE OBRA DE PRODUCCION POR M3									\$ 134.20

2. Equipos.

Costo Combustible: 141GL SEPT 17/09/2016
Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible
Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripción	Unidad	Costo / Hora RD\$	Rend./ Horas	Costo / Unidad RD\$
2.01	Planta de asfalto ADM SLP-110-2B	M3C	\$ 6,450.00	26.67	\$ 241.84
2.02	Generador eléctrico SDM 400 KW	M3C	\$ 2,852.89	26.67	\$ 106.97
2.03	Camioneta para encargado de la planta	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.04	Camioneta para laboratorio	M3C	\$ 144.46	26.67	\$ 5.42
2.05	Camioncito de servicios	M3C	\$ 158.35	26.67	\$ 5.94
2.06	Tanquero para transporte AC-30	M3C	\$ 53.08	26.67	\$ 1.99
2.07	Cargador frontal 950 Caterpillar (130 HP)	M3C	\$ 1,650.00	26.67	\$ 61.87
2.08	Equipo de comunicación, agua, luz y telefono	M3C	\$ 100.00	26.67	\$ 3.75
2.09	Equipo laboratorio	M3C	\$ 2,362.52	26.67	\$ 88.58
TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR M3			\$		521.78

3. Gasoil y Lubricantes para equipos.

No.	Descripción	Unidad	Galones de gasoil/hora	Gasoil	Lubricante	Rend./ Horas	Costo/M3 RD\$
3.01	Gasoil y lub. Planta asfalto (144 hp)	M3C	5.76	\$ 812.16	\$ 162.43	26.67	\$ 36.54
3.02	Gasoil y lub generador eléctrico	M3C	3.00	\$ 423.00	\$ 84.60	26.67	\$ 19.03
3.03	Gasoil y lub. Camioneta op. Planta (120 hp)	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.04	Gasoil y lub. Camioneta laboratorio	M3C	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
3.05	Gasoil y lubricantes camion tanquero (425 hp)	M3C	17.00	\$ 2,397.00	\$ 479.40	26.67	\$ 107.85
3.06	Gasoil y lubricantes camion de servicios (150 hp)	M3C	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
3.07	Gasoil y lubricantes cargador 950 CAT (130 hp)	M3C	5.20	\$ 733.20	\$ 146.64	26.67	\$ 32.99
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES PARA EQUIPOS EN MT3						\$	295.39

4. Alquiler Solar.

No.	Otros	Unidad	Costo/M3	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
4.01	Alquiler Solar	M2	\$ 4.00	1.00	\$ 4.00

TOTAL DE PRODUCCION DE ASFALTO POR M3 \$ 781.82

PRESUPUESTO DE SUMINISTRO DE AC-30 EN PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 1 M3 DE ASFALTO.

Precios Actualizados del MOPC hasta Agosto 2016

5 Suministro de AC-30

No.	Descripcion	Unidad	Costo/GL	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Suministro AC-30	gls	\$ 172.50	28.00	\$ 4,830.00

Suministro de AC-30 \$ 4,830.00

Costo de Colocacion de Asfalto por MT3

Costo Combustible: SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

1. Equipos

No.	Descripción	Unidad	Costo/Hora	Rend/Hr	Costo/M3 RD\$
1	Barredora	M3	\$ 700.00	26.67	\$ 21.88
2	Pavimentadora	M3	\$3,273.68	26.67	\$ 102.30
3	Rodillo de neumatico	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
4	Rodillo liso	M3	\$1,560.35	26.67	\$ 48.76
5	Equipo topografico	M3	\$ 93.33	26.67	\$ 2.92
6	Movilizacion personal de colocación	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06
7	Movilización personal topográfico	M3	\$ 161.79	26.67	\$ 5.06

TOTAL DE COSTO DE EQUIPOS POR MT3 \$ 234.74

2. Gasoil y Lubricantes para Equipos

No.	Descripcion	Unidad	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
1	Gasoil y lub. Barredora (110 hp)	M3	4.40	\$ 620.40	\$ 124.08	26.67	\$ 27.91
2	Gasoil y lub. Pavimentadora (205	M3	8.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	26.67	\$ 52.02
3	Gasoil y lubricantes rodillo neumatico	M3	5.80	\$ 817.80	\$ 163.56	26.67	\$ 36.80
4	Gasoil y lubricantes rodillo liso (160 hp)	M3	6.40	\$ 902.40	\$ 180.48	26.67	\$ 40.60
5	Gasoil y lubricantes camioneta asf. (120	M3	4.80	\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
6	Gasoil y lubricantes camioneta	M3		\$ 676.80	\$ 135.36	26.67	\$ 30.45
7	Gasoil y lubricantes Camion volteo	M3	6.00	\$ 846.00	\$ 169.20	26.67	\$ 38.07
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3							\$ 218.24

3. Mano de Obra

No.	Descripción	Unidad	Costo /Dia	Carga Social	Valor RD\$	Costo/ Hora	Rendim. /Hr	Costo / Unidad RD\$
1	Operador barredora	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
2	Operador pavimentadora	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
3	Operador rodillo neumatico	M3	\$ 2,000.00	\$ 680.00	\$ 2,680.00	\$ 335.00	\$ 26.67	\$ 12.56
4	Operador rodillo liso	M3	\$ 1,500.00	\$ 510.00	\$ 2,010.00	\$ 251.25	\$ 26.67	\$ 9.42
5	Brigada topog. Para control cables	M3	\$ 5,850.00	\$ 1,989.00	\$ 7,839.00	\$ 979.88	\$ 26.67	\$ 36.74
6	Brigada de colocación asfalto	M3	\$ 11,450.00	\$ 3,893.00	\$ 15,343.00	\$ 1,917.88	\$ 26.67	\$ 71.91
TOTAL DE COSTO MANO DE OBRA POR MT3								\$ 152.62
TOTAL COLOCACION POR MT3 DE ASFALTO								\$ 605.60

Suministro de Agregados a la Planta de Asfalto

No.	Descripcion	Unidad	Costo/M3 RD\$	Cantidad usado por M3	Costo/M3 RD\$
1	Grava de 3/4"	M3	\$ 800.00	0.43692748	\$ 349.54
2	Gravilla	M3	\$ 850.00	0.41805782	\$ 355.35
3	Arena triturada gris	M3	\$ 950.00	0.21065641	\$ 200.12
4	Cal	KG	\$ 3,120.00	0.056	\$ 174.72
COSTO POR M3 DE AGREGADOS					\$ 1,079.73

Nota: Las cantidades consideradas se basan en el diseño de mezcla drenante anexo.

Planta de Asfalto ADM SLP-110-2B					
DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 20,645,767.50		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 3,096,865.13		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 17,548,902.38
Uso anual en horas	H	2,000.00			
Vida económica (N)	Años	20.00			
Inversión media anual $((N+1)/2N(\text{precio adq}))$			\$ 10,839,027.94		
Costo de Posesion					
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 877.45		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 614.21		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 3,071.06		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anual hora)			\$ 433.56		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual)			\$ 263.23		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 216.78		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 5,476.29
Gasoil	Gl	5.76	\$ 141.00	\$ 812.16	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 812.16	\$ 162.43	\$ 974.59
Total de Costo Planta de Asfalto ADM de 110 TON					\$ 6,450.88

Generador Planta Electrica SDM 400 KW

DESCRIPCION	UD	CANTIDAD	P.U (RD\$)	VALOR (RD\$)	
Precio actual de adquisición	RD\$		\$ 10,695,000.00		
Valor de rescate (15%)	RD\$		\$ 1,604,250.00		
Valor a depreciar	RD\$				\$ 9,090,750.00
Uso anual en horas	H	\$ 2,000.00			
Vida económica (N)	años	\$ 10.00			
Inversion media anual ((N+1)/2N(precio adq.))			\$ 5,882,250.00		
Depreciacion anual (10% valor a depr/uso anual hora)			\$ 454.54		
Tasa de inflacion (7% valor a depr/uso anual hora)			\$ 318.18		
Interes (35%valor a depr/uso anual hora)			\$ 1,590.88		
Taller de reparacion (8% inver media anual/uso anual hora)			\$ 235.29		
Almacenaje (3% valor a depr/uso anual hora)			\$ 136.36		
Seguro e impuestos (4% inver media anual/uso anual hora)			\$ 117.65		
Total Costo Posesión	RD\$				\$ 2,852.89
Costo de Operación					
Gasoil	Gl	3.00	\$ 141.00	\$ 423.00	
Lubricantes	Gl	0.20	\$ 423.00	\$ 84.60	\$ 507.60
Total de Costo Generadores/Hora	RD\$				\$ 3,360.49

Riego de Adherencia 0.5GLS/M2

Rend. M2/Dia: 3,500 M2/dia. Rend. M2/Hora: 475.5 M2/Hora.

1. Equipos

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
1.02	Minicargador	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	1,050.00	0.30
1.03	Barredora	hora	1.00	1.00	1.00	475.50	0.00210	1,200.00	2.52
1.05	Camion Distribuidor	dia	1.00	1.00	1.00	3,500.00	0.00029	15,000.00	4.29
1.06	Chofer Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	475.50	0.00210	150.00	3.66
1.07	Ayudante Camion Distribuidor	hora	8.00	1.45	1.00	475.50	0.00210	110.00	2.68
TOTAL DE EQUIPOS									\$ 13.45

2. Mano de Obra

No.	Descripcion	UD	No. de unids.	Desp.	Factor volum.	Rend.	Cantidad	P.U.	Valor
2.07	Obreros (4)	hora	32.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	120.00	1.59
2.08	Capataz	hora	8.00	1.45	1.00	3,500.00	0.00029	275.00	0.91
TOTAL DE MANO DE OBRA									\$ 2.50

3. Insumos

No.	Descripcion	Unidad	Costo RD\$	Cantidad	Costo/Unidad RD\$
3.02	Liquido asfaltico RC-2	M2	\$ 153.45	0.25	\$ 38.36
3.04	Herramientas Diversas	M2	\$ 2.50	0.15	\$ 0.38
TOTAL DE INSUMOS					\$ 38.74

4. Gasoil y Lubricantes para Equipos

Costo Combustible: 141GL

SEPT 17/09/2016

Costo Consumo Combustible: 4% Potencia Equipo x Costo Combustible

Costo Consumo Lubricantes: 20% Costo Consumo Combustible

No.	Descripcion	Gasoil /hora	Gasoil	Lubricantes	Rend.	Costo/Unidad RD\$
4.01	Gasoil y lub. Minicargador (54 hp)	5.20	\$ 620.40	\$ 124.08	3,500.00	\$ 0.21
4.02	Gasoil y lub. Barredora (130 hp)	5.20	\$ 1,156.20	\$ 231.24	3,500.00	\$ 0.40
4.04	Gasoil y lubricantes Camion Distribuidor	5.00	\$ 705.00	\$ 141.00	3,500.00	\$ 0.24
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES POR MT3						\$ 0.85

TOTAL DE COSTO DE RIEGO DE ADHERENCIA						\$ 55.54
--	--	--	--	--	--	-----------------

Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE)

Costo KG/GL de Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) (\$ 5.50 US)	\$ 255.75
---	------------------

Descripcion	Cantidad	Unidad	Costo RD\$	Costo por Unidad RD\$
AC-30 =	3.9	KG/GL		
AC-30 por 1 M3 (28 galones) =	109.2	KG		
Cantidad de Polimero Según Diseño (2%)=	2.184	KG	\$ 255.75	\$ 558.56

Nota: Las proporciones tomadas son basadas al diseño de mezcla asfáltica drenante anexo.

COSTO UNITARIO DE ASFALTO DRENANTE SOBRE ASFALTO CONVENCIONAL EXISTENTE

Elaboracion de 1 MT3 de Asfalto Drenante

No.	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.U.	Costo RD\$
1	Produccion en planta de HAC	1	M3	\$ 917.53	\$ 917.53
2	Suministro de agregados para la produccion de 1M3 de HAC	1	M3	\$ 1,079.73	\$ 1,079.73
3	Suministro de AC-30 para 1 M3 de HAC	1	M3	\$ 4,830.00	\$ 4,830.00
4	Polimero Terpolímero Elastomérico Reactivo de Etileno (TERE) (\$ 5.50 US)	2.184	KG/M3	\$ 255.75	\$ 558.56
TOTAL COSTO M3 DE ASFALTO DRENANTE					\$ 7,385.83

1	Riego de Adherencia	1	M2	\$ 55.54	\$ 55.54
2	Geomembrana Macline SDH200 = 80 mils (5X50 mts)	1	M2	\$ 445.00	\$ 445.00

El costo de la carpeta asfáltica mas el riego de adherencia y la geomembrana seria de **\$7,886.37**

4.3.- ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS

Tabla de Resumen de Costos			
No.	Descripción	Costos RD\$	Porcentaje de Aumento %
1	Elaboración de 1 M3 de Asfalto Drenante sobre base granular.	\$7,998.34	14.37%
2	Elaboración de 1 M3 de Asfalto Convencional sobre base granular.	\$6,848.22	
3	Elaboración de 1 M3 de Asfalto Drenante sobre asfalto existente.	\$7,886.37	14.08%
4	Elaboración de 1 M3 de Asfalto Convencional sobre asfalto existente.	\$6,775.40	

Tabla 18: Resumen de Costos

Puede notarse en la tabla mostrada que el costo del asfalto drenante es más alto que el asfalto convencional con un porcentaje de aumento entre un 14.37% y un 14.08% debido a que a diferencia del asfalto convencional se le añade polímero para mejorar la adhesividad, mayor resistencia y menor desgaste de la mezcla, y la geomembrana impermeable que realiza la función de evitar que el agua penetre sobre la base. Respecto a eso los beneficios que se han desarrollado en la investigación superan el costo que estas pueden obtener. Como puede observar lo siguiente:

- 1) Se estima que la drenabilidad de este tipo de mezcla puede ocurrir entre los 9 y 12 años, en tanto que la vida útil como carpeta de rodadura está entre los 12 y 15 años dependiendo del tránsito mientras que en el asfalto convencional la vida útil que esta requiere es entre los 8 y 10 años.

- 2) En la comparación del asfalto drenante con el asfalto convencional cabe destacar que presenta mejoras respecto al tránsito en condiciones de lluvia con la finalidad de evitar numerosos accidentes de tránsito causado por el pavimento mojado lo que declara un peligro al conductor mientras transita.
- 3) El análisis costo – beneficio, cuyo valores de costos obtenidos actuales y beneficios desarrollados referente a lo social emplea rentabilidad en un proyecto, como es el caso de las calles que son afectadas con las inundaciones, donde el costo de la vida no justifica ningún valor económico.

4.4.- CONCLUSION

En la medida en que se desarrolló el trabajo, se dieron a conocer las indudables ventajas comparativas de las mezclas asfálticas drenantes con las mezclas asfálticas convencionales, en cuanto a un aporte a la seguridad vial ya que gracias a esta, mejora la visibilidad y adherencia en asfaltos mojados puesto que reduce el efecto neblina y el hidroplaneo, dos fenómenos muy comunes en los asfaltos tradicionales, reduciéndose el número de accidentes de tránsito, vital para la vida humana que no tiene precio.

La selección de los agregados a utilizar dependerá de las especificaciones de diseño adoptada y al cumplimiento del método que se vaya a emplear.

La utilización del polímero es importante en este tipo de mezclas ya que con este producto garantiza una adecuada envoltura de las partículas que conforman los pavimentos drenantes a fin de evitar los inconvenientes que esta puede producir debido a la exposición permanente al aire y agua.

El contenido óptimo del asfalto debe garantizar que el desgaste producto del ensayo cántabro en condición seca y los vacíos se encuentren dentro de los requerimientos exigidos.

En el trabajo desarrollado en laboratorio se utilizó una dosificación de grava de un 36%, gravilla 40%, arena 20%, cal 4% y un 2% de Polímero, para llevar a cabo el alto contenido de vacíos que se requiere de acuerdo a las especificaciones mostradas en la investigación.

El ensayo cántabro seco consiste en evaluar la cohesión que puedan presentar las partículas de la mezcla mediante al uso de la Maquina de los Ángeles, tanto el conocimiento y disponibilidad de este equipo se tienen localmente.

En los resultados obtenidos en el laboratorio se presentan que el contenido de asfalto varía entre un 3.50 al 5% de asfalto, obteniendo desgastes del 5.16% al 23.31% respectivamente adecuada a la normativa española que debe ser inferior al 25% en peso.

Los resultados obtenidos mediante a estudios de costos de las mezclas drenantes con las mezclas convencionales se pudo notar un aumento de costos de un 14.08% a 14.37%. No obstante los beneficios desarrollados en esta investigación sobrepasan todo valor económico respecto a la vida humana y la vida útil del pavimento.

Bajo los criterios de comparación y relación a lo que es el uso del asfalto drenante y el asfalto tradicional, hemos establecido que es factible el uso de este tipo de mezcla, puesto a que brinda ventajas, las cuales presentan un favorable comportamiento en lo que respecta al tránsito en condiciones de lluvia con el propósito de evitar numerosos accidentes causados, dislocamientos del asfalto, agrietamientos por fatiga, lo que representa peligro al usuario.

4.5.- RECOMENDACIONES

En la investigación desarrollada se presenta un aporte del uso y beneficio que las mezclas asfálticas drenantes pueden distribuir a nuestros usuarios para la seguridad vial. Cabe destacar que lo más importante en destacar es la vida humana y el número de accidentes que se puede disminuir gracias a este tipo de asfalto.

Es imprescindible tomar en cuenta que para fundamentar las mezclas asfálticas drenantes un estudio técnico y económico, valorando la aplicación de los beneficios que estas pueden brindar ante determinados problemas.

En el diseño se utilizó un mismo tipo de asfalto, sin embargo es necesario establecer diversos tipos de asfaltos y realizar comparaciones.

En el laboratorio se recomienda tener un cuidado especial puesto a que si no se realiza un adecuado proporcionamiento de agregados puede agravar con gran notoriedad el diseño que se quiere llevar a cabo.

El porcentaje de vacíos alcanzado fue de un 19.25%, relativamente inferior a la norma utilizada, sin embargo es necesario realizar nuevos diseños de manera que se logre alcanzar un mayor contenido de vacíos, tomando como referencia la metodología planteada.

Este tipo de investigación se puede prologar mediante la construcción de un tramo experimental, donde se puedan observar las propiedades de este tipo de mezclas, por lo que este tema queda totalmente abierto para mayor investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Libro “Ingeniería de pavimentos para carreteras” del autor Alfonso Montejo Fonseca 2002
- MOP. 2014. Manual de Carreteras Volumen N° 5 Especificaciones Técnicas Generales de Construcción. 636 p.
- MUÑOZ, G. 2012. Mezclas Drenantes. Apuntes para el Curso Laboratorista Vial Clase B. 12 p.
- RUIZ, A. 2010. Las Mezclas Drenantes. Revista Rutas Octubre 2010. 10 p.
- <http://www.publimotos.com/es/index.php/noticias/actualidad/1241-las-grandes-utilidades-del-asfalto-poroso-o-drenante-que-trae-la-nueva-generacion-de-calles>
Artículo realizado por David Yate (Abril 2016)
- Zaetang, Y., Wongsu, A., Sata, V., & Chindaprasirt, P. (2013). Use of lightweight aggregates in pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 48, 585–591.
- Yang, J., & Jiang, G. (2003). Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials. *Cement and Concrete Research*, 381–386.

- U.S.EPA. (2008). *Managing Stormwater in Your Community*. Center for watershed protection, (Publication No: 833-R-08-001).
- Saucedo Vidal, A. (2012). *Concreto hidráulico permeable, una alternativa para la recarga de los mantos acuíferos del Valle de México*.
- García Haba, E. (2011). *Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación en climas mediterráneos*.
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous Pavements*.
- Carlos Silvia Castillo (2015). *Los Asaltos Drenantes o Pavimentos Porosos*
- RUIZ, C. 2000. *Las Mezclas Drenantes*. Universidad Técnica Federico Santa María. Memoria de Ingeniería Civil. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
- MUÑOZ, G. 2001. *Mezclas Drenantes*. Santiago. Apuntes para el Curso Laboratorista Vial Clase B. 12 p.

ANEXOS



**Ilustración 21: Granulometría de los agregados para la mezcla asfáltica drenante.
Fuente: Laboratorios P & R Ingeniería.**



**Ilustración 22: Calentamiento de los agregados para el peso seco.
Fuente: Laboratorios P & R Ingeniería.**



**Ilustración 23: Calentamiento del AC-30 con polímero para los agregados.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.**



**Ilustración 24: Colocación de AC-30 con polímero en los agregados.
Fuente: Laboratorios P & R Ingeniería.**



**Ilustración 25: Briquetas de Mezclas Asfálticas Drenantes.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.**



Ilustración 26: Ing. Digna Cuevas
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.



**Ilustración 27: Laboratorio P & R Ingeniería.
Fuente: Laboratorio P & R Ingeniería.**