

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO.
FACULTAD DE FORESTAL Y AGRONOMIA.
CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES.

TESIS EN OPCIÓN DEL GRADO DE DOCTOR EN
CIENCIAS FORESTALES.

Título: Utilización de la resina de *Pinus caribaea* Morelet *var. caribaea* en la obtención de un producto con propiedades impermeabilizantes.

Autor: Ing. Saray Núñez González.

Tutora: Dra. C. Maricela González Pérez.

2007.
"Año 49 de la Revolución".

PENSAMIENTO

*Nace el árbol en la tierra, y halla atmósfera en que extender sus ramas; y el
agua en la honda madre, y tiene cause en donde echan sus fuentes...*

José Martí

AGRADECIMIENTOS.

En el transcurso de mi formación como investigadora y en el propio desarrollo de esta tesis, han existido personas e instituciones que me han brindado desinteresadamente el máximo de apoyo y en este importante momento quiero que reciban mi infinito agradecimiento.

En primer lugar a mi madre, por la formación brindada desde la cuna, a Maricela y a Fefita por intentar llenar su espacio cuando me faltó. Agradecer a mi hijo, toda inspiración en mi vida, a mi hermana Yurita y a mi esposo Alexeis, por entender el momento y brindarme amor y comprensión.

A mi querida Lic. Ada Casal y los profesionales del CEINPET, al Ing. Rolando y los trabajadores de la ENIA. A mi tutora, Dra. Maricela por mostrarme el camino y ayudarme a recorrerlo. A mis queridos amigos y compañeros de la Vicerrectoría, Dr. Raymundo, Dra. Arelys, Dr. Ledo, Gladys, Reynel, Montesino, por cubrir mi trabajo y darme fortaleza. Al Dr. Ynocente, Dr. Fernando y Dr. Pedro, mis otros padres, a lo colegas del Departamento Forestal. Un agradecimiento muy especial a la Dra. Leyla por su incondicionalidad. A mi gran amiga Dra. Gretel, por su entereza.

De forma muy especial a mi abuela, Danjaris, Hassan, mi papá, mi familia toda.

A la dirección de la Universidad y a la Revolución Cubana.

A todos los que me apoyaron, sinceramente *MUCHAS GRACIAS.*

DEDICATORIA.

A la memoria de mi madre.

SÍNTESIS.

La presente investigación tiene como objetivo obtener una masilla para su uso en los sistemas de impermeabilización de cubierta de las construcciones a partir de la resina de *Pinus caribaea Morelet var caribaea*, con indicadores de calidad competitivos, teniendo en cuenta que en Cuba la producción de masillas no sólo es insuficiente para abastecer la alta demanda existente, sino que además la ofertada presenta problemas de calidad los que están dados por: una baja ductilidad y una alta tendencia a la cristalización como consecuencia de la presencia de solventes orgánicos en su composición, lo que trae como consecuencia la disminución de la durabilidad del sistema de impermeabilización que la contiene.

Para los experimentos realizados, la evaluación técnica y estadística de los resultados se utilizan las normas internacionales y cubanas diseñadas para este tipo de producto.

Los estudios realizados demuestran que en el país existe disponibilidad de materia prima para producir nacionalmente un nuevo producto a partir de resina de *Pinus caribaea var caribaea*, como componente de los sistemas de impermeabilización de cubierta a partir de la combinación de resina de *Pinus caribaea var caribaea*, asfalto industrial de penetración 50/70, talco industrial y

fibra de asbesto. La evaluación técnica de la masilla obtenida muestra parámetros comparables con los comercializados en el mercado nacional e internacional.

Se propone una adecuación de la tecnología a escala industrial que contiene cuatro etapas fundamentales; almacenaje y dosificación de las materias primas; preparación y precalentamiento de las materias primas; mezclado en caliente y evaluación y envasado del producto. Los estudios realizados demuestran la viabilidad económica, social y ambiental de la obtención de un nuevo producto a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, una materia prima natural y renovable.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. La resina de pino, un Producto Forestal No Maderable. Situación actual y perspectivas de producción.	10
1.1. Situación Actual del Sector Forestal en Cuba.	11
1.1.1. Niveles de producción	14
1.1.2. Mercado y comercio	16
1.2. Los Productos Forestales no Maderables en Cuba.	17
1.2.1. Producción y comercialización de la resina de <i>Pinus caribaea var caribaea</i> . Potencialidades.	20
1.2.2. Desarrollo de productos derivados de la resina de pino.	25
CAPÍTULO 2. Masillas asfálticas como componentes de los sistemas de impermeabilización. Generalidades.	31
2.1. Generalidades sobre la impermeabilización	32
2.2. Definición.	33
2.3 Caracterización de las masillas asfálticas.	36
2.4 Asfalto. Composición química. Propiedades reológicas.	37
2.5. Uso de las resinas en la producción de materiales componentes de los sistemas de impermeabilización.	44
2.6 Situación actual de la utilización de resinas naturales en la	45

fabricación de mastiques o masillas asfálticas.	
2.7. Constatación del Problema Científico.	50
CAPÍTULO 3. Obtención de una masilla asfáltica a partir de la resina de pino. Caracterización del producto final.	57
3.1. Condiciones experimentales.	58
3.2. Caracterización de la materia prima a utilizar.	59
3.2.1. Determinación de los indicadores de calidad de la resina de <i>Pinus caribaea var. caribaea</i> .	59
3.2.2. Determinación de las propiedades reológicas del asfalto.	62
3.2.3. Determinación de los parámetros técnicos de la masilla asfáltica.	63
3.3. Diseño experimental de la investigación.	66
3.4. Resultados de los Indicadores de Calidad de la resina de <i>Pinus caribaea var caribaea</i> .	69
3.5 Caracterización del asfalto utilizado.	72
3.6. Selección de la mezcla. Fundamentación.	74
3.7. Análisis Estadístico de los resultados.	86
3.8. Análisis de los elementos de costo asociados a la producción de la masilla desarrollada.	96
3.9 Valoración Social.	98
3.10. Valoración Ambiental.	99
3.11. Metodología para la obtención de masilla asfáltica a escala de banco. (RESAFAL)	101
3.12. Propuesta tecnológica para la obtención de masilla asfáltica RESAFAL a escala industrial.	103
CONCLUSIONES.	108
RECOMENDACIONES.	110
BIBLIOGRAFÍA.	
ANEXOS.	

INTRODUCCIÓN.

La resina de pino es una sustancia viscosa que de forma natural o por incisión, fluye del fuste de algunas especies de los géneros *Pinus* y *Abies*, de la cual y mediante un proceso industrial, de destilación con arrastre de vapor de agua se obtiene brea o colofonia y aguarrás o esencia de trementina.

Situada dentro de la Clasificación Internacional de Productos Forestales No Maderables de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en la subclasificación de Látex y resinas; la resina de pino es de gran significación para la economía de Cuba, por cuanto genera ingresos por concepto de exportación con un valor aproximado de 350 000 dólares, teniendo en cuenta que se exportan alrededor de 1000 toneladas por año.

Las investigaciones en el sector de la resina en Cuba, datan de principios de la década de 1980, cuando se logra establecer la tecnología para la resinación del árbol en pie por el sistema de picas descendentes¹. A partir de ese momento se inicia la

¹ Betancourt Figueras, Y.P., 1980. Investigaciones fundamentales para la determinación de la tecnología de resinación en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Alemania. 125 h. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Ministerio de Educación Superior.

producción de resina en el país en la que se logró incrementos sostenidos hasta el año 1989, lo cual valida la asimilación favorable de la tecnología de resinación.

Debido al impacto del período especial, a partir de 1990, se produce una caída brusca de los niveles de producción con un mínimo en el año 1993, situación que se modifica al tener una ligera recuperación a partir de 1994.

Esta inestabilidad en la producción de resina ha estado dada en lo fundamental por problemas de abastecimiento de materia prima, falta de incentivos que permitan la estabilidad de la fuerza laboral, problemas de organización en la actividad de resinación, entre otras causas. Todo lo anterior ha provocado un alto costo de producción de la misma y aunque se ha planteado la posibilidad de mejorar las condiciones de trabajo y la organización de la producción, no se han logrado disminuir los costos de producción que oscilan alrededor de los 1010-1015 \$ por tonelada, subsidiando el estado cubano alrededor de 565 \$ por tonelada de resina producida.²

La resina de los pinos desde tiempos muy remotos ha sido utilizada para calafatear barcos por sus propiedades impermeabilizantes. Plastificada con aceites no secantes, se vuelve muy adherente a la mayoría de las superficies, por lo que se recomienda su utilización en la fabricación de adhesivos para papel, fórmulas de calafateo y de adhesivos especiales.³ En su composición contiene aceites esenciales que favorecen la elasticidad de algunas mezclas de ahí que pueda ser utilizada para

² Betancourt Figueras Y. 2006. Comportamiento del Sector de la Resina en Cuba. IV Simposio Internacional sobre Manejo Forestal Sostenible, SIMFOR 2006, Conferencia Magistral. Pinar del Río, Cuba.

³ Enciclopedia de la Tecnología Química, UTEHA. 1982. Editores Kira – Othmer. México DF.

la obtención de productos que requieran una elasticidad o ductilidad favorable para su aplicación.

Desde que se inicia la producción de resina en el país y al mismo tiempo que se continuaron realizando estudios para incrementar su producción, se comienzan, por parte de la Universidad de Pinar del Río y el Instituto de Investigaciones Forestales, investigaciones para introducir el proceso industrial de esta materia prima, de la que se conocen más de 50 productos derivados para múltiples usos y con un alto valor agregado.

Sin embargo muy escasas han sido las investigaciones dirigidas a su uso en forma natural.

En Cuba, el diseño de cada una de las construcciones incluye el sistema de impermeabilización de cubierta y aunque este sistema refleje de manera clara y precisa la utilización de mastiques para el sellaje de juntas, se ha identificado que por problemas de estabilidad en su producción un por ciento significativo de edificaciones se construyen sin sellar las juntas constructivas, situación que trae como resultado alrededor de 38 000 edificios con problemas de impermeabilización en el país.

Para solucionar el problema anterior se han fabricado en el país varios tipos de masillas teniendo como componentes asfalto oxidado, aguarrasina, caucho sintético, solventes orgánicos, entre otros.

De manera general los sistemas de impermeabilización de cubierta están compuestos por tres elementos fundamentales: un imprimante que logra compatibilizar el soporte con la manta, una masilla asfáltica para el sellaje de las

juntas constructivas y una manta o lámina prefabricada que constituye el cierre del proceso de impermeabilización.⁴

Cada uno de los componentes son importantes en el sistema y de la efectividad de su función, el modo de aplicación y la calidad de cada producto, depende la garantía del proceso de impermeabilización de cubierta.

Las masillas asfálticas son materiales pastosos y semipastosos utilizados para sellar remates de terminación de puntos singulares y juntas.

En Cuba la producción de masillas no sólo es insuficiente para abastecer la alta demanda existente, sino que además la ofertada presenta problemas de calidad los que están dados por:

- Baja ductilidad.
- Alta tendencia a la cristalización.
- Presencia de solventes orgánicos.

lo que trae como consecuencia la disminución de la durabilidad del sistema de impermeabilización que la contiene.

Superar las insuficiencias anteriores a partir del uso de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* como componente mayoritario de la masilla, constituye el problema científico de la presente tesis.

Para dar solución al problema anterior, la presente investigación se ha planteado como objetivo general:

⁴ Soto, M. y Suárez, S. 1999. Desarrollo de tecnologías. Capítulo VIII: Impermeabilizantes. GECONS. Ciudad de la Habana. (material impreso)

Utilizar la resina de *Pinus caribaea var caribaea* en la obtención de una masilla asfáltica para su uso en los sistemas de impermeabilización de cubierta de las construcciones, con indicadores de calidad competitivos.

Para cumplimentar este objetivo se desagregan los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Demostrar las potencialidades de obtención de resina de *Pinus caribaea var caribaea* para ser utilizada en la fabricación de nuevos productos.
- ❖ Analizar la composición y uso de las masillas asfálticas como componentes de los sistemas de impermeabilización de cubierta para el sellaje de juntas constructivas a nivel internacional.
- ❖ Obtener, a escala de banco, una masilla asfáltica para el sellaje de juntas constructivas a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*.
- ❖ Adecuar la tecnología para la obtención de masilla asfáltica a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, a escala industrial.

La hipótesis a demostrar con la presente tesis es: Si se combina adecuadamente la resina del *Pinus caribaea var. caribaea*, como componente mayoritario, con asfalto industrial y otros productos de producción nacional, mediante un proceso de mezclado a temperaturas superiores a los 110°C, manteniendo la agitación constante, entonces es posible obtener un material del tipo masilla asfáltica con propiedades de elasticidad, fluidez y flexibilidad comparables con las masillas comercializadas en el país para el sellaje de juntas constructivas como componentes esenciales en los sistemas de impermeabilización de cubierta.

La tesis desarrollada se estructuró en tres capítulos:

Capítulo I: La Resina de Pino, un Producto Forestal No Maderable. Situación actual y perspectivas de producción en Cuba, el cual tiene como objetivo: Demostrar las potencialidades de obtención de resina de *Pinus caribaea var caribaea* para ser utilizada en la fabricación de nuevos productos. En el mismo se abordan como temas principales la situación del Sector Forestal en Cuba, el escenario actual de los Productos Forestales no Maderables en Cuba haciendo hincapié en la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, su producción, comercialización y aprovechamiento.

Capítulo II: Masillas asfálticas como componentes de los sistemas de impermeabilización. Generalidades. El mismo tiene como objetivo general, analizar la composición y uso de las masillas asfálticas como componentes de los sistemas de impermeabilización de cubierta para el sellaje de juntas constructivas a nivel internacional. Para dar cumplimiento a lo previsto se brindará la definición de impermeabilización, se mostrará la caracterización de las masillas asfálticas como componentes fundamentales de estos sistemas, el uso de las resinas en la fabricación de los mismos y la situación actual del uso de resinas naturales con este fin a partir de un análisis patentométrico, pudiendo constatar el problema científico de la investigación propuesta.

Capítulo III: Obtención de una masilla asfáltica a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*. Caracterización del producto final. Con el objetivo general de obtener, a escala de banco, una masilla asfáltica para el sellaje de juntas constructivas a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* y adecuar la tecnología a escala industrial para la obtención de masilla asfáltica a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*.

Para dar cumplimiento al mismo se caracterizan las materias primas fundamentales, se evalúan las posibles combinaciones de los componentes para la obtención del producto, se valoran los indicadores de calidad de la masilla asfáltica y se brinda la metodología de obtención del mismo con la consecuente validación científica y económica del resultado obtenido.

Los fundamentos teórico-prácticos recogidos en la tesis se basaron en la consulta de una gran cantidad de fuentes de información dado que de esta temática son escasas las referencias directas.

Se consultó la bibliografía más actualizada que brinda Cuba y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para el análisis de la situación actual de los bosques y la evaluación de los Productos Forestales No Maderables (PFNM), con énfasis en la resina de *Pinus caribaea var caribaea* reportándose los datos más recientes de su producción, comercialización y aprovechamiento.

Se revisó bibliografía y consultó a expertos en impermeabilización tanto del Ministerio de la Construcción (MICONS) y sus instituciones científicas y de producción en esta rama como del Instituto Nacional de la Vivienda, lo que permitió constatar ampliamente el problema tanto en términos cuantitativos como cualitativos.

Por otra parte se realizó una búsqueda en las bases de datos internacionales de EBSCO y Science Direct de donde se obtuvieron y consultaron valiosos artículos actualizados sobre el tema.

Los experimentos para determinar los indicadores de calidad del producto obtenido se desarrollaron en el Laboratorio de Investigaciones del MICONS (ENIA) en Pinar

del Río, institución certificada por el Ministerio de la Construcción para la evaluación de nuevos materiales. Para la realización de los mismos se consultaron y aplicaron las Normas Cubanas y las Normas de *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) en vigor en Cuba. Los análisis químicos para caracterizar la estructura química del compuesto se realizaron en el Laboratorio de Química Analítica del Centro de Investigaciones del Petróleo, laboratorio de ensayo acreditado; para lo cual se utilizó la tecnología de espectroscopía de infrarrojo.

Los resultados de los experimentos fueron procesados a partir del paquete estadístico SSPS para Windows versión 5.0.

Todo el análisis bibliográfico descrito se refleja en la tesis en 79 citas y 91 títulos consultados.

La novedad científica de la tesis radica en el uso por primera vez de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, un producto forestal renovable, en la obtención de un material para el sellaje de juntas constructivas en los sistemas de impermeabilización de cubierta; viable, económica, social y ecológicamente. La misma fue corroborada por la búsqueda de patentes realizadas en las principales bases de datos del mundo en tiempo real, lo que permitió que se presentara a la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial una solicitud de patente para proteger el resultado con el número de registro 2006 – 0169.

Forman parte además de la tesis 20 anexos que permiten ampliar y profundizar en los temas tratados con el objetivo de facilitar al lector la comprensión de los resultados.

I. LA RESINA DE PINO, UN PRODUCTO FORESTAL NO MADERABLE. SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN EN CUBA.

Los productos forestales no maderables (PFNM) constituyen una fuente importante de alimentos e ingresos. Sin embargo, pocos países observan de forma sistemática sus productos forestales no maderables, de manera que es difícil efectuar una evaluación mundial precisa.

A pesar de la importancia real y potencial de los PFNM, existen dificultades con el acopio, y análisis de los datos sobre el comercio de los mismos. Entre las principales dificultades citadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ⁵ se encuentran:

- ❖ El término de Productos Forestales no Maderables no está incluido en las descripciones internacionales de productos básicos ni en los sistemas de clasificación de productos.
- ❖ No existe un consenso entre países acerca de las listas que describen o clasifican los PFNM.

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Departamento de Montes. 1991. Programa Promoción y desarrollo de PFNM. Disponible en: www.fao.org/forestry. /Consulta: 28 de Marzo 2006/.

- ❖ Un número considerable de PFNM se comercializan en forma de productos elaborados o semielaborados o como ingredientes de otros productos y son difíciles de identificar.
- ❖ No todos los países informan con precisión sobre el comercio de estos productos.

En el caso específico de Cuba, la resina de pino representa el producto forestal no maderable de mayor significación para la economía, el cual constituye un rubro exportable.

A partir del año 1980 en Cuba, se ha trabajado de manera sostenida en la Industria de la Resina, en sus inicios con el establecimiento de la tecnología de producción de la misma, hasta el desarrollo, aún incipiente, de una pequeña industria de derivados.

El capítulo que se presenta tiene como objetivo demostrar las potencialidades de obtención de resina de *Pinus caribaea var caribaea* para ser utilizada en la fabricación de nuevos productos.

Para el cumplimiento del mismo se abordan como temas principales la situación del Sector Forestal en Cuba, el escenario actual de los Productos Forestales no Maderables en Cuba haciendo hincapié en la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, su producción, comercialización y aprovechamiento.

1.1. Situación del Sector Forestal en Cuba.

Herrero, 2004 reporta que durante el período neocolonial, (1902-1959), la tasa anual de deforestación fue la más alta de nuestra historia (70 000 ha/año) provocada fundamentalmente por la expansión acelerada de la industria azucarera y el desplazamiento de grandes masas de campesinos pobres hacia las montañas que desmontaron grandes superficies para lograr el sustento de sus

familias. La tasa de deforestación, que aunque variable, se mantuvo positiva por más de 400 años, se revirtió definitivamente a partir de 1959 cuando triunfa la Revolución. Al cierre del año 2005, la superficie forestal cubierta ascendía a 2 696,6 miles de ha. En 45 años, el índice de boscosidad creció de 13,4 % a 24.54%. La evolución del índice de boscosidad se muestra en la figura 1.⁶

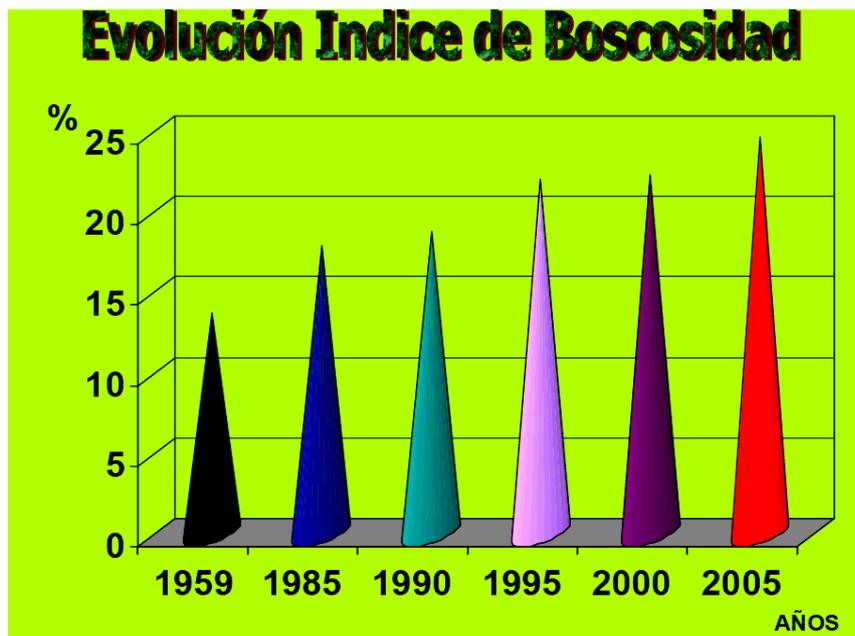


Fig. 1. Evolución del Índice de Boscosidad de Cuba en el período de 1959 al 2005.

Fuente: Herrero Echeverría, J. A. Conferencia El Sector Forestal en Cuba, Actualidad y Perspectivas. IV SIMFOR, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.

Como se muestra en la Figura 1, se produce un incremento sustancial en el año 1995 en los bosques naturales y plantaciones debido a que se incluyen todas las áreas del Sistema de Reforestación y sus diversos tenentes. En el caso de las plantaciones se produce una baja notable en el período 1995 al 2000 debido a que se considera que las plantaciones jóvenes menores de tres años no se incluyeran en la superficie cubierta hasta que no estuvieran establecidas.

⁶ Herrero Echeverría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.

La distribución de la cubierta forestal por entidades en el país se muestra en la tabla 1. Se observa que el mayor porcentaje del área, 65%, corresponde a las Empresas Forestales Integrales (EFI), seguidos por la Empresa de Flora y Fauna con 16%.

Tabla 1. Dinámica Forestal, año 2005.

Entidades	Total Patrimonio	Área Cubierta	Plantaciones	B. Naturales	Áreas Deforestadas	Áreas Inforestales
EFI	2226342.83	1670703.99	309348.07	1361355.92	229452.84	326186.00
Emp. F. y Fauna	546208.72	479884.90	14529.51	465355.39	17588.66	48735.16
Sec. Coop. C.	141574.08	133872.42	11273.47	122598.95	6143.86	1557.80
Emp. Agropec.	266853.32	237880.27	23537.39	214342.88	24769.62	4203.43
MINAZ	63684.53	40602.74	11102.74	29500.00	22.26.63	1055.16
Otras Entidades.	158322.41	133643.57	18135.35	115508.22	10310.37	14368.47
Total Nacional.	3402985.89	2696587.89	387926.53	2308661.36	310291.98	396106.02

Fuente: DNF, citado por Herrero Echeverría, J. A. Conferencia El Sector Forestal en Cuba, Actualidad y Perspectivas. IV SIMFOR, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.

Se debe significar que existe un adecuado balance entre las diferentes categorías en que se clasifican los bosques. La figura 2 muestra la distribución de los bosques de acuerdo a su clasificación, donde se observa que los bosques en los que se admiten talas (bosques de producción y bosques de protección) representan las tres cuartas partes del total de área cubierta, siempre teniendo en cuenta que en los bosques protectores las talas no pueden ser totales de acuerdo a lo estipulado en la Ley Forestal.⁷

⁷ Herrero Echeverría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.

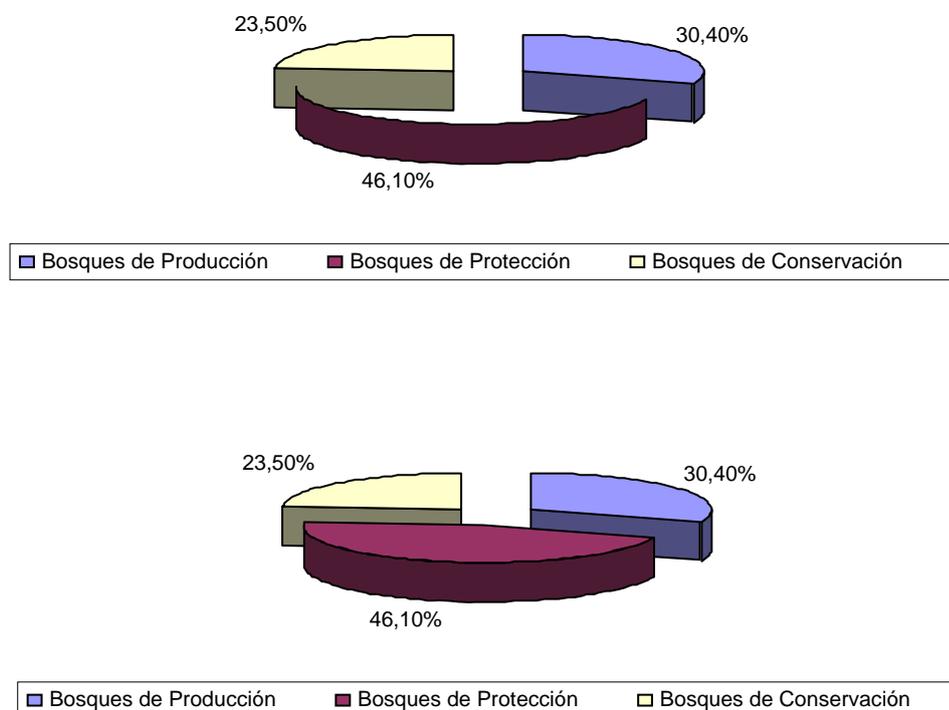


Fig. 2. Distribución de los bosques de acuerdo a su clasificación.

Fuente: Herrero Echeverría, J. A. Conferencia El Sector Forestal en Cuba, Actualidad y Perspectivas. IV SIMFOR, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.

La distribución espacial del recurso forestal presenta marcadas diferencias en todo el país como se puede observar en el anexo 1. Herrero, 2004 analiza el índice de boscosidad a nivel de provincias refiriendo que la variación del mismo es muy alta lo que se acentúa cuando este análisis se realiza a nivel de municipio. En estos casos se pueden encontrar territorios donde prácticamente no existen bosques debido a sus condiciones topográficas y edáficas. Igualmente es dispar la superficie de bosques por habitantes aunque menos acentuada que en el caso del índice de boscosidad.⁸

La distribución por formaciones de bosques se muestra en el Anexo 2, notándose que de las 16 existentes en el país, las tres formaciones de “Bosques

⁸ Herrero Echeverría, J. A. et al. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta el año 2020. Revista Baracoa 1. (1). La Habana.

semicaducifolios” (semidecídúos) en su conjunto ocupan la mayor parte de la cubierta forestal.

1.1.1. Niveles de producción

Según datos de la Dirección Nacional Forestal se plantea que en Cuba como promedio son plantadas anualmente alrededor de 40,0 mil ha, empleándose para estos propósitos unos 180 millones de plántulas de alrededor de 120 especies, entre forestales y frutales.

Los tratamientos silvícolas se aplican sobre una superficie entre 50-60 miles de ha/año de plantaciones y se reconstruyen alrededor de unas 5,5 miles de ha de bosques naturales. Herrero, 2006 plantea que estos niveles son a todas luces insuficientes y no han podido incrementarse a los niveles necesarios durante muchos años lo que de cierta manera, compromete el futuro de los recursos forestales; se construyen unos 19 500 km de trochas contrafuegos y se realizan trabajos de manejos y conservación de flora y fauna en unas 300 000 ha anuales.⁹

Según los datos de inventario y Ordenación Forestal del Patrimonio Forestal de la Nación existen en la actualidad cerca de 130 millones de m³ de madera en pie y un incremento medio anual para todo el país de 10,6 millones de m³.¹⁰

En los últimos años se han producido en el país, como promedio anual alrededor de 1,67 millones de m³ de madera de todos los surtidos, la estructura de los mismos es muy favorable a la madera no activa (leña y carbón) que en su conjunto representan aproximadamente el 57 % del total de la producción lo que

⁹ Herrero Echevarría, J. A. 2006. El sector forestal en Cuba, actualidad y perspectivas. IV Simposio Internacional sobre Manejo sostenido de los Recursos Forestales 2006. Conferencia Magistral. Universidad de Pinar del Río, Abril.

¹⁰ Herrero Echevarría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.

corresponde a una estructura típica de un país en vías de desarrollo en la cual el valor agregado de los productos es bajo, esta estructura puede observarse en el anexo 3.

1.1.2. Mercado y comercio

Importaciones

Los volúmenes de importación de productos forestales han transitado por diferentes períodos que se corresponden en general con las altas y bajas de la economía cubana. Ellos son:

- ❖ 1961-1971: de 24 millones de USD/año al inicio de este período hasta 44 millones/año en 1971.
- ❖ 1972-1987: continuó el ritmo ascendente hasta llegar a 270 millones /año al final del período.
- ❖ 1988-1999: se inicia un descenso vertiginoso vinculado al Período Especial (4 millones de USD/año) incrementándose discretamente hasta 25 millones de USD/año a finales del año 2000.

De manera general las estadísticas de la Dirección Nacional Forestal, registran dentro de los principales productos forestales importados: madera aserrada, traviesas, tableros de partículas, pulpa para papel, papel, cartón, aceite de trementina y colofonia, entre otros.¹¹

Exportaciones

A partir de 1947, año en el cual el país dejó de exportar madera, las exportaciones de este producto han sido prácticamente inexistentes. Como aspecto relevante se puede destacar la exportación de Productos Forestales no Madereros como las semillas forestales mejoradas genéticamente y la oleorresina de pino.

Desde el punto de vista cuantitativo y económico, el sector forestal tiene poca importancia para el país (menos del 1% del PIB). Sin embargo, analizado en su

¹¹Ministerio de la Agricultura, MINAGRI. 2007. Informe de Balance del Grupo Empresarial Nacional de Agronomía de Montaña. La Habana. (material impreso).

totalidad y globalmente, las producciones del sector forestal son decisivas para innumerables ramas de la economía (industria azucarera, producciones agropecuarias, turismo, transporte) y por supuesto de la sociedad en su conjunto (salud, educación, cultura) sin tener en cuenta las funciones medio – ambientales y ecológicas de los bosques.

La demanda actual de todos los productos forestales, madereros y no madereros es muy superior a la producción, por lo que el mercado para estos productos está asegurado. Herrero, 2004 expresa que a mediano y largo plazo se prevé que esta situación se mantendrá igual, o sea, habrá mercado seguro para los productos forestales.¹²

La actividad forestal no constituye en la actualidad una fuente sustancial de empleo en comparación con otros sectores, sin embargo en algunas zonas del medio rural, es la única.

1.2. Productos Forestales no Maderables en Cuba.

Los bosques cubanos atesoran una gran diversidad florística y una gran riqueza de Productos Forestales no Maderables (PFNM). Los PFNM se han utilizado desde tiempos remotos y constituyen en algunos casos, parte de la cultura de algunas poblaciones y localidades forestales, influyendo directamente en la calidad de vida de las mismas.

Por diversas causas, esta riqueza se explota en forma muy limitada. Mesa, 1999 plantea como las razones que corroboran lo expuesto: la falta de conocimientos para su explotación, la pérdida del uso que tradicionalmente se le ha dado al bosque y de forma significativa, el aprovechamiento de estos productos lo cual ha estado condicionado por los problemas financieros existentes para asegurar el

¹² Herrero Echevarría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.

desarrollo de las potencialidades ya conocidas de algunos PFSM, tales como los aceites esenciales y la resina de pino.¹³ Estas razones planteadas constituyen un obstáculo que se considera hasta el momento sin solucionar, a pesar de los esfuerzos que realiza la dirección del país.

Como resultado de las investigaciones realizadas por la Dirección Nacional Forestal en Cuba se ha comprobado que no en todos los casos se dispone de las estadísticas de producción y consumo de PFSM, sin embargo está explícito en estos resultados el beneficio social que aporta su aprovechamiento. Aunque este resultado parte de investigaciones realizadas en Cuba, los informes brindados por la FAO aseguran que a nivel mundial se presenta la misma problemática.¹⁴

Mesa, 1999; Núñez, 2004 y Herrero, 2004 coinciden en afirmar la importancia que desde el punto de vista económico tiene la existencia de una información detallada de las estadísticas de los PFSM, lo cual permite valorar su potencial y posibilidades tanto sociales, económicas, ambientales. Es posible por tanto enriquecer la diversidad de la producción forestal que se materializa en el incremento de nuevas fuentes de ingresos a las comunidades rurales y urbanas, incluso, la sustitución de importaciones de forma parcial o total.¹⁵

A partir de 1991, cuando se inició la depresión de la economía cubana, hubo una reducción sustancial en disponibilidad de recursos, tales como medicinas, fibras, alimentos, forraje, resinas, colorantes y otros, esto permitió que se iniciara la recuperación paulatina del uso tradicional de muchos productos que habían sido

¹³ Mesa Izquierdo, M. et al. 1999. Los productos Forestales no Madereros en Cuba. Dirección de productos Forestales, FAO, Roma. Serie Forestal N°13. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 27 de Marzo 2006/.

¹⁴ Herrero Echevarría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.

¹⁵ Núñez Barrizonte, A. et al. 2004. Los Productos Forestales no Madereros en Cuba. Revista Forestal Baracoa, 1 (1).

sustituidos por otros productos industriales o de importación. Ejemplo de esto lo tenemos en el auge que ha tenido la Medicina Natural y Tradicional.

Independientemente de los problemas existentes con el aprovechamiento de los PFM en Cuba, existen algunas estadísticas que reflejan medianamente los Productos Forestales No Maderables que se producen en el país y que se exportan. La tabla 2 refleja la situación en el período desde el año 2000 hasta el año 2006.

Tabla 2. Comportamiento de la producción y exportación de los principales PFM.

AÑOS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PFM							
PRODUCCIÓN							
Resina de pino. (ton.)	1219.9	1348.8	1220.9	1088.7	797.0	575.7	538.6
Carbón vegetal (ton.)	56 836	54 440	49 820	55 424	55 388	53 884	49 463
EXPORTACIÓN							
Resina de pino. (ton.)	993.1	1 102.1	1 009.6	824.2	547.9	457.8	440.8
Carbón vegetal (ton.)	16.5	-	20.0	521.3	950.1	2 434.1	3 007.8
Semillas (Kg.)	5.0	57.1	13.0	50.0	79.0	15.0	-

Fuente: Información Estadística. GEAM Nacional. 2007.

Como se muestra en la tabla 2 la resina de pino constituye el producto forestal no maderable de mayor significación y de mayor estabilidad en su producción y exportación para el sector forestal en el país. Las estadísticas brindadas por la Dirección Nacional Forestal, muestran un mercado seguro para la resina y un incremento sustancial en la exportación de carbón vegetal dado por la existencia de un mercado que aunque naciente es seguro.

Otro aspecto importante a mencionar es el valor ambiental que se le atribuye al aprovechamiento de los PFNM, sustentada en un manejo racional de muchos subproductos del bosque que pueden ser explotados en zonas de alta fragilidad ecológica sin ser éstas afectadas, ya que su aprovechamiento no lleva implícito la tala y/o extracción total de las plantas (especies arbustivas y especies herbáceas).

1.2.1. Producción y comercialización de la resina de *Pinus caribaea* var *caribaea*. Potencialidades.

La producción de resina en Cuba se inició 1985, como resultado del trabajo de investigación realizado en la Universidad de Pinar del Río, referente al establecimiento de la Tecnología de Resinación por el Sistema de Picas Ascendentes o Descendentes, conocido también como Sistema Alemán por parte de Betancourt, 1980. El término de la primera etapa de definición de la tecnología de resinación coincide con la ejecución de los Proyectos de Ordenación Forestal, que permiten realizar las primeras estimaciones de las potencialidades para la producción de resina, teniendo en cuenta el estado de sus bosques.¹⁶

Como se muestra en la figura 3., hasta 1989 se produce alrededor del 50% del total de resina, obteniéndose incrementos de manera sostenida cada año, lo que demuestra que se estaba asimilando favorablemente la tecnología de resinación, sin embargo, a partir de 1990 se produce una caída brusca de los niveles productivos, que tiene como punto mínimo 1993, lo cual Núñez, 2005 lo atribuye principalmente a dificultades en el abastecimiento ocasionado por el impacto que sufrió la economía nacional al ser afectado el 85 % de las importaciones

¹⁶ Núñez González, S. et al. 2005. Utilización de la resina de pino para la obtención de productos modificados comercializables en Cuba. Memorias del II Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Medio Ambiente, Puebla, México. Disponible en: <http://www.cidma.com>

provenientes del campo socialista y por falta de incentivos que estabilizaran la fuerza productiva en esta actividad.¹⁷

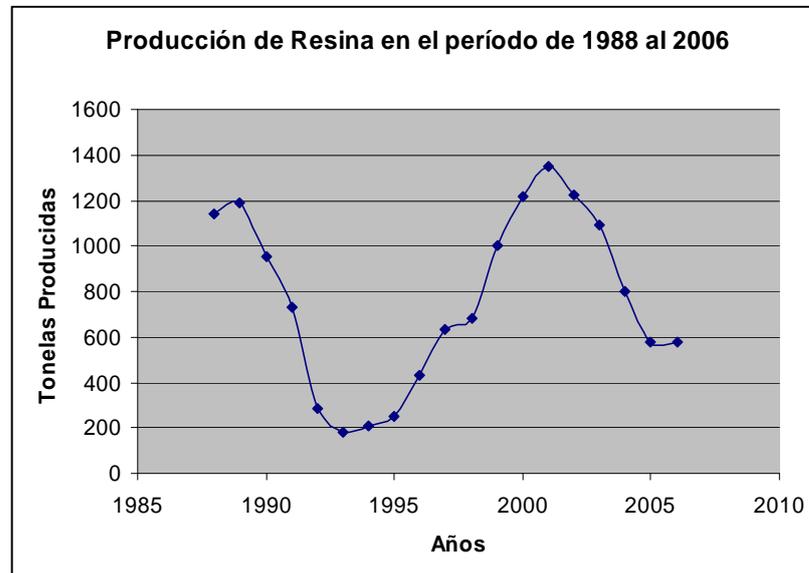


Fig.3. Producción de resina en Cuba en el período de 1988 al 2006.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de 1994 se reinicia un proceso organizativo a fin de recuperar la producción de resina, que alcanza incrementos discretos hasta el año 2001, momento en el cual comienza un decrecimiento progresivo que se mantiene en la actualidad. Larre, 2007 coincide en las causas que inciden en los rendimientos de producción de resina y que identifican Mesa, 1999 y Núñez, 2005, las cuales están relacionadas con los insumos necesarios para garantizar la actividad de extracción de resina por falta del financiamiento necesario y que por lo tanto influyen en la condiciones de trabajo de los resineros, lo que trae como resultado la inestabilidad en la producción de resina.^{18 19}

¹⁷ Núñez González, S. et al. 2005. Estudio sobre la utilización de la resina de *Pinus sp.*, en la obtención de productos impermeabilizantes. Memorias del III Taller Internacional por el Desarrollo Sostenible. DEFOR. ISBN 959 – 246 – 180 -5.

¹⁸ Larre Olivero, C. 2007. Subdirector de Producción GEAM, Pinar del Río.Consulta Personal.

¹⁹ Mesa Izquierdo, M. et al. 1999. Los productos Forestales no Madereros en Cuba. Dirección de productos Forestales, FAO, Roma. Serie Forestal N°13. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 27 de Marzo 2006/.

Las exportaciones fueron igualmente afectadas, aunque debe destacarse el rol de la resina de pino en la sustitución de importaciones en los momentos más críticos de la economía cubana en diferentes áreas, dentro de las que se pueden citar, como encolante en la fabricación de papel Kraft y cartón, lubricante grafitado, componente en formulaciones de pegamento, y en mezclas asfálticas, entre otros. La exportación se ha mantenido de forma irregular al igual que la producción. La tabla 3 muestra el comportamiento de la producción y exportación de la resina del *Pinus caribaea var caribaea* en los últimos 7 años.

Tabla 3. Producción Nacional y exportación de resina de pino.

AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Prod. Nacional (t)	1 044.2	1219.9	1348.8	1220.9	1088.7	797.0	575.7	538.6
Exportación (t)	850.6	993.2	1102.1	1009.6	824.2	547.9	457.8	440.8
%	81.4	81.42	81.71	82.7	75.7	68.74	79.52	81.84

Fuente: Informe de Balance del Grupo Empresarial Nacional de Agronomía de Montaña. MINAGRI. 2007.

Sánchez, 2007 y Betancourt, 2007; coinciden en plantear que no se ha logrado establecer una organización de la producción de resina que garantice el aumento de las producciones, a lo cual puede adicionarse la falta de estimulación e incentivo a esta tarea en el sector forestal coincidiendo con lo planeado por Mesa, 1999 que refiere como la causa fundamental, la inestabilidad de la fuerza de trabajo condicionada por la competencia de otras actividades agrícolas en cuanto al pago y aseguramiento tanto en recursos como en avituallamiento, lo que provoca una alta movilidad del personal de unas tareas a otras.²⁰

Por su parte la tendencia mostrada en el caso de las exportaciones es la de mantener los porcentajes a exportar del 80% del total producido.

²⁰ Mesa Izquierdo, M. et al. 1999. Los productos Forestales no Madereros en Cuba. Dirección de productos Forestales, FAO, Roma. Serie Forestal N°13. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 27 de Marzo 2006/.

Betancourt, 2000 plantea que la productividad de los árboles es de 4 kg/árbol/año, dependiendo del período de resinación y del intervalo de pica. No siempre se logra obtener este rendimiento, debido a que no se cumplen las secuencias establecidas de intervalo, por falta de dominio de la técnica, como consecuencia de la alta fluctuación de la fuerza de trabajo y de otras causas de carácter organizativo y de abastecimiento. El valor de la productividad ha estado influenciado además por investigaciones realizadas encaminadas al empleo de estimulantes para incrementar los rendimientos de resina por árbol, por trabajador y por hectárea. Se ha estudiado la aplicación de levadura de cerveza; la cual se le proporciona al árbol tras realizarle la pica y pueden obtenerse incrementos superiores al 20 %.²¹

La provincia de Pinar del Río representa el área de mayor potencialidad, en la actualidad aporta según Betancourt, 2007 más del 90 % de la producción nacional de resina.²²

La producción de resina comenzó por la provincia de Pinar del Río, en las Empresas Forestales, por encontrarse en ellas el mayor potencial de pinos del país, extendiéndose paulatinamente a otras empresas. En la actualidad realizan actividades de resinación un total de trece empresas en nueve provincias del país.²³

Pastor, 1999 hace referencia acerca de las direcciones que tomó el mercado de la resina en el período 1995-2000, planteándose como la principal dirección la

²¹ Betancourt Figueras, Y. P y Villalba Fonte, M.J. 2000. El uso de los estimulantes como la vía más inmediata para incrementar los rendimientos de resina en los pinos cubanos. Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. SIMFOR 2000. Pinar del Río. ISBN 959-16-0408-4.

²² Betancourt Figueras, Y. 2006. Director del centro de Estudios Forestales. Universidad de Pinar del Río. Consulta personal.

²³ Pastor Bustamante, J.P. 1999. Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y sus componentes para la obtención de productos resinosos. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

exportación y como alternativa, la destilación de la misma en pequeñas plantas semi industriales. En el período siguiente se logran dar los primeros pasos en la industrialización de la destilación de resina por medio de la tecnología con arrastre de vapor de agua, estabilizándose la producción de colofonia y esencia de trementina.

Se dispone en la actualidad de todos los conocimientos necesarios para garantizar el desarrollo de la etapa extractiva e industrial, los que incluyen la tecnología de resinación, los resultados de laboratorio y los resultados incipientes de la fase piloto así como los conocimientos fundamentales de la fase industrial, se trabaja de forma satisfactoria en el desarrollo de la industria de los derivados de la resina.

De acuerdo a lo anterior, Pastor, 1999 refiere que las investigaciones en esta área deben estar encaminados a estudiar, organizar y orientar la obtención de nuevos productos resinosos para satisfacer la demanda nacional y crear nuevos rubros exportables, los cuales se producirán con materias primas nacionales mediante la aplicación de nuevas tecnologías; ello implica la realización de estudios que estén dirigidos a la búsqueda de posibles mercados, procesos industriales, selección de materias primas, equipamientos, tipo de financiamiento, determinación de la capacidad que se debe instalar y puesta en marcha de las mismas.²⁴

Perspectiva de la producción de resina en Cuba.

En el Programa Nacional Forestal de la República de Cuba hasta el año 2015 se brinda el potencial explotable de los bosques y plantaciones de *Pinus sp.*; donde

²⁴ Pastor Bustamante, J.P. 1999. Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y sus componentes para la obtención de productos resinosos. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

se estiman 800.0 Mm³ anuales de madera, de ellos el 90% localizado en las plantaciones existentes. Como resultado de la proyección, la producción extractiva de resina prevista hasta los años 2010 y 2015 prevé alcanzar valores de 6260 Mt y 8400 Mt respectivamente.²⁵

El potencial explotable de los PFNM fue igualmente valorado y se muestra en extenso en el anexo 4.

Se plantea de igual forma en el Programa Nacional que el potencial estimado de resina de pino es posible explotarlo siempre que se cumplan las premisas de resinar la totalidad de las áreas previstas a talar con no menos de 2 años de antelación; garantizar la red vial necesaria, observar estrictamente la tecnología, el calendario y la frecuencia de resinación establecida en la bibliografía y por último es necesario incorporar la fuerza de trabajo necesaria, adiestrarla e incentivar su estabilidad mediante un sistema diferenciado de atención y estimulación.

Estas premisas concuerdan con las causas que han identificado, Mesa, 1999 y Herrero, 2004, como las de mayor incidencia en la inestabilidad de la producción de resina en Cuba.

1.2.2. Desarrollo de productos derivados de la resina de pino.

Hasta el año 1993 la resina extraída de los árboles en pié, no recibía ningún procesamiento industrial, de ahí que fuera comercializada en su forma natural.

Pastor, 2002 hace referencia que en 1992 como parte de las medidas para estimular la producción de resina y satisfacer en alguna medida las necesidades de colofonia el MINAGRI inició un plan de inversiones en las empresas de la provincia de Pinar del Río, dirigido a la construcción de pequeñas plantas

²⁵ Ministerio de la Agricultura. MINAGRI. 2006. Programa de Desarrollo Económico hasta el año 2015. La Habana. (material impreso).

artesanales para la destilación de la resina con capacidad de procesamiento que no rebasaban las 100 toneladas anuales de resina.²⁶

Estas plantas empleaban el sistema más antiguo de destilación conocido como sistema de fuego directo, por lo que en la práctica presentaron una serie de dificultades que le impidieron estabilizar su producción haciéndolas inoperantes y por tanto su duración fue de no más de un año y medio.

Como resultado de las investigaciones con la resina de pino en el Centro de Estudios Forestales de la Universidad de Pinar del Río se diseñó una planta piloto para la destilación de la resina del pino por el sistema de arrastre con vapor de agua, que más tarde se escaló industrialmente en la Fábrica de Fertilizantes Mezclados de la provincia y que en la actualidad mantiene una producción estable de colofonia.²⁷

El siguiente paso en las investigaciones con la resina de pino lo constituye obtener productos derivados de la misma que permitan aumentar su valor agregado y brindar alternativas de sustitución de importaciones, de aquellos productos deficitarios en el mercado nacional.

En tal sentido, se planteó una metodología para obtener barniz electroaislante y diluyente para barniz, se caracterizó y evaluó su calidad, la cual se comparó con las especificaciones de los barnices comercializados en el mercado internacional con resultados satisfactorios. Especialistas de la Empresa de Servicios Informáticos validaron la calidad de mismo.²⁸

²⁶ Pastor Bustamante, J.P., 2002. Determinación de la calidad de la resina de *Pinus* y sus componentes. Rev. Ciencia Forestales de Chapingo, II (2): 32 – 35, Diciembre.

²⁷ Pastor Bustamante, J.P. 1999. Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y sus componentes para la obtención de productos resinosos. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

²⁸ Pastor Bustamante, J. F. Barniz Electroaislante. CU Patente 22680. Febrero 5, 2001.

Se obtuvo además la metodología de obtención de un producto tensoactivo con diferentes aplicaciones. Se validó la aplicación del mismo en las emulsiones diesel agua por parte de especialistas del Ministerio de la Construcción, con resultados satisfactorios. Fue efectivo además utilizarlo como refrigerante en las maquinas y herramientas del Laboratorio de Maquinado de la Universidad de Pinar del Río. Se utilizó en la preparación de mezclas de alcohol bencílico en agua con el objetivo de disminuir el consumo de este ácido en el revelado de las fotos, realizándose pruebas con resultados alentadores. Por último, este producto forma parte de la materia prima fundamental en la fabricación y comercialización de un ambientador para piso (Agua-Pino), comercializado por la Fábrica de Fertilizantes Mezclados Gerardo Medina Cardentey en el Mercado Nacional, con muy buena acogida por parte de los clientes según encuesta realizada por la Empresa ya mencionada.²⁹

Por su parte el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) es otra de las instituciones que ha realizado investigaciones teniendo como objetivo la obtención de subproductos derivados de la resina de Pino.

Primeramente se estudiaron tres variantes de encolantes para papel, los cuales fueron probados en la industria, ofreciendo resultados comparables a los obtenidos con encolantes comerciales, por lo que fueron introducidos en la industria.³⁰

Se sintetizaron productos con acción tensoactiva, donde se pudo observar una alta eficiencia como emulsificante y elevadas cualidades detergentes dispersantes lo cual propicia su empleo como emulsificante en la obtención de emulsiones

²⁹ Pastor Bustamante, J. F. et al. Tensoactivo y Tecnología de obtención. CU Patente 22750. Noviembre 19, 2001.

³⁰ Martín E., Casal A. y otros. Procedimiento para la obtención de encolante reforzado para papel a partir de oleoresina de pino y el producto resultante. Patente CU. No. 21865. Julio 1987.

asfálticas dedicadas a la pavimentación de viales, productos de acción desinfectante y aditivos con acción plastificante y reductora de agua para morteros y hormigón.³¹

Teniendo en cuenta las cualidades formadoras de película de los ácidos resínicos, se exploraron sus posibilidades en la obtención de lubricantes especializados para la industria del vidrio y en la formación de fluidos de corte de metales ferrosos.³²

Finalmente se desarrolló un nuevo aditivo de extrema presión para aceite de corte con indicadores de calidad superiores a los importados por nuestro país, además se obtuvo un desinfectante con propiedades bactericidas evaluando su efectividad *in Vitro* e *in situ* frente a cepas bacterianas y micológicas con resultados satisfactorios.³³

³¹ Fonseca M., Casal A. y otros Composición de emulsión asfáltica aniónica de rotura rápida. Patente CU No. 22082. Junio 1992.

³² Casal, Ada M et, al. 2004. Oleorresina de pinos cubanos. Una nueva fuente para la obtención de aditivos químicos. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Manejo Forestal Sostenible, SIMFOR 2004. Pinar del Río, Cuba. ISBN 959-16-0408-4.

³³ Gutiérrez L., Martín E., Casal A. y otros Composiciones desinfectantes a partir de oleorresina de pinos y ácido piroleñoso. Patente CU. No. 22423. Nov. 1995.

CONCLUSIONES PARCIALES.

A partir de los resultados obtenidos en este capítulo es posible arribar a las siguientes conclusiones parciales:

- La resina de pino representa el Producto Forestal No Maderable de mayor estabilidad en la exportación en el sector Forestal en Cuba, exportándose alrededor del 80% del total de resina producido.
- El Programa Nacional de Desarrollo Forestal hasta el año 2015, pronostica alcanzar valores de hasta 6000t de resina producida anualmente.

2. MASILLAS ASFÁLTICAS COMO COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN. GENERALIDADES.

El agua es un agente agresor de las construcciones, degradando los materiales componentes de los cimientos, de las fachadas y de las cubiertas, lo cual puede provocar a largo plazo su ruina. Se plantea en el Catálogo Compasan de la construcción que de cada cinco accidentes que se producen en las edificaciones, en cuatro intervienen las humedades de forma directa. Resulta por tanto ineludible la búsqueda de soluciones técnicas y el manejo de nuevos productos que ayuden a los proyectistas a evitar resolver la problemática de las humedades por daños y lesiones en la cubierta y obra de los edificios.³⁴

El desarrollo de las técnicas constructivas a lo largo del tiempo ha llevado consigo una mejora de sus prestaciones, incorporando nuevos productos y nuevas tecnologías, todo ello encaminado hacia una mayor calidad de vida y durabilidad de las construcciones.

El objetivo que tiene el capítulo que se presenta esta relacionado con analizar la composición y uso de las masillas asfálticas como componentes de los sistemas de impermeabilización de cubierta para el sellaje de juntas constructivas a nivel internacional.

³⁴ Composan Construcción Catálogo. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.bccfg.com> /Consulta: 21 de Enero 2006/.

Para dar cumplimiento a lo previsto se brindará la definición de impermeabilización, se mostrará la caracterización de las masillas asfálticas como componentes fundamentales de estos sistemas, el uso de las resinas en la fabricación de los mimos y la situación actual del uso de resinas naturales con este fin a partir de un análisis patentométrico, pudiendo constatar el problema científico de la investigación propuesta.

2.1. Generalidades sobre la impermeabilización.

Desde tiempos muy remotos, que pudiéramos enmarcarlos en la época en que el hombre levantó paredes y sobre ellas colocó un techo para protegerse de la lluvia y la nieve, se estableció la necesidad de la impermeabilización.

Santos, 1982 refiere el inicio de la impermeabilización desde que el hombre comenzó a utilizar los materiales más cercanos a su medio: las ramas de los árboles, la madera, la piedra, la arcilla, el barro, entre otros para protegerse de las filtraciones. Además de la posibilidad de obtener los materiales, en su determinación de ir progresivamente desechando los primitivos e ir localizando o llegar a producir otros, la experiencia de no lograr fácilmente la estanqueidad deseada, debió haber influido para la búsqueda de soluciones que evitasen lo que aún subsiste en las construcciones como FILTRACIONES.³⁵

La búsqueda de soluciones de materiales flexibles y ligeros no tan solo para la protección de las cubiertas sino para las edificaciones en su conjunto provocó que

³⁵ Santos Peraza, H. 1982. La impermeabilización de cubiertas, su influencia en la explotación y durabilidad de las construcciones. Editorial del Centro de Información del Ministerio de la Construcción. La Habana.

aparecieran entonces, los medios o sistemas de impermeabilización a base de productos asfálticos.³⁶

En todo tipo de edificación, la impermeabilización es un medio protector contra la humedad, la lluvia, la penetración del agua y, por consiguiente, un freno al envejecimiento y la corrosión de la estructura, a la destrucción de sus elementos portantes; está íntimamente ligada al conjunto de la edificación y forma parte integrante de ella.

2.2. Definición.

El Ministerio de la Construcción (MICONS), define la impermeabilización de las edificaciones como el tratamiento que se aplica a una determinada superficie o elemento de una edificación para prevenir el paso del agua o la humedad a través de ella,³⁷ definición que expresa el significado que tiene la impermeabilización como proceso constructivo y que debe formar parte del diseño de cualquier edificación.

Los sistemas de impermeabilización no pueden considerarse, según lo planteado por Santos, 1982 como una capa protectora y aislante, sino como elementos que componen la edificación y que deberán integrarse desde el proyecto hasta la terminación de la misma.³⁸

La cubierta es la parte del edificio que más se expone a los cambios bruscos de temperatura y a los efectos de la trepidación, por lo tanto, el sistema de

³⁶ Núñez González, S. et al. 2005. Estudio sobre la utilización de la resina de *Pinus sp.*, en la obtención de productos impermeabilizantes. Memorias del III Taller Internacional por el Desarrollo Sostenible. DEFOR. ISBN 959 – 246 – 180 -5.

³⁷ Ministerio de la Construcción. 2000. Sistemas de impermeabilización con láminas asfálticas prefabricadas, CENCSUT. La Habana. (material impreso)

³⁸ Santos Peraza, H. 1982. La impermeabilización de cubiertas, su influencia en la explotación y durabilidad de las construcciones. Editorial del Centro de Información del Ministerio de la Construcción. La Habana.

impermeabilización debe tener elasticidad y plasticidad suficiente para asimilar sin agrietarse los movimientos debidos a las citadas causas.

Principales Sistemas de impermeabilización en cubiertas.

La cubierta es considerada como uno de los elementos más importantes y delicados de una edificación, mereciendo la máxima atención tanto en la fase de proyecto como de ejecución.

Los materiales utilizados en la cubierta están sometidos a fuertes desviaciones mecánicas debido tanto a las dilataciones y contracciones térmicas del soporte sobre el que se apoya, como posibles asentamientos o deformación bajo carga y a las sollicitaciones debido al tránsito ocasional o permanente sobre ella de acuerdo a su uso, por lo que es de suponer que cada cubierta debe considerarse como un caso particular.

Soto, 1999 y Suárez, 1999 plantean que los sistemas de impermeabilización están compuestos por:

- Aparejo, emulsión, primer, imprimante o tinta: Líquido de base asfáltica que se utiliza para compatibilizar el soporte base con la manta impermeable.
- Masilla Asfáltica: Masilla de base bituminosa o asfáltica utilizada para remates de terminación de puntos singulares, juntas, etc.
- Membrana, manta o lámina asfáltica: Lámina asfáltica prefabricada, comercializada en rollos.³⁹

Según el MICONS, 2006, en el país, atendiendo al tipo de producto componente de cada uno de los sistemas, estos se clasifican en:

³⁹ Soto, M. y Suárez, S. 1999. Desarrollo de tecnologías. Capítulo VIII: Impermeabilizantes. GECONS. Ciudad de la Habana. (material impreso).

1. Productos asfálticos (Laminas prefabricadas de betún modificado, imprimantes, pinturas, cemento plástico bituminoso, masilla, adhesivo y emulsiones)
2. Productos de caucho (Laminas prefabricadas de caucho modificado, Imprimantes, adhesivos, flashing)
3. Productos en base a copolímeros. (Pinturas, mallas de fibra de vidrio o poliéster).
4. Productos de fibra sintética. (Laminas prefabricadas, adhesivos)
5. Productos de barro cocido. (Losa plana de cerámica roja)

La calidad de la impermeabilización en una edificación no solo depende de los materiales que componen el sistema de impermeabilización seleccionado, esta referido además a la aplicación de este proceso de impermeabilización. Los proyectistas cuando diseñan sus edificaciones tienen en cuenta y proponen, según el tipo de obra, el sistema de impermeabilización.

Cada componente del sistema de impermeabilización es vital en el proceso, se ha detectado, por parte de los especialistas del Comité Nacional de Impermeabilización en Cuba, como una de las causas mas frecuentes, que en el momento de la impermeabilización, no se cuente con la masilla o mastique para el sellado de las juntas constructivas por lo que se lleva a cabo el proceso sin este material, lo que provoca en un breve periodo de tiempo y en la mayoría de los casos problemas de impermeabilización.⁴⁰

De lo anterior se infiere la necesidad de profundizar en la situación que presentan las masillas o mastiques en los sistemas de impermeabilización del país.

⁴⁰ Martínez, A. 2006. Dirección de Ciencia y Técnica. MICONS. La Habana. Cuba. Consulta personal.

2.3 Caracterización de las masillas asfálticas.

Definición.

Se denominan mastiques bituminosos a los materiales elaborados, de consistencia más o menos pastosa, que tienen en su composición asfaltos naturales, betunes asfálticos, oxiasfaltos, con materia mineral fina (filler o carga mineral) o fibrosa. Pueden contener además, disolventes idóneos, plastificantes u otros aditivos.⁴¹

A continuación se describirá la clasificación de las masillas o mastiques reflejando la caracterización de cada uno de los tipos según la Norma Cubana 400 del 2005 de la Oficina de Normalización de la Ciudad de la Habana correspondiente a los Materiales bituminosos y bituminosos modificados, características de los Másticos bituminosos.

Clasificación ⁴²

Los mastiques bituminosos se clasifican, atendiendo a su forma de aplicación, en los siguientes tipos:

Tipo I: Mastiques de aplicación en frío.

Tipo II: Mastiques de aplicación en caliente.

A De aplicación in situ

B Para recubrimiento de productos prefabricados.

Mastiques de aplicación en frío Tipo I

Son aquellos mastiques, únicamente de base asfáltica, que contienen disolventes adecuados, para que su consistencia sea tal, que permita su aplicación a temperatura ambiente superior a 15°C, siendo su tiempo de curado inferior a 48 h.

⁴¹ Norma Cubana 400 – 2005. Materiales bituminosos y bituminosos Modificados—características de los Másticos bituminosos. Especificaciones de Calidad. Vig. Enero 2005.

⁴² Norma Cubana 400 – 2005. Materiales bituminosos y bituminosos Modificados—características de los Másticos bituminosos. Especificaciones de Calidad. Vig. Enero 2005.

Para aplicar a temperatura inferior a 15°C se permite un calentamiento al baño maría.

Las características de los mastiques de aplicación en frío, del Tipo I son mostradas en el Anexo 12. Estos mastiques o masillas se caracterizan por tener valores de penetración altos que permiten la poca fluencia a temperatura ambiente de los mismos.

Mastiques de aplicación en caliente Tipo II

Los mastiques de aplicación in situ, como impermeabilización directa, serán solo de base asfáltica (betún asfáltico o asfalto natural).

Los mastiques que se aplican en fábrica como recubrimiento de productos prefabricados, serán de base asfáltica.

Las características de los mastiques de aplicación en caliente, del Tipo II son mostradas en el Anexo 13. En el caso de este tipo de mastique, los valores de penetración resultan menores que los valores de penetración de los mastiques Tipo I, lo cual esta relacionado con la forma de aplicación de los mismos, como se ha referido estos son aplicados en frío.

Como se aborda en la definición de mastiques asfálticos, la composición de los mismos incluye el asfalto. Si se tiene en cuenta que las propiedades y características de las masillas difieren de forma proporcional con las propiedades de los asfaltos que las componen, es necesario abordar las generalidades de los asfaltos haciendo énfasis en su composición química y en sus propiedades reológicas.

2.4 Asfalto. Composición química. Propiedades reológicas.

Velásquez, 1972 define los asfaltos como sustancias de color oscuro, que pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas, compuestas esencialmente de hidrocarburos

solubles en sulfuro de carbono en su mayor parte y procedentes de yacimientos naturales u obtenidos como residuo del tratamiento de determinados crudos de petróleo por destilación o extracción y cuyas propiedades físicas y químicas los hacen aptos para multitud de aplicaciones de diverso tipo, definición que coincide con las reportadas en las publicaciones electrónicas disponibles en www.arqhys.com/arquitectura/asfalto.html y http://www.elpriema.com/apuntes/ingeniería_civil/asfalto, consultadas por la autora en Septiembre del 2006.

Composición química.

El asfalto es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno; casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono.

Amadeo, 2005 refiere que el asfalto consta de tres componentes mayoritarios. El primero se describe como una mezcla de asfaltenos que son moléculas complejas de alto peso molecular, insolubles en hidrocarburos parafínicos y solubles en compuestos aromáticos como el benceno. El segundo componente descrito es una mezcla de resinas y el tercero aceite mineral. Los asfaltenos cargan con la responsabilidad de las características estructurales y de dureza de los asfaltos, las resinas le proporcionan sus propiedades aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables.⁴³

Alrededor del 90% del peso del asfalto esta compuesto de hidrocarburos; la porción restante esta constituida por dos tipos de átomos; metálicos o diatómicos. Las moléculas diatómicas, como el oxígeno, nitrógeno o azufre, muchas veces

⁴³ Amoedo Fernández, W. S. 2005. Propuesta de Alternativa para el diseño de mezclas de hormigón asfáltico. Empresa de Investigaciones Aplicadas. MICONS. La Habana. (material impreso).

reemplazan a los átomos de carbón en la estructura molecular del asfalto. Esto contribuye a muchas de las singulares propiedades químicas y físicas de los asfaltos; causando muchas de las interacciones entre las moléculas. El tipo y cantidad de moléculas biatómicas que existan en el asfalto se deberá tanto a la fuente de crudo como a la edad de éste. Las moléculas como el azufre, reaccionan más fácilmente que el carbono y el hidrógeno para incorporar el oxígeno. La oxidación es la parte primaria, en el contexto del proceso de envejecimiento, la evaporación o volatilización y degradación asociados con la fotodegradación por la luz también contribuyen a este proceso.

La estructura molecular del asfalto es extremadamente compleja y varía en tamaño y tipo de enlace químico con cada fuente o mezcla. Hay tres tipos básicos de moléculas: cíclicas, acíclicas y aromáticas.⁴⁴

Propiedades reológicas:

La Reología es la rama de la Física que estudia las propiedades del flujo y deformación de la materia, como la viscosidad, elasticidad, ductilidad, fragilidad, entre otras, según lo planteado por Velásquez, 1972.⁴⁵

Viscosidad: La viscosidad se define como la resistencia de los sólidos a la deformación y se debe al rozamiento interno de las moléculas.

Punto de reblandecimiento: Los asfaltos, incluso los más duros, no son sólidos verdaderos y, por tanto, no puede hablarse de punto de fusión de los asfaltos en su estricto sentido físico. Se define en los asfaltos un punto de reblandecimiento convencional que es la temperatura a la que el asfalto alcanza determinado estado de fluidez.

⁴⁴ Asfalto, propiedades físicas y químicas. Publicación seriada irregular. Disponible en: http://www.elpriema.com/apuntes/ingeniería_civil/asfalto/, /Consulta: 22 de Septiembre 2006/.

⁴⁵ Velásquez, M. 1972. Asfaltos. Edición revolucionaria. Instituto cubano del libro. La Habana.

Penetración: El ensayo de penetración es el que usualmente se emplea para la determinación de las propiedades de fluencia de los productos asfálticos de viscosidad muy elevada.

La penetración es una medida de la resistencia del asfalto a la deformación y, por consiguiente, depende tanto de la viscosidad como de la posible elasticidad del asfalto.

Ductilidad: La ductilidad puede definirse como la capacidad de un asfalto de sufrir alargamientos sin disgregación de su masa.

Oxidación del Asfalto

Es un proceso químico que altera la composición del asfalto. Como anteriormente se planteó, el asfalto está constituido por una fina dispersión coloidal de asfaltenos y maltenos. Los maltenos actúan como la fase continua que dispersa a los asfaltenos. Las propiedades físicas de los asfaltos obtenidos por destilación permiten a los mismos ser dúctiles, maleables y reológicamente aptos para su utilización como materias primas para elaborar productos para el mercado vial.⁴⁶

Al "soplar" oxígeno sobre una masa de asfalto en caliente se produce una mayor cantidad de asfaltenos en detrimento de los maltenos, lo cual ocasiona una mayor fragilidad, mayor resistencia a las altas temperatura y una variación de las condiciones reológicas iniciales. Cuando se utiliza este tipo de asfalto oxidado ocurre que los techados se fragilizaban en forma extrema a bajas temperaturas. Comenzó, entonces, a desarrollarse en 1975 un asfalto para su uso en techados mono capa (membranas), en reemplazo del tradicional techado asfáltico en caliente multicapa, lo que permite mejorar de esta manera: el método de aplicación y el rango de temperaturas para su uso.

⁴⁶ Asfaltos. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.arqhys.com/arquitectura/asfalto.html /Consulta: 14 de Octubre 2006/.

El asfalto oxidado es usado como elemento de mezclas impermeabilizantes, destacándose dentro de sus características más importantes:

- Adhesivo y aglutinante.
- Resistente al agua
- Dúctil y penetrante.
- Durable, cuando se protege de los rayos ultravioletas.
- Resistente a la corrosión (no oxidable).
- Maleable y muy versátil.
- Económico.

El asfalto oxidado se debe fundir en calderas especialmente diseñadas para ello, provistas de un controlador de temperatura, con una bomba para elevar el asfalto a la cubierta y, además, con un sistema de filtro que evite la contaminación ambiental.⁴⁷

En algunos casos se impermeabiliza la cubierta, solo con el asfalto oxidado, aplicando varias capas con fibras de vidrio intermedias y un protector para los rayos ultravioleta.⁴⁸

Cada capa de asfalto debe ser de un mínimo de 1,5 Kg/m².

Masillas Comercializadas en Cuba.

En Cuba existen varias firmas encargadas de comercializar los materiales de la construcción como son *Imeco*, *Escambray*, *Serviconst* y *Perdurit*. No se reporta en ninguno de los casos importación de masillas asfálticas, por lo que la utilización de éstas se resume solo a las cantidades que se producen en la Fábrica de Impermeabilizantes El Cano y que son comercializadas por *Perdurit*.

⁴⁷ Membranas asfálticas. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.e-asphalt.com/membranas/membranas.htm>. / Consulta: 22 de junio 2006/.

⁴⁸ Tapia, I. BIT. Built - Up - Roof Sistema de Impermeabilización de Cubiertas. La Revista Técnica de la Construcción. N° 16. 1999.

La Fábrica IMPERASFAL El Cano ha producido tres tipos fundamentales de masilla de base asfáltica, el Asfaltile, el Charon y el Juntimper, de los cuales mantienen una producción estable sólo del Asfaltile ya que las demás producciones han sido destinadas especialmente para obras por encargo.⁴⁹

En el caso puntual del Asfaltile es una masilla que se utiliza como componente de un sistema de impermeabilización que esta compuesto además por una pintura imprimante Pintubit y una manta asfáltica denominada Lamiasfal, y que tiene como aplicación el sellaje de juntas constructivas. Su caracterización se muestra a continuación:

ASFALTILE: Masilla a base de oxiasfalto plástico, disolventes y agregados minerales. Dentro de las principales propiedades esta la aplicación en frío y la gran adherencia a todos los sustratos.

Se presenta en envases de 250 Kg. aproximadamente y es almacenada hasta 6 meses en envases bien cerrados y resguardados de la intemperie.

Principales Aplicaciones:

- Impermeabilización de cimientos, cisternas, piscinas y obras soterradas en general.
- Como adhesivo para pegar laminas de fieltro saturado y aluminio en remates de impermeabilización para el sellaje de juntas y grietas.
- Para fijar azulejos o losas en cualquier superficie incluso vertical.

Rendimiento: aproximadamente 1kg/m² (1mm de espesor).

Datos técnicos.

Aspecto: Pasta de color negro.

⁴⁹García Valdés, S. 2006. Directora de Negocios. Empresa de Impermeabilizantes IMPERASFAL. Consulta Personal.

Densidad a 25°C: 1.03 g/cm³.

Consistencia: 159 g a 25 °C: 3-8seg.

Residuo seco, 5 h a 165 °C: 37% en peso.

Punto de inflamación: 45 °C.⁵⁰

Ductilidad a 25°C ≤2.

La experiencia de comercialización y aplicación del Asfaltile como masilla selladora de los sistemas de impermeabilizados supera los 10 años, y aunque se mantiene una producción estable, presenta propiedades que limitan su efectividad para el sellado de juntas. Dentro de las principales insuficiencias y limitaciones que podemos nombrar en el caso del Asfaltile esta la baja ductilidad, la presencia en su composición de un alto contenido de solventes trae como consecuencia que al ser expuesto a la intemperie, los solventes se volatilicen y tienda a cristalizarse y como consecuencia se agriete permitiendo la permeabilidad de la masilla. Otra de las consecuencias que tiene el porcentaje elevado de solventes esta relacionada con su bajo punto de inflamación lo cual requiere de condiciones de almacenamiento controladas, el embalaje de la misma debe ser en recipientes cerrados.

Masillas comercializadas en el mercado internacional.

Existe una amplia gama de masillas comercializadas en el mercado internacional. La mayoría de las comercializadas son obtenidos a partir de cauchos sintéticos (Estireno-Butadieno-Estireno), aditivos plastificantes, silicona, resinas epóxicas entre otros. Los usos, aplicación y propiedades reológicas varían. Dentro de los ejemplos que podemos citar se encuentra el Mastique Polyguard 650, utilizado fundamentalmente para proteger bordes, terminaciones de juntas, solapas y

⁵⁰ Catálogo Comercial Perdurit. 2006. (material impreso).

parches, entre otras. El caso específico de este tipo de mastique muestra un inconveniente que esta relacionado con su bajo punto de inflamación o también llamado de destello que en un embase cerrado es de 41°C, para lo cual requiere de condiciones controladas de almacenamiento.⁵¹

En el anexo 14 son recogidas algunas de las principales características de un grupo de masillas que son comercializadas internacionalmente y que tienen aplicaciones semejantes al resultado que se presenta en esta tesis.

2.5. Uso de las resinas en la producción de materiales componentes de los sistemas de impermeabilización.

La gran variedad de resinas utilizadas en la producción de materiales componentes de los sistemas de impermeabilización son resinas sintéticas. Las resinas sintéticas (polímeros sintéticos) son sustancias artificiales con propiedades similares a las resinas naturales y se usan, al igual que éstas, como lacas, aglutinantes para pigmentos, fortificantes, adhesivos, entre otros.⁵²

Se encuentran masillas asfálticas en el mercado internacional las cuales utilizan como base, variedades de caucho sintético y polímeros.⁵³

La formación de los distintos cauchos sintéticos se basa en la polimerización del butadieno o de homólogos (isopreno) o derivados (cloropreno) que tienen estructura semejante.

Se conocen gran variedad de cauchos sintéticos, algunos de cualidades mecánicas mejores que el caucho natural. El "buna 85" esta formado por polimerización del butadieno, el "neopreno" por polimerización del cloropreno, el

⁵¹ Catálogo Polyguard Products. Diponible en: www.polyguardproducts.com. /Consulta: 22 de junio 2006/.

⁵² Resinas sintéticas. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.kremerpigmente.de/spanisch/spbindem04.htm> /Consulta: 14 de Octubre 2006/

⁵³ Composan Construcción Catálogo. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.bccfg.com> /Consulta: 21 de Enero 2006/.

"*perbunan N*" a partir del butadieno y el cianuro de vinilo, el "buna S" a partir del butadieno y el estirolo, así como otros muchos de composición conocida y patentados con nombres que no guardan relación con los monómeros que los integran ("*ameripol*", "*koroseal*", "*thincol*", "*chemigum*", etc.).⁵⁴

Por su parte, los polímeros son macromoléculas de origen sintético cuya unidad estructural es el monómero. Éste, mediante una reacción de polimerización, se repite un número elevado de veces formando la macromolécula.

Constituyen además compuestos de naturaleza orgánica, y en su composición intervienen fundamentalmente el Carbono y el Hidrógeno, además de otros elementos en menor proporción, como Oxígeno, Nitrógeno, Cloro, Azufre, Silicio y Fósforo.

Los polímeros obtenidos del petróleo mediante reacciones de síntesis son materiales muy resistentes y prácticamente inalterables.

Todo proceso de producción de este tipo de polímeros sintéticos se basa en tecnologías novedosas y procesos altamente costosos por lo que encarecen el producto final.

2.6 Situación actual de la utilización de resinas naturales en la fabricación de mastiques o masillas asfálticas.

Una de las formas de poder estimar el desarrollo de una temática científica o tecnológica y las posibles relaciones entre ambas, es mediante la información producida, en diversos soportes. La valoración sobre su comportamiento y desarrollo es compleja. Esto es posible a través del uso de indicadores. Por lo cual se realizó un estudio utilizando indicadores patentométricos para, dentro de lo posible, poder estimar el desarrollo tecnológico de la temática objeto de estudio

⁵⁴ Polímeros. Textos Científicos.com /en línea/ Publicación seriada irregular. Disponible en: www.textoscientificos.com /Consulta: 14 de Octubre 2006/.

con la intención de demostrar la objetividad de la propuesta de invención que la presente investigación propone.

Para realizar el análisis se realizó una búsqueda de patentes tomando como universo de recuperación todas las invenciones que contienen en el campo título las palabras claves *Sealing Compound*, en el período de tiempo que abarca desde 1976 hasta inicios del mes de agosto del 2006.

De las bases de datos (BDs) de patentes de libre acceso en Internet se utilizó para el procesamiento de la información: la BDs de la Oficina Norteamericana de Patentes y Marcas (USPTO), por ser la más reconocida en nuestro continente, porque el objeto de estudio pudiera ser de interés para los titulares que generalmente protegen en esta oficina.

Se utilizó para el procesamiento, visualización y análisis de la información contenida en los documentos de patentes, el sistema proINTEC desarrollado por el Grupo de Gestión de Información de la Universidad de Pinar del Río, coordinado por la MsC. Maidelyn Díaz Pérez. Los resultados analizados por este sistema fueron validados por expertos y por el Sistema de Vigilancia de Patentes (SiVigPat) desarrollado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) de Cuba.⁵⁵

Al aplicar todos los criterios de búsquedas mencionados con anterioridad, se recuperaron de forma eficiente 38 patentes de invención. Posteriormente se inicia el análisis donde se observa la presencia de la temática desde el año 1977, intervalo en que se concede la primera patente relacionada con nuestro objeto de búsqueda en la oficina de patentes de Estados Unidos (EU), la cual aunque se

⁵⁵ Díaz Pérez, M. 2005. La Información de Patentes en el Ciclo de Vida de un Proyecto de Investigación. La Habana. Tesis en Opción al Grado de Master en Ciencias de la Información. Universidad de la Habana.

protege en este continente fue originada en Azerbaijón, país de donde proviene el inventor.

Desde esa fecha existe un promedio aproximado de invenciones aproximadamente de 2 patentes al año. Solo se muestra un ligero incremento en la protección del objeto de estudio, a partir del año 1994 (3 patentes), se destaca el año 2001 con el mayor número de patentes concedidas (4 patentes) que reivindicaban o contienen el objeto de búsqueda en el campo señalado. No mostrándose registros en el año 2002 y 2003, ni en los dos últimos años del presente siglo, elementos importantes que deben ser tenidos en cuenta en la finalidad del estudio. Un resumen de lo anterior puede ser consultado en el Anexo 5.

A continuación se analizó el comportamiento de inventores y titulares por país de origen. Se destacan Bruno Bersano y Peter Lisec como los dos inventores más activos (2 patentes cada uno) en esta temática. Un resumen de los principales inventores es mostrado en el Anexo 6.

El núcleo de investigación de esta temática con mayor presencia en esta BDs proviene de países como: Alemania con 14 patentes, iniciando sus investigaciones sobre el tema en 1990; le sigue Japón con 7 patentes, inmersos en la temática desde 1983 y por último, Suecia con 3 patentes, la primera presentada en 1980. Estos son los países donde con mayor predominio se origina la tecnología relacionada con esta temática, o sea, de donde provienen los investigadores de las invenciones relacionadas con el objeto de búsqueda y que protegen en la oficina de EU. Aunque también investigan en este tema otros países como puede apreciarse en el Anexo 7, dentro de los que se distinguen,

Colombia como el único país de nuestro continente que ha investigado, a través de una patente presentada en 1986.

El escenario anterior refleja una marcada retención del conocimiento tecnológico publicado a través de patentes, ya que generalmente los países que originan la tecnología son los que la protegen, incluyéndose el caso de la patente de Colombia que es protegida por un titular colombiano, los detalles pueden ser consultados en el Anexo 8. No se muestra en este caso de estudio, fuga de conocimiento tecnológico hacia EU, sino más bien el interés de este país en proteger sus ideas internamente, quizás porque pudiera constituir una competencia fuerte en este mercado.

El análisis revela que la compañía *Manditgesellschaft auf Aktien* es la líder protegiendo invenciones relacionadas con el objeto de búsqueda (titular de 4 patentes), además de *Toyo Seikan Kaisha* y la *Western Electric Company*, entre otros. La totalidad del análisis puede consultarse en el Anexo 9. No se detectó presencia universitaria como titular de invenciones, lo que no garantiza que puedan estar investigando en el tema.

El análisis de los resultados obtenidos por Clasificación Internacional de Patentes (CIP) detectó que la mayor red temática existente se corresponde con las clasificaciones.

C08K: *Use of Inorganic or Non-Macromolecular Organic Substances as Compounding Ingredients*. (Usos inorgánicos o de sustancias orgánicas de baja masa molecular como ingredientes de los compuestos).

Alemania es el país que más patentes tiene usando estas sustancias, con 6 patentes de 14 generadas. Japón de 7 tiene una patente con esta CIP y Suecia

de las 3 concedidas, dos son con el uso de estas sustancias como ingredientes de los compuestos.

C08L: *Compositions of Macromolecular Compound*. (Composición de compuestos macromoleculares).

Alemania es también el país con mayor número de invenciones presentadas con compuestos macromoleculares, seguido por Japón y Suecia con 2 patentes.

La situación anterior muestra una inclinación en el uso de estas sustancias para la elaboración del objeto de búsqueda, partiendo de que los países líderes en esta temática concentran el mayor porcentaje de sus invenciones en estas áreas.

Existen además otro grupo de clasificaciones que tienen una menor presencia en la recuperación, pero sin embargo tienen una mayor incidencia en la investigación, es el caso de las patentes:

- *Joint sealing compound* (Compuesto para el sellado de juntas) con número de registro: **4,569,968**.⁵⁶
- *Use of silicone-modified epoxy resins as sealing compound* (Uso de resinas epóxicas de silicona modificada como compuesto sellador) con número de registro **5,965,637**.⁵⁷

Las cuales son procedentes de Estados Unidos, de los años 1986 y 1999 y su clasificación se corresponde con la:

Patente N° 525/54.5: *Chemically combined coal, bituminous material, extract or derivative there of, oil shale; or fatty still residue* (Carbono combinado químicamente; material bituminoso, derivados o extractos de residuos aceitosos y grasos).

⁵⁶ Uffner, W. et al. Joint sealing compound. US Patent – 4.569.968. February 11, 1986.

⁵⁷ Pfander, W. et al. Use of silicone-modified epoxy resins sealing compound. US Patente – 5.965.637. October 12, 1999.

Patente N° 523/440: *Designated noncreative material (DNRM) has numerically specified characteristics, e.g., particle size, density, etc., other than viscosity, m.p., b.p., molec. wt., chemical composition or percentage range.* (Materiales que no reaccionan, son mezclas que tienen características numéricamente especificadas como el tamaño de la partícula, densidad, etc, viscosidad, peso molecular, composición química y rango de porcentaje).

Se muestra una vaga indagación específica sobre el tema, si se tiene en cuenta que de 38 patentes recuperadas en la temática solo 2 coinciden parcialmente con las intenciones de la presente investigación. Lo que puede significar nuevas aplicaciones y productos.

El análisis por co ocurrencia de palabras es mostrado en el Anexo 10, el cual develó el mismo comportamiento que la CIP. Los términos que más co ocurren se relacionan con la utilización de resinas sintéticas y polímeros como base de los productos selladores de juntas (*sealing compound*), independientemente de la utilización de estos selladores. No se muestra la co ocurrencia de términos relacionados con la utilización de resinas naturales para la obtención de materiales bituminosos de aplicación en los sistemas de impermeabilización de cubierta. El análisis es mostrado en extenso en el anexo 11.

2.7. Constatación del Problema Científico.

En Noviembre del año 1999, La Dirección de Conservación del Instituto Nacional de la Vivienda realizó un estudio de impermeabilización de cubierta y filtraciones entre pisos en edificios multifamiliares, el cual reportó la necesidad de reparar o impermeabilizar en el país casi un millón de viviendas, con una superficie total de

cerca de 60 millones de m² de los cuales cerca de 20 millones correspondían a cubiertas pesadas en viviendas de tipología I y edificios multifamiliares.⁵⁸

El estudio ha continuado efectuándose por parte de esta dirección la que ha detectado un número creciente de edificios multifamiliares con problemas de impermeabilización de cubierta y entrepisos. La tabla 4 muestra la situación al cierre del año 2006 en cada una de las provincias del país y en general.

Como se puede observar en la tabla 4, las provincias de Ciego de Ávila, Santi Spíritus, La Habana y Pinar del Río son las de mayores problemas de impermeabilización en el país. De forma general las filtraciones en entrepisos tienen la mayor incidencia lo cual está relacionado, entre otras causas, con la no aplicación de las masillas para el sellaje de las juntas de entrepisos en los edificios multifamiliares, problema que influye de igual forma en las cubiertas de estos edificios que son de tipología I con la característica de estar conformados por losas de prefabricado que necesitan una masilla o mastique sellador para estas juntas.⁵⁹

⁵⁸ Castellanos Pérez, E. y col. 2001. Curso para aplicadores del Impermeabilizante Cementoso D-10. Ciudad de la Habana. Ministerio de la Construcción. (material impreso).

⁵⁹ Rivera Marzal, Y. 2006. Jefe del Grupo de Conservación y Rehabilitación. Instituto Nacional de la Vivienda. Consulta Personal.

Tabla 4. Necesidades de impermeabilización en edificios multifamiliares.

PROVINCIAS	FILTRACIONES EN		TOTAL EDIFICIOS
	CUBIERTA	ENTREPISO	
Pinar del Río	854	2412	3266
La Habana	1243	2719	3962
Ciudad de la Habana	2261	2	2263
Matanzas	922	923	1845
Villa Clara	409	410	819
Cienfuegos	797	1519	2316
Santi Espíritus	710	4450	5160
Ciego de Ávila	616	5272	5888
Camaguey	213	1949	2162
Las Tunas	181	3120	3301
Holguín	942	1131	2073
Granma	255	360	615
Santiago de Cuba	1194	867	2061
Guantánamo	575	618	1193
Isla de la Juventud	52	521	573
PAÍS.	11224	26273	37497

Fuente: Dirección de Administración de la Vivienda. INV.2006.

Se presenta en la tabla 5 presenta el Programa Nacional de Impermeabilización para el año 2007 donde se muestra el número de edificaciones a conservar, a impermeabilizar con Mantas y con D-10 y los edificios que necesitan una rehabilitación integral.

Para todas las reparaciones que se realicen con el sistema de impermeabilización de Mantas es necesario como componente de ese sistema, la presencia de una masilla o mastique para el sellaje de las juntas constructivas, de ahí que exista demanda para este tipo de producto.

Tabla 5. Edificios Multifamiliares a impermeabilizar con el Programa Nacional de Impermeabilización.

PROVINCIA	CONSERVACION CON RASILLAS		Acc.Emerg: IMPERMEAB. EDIF:				REH. INTEGRAL CON MANTAS	
			Con Mantas		Con D-10			
	Edif.	Aptos.	Edif.	Aptos	Edif.	Aptos	Edif.	Aptos.
Pinar del Río	15	162	35	205	35	205	30	486
La Habana	35	362	33	193	40	235	25	632
C. Habana	100	1143	548	3212	155	909	150	1940
Matanzas	40	1103	24	141	20	117	20	368
Villa Clara	40	688	10	59	10	59	15	257
Cienfuegos	40	697	11	64	10	59	10	174
S. Espíritus	70	1189	14	82	20	117	15	254
C. Ávila	35	828	11	64	13	76	19	447
Camaguey	40	750	20	117	19	111	35	655
Las Tunas	20	314	6	35	5	29	15	236
Holguín	100	1578	25	147	15	88	35	551
Granma	85	1819	16	94	10	59	10	214
S. Cuba	250	7211	87	510	40	235	50	1445
Guantánamo	20	298	12	70	5	29	15	224
I. Juventud	10	222	13	78	3	17	6	90
PAÍS.	900	18362	885	5071	400	2345	450	7973

Fuente: Dirección Nacional de Administración de la vivienda. 2006

Como se ha expresado con anterioridad, en el país se produce masilla asfáltica en la Fábrica de Impermeabilizantes, IMPERASFAL, El Cano de la Provincia La Habana, comercializada por PERDURIT con un volumen de producción de alrededor de 80 toneladas anuales.

Núñez, 2006 y González, 2006 refieren que los edificios tienen un área de cubierta aproximada de 800 m², el rendimiento promedio de las masillas asfálticas se encuentra entre 500 – 600 m²/t, por lo que para cubrir la demanda de la impermeabilización de los 1335 edificios que en el país deben aplicar el sistema

de impermeabilización de cubiertas por el método de mantas, se necesitan 1 780 toneladas de masilla, lo cual demuestra que la producción existente es insuficiente.

La masilla que actualmente se comercializa (Asfaltile) tiene como base el asfalto oxidado mezclado con un material de relleno y un alto contenido de solventes orgánicos. La ductilidad es una medida de la capacidad que tiene un material de sufrir alargamientos sin que su masa se disgregue, se establece en la Norma Cubana 400 del 2005 como un indicador de calidad un valor mínimo de 3cm para las masillas asfálticas, sin embargo para el caso del Asfaltile el valor que alcanza es de 2cm, lo cual constituye una deficiencia técnica del material.

La presencia de un alto contenido de solventes en su composición es otro de sus inconvenientes ya que este indicador influye directamente en la alta tendencia al agrietamiento. Los compuestos solventes son evaporados a la atmósfera al ser expuestos a la intemperie por lo que la masa deja de ser compacta y se agrieta facilitando la penetración del agua a la estructura.

Especialistas y Directivos⁶⁰ de la provincia de Pinar del Río refieren que en la mayoría de los casos en el momento de la impermeabilización utilizando el sistema de mantas o láminas asfálticas, no se cuenta con la masilla selladora lo cual incide directamente en la calidad del proceso de impermeabilización y en la durabilidad del mismo.

⁶⁰ Núñez García, O. 2006. Director Técnico. GECON, MICONs Pinar del Río. Consulta Personal.

CONCLUSIONES PARCIALES.

A partir de los resultados obtenidos en este capítulo es posible arribar a las siguientes conclusiones parciales.

- La masilla asfáltica constituye un componente de los sistemas de impermeabilización de cubierta.
- Se produce y comercializa en el país solo un tipo de masilla asfáltica, el ASFALTILE.
- El estudio por CIP mostró que mayoritariamente se patenta dentro de esta temática en invenciones que provienen del: uso de sustancias orgánicas de baja masa molecular como ingredientes de compuestos macromoleculares.
- Se destacan solo dos patentes relacionadas con los intereses de la investigación orientadas a otras aplicaciones, lo que demuestra la novedad de la propuesta de invención y la poca investigación sobre el tema. Lo cual coincide en el análisis por co ocurrencia de palabras, no mostrándose dentro de las principales combinaciones los términos investigativos.
- La búsqueda de patentes demuestra la no proliferación del uso de resinas naturales para obtener nuevas aplicaciones, constituyendo la propuesta por ahora, una solicitud de invención que cumple con los requisitos de patentabilidad exigidos por la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial.
- Existen 37 497 edificios con problemas de filtración en el país, siendo Ciego de Ávila la provincia de mayor incidencia.
- Se necesitan 1 780 toneladas de masilla para cubrir la demanda de impermeabilización de 1 335 edificios previstos a impermeabilizar en el Programa Nacional de Impermeabilización para el año 2007.

3. OBTENCIÓN DE UNA MASILLA ASFÁLTICA A PARTIR DE LA RESINA DE PINUS CAIBAEA VAR CARIBAEA. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.

Las propiedades plastificantes de la esencia de trementina, componente volátil de la resina de pino, le confieren estabilidad a las mezclas que lo componen, contribuyendo a facilitar la adsorción y la elasticidad, que garantiza una buena adhesividad de la masilla sobre el sustrato en que se aplica. Las masillas asfálticas constituyen elementos esenciales dentro de los sistemas de impermeabilización, éstas son aplicadas en el sellado de juntas constructivas, por lo que reviste extrema importancia dentro de sus principales indicadores de calidad, medir la ductilidad, propiedad reológica que demuestra la capacidad del material para aceptar los cambios bruscos de temperatura sin perder sus propiedades, La utilización de resina de *Pinus caribaea var caribaea* como componente de las masillas asfálticas contribuye a mejorar las propiedades de elasticidad de la mezcla, diversificando el uso de la resina y al mismo tiempo obtener productos con mayor valor agregado.

El capítulo que se presenta tiene como objetivos obtener, a escala de banco, una masilla asfáltica para el sellaje de juntas constructivas a partir de la resina de

Pinus caribaea var caribaea y adecuar la tecnología para la obtención de masilla asfáltica a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, a escala industrial.

Para dar cumplimiento al mismo se caracterizarán las materias primas fundamentales, se evaluarán las posibles combinaciones de componentes para la obtención del producto, se valorarán los indicadores de calidad de la masilla asfáltica, mostrándose la metodología de obtención del mismo con la consecuente validación científica y económica del resultado obtenido.

3.1. Condiciones experimentales.

Para la realización de la investigación se utilizaron cuatro materias primas. Tres son de producción nacional, constituyendo uno de ellos un rubro exportable y el cuarto material es de importación, pero solo se utilizan de él los residuos. Los materiales utilizados son referidos a continuación.

- Resina de *Pinus caribaea var. caribaea* (rubro exportable).
- Asfalto industrial de penetración 50/70
- Talco industrial.
- Residuos de Fibra de asbesto. (material de importación)

La resina utilizada fue recolectada en áreas de la Empresa Forestal de Macurije ubicada en el municipio de Guane. Fue obtenida por el sistema de picas descendentes.

El asfalto industrial utilizado fue de penetración 50/70, proveniente de la Refinería Níco López en la Ciudad de la Habana.

El talco industrial procede de la Empresa Geominera de Pinar del Río, ubicada en el Km. 1½ de la Carretera a Santa Lucía, Pinar del Río.

La Fibra de asbesto utilizada proviene del Depósito de asfalto de la Empresa de Mantenimiento Vial ubicada en el Km. 5 de la carretera a Luis Lazo, Pinar del Río.

3.2. Caracterización de la materia prima a utilizar.

Se procedió a la caracterización de las materias primas de partida, la resina del *Pinus caribaea var caribaea* al igual que el asfalto por ser las materias primas fundamentales en la obtención de este producto además de influir directamente sus indicadores de calidad y propiedades en los resultados finales de la masilla a obtener. En el caso del talco industrial y la fibra de asbesto constituyen materiales de relleno que pueden ser sustituidos por otro tipo de material de relleno.

3.2.1. Determinación de los indicadores de calidad de la resina de *Pinus caribaea var. caribaea*.

- Determinación del índice de acidez⁶¹.

Se toman cuatro gramos de la muestra de resina, se pasan a un erlenmeyer de 250 ml y se le agregan 100 ml de alcohol al 95%, agitando hasta su total dilución, después se le añaden cuatro o cinco gotas de fenolftaleína como indicador y se procede a titular o valorar con solución alcohólica 0.5 mol/L de hidróxido de sodio o potasio.

Este ensayo determina la cantidad de ácidos libres en la resina.

El cálculo se realiza teniendo en cuenta la expresión:

$$I.A = \frac{V_{(base)} \cdot C(x)}{g} \cdot 56,1$$

V: volumen de la base consumida en la valoración

C(x): concentración de la base.

G: masa en gramos de la muestra

56,1: Peso equivalente del hidróxido de potasio.

El resultado se expresa como mg KOH/g muestra.

⁶¹Norma ASTM-D-405. Determinación del índice de acidez. Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA

- Determinación del Índice de saponificación⁶²

Se disuelven en 50 ml de etanol al 95% cuatro gramos de muestra de resina, en un erlenmeyer de 300ml de preferencia que tenga junta esmerilada. Luego se añaden 50ml de solución alcohólica de hidróxido de potasio, que se prepara disolviendo 33 gramos de hidróxido de potasio en 150 ml de agua y completar el litro con etanol. Se somete a un reflujo el contenido del erlenmeyer durante una hora. Para la determinación se realiza un ensayo en blanco. Posteriormente se deja enfriar la solución y se titula con ácido sulfúrico o clorhídrico 0.5 mol/l, utilizando como indicador fenolftaleína.

Este ensayo determina la cantidad de ácidos libres o combinados, por ejemplo los ésteres, que se hidrolizan por la acción del KOH.

El cálculo se realiza por la ecuación siguiente:

$$I.S = \frac{(b - a) \cdot C(x) \cdot 56,1}{g}$$

a: ml utilizados en la valoración de la muestra.

b: ml utilizados en la valoración del blanco.

C(x): concentración del ácido expresado como Normalidad.

g: masa de la muestra.

El resultado se expresa como mg KOH/g muestra.

- Determinación del contenido de materia insaponificable.⁶³

Se colocan cinco gramos de resina en un balón de 100 ml y se añaden 15 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio, dejándose en reflujo durante 90 min. Luego se le añaden 50 ml de agua y se trasvasa el contenido del balón a un embudo de separación de 250 ml. donde se lava el material primero con agua y

⁶² Norma ASTM-D-464. Determinación del Índice de saponificación (con indicador o potenciómetro). Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA

⁶³ Norma ASTM-D-1065. Determinación de insaponificables. Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA

luego con éter. Después de agitar con la adición de agua se espera unos minutos hasta que se haya separado las dos fases y se colecta la fase acuosa en otro embudo de separación. La fase acuosa se lava con solución de éter y se repite la separación. Este procedimiento se realiza por duplicado.

Los extractos en éter se lavan con agua destilada hasta que muestren una reacción neutra. Posteriormente se pasa la solución de éter a un matraz previamente tarado y se coloca en un baño María hasta que se haya evaporado todo el éter. Se coloca el balón en una estufa regulada a 105°C durante 5min., se deja enfriar a temperatura ambiente en una desecadora y luego se pesa. El resultado se expresa en %.

$$M.I = \frac{A_m - A \cdot 100}{g}$$

A_m : masa del erlenmeyer mas la masa de insaponificables.

A: masa del erlenmeyer.

g: masa de resina.

- Determinación del contenido de impurezas mecánicas.

Para determinar el contenido de impurezas mecánicas presente en una muestra de resina de *Pinus sp*, se debe pesar la masa de la muestra y hacerla pasar en forma líquida a través de una malla bien fina previamente tarada, después que se enfríe se seca la malla con impurezas y la diferencia de pesada será la masa de impurezas.

$$M.I = \frac{M_m - M}{g} \cdot 100$$

M_m : masa de la malla mas las impurezas.

M: masa de la malla.

g: masa de resina.

El resultado se expresa en %.

3.2.2. Determinación de las propiedades reológicas del asfalto.

- Determinación de la ductilidad de materiales bituminosos.⁶⁴

Esta propiedad representa la elasticidad del producto bituminoso, el cual posee la capacidad de experimentar alargamientos sin disgregación de su masa y se cuantifica como la distancia máxima que en cm se retira una probeta hasta el instante de la rotura.

Normalmente el ensayo se realiza cuando los dos extremos de una probeta de muestra se estiran con una velocidad de tracción de $50 \text{ mm} \pm 5\%$ por minutos a la temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$. También podrán realizarse ensayos bajo otras condiciones de velocidad y temperatura que se especifiquen.

- Determinación de la consistencia de materiales bituminosos. Ensayos de penetración.⁶⁵

La penetración se define como la distancia expresada en décimas de milímetros que una aguja normalizada penetra verticalmente dentro de una muestra bajo condiciones específicas de carga, tiempo y temperatura.

Cuando se definan condiciones específicas de ensayo, este será realizado a 25°C , durante un tiempo de cinco segundos y con una carga móvil que incluídas la aguja y sus uniones, será igual a 100gramos. Estas condiciones se consideran válidas y aplicables hasta valores de penetración de 350 mm^{-1} como máximo.

⁶⁴ Norma ASTM D113. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Materias primas bituminosas y másticos. Métodos de ensayo. Ductilidad. Vig.1999. USA.

⁶⁵ Norma ASTM D 5. Consistencia de Materiales Bituminosos. Métodos de Ensayo de Penetración. Vigente.2006. USA

3.2.3. Determinación de los parámetros técnicos de la masilla asfáltica.

Para comprobar la efectividad de los resultados de la investigación se hace necesaria la determinación de los parámetros técnicos que evalúan la calidad de la masilla obtenida.

- Determinación de la ductilidad de materiales bituminosos.

Se realiza siguiendo la metodología de la Norma Cubana 052 -003, igual que para el asfalto, mostrado en el epígrafe 3.2.2.

- Determinación de la consistencia de materiales bituminosos. Ensayos de penetración.

Se realiza siguiendo la metodología de la Norma Cubana 052 -004, igual que para el asfalto, mostrado en el epígrafe 3.2.2.

- Determinación del Punto de Reblandecimiento.

Se utilizo la técnica de bola y anillo descrita en las normas⁶⁶.

- Determinación de la densidad másica.⁶⁷

Según Savéliev, 1984, para determinar la densidad másica de la masilla se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho = m/V$$

donde,

M- Es la masa del cuerpo en gramos.

V- Es el volumen del cuerpo en metros cúbicos.

ρ - Densidad másica en gramos por metros cúbicos.

Para la determinación del volumen se toma un probeta graduada en centímetros cúbicos, se le coloca dentro la masilla y se mide el volumen de líquido

⁶⁶ Norma ASTM D 3695. Determinación del punto de ablandamiento mediante el método de anillo y bola. Métodos de Ensayo. Vig.2004. USA.

⁶⁷ Savéliev, V.1984. Curso de Física General. Tomo 1, Mecánica y Física Molecular. Ed. MIR, Moscú, 456 pp.

desplazado. Esto es posible dado que la masilla no es soluble en agua y su densidad es mayor que la del agua, por lo que queda completamente sumergida en este líquido.

La determinación de la masa se realizó con una balanza Triple Beam Balance, OHAUS, de una precisión de 0.01 g.

- Determinación del punto de inflamación y combustión de los materiales bituminosos con la copa abierta Cleveland.⁶⁸

Procedimiento de ensayo:

Se llena la copa con el material calentado previamente homogenizándolo hasta alcanzar la fluidez adecuada para ser vertido en la misma y en especial en los productos de elevada viscosidad, de tal forma que el tope del menisco quede exactamente enrasado a la línea de aforo que posee la copa.

Se enciende el mechero y se ajusta la llama de ensayo de forma que presente un diámetro entre tres y cinco mm.

Se aplica el calor de manera que se consiga una velocidad inicial de aumento de la temperatura entre 14 y 17°C por minuto hasta una temperatura próxima a la estimada de inflamación y se aconseja disminuir la velocidad de elevación de la temperatura.

Posteriormente se comienza a realizar la operación de barrido con la llama de prueba sobre la muestra de ensayo, esta será suave y uniforme.

Se registrará como punto de inflamación la temperatura leída en el termómetro cuando se produzca el primer destello en algún punto de la superficie de la muestra de una de las pasadas de la llama. No debe confundirse el verdadero

⁶⁸ Norma ASTM D 56. Materiales Bituminosos y Bituminosos Modificados—Materias Primas Bituminosas y Másticos—Métodos de Ensayo—Punto de Inflamación Cleveland V/A. Vig.2004. USA

destello de la inflamación con un halo azuloso que en ocasiones rodea o acompaña la llama de la muestra.

- Evaluación del comportamiento de la masilla en condiciones de exposición en intemperie.

En la validación del resultado propuesto alcanza gran importancia comprobar la efectividad del producto. El análisis de la durabilidad del material corrobora su calidad. Se utiliza para este análisis la cámara de envejecimiento, tecnología que resulta altamente costosa, no solo la adquisición sino también su mantenimiento.

En Cuba existe, para estos fines, un equipo en la Fábrica El Cano, el cual se encuentra fuera de servicio desde hace algún tiempo. Teniendo en cuenta esta situación los especialistas de El Cano han recomendado que se simule la utilización de la masilla en condiciones de aplicación. Para esto se realizaron las pruebas de comportamiento de las mezclas en condiciones de intemperie por exposición directa y el comportamiento de las mezclas en el sellaje de juntas. Se simuló entonces una cubierta agrietada de lozas, se le adicionó masilla para sellar las grietas y se colocó a la intemperie, siendo expuestas por más de 15 días para ser valoradas con posterioridad. Este procedimiento se realizó además con mezclas de Asfaltile, masilla comercializada en el país para fines similares, con el objetivo de comparar ambos comportamientos.

- Análisis de la permeabilidad del material.⁶⁹

Para el análisis de la permeabilidad de la masilla se utiliza un Simulador Físico de Medio Poroso (AKM) con agua a presión según el procedimiento elaborado por el CEINPET y que detallamos a continuación:

⁶⁹ Centro de Investigaciones Científicas del Petróleo. CEINPET. Manual de Calidad del Laboratorio de Física de yacimiento. Procedimiento 32 / 05. Cuba.

En los tubos del equipo mostrado en el anexo 15 y 16 se añade la muestra a analizar, en este caso la masilla asfáltica propuesta, que previamente se funde para llenar todo el espacio del molde. Se cierra herméticamente y se le inyecta agua a presión. El equipo posee un manómetro. Los criterios de evaluación están en correspondencia con la variación del valor de presión del equipo y se considera que si no existe variación, es decir la presión no sube entonces el agua pasa a través del molde y por tanto la muestra es permeable; si por el contrario la presión comienza a subir hasta un valor mayor que 2.10^4 kPa, entonces se considera la muestra impermeable y se detiene el experimento.

- Análisis por Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), de la resina, el asfalto industrial y la masilla asfáltica.⁷⁰

Fueron analizadas las mezclas de resina de *Pinus caribaea var caribaea*, asfalto industrial de penetración 50/70 y la masilla asfáltica obtenida. Por la consistencia pastosa de las mezclas y el color negro tanto del asfalto como de la masilla fue necesario diluir las mezclas en solventes orgánicos (n-heptano y diclorometano) para su procesamiento.

Las determinaciones se realizaron en un Espectrofotómetro FTIR modelo Avatar 360 de la Nicolet, utilizando la técnica de película entre ventana de NaCl.e KBr. El procesamiento de los espectros se realizó con el software Nicolet's OMNIC, versión 5.0.⁷¹

3.3. Diseño experimental de la investigación.

Para la realización de la investigación se establecieron los porcentajes de los componentes de la masilla a tener en cuenta en el diseño experimental. Como se

⁷⁰ Skoog, D.A; et al. 1992. Fundamentals of analytical Chemistry. Six Edition, USA.

⁷¹ Silverstein, R. M. et al. 1974. Spectrometric identification of organic compound. Third edition, USA.

reporta en el capítulo II de esta tesis, dentro de las aplicaciones que tiene el asfalto se encuentra su utilización como impermeabilizante, teniendo como desventaja fundamental su fluencia a temperatura ambiente y su tendencia a la cristalización dado por el proceso de oxidación que sufre al exponerse a la intemperie. Por otra parte fueron expuestas las aplicaciones desde tiempos remotos de la resina de pino para impermeabilizar superficies. Teniendo en cuenta todo esto se parte de realizar diferentes combinaciones de asfalto industrial de penetración 50/70 y resina de *Pinus caribaea var caribaea* con un espaciamiento de un 10% para observar su comportamiento a temperatura ambiente. Las proporciones que se mezclaron aparecen reflejadas en la tabla 5.

Tabla 5 Relación asfalto resina estudiadas en la formulación de la masilla.

% de Asfalto	50	60	70	80	90	40	30	20	10
% de Resina	50	40	30	20	10	60	70	80	90

Se conoce, por referencia de masillas comercializadas en el país, que en la composición de éstas es necesario un material de relleno que actúe como carga inerte que tiene el objetivo de dar consistencia al producto final. Se decide mantener el material de relleno del cual está compuesta la masilla que se comercializa en el país.

Además de la influencia del factor proporción en la consistencia de la masilla a escala de laboratorio se analizó la influencia de la temperatura de la mezcla y el tiempo de agitación. En el caso de la temperatura, para establecer los niveles, se tuvo en cuenta la temperatura máxima permisible para cada uno de los componentes fundamentales (resina, 130°C y asfalto, 170°C), se establecieron valores de 95 °C, 110 °C y 130 °C. Para el tiempo de agitación se realizaron

experimentos con el fin de determinar los niveles a considerar tomándose inicialmente tiempos de cinco minutos hasta una hora, espaciándolos cada 5 min., es decir 5, 10, 15, 20,...60min. En función de esto se observó la homogeneidad de la mezcla, dando lugar a la selección de tres niveles para el tiempo de agitación: 10, 20 y 30 min.

En la fase inicial de laboratorio se obtienen un total de 45 mezclas de masillas a partir de las diferentes combinaciones de los niveles para los tres factores tomados en consideración, De éstas se excluyen 25 por no lograr la homogeneidad necesaria en unos casos y en otros por presentar extrema dureza. Toda esta selección se basó en el método de observación.

Después de realizada la fase de laboratorio se pasa a la fase de escala de banco, donde se extrapolan las condiciones industriales de obtención de la masilla. La tecnología de fabricación de las masillas preestablece los valores de temperatura de mezclado y tiempo de agitación, por lo que éstos dejan de ser factores a tomar en consideración en esta parte del análisis.

La selección de la mezcla óptima, a partir de las cinco combinaciones resultantes, se realiza atendiendo a los parámetros técnicos evaluados en el epígrafe 3.2.3, además apoyados en las técnicas de la estadística descriptiva se estudió la posible similitud existente entre la media y la mediana, el comportamiento del grado de variabilidad y la existencia de distribuciones simétricas y mesocúrticas, es decir la posible aceptación de la hipótesis de un comportamiento normal de los datos. A partir de una prueba de bondad de ajuste Kolmodorov Smirnov se corroboró la existencia de un comportamiento normal. Posteriormente se aplicaron las técnicas de la estadística inferencial, específicamente las pruebas de significación para la igualdad de medias, el análisis de varianza para un factor con

varios niveles, el chequeo de los supuestos del análisis de varianza, tales como el de homogeneidad de varianzas, todos ellos con un nivel de significación del 5% que se revirtió en un nivel de confiabilidad del 95% en las decisiones tomadas.

Para un análisis de varianza significativo se aplicaron las pruebas de Tuckey, o Duncan, con el fin de analizar cuán diferentes resultaban las medias de los parámetros técnicos para cada una de las combinaciones estudiadas.

En lo adelante se hará referencia indistintamente al producto propuesto como mezcla, combinación, masilla o mastique.

- Criterios de selección de la combinación óptima.

Para la selección de la muestra óptima se tomaron en consideración las propiedades que deben cumplir los productos del tipo de masilla asfáltica, con sus parámetros técnicos.

Dentro de los criterios de selección de las masillas, existen criterios que se evalúan inicialmente en condiciones de temperatura y presión normal, es decir a 25°C y 101, 325 kPa y los criterios proporcionados por la experiencia práctica del aplicador, ellos son la fluidez y la consistencia.

Se realizó el análisis inicial y con posterioridad se evaluaron los parámetros técnicos establecidos en el epígrafe 3.2.

3.4. Resultados de los Indicadores de Calidad de la resina de *Pinus caribaea* var *caribaea*.

En la tabla 7 se reflejan los resultados de la determinación de los indicadores de calidad de la resina utilizada.

Tabla 7. Indicadores de calidad de la resina utilizada.

Muestra	Indicadores de calidad			
	Índice Acidez	Índice de saponificación	Material insaponificable (%)	Impurezas (%)
Resina	139-143	145 - 149	35	9

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 7 el valor del índice de acidez esta asociado al carácter ácido de la resina que esta compuesta por más del 70% de ácidos resínicos fundamentalmente del tipo abiético, el índice de saponificación y el porcentaje de insaponificables, aunque para los efectos de esta investigación no resultan de interés, muestran el poder que tiene la resina para la fabricación de tensoactivos y emulgentes, por último el porcentaje de impurezas esta dentro de los límites permisibles si se tiene en cuenta la tecnología de obtención de la resina. Los resultados que se muestran coinciden con los obtenidos por Pastor, 1999, y que son mostrados en la tabla 8.⁷²

Tabla 8: Indicadores de calidad de la resina.

Muestra	Indicadores de calidad				
	Índice Acidez	Índice de saponificación	Material insaponificable	Humedad (%)	Impurezas (%)
Resina	140-145	144 - 148	37	2.1- 3,4	0,2 -12

Fuente: Pastor Bustamante, J.P. (1999). Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y -sus componentes para la obtención de productos resinosos. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

Espectroscopia de IR.

Se realizó el análisis mediante espectroscopia Infrarrojo según el epígrafe 3.2.1 obteniéndose como resultado el grafico que aparece a continuación en la figura 4.

⁷²Pastor Bustamante, J.P. (1999). Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y -sus componentes para la obtención de productos resinosos. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

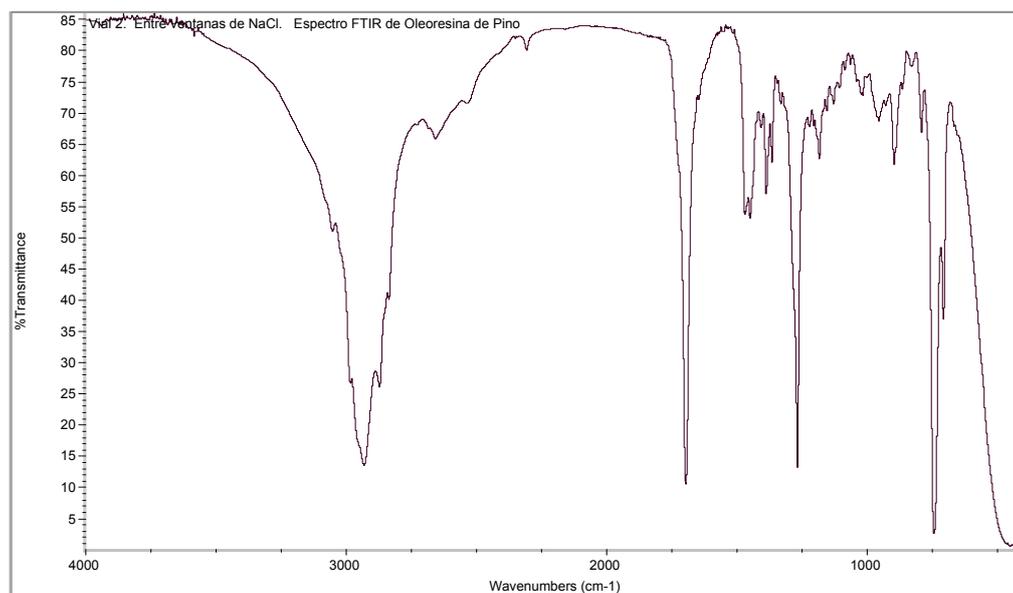


Fig. 4 Espectro infrarrojo de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*.

Como resultado se obtiene que no se detecta, en las condiciones de registro, la existencia de grupos hidroxilo libres, solo en condiciones de asociación (bandas típicas en la región 3400-3200). En la zona 3300-2700 cm^{-1} se detectan las bandas correspondientes a νCH definidas para $\text{Csp}_3\text{-H}$ y $\text{Csp}_2\text{-H}$ (2931 cm^{-1}). La región de la huella dactilar 1500-1000 cm^{-1} molecular revela la existencia bandas, de intensidad variable, correspondientes a dobles enlaces y enlaces fuertemente asociados tipo $\text{C} = \text{C}$ y $\delta\text{-CH}$. $\nu\text{C}=\text{O}$ corresponde a una banda fina muy intensa que ocurre entre 1600 – 1800 cm^{-1} , en aquellos ácidos carboxílicos que se observa un corrimiento de la frecuencia de absorción del grupo carbonilo se debe a asociaciones por puentes de hidrógeno lo cual reduce la frecuencia. La frecuencia del carbonilo aparece entre 1700 y 1680, lo que muestra la adsorción por la presencia de dímeros. Los grupos metilo, $-\text{CH}_3$, se distinguen por las vibraciones δ^s ($1385\text{-}1366 \text{ cm}^{-1}$) δ^{as} en las zonas de $1450 \pm 25 \text{ cm}^{-1}$, bandas que pueden solaparse a estructuras tipo ciclohexanos sustituidos. Se destaca la zona $1150\text{-}1180 \text{ cm}^{-1}$ atribuible a los grupos isopropilo, típicos de ácidos resínicos.

Se presentan el ν C-O en las frecuencias entre 1320 – 1210 y δ O-H en los valores entre 1440 y 1395. El resultado obtenido concuerda con el obtenido por Arteaga, 2006⁷³ y Casal, 1991⁷⁴.

3.5 Caracterización del asfalto utilizado.

Se determinaron las propiedades reológicas del asfalto en el Centro de Investigaciones del Petróleo en La Habana revelando los siguientes resultados:

- Consistencia medida a 25°C, con una carga móvil de 100g en un tiempo de 5seg: 50/70.
- Punto de reblandecimiento: 40-51°C.
- Ductilidad: +100 cm
- Fluye a temperatura ambiente

Las características del asfalto se rigen por el valor de penetración, ésta se relaciona con la resistencia del material a la deformación, la cual depende de la viscosidad y regula las propiedades de punto de ablandamiento y ductilidad.

La propiedad que presenta el asfalto de fluir a temperatura ambiente es la desventaja fundamental del mismo para ser utilizado en la impermeabilización de cubierta.

Caracterización por Espectroscopia IR del asfalto.

Se realizó el análisis mediante Espectroscopia Infrarrojo según el epígrafe 3.2.3.

Los resultados se muestran a continuación.

⁷³ Arteaga, Y. et al. 2006. Hacia una optimización estructural en la utilización racional de Resina de Pino. Memorias del Cuarto Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. SIMFOR 2006. Pinar del Río. Cuba.

⁷⁴ Casal, A., M. 1991. Oleoresin. Composition, chemical modification and uses. Chemiche Listy, 85, Praga.

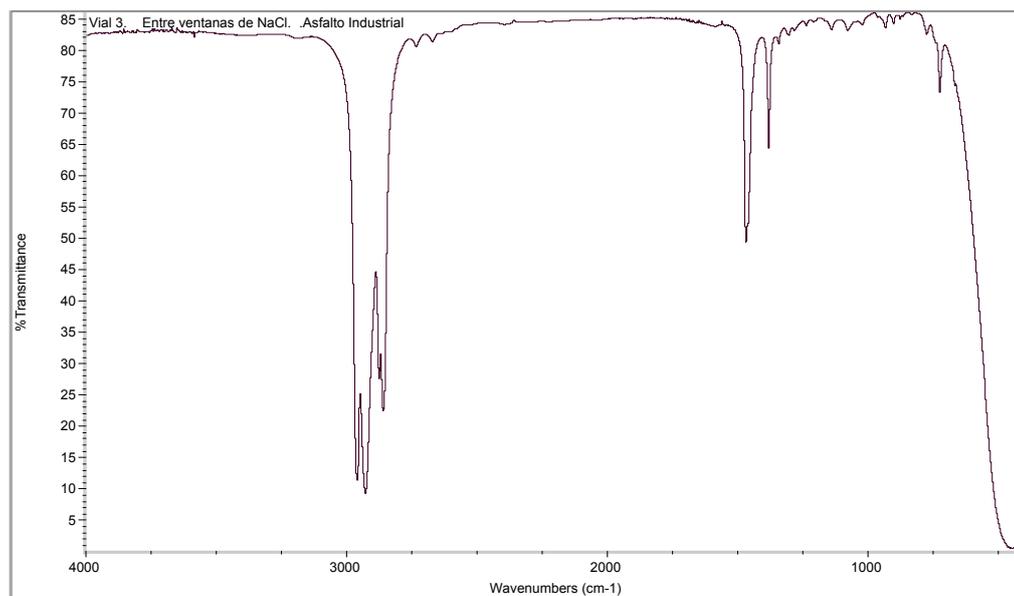


Fig. 5. Espectro infrarrojo del asfalto industrial de penetración 50/70.

El asfalto esta compuesto por una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno, estos últimos en pequeñas proporciones, lo cual se comprueba con el resultado de la espectroscopía mostrada en la figura 5, donde no aparecen bandas que demuestren la existencia de heteroátomos. Aparecen bandas características como ν^{as} Csp₃-H en 2962 cm⁻¹ y ν^{s} Csp₃-H en 2873, ν^{as} Csp₃-H en 2926 cm⁻¹ y ν^{s} Csp₃-H en 2853, por otro lado aparece una banda característica entre 1375 y 1450 cm⁻¹ correspondiente a $\delta_{\text{C-H}}$ y $\delta_{\text{C-H}}$, por último se distingue una banda entre 760 y 735 cm⁻¹ correspondiente a $\delta_{\text{C-H}}$ que resulta de los compuestos aromáticos polinucleares. Resultado que coincide con Fonseca, 1988.⁷⁵

⁷⁵ Fonseca, M. et al. 1988. Influencia de la calidad y tipos de asfalto sobre las características de las emulsiones asfálticas. Memorias de QUIMINDUSTRIA88. Centro de Investigaciones Químicas, Cuba.

3.6. Selección de la mezcla. Fundamentación.

Como se explicó en el epígrafe 3.3, se prepararon un total de 9 mezclas teniendo en cuenta los porcentajes referidos en la tabla 6 del epígrafe 3.3, de las cuales fueron seleccionadas para su posterior estudio las combinaciones mostradas en la tabla 9. La selección se basó en el comportamiento de dichas combinaciones a temperatura ambiente, en cuanto a fluencia y consistencia.

Tabla 9. Composición de las masilla seleccionadas.

Nº	% de cada uno de los componentes en cada una de las mezclas			
	Resina	Asfalto	Talco Industrial	Fibra de asbesto
1	40-45	40-45	5-10	5-10
2	48-50	32-34	8-10	4-6
3	46-48	30-32	10-12	6-8
4	48-50	32-34	6-8	10-12
5	34-36	50-52	8-10	4-6

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtuvieron un total de 45 mezclas de masillas asfálticas, se fijan tres valores de tiempo de agitación y tres valores de temperatura como se explicó en el epígrafe de Diseño Experimental. Para prefijar los valores de tiempo de agitación se realizaron pruebas piloto de mezclado y se observó si se lograba homogeneidad de la muestra o no y en el caso de los valores de temperatura se tuvo en cuenta la temperatura máxima a la cual puede calentarse la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, que en este caso es de 130 °C. Se trabajó dentro de un intervalo de tiempo de agitación entre 10 min, 20 min y 30 min y la temperatura de mezclado se varió en el rango de 90 °C, 110 °C y 130 °C. Del total de las mezclas fabricadas se excluyeron 25 porque no lograban la homogeneidad necesaria y en algunos casos eran extremadamente duras.

Se analizaron las condiciones industriales de obtención de la masilla, y se extrapolaron esas condiciones a escala piloto, donde las variables independientes

inicialmente prefijadas (temperatura de la mezcla y tiempo de agitación) dejan de ser significativas por cuanto el proceso, a esa escala, se realiza a temperatura de mezclado y tiempo de agitación constante por lo que no influyen de forma directa en la selección de la muestra óptima.

Se prepararon en condiciones de escala piloto cinco kilogramos de cada una de las mezclas con el objetivo de ser evaluadas según las normas establecidas.

Dentro de las desventajas que presenta el asfalto industrial para su empleo como impermeabilizante se encuentra la propiedad que tiene de oxidarse a altas temperaturas, de tal modo que las moléculas al reaccionar con el oxígeno ocasionan que la estructura del ligante se haga más dura y frágil lo que se conoce como “envejecimiento por oxidación”.⁷⁶

Teniendo en cuenta que nuestro país es de clima tropical se realizó el análisis del comportamiento de las mezclas a temperatura ambiente y a pendientes de un 3%, para analizar la posible fluidez del mismo y su consistencia. Los resultados son mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10 Análisis de la fluidez y consistencia a temperatura ambiente.

Muestra	Fluidez y consistencia
1	No Fluye, semisólida
2	No Fluye, semisólida
3	No Fluye, semisólida
4	No fluye, Muy dura
5	Fluye, casi líquida

⁷⁶ Amadeo Fernández, W. S., 2005. Propuesta de Alternativa para el diseño de mezclas de hormigón asfáltico. Empresa de Investigaciones Aplicadas. MICONS. La Habana. Cuba.

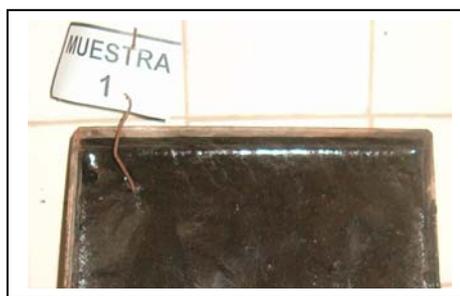


Fig. 6 Masilla Asfáltica, Muestra 1.



Fig. 7 Masilla Asfáltica, Muestra 2



Fig. 8 Masilla Asfáltica, Muestra 3.



Fig. 9 Masilla Asfáltica, Muestra 4

Se comprobó que una de las mezclas obtenidas, en este caso la número cinco, de una proporción mayor de asfalto, fluía a temperatura ambiente. La muestra cuatro (fig. 9) resultó de una dureza extrema por la composición alta de fibra de asbesto. Ambas mezclas dejaron de ser significativas por poseer estas deficiencias técnicas. Su comportamiento puede verse en las figuras 6, 7, 8 y 9.

Se realizó la caracterización a las tres mezclas o combinaciones restantes teniendo en cuenta los procedimientos descritos en el epígrafe 3.2.3, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 11. Caracterización de las mezclas obtenidas.

Ensayo.	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3
Penetración (dmm)	205	107	100
Densidad (g/cm ³)	1.11	1.10	1.08
Ductilidad (cm.)	30	13	24
Pto de rebland. (°C)	42.5	48.0	48.5
Pto Inflamación (°C)	87.8	79.4	77.8
Permeabilidad	Impermeables.		
Comportamiento Intemperismo	El comportamiento es malo, la mezcla presenta tendencia fuerte a deslizarse en pendientes suaves, se producen ampollas en toda la superficie en los primeros estadios de exposición a la radiación solar, y posteriormente la superficie se agrieta totalmente	El comportamiento es satisfactorio. La mezcla se comporta de forma estable a la exposición directa con baja tendencia a ampollarse, al agrietamiento o a fluir de forma espontánea en pendientes suaves. La mezcla manifiesta una buena estabilidad a la exposición directa.	El comportamiento es regular, la mezcla no presenta tendencia a deslizarse de forma espontánea, en pendientes suaves, pero se producen ampollas en toda la superficie en los primeros estadios de exposición a la radiación solar, y posteriormente la superficie se agrieta totalmente.
Comportamiento en sellaje de Juntas	La mezcla presenta condiciones regulares de penetración en caliente, y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. La junta necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. La mezcla debe ser protegida de la exposición directa a la radiación por la parte superior.	La mezcla presenta muy buenas condiciones de penetración en caliente, y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. Para juntas de abertura superior a los 2 mm, se necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. Es necesaria la protección del intemperismo por la parte superior.	La mezcla se presenta con bajas condiciones de penetración en caliente en juntas estrechas, aunque presenta suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. Para juntas de abertura superior a los 3 mm, se necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. Es necesaria protección del intemperismo por la parte superior.

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Certificación del Laboratorio Provincial de

Control de la Calidad, ENIA, Septiembre 4, 2006. Se anexa a este documento.

Como puede observarse en la Tabla 11, en el caso de la combinación N° 1 el valor de la penetración duplica prácticamente al obtenido para las combinaciones N°2 y N°3, lo que explica la fuerte tendencia a deslizarse en pendientes suaves.

Las combinaciones N°2 y N°3 muestran valores de penetración muy cercanas, las mismas poseen un contenido de resina muy similar, estando la resina en mayor proporción que el asfalto. Debe considerarse que el contenido de asbesto y talco no difieren de forma significativa por lo que se evidencia que el factor contenido de resina es el responsable de que se obtengan mejores valores de penetración en la masilla.

Los valores de ductilidad resultaron cercanos para las combinaciones N°1 y N°3, mientras que en la combinación N°2 se obtuvo el menor valor que resultó muy alejado de los anteriores. Este hecho puede atribuirse a que la combinación N°2 es la que posee el mayor contenido de asbesto el cual resta elasticidad a la masilla ya que su función dentro de la masilla es aumentar la dureza del formulado.

Para el caso del punto de inflamación los valores de todas las combinaciones oscilan entre 75-90°C, teniendo este resultado una importante significación por cuanto este indicador incide directamente en las condiciones de almacenamiento del producto, con los valores obtenidos el embalaje se realiza en recipientes que no tienen necesariamente que estar cerrados, se almacenan bajo techo, y no resulta relevante si la habitación esta cerrada o no; estas condiciones mínimas de almacenamiento constituyen una de las ventajas de este producto.

En el caso del punto de reblandecimiento los resultados de las combinaciones N°2 y N°3 resultaron similares, lo cual es atribuible a que ambas combinaciones tienen contenidos de resina muy cercanas y que resultaron superiores al obtenido para la combinación N°1. Debe señalarse que en estas mezclas el contenido de talco es ligeramente superior al de la combinación N°1 y el talco es una carga

mineral inerte que no aporta volátiles, actúa como relleno y confiere cierta plasticidad a la masilla.

Con el objetivo de valorar la efectividad del uso de las masillas desarrolladas, se determinó la permeabilidad mediante el procedimiento descrito en el epígrafe 3.2.3 empleando el simulador físico de medio poroso AKM. Como resultado se obtuvo que las muestras resultaran impermeables estimándose la porosidad en valores del orden de 0.0001 milidarcys ($1 \text{ milidarcy} = 0.001 \text{ micrómetro cuadrado}$). Por otra parte es de vital importancia el comportamiento que tenga la masilla cuando es expuesta a la intemperie; aunque la aplicación del producto es básicamente en el sellado de las juntas no siempre existe el material para recubrir la junta y puede ampollarse, crear burbujas que faciliten la entrada del agua a la estructura y que se produzca la filtración. Se realizó la prueba de campo correspondiente, la cual consiste en adicionar mezclas de cada una de las combinaciones a fragmentos de cubiertas, colocarlas a la intemperie y observar, percibiéndose que solo la combinación N°2 muestra buenos resultados en este indicador. Una representación de lo anteriormente expuesto puede observarse en la figura 10.



Fig. 10. Comportamiento de las mezclas a la intemperie.

Por último el comportamiento del mastique o masilla asfáltica propuesta en el sellado de las juntas es el indicador más importante a medir, en el caso de las mezclas N°2 y N°3 se logra un buen sellaje, dado por la adhesividad que muestran los productos, la buena penetración y cubrimiento de la junta además de una ductilidad que garantiza poder absorber los movimientos que se producen entre los elementos de la estructura en una construcción.

Resultados del análisis de espectroscopía.

En la figura 11 se pueden observar los espectros FTIR de las combinaciones 1, 2 y 3.

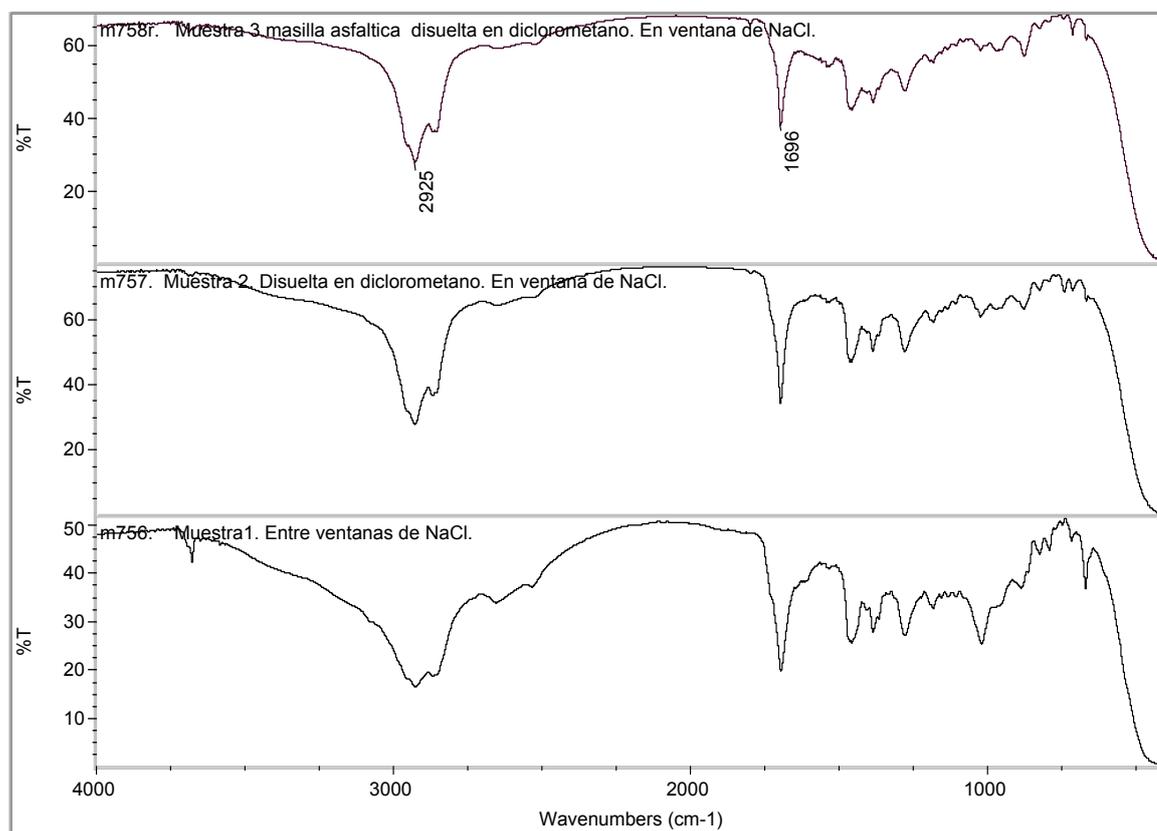


Fig. 11. Comparación de los espectros FTIR de las tres masillas asfálticas M₁, M₂, y M₃.

Se analizaron los resultados de los espectros de las tres masillas y como se observa en la figura 11, las tres mezclas presentan espectros semejantes y las vibraciones más significativas son entre 2800 y 2950 cm^{-1} las vibraciones de valencia de los grupos CH_3 , CH_2 y CH y en 1700 cm^{-1} aproximadamente la vibración del grupo carbonilo. Entre 1370 y 1460 cm^{-1} hay dos vibraciones correspondientes a las vibraciones de deformación de los grupos CH_3 , CH_2 y CH . En 1275 cm^{-1} hay una vibración que responde al enlace C-O-C. En 720 cm^{-1} aparece la vibración de las cadenas hidrocarbonadas con más de cuatro grupos CH_2 . En 1020 cm^{-1} aparece una vibración correspondiente al enlace C-OH. Todas las mezclas presentan un ligero ensanchamiento en la zona de 3000 - 3200 cm^{-1} que caracteriza a los grupos -OH.

Los espectros obtenidos revelan que estamos en presencia de una mezcla física de los componentes y que no hubo reacción química entre ellas, lo que era un aspecto que se deseaba comprobar.

Selección de la Mezcla Óptima.

Los resultados obtenidos en la evaluación de las mezclas, permiten seleccionar la masilla N°2 como el material que cumple con los requerimientos establecidos en las normas para Mastiques Asfálticos.

A partir de la composición mayoritaria en la masilla de resina de *Pinus caribaea var caribaea* y asfalto, se sugiere como nombre comercial RESAFAL.

En Cuba, como se ha explicado en el Capítulo II, se comercializa solo un tipo de masilla asfáltica para el sellaje de juntas constructivas, con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica del producto propuesto, se realizó la comparación de la nueva masilla desarrollada, con la fabricada por IMPERASFAL, tomando como

referencia los valores de los parámetros técnicos establecidos internacionalmente.

Los resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Comparación de los parámetros técnicos de la nueva masilla desarrollada (RESAFAL) contra la fabricada en el país (ASFALTILE).

Denominación	RESAFAL	ASFALTILE
Base	Combinación asfalto industrial / Resina de <i>Pinus caribaea var caribaea</i>	Oxiasfalto plástico
Propiedades	Aplicación en caliente, gran adherencia	Aplicación en frío, gran adherencia.
Aspecto.	Semisólido de color negro.	Pasta color negro.
Densidad (g/cm ³)	1.10	1.03
Consistencia.	100g/25°C/5seg (dmm)107	150g a 25°C: 3-8seg.
Pto. Inflamación (°C)	79.4	45
Ductilidad (cm.)	13	Menor que 2.
Tendencia a Agrietarse	No presenta	Media
Condiciones de almacenamiento.	No precisa de condiciones especiales.	En tanques de almacenamiento cerrados.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 12 los parámetros de calidad de la masilla asfáltica obtenida a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* cumplen los parámetros establecidos para la comercialización. Dentro de las principales ventajas que tiene la masilla propuesta respecto a la comercializada por IMPERASFAL podemos destacar en primer lugar que presenta un valor de punto de inflamación que no tiene riesgo de incendio en condiciones normales de almacenamiento a temperatura ambiente y sin necesidad de recipientes herméticos para su envase, por otra parte, el valor de ductilidad, que es seis veces mayor, garantiza, su mayor estabilidad ante movimientos de la estructura sobre la que se aplica o cambios bruscos de temperatura. Como aspecto

adicional pero no menos importante, la masilla propuesta no exhibe tendencia al agrietamiento en condiciones de exposición a intemperie, factor que habla a favor de su impermeabilidad, el cual es corroborado con el valor de porosidad obtenido de 0.0001 milidarcys. La aplicación en caliente aunque no constituye una ventaja, garantiza una penetración a mayor profundidad de la masilla en la junta donde se aplica.

Como aspecto complementario y con el fin de mostrar que las cualidades de la masilla desarrollada homologan a algunas de los tipos comercializados internacionalmente con los mismos fines, en la tabla 13 se presenta una comparación de los parámetros técnicos que las caracterizan.

Tabla 13. Comparación de los parámetros técnicos que caracterizan a la masilla desarrollada (RESAFAL) con la de sus homólogos comerciales.

Denominación	RESAFAL	ACRIFLEX	Jointflex Vial EBS	KBMP Tipo C	ASFALTILE (Comercializada en Cuba)
Base	Asfalto industrial/Resina de <i>Pinus caribaea var caribaea</i>	Caucho acrílico	Cauchos sintéticos SBS (Estireno-Butadieno-Estireno)	polímeros elastomérico	Oxiasfalto plástico
Método de Aplicación	Aplicación en caliente	Aplicación en frío	Aplicación en caliente	Aplicación en caliente	Aplicación en frío
Adherencia al sustrato	Gran adherencia	Gran adherencia	Gran adherencia.	Gran adherencia	Gran adherencia.
Aspecto.	Semisólido de color negro.	Consistencia semifluida	Sólido	Semisólido	Pasta color negro.
Densidad (g/cm ³)	1.10	1.5	No se reporta	No se reporta	1.03
Consistencia.	100g/25°C/5s eg: 107 dmm.	100g/25°C/5s eg: 240-260 dmm	100g/25°C/5seg: 50 dmm	a25°C c/cono (0,1 mm) < 90	150g a 25°C: 3-8seg.
Pto. Inflamación (°C)	56	No se reporta	No se reporta	No se reporta	45
Ductilidad	13	Alargamiento del 10-15%	No se reporta	25°C > 65	Menor que 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de los Catálogos comerciales, disponibles en <http://www.e-asphalt.com>.

La información de los productos comerciales es la que se refleja en su ficha de presentación y no revela en su totalidad sus parámetros de calidad. No obstante se observa que los productos comerciales se basan en productos derivados de la petroquímica, incluidos los polímeros, mientras que la masilla obtenida en la investigación tiene como base una materia prima natural, nacional, renovable y ecológica, lo cual le concede a la desarrollada, ventajas desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Con el objetivo de evaluar la existencia o no de reacción química en el proceso, se realizó la comparación de los espectros de la masilla seleccionada (RESAFAL), con los espectros de oleoresina y asfalto. La figura 12 muestra la presencia de los grupos CH_3 , CH_2 y CH característico de los asfaltos en $2800 - 2900 \text{ cm}^{-1}$ y en $1460 - 370 \text{ cm}^{-1}$. Además se observa la vibración en 720 cm^{-1} característico de cadenas CH_2 cuando $\text{CH}_2 > 4$. Se observa también la vibración del grupo $\text{C}=\text{O}$ característico de la oleoresina en 1700 cm^{-1} . Se denota además una pequeña inflexión en el pico correspondiente a la frecuencia de 1465 cm^{-1} . Si se tiene en cuenta que ambas materias primas (asfalto y resina) tienen presencia de dobles enlaces $\text{C}=\text{C}$ en ese intervalo de frecuencia, la banda característica en la mezcla debía ser más pronunciada lo cual no ocurre, por lo que se infiere haya ocurrido alguna modificación relacionada con una posible reacción del doble enlace $\text{C}=\text{C}$, que en el caso de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* constituye uno de los centros de mayor actividad química.

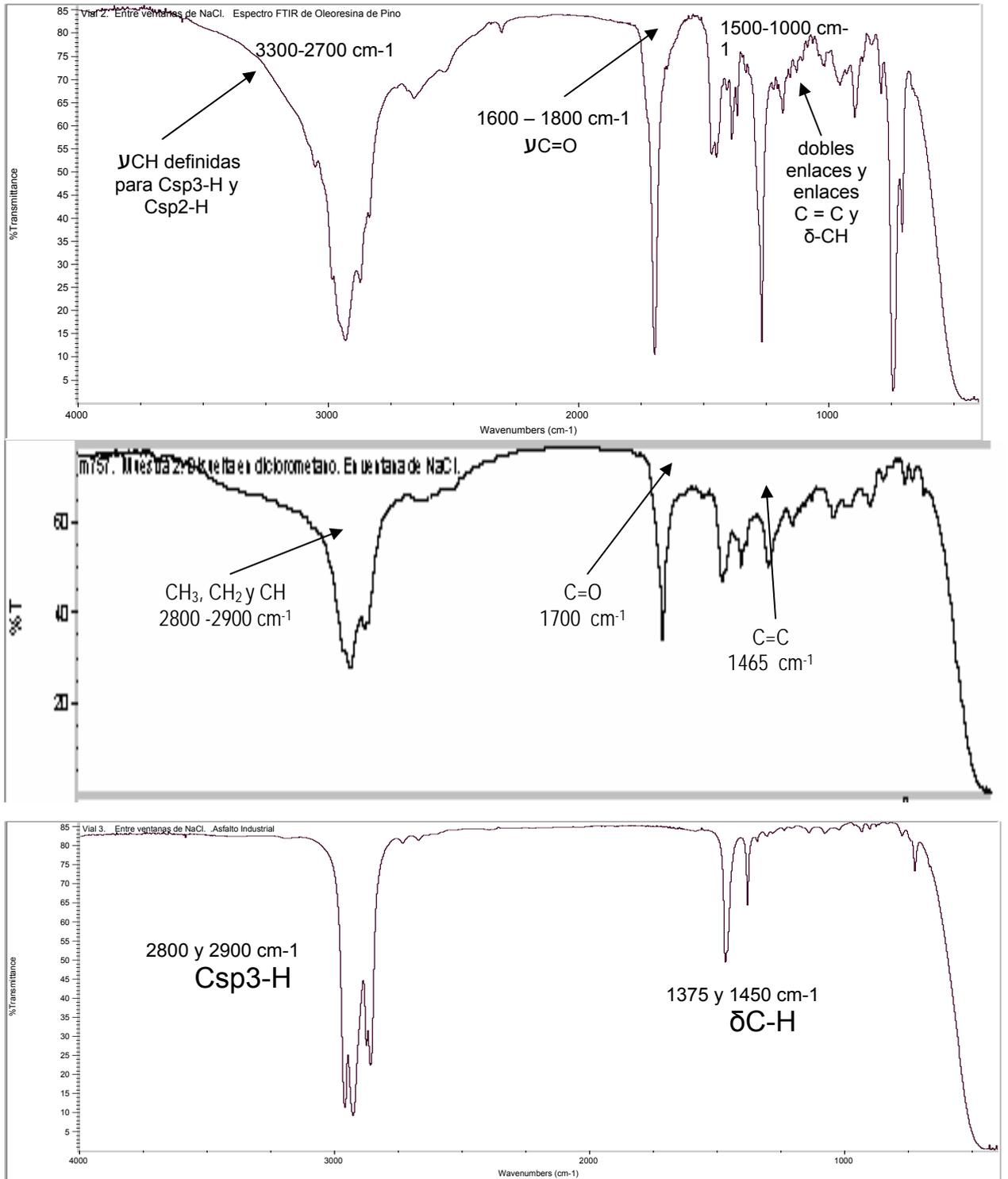


Fig. 12. Comparación de los espectros FTIR de la masilla seleccionada con la resina y el asfalto.

3.7. Análisis Estadístico de los resultados.

Con el objetivo de corroborar la selección de la muestra óptima basados en un análisis estadístico se obtuvieron como resultado los que a continuación se exponen.

Conociendo la importancia de la realización de un buen análisis exploratorio de datos, con vistas a examinar éstos previamente a la aplicación de cualquier técnica estadística y garantizar que los resultados a los que se arriben sean lo suficientemente confiables se procedió al estudio minucioso de los diferentes parámetros técnicos medidos en los tres tipos de mezclas o combinaciones de masillas. Ver Tabla 14.

Tabla 14. Estadística Descriptiva de la Penetración, Ductilidad y Punto de Inflamación para los tres tipos de mezclas.

Estadísticos descriptivos	N	Mín.	Máx.	Media	Desv. típ.	Asimetría	Error Asimetría	Curtosis	Error Curtosis
penetra1	5	185	247	204,80	25,89	1,45	0,91	1,59	2,00
penetra2	8	90	140	107,00	15,15	1,64	0,75	3,45	1,48
penetra3	8	70	118	100,38	14,45	-1,23	0,75	2,91	1,48
ductili1	5	28	31	29,80	1,10	-1,29	0,91	2,92	2,00
ductili2	5	10	19	13,00	3,67	1,36	0,91	2,00	2,00
ductili3	5	23	25	24,00	0,71	0,00	0,91	2,00	2,00
pto.inf1	3	87,3	88,2	87,8	0,46	-0,94	1,22		
pto.inf2	3	78,9	80,1	79,4	0,63	1,29	1,22		
pto.inf3	3	77,3	78,6	77,8	0,70	1,57	1,22		
N válido (según lista)	3								

Los diagramas de cajas de las figuras 12, 13, 14, 15, 16 y 17 permiten observar gráficamente el comportamiento mostrado en la tabla anterior.

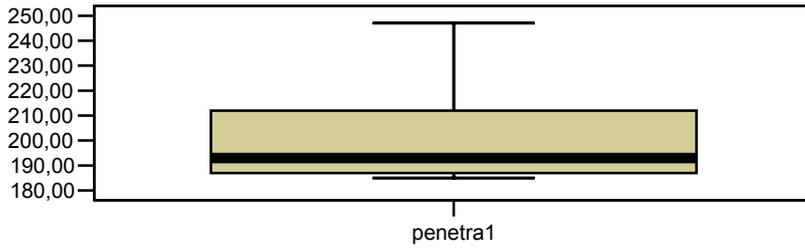


Fig. 12 Diagrama de caja para la penetración de la mezcla N°1

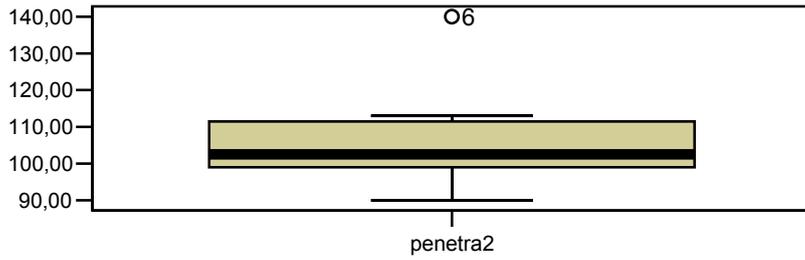


Fig. 13 Diagrama de caja para la penetración de la mezcla N°2

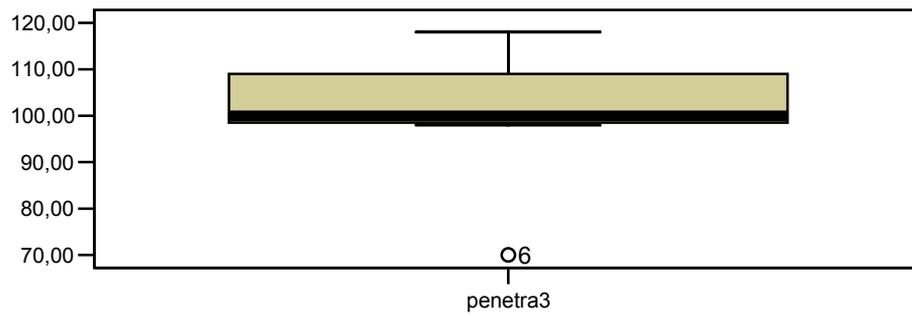


Fig. 14. Diagrama de caja para la penetración de la mezcla N°3

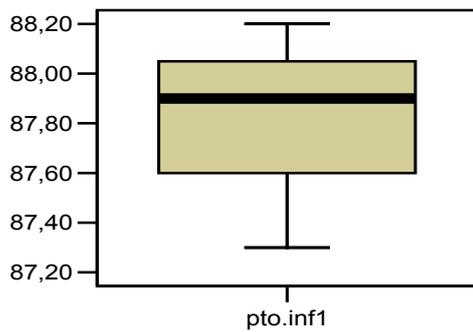


Fig. 15 Diagrama de caja para el punto de inflamación de la mezcla N°1

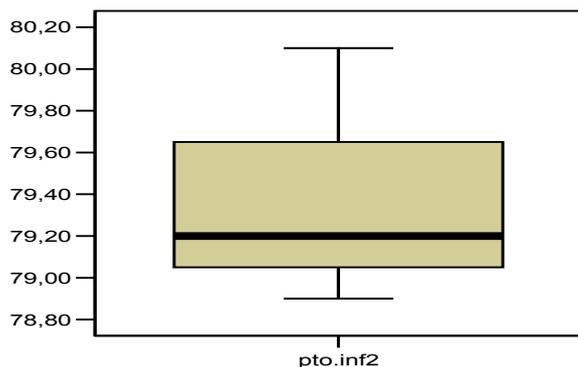


Fig. 16. Diagrama de caja para el punto de inflamación de la mezcla N°2

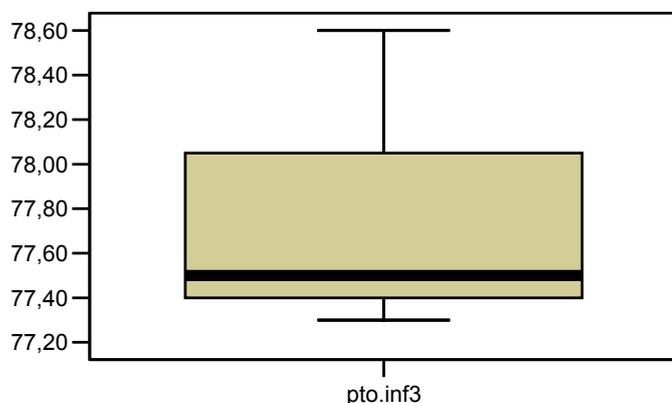


Fig. 17. Diagrama de caja para el punto de inflamación de la mezcla N°3

Como se observa en la tabla 11 y las figuras 12 a la 17 las distribuciones de la penetración en las mezclas N°1 y N°2 presentan cierta asimetría positiva, ocurriendo lo mismo con la ductilidad en la mezcla N°2 y el punto de inflamación en la mezcla N°1. Además se visualiza una asimetría negativa en la penetración de la mezcla 3, la ductilidad de la N°1 y el punto de inflamación de la mezcla N°2. Para el caso de todos los parámetros en todas las mezclas, exceptuando el punto de inflamación de la mezcla N°1, cuya distribución es mesocúrtica y el punto de inflamación de la mezcla N°2, que es platicúrtica, el resto de las distribuciones de los parámetros técnicos presentan un comportamiento leptocúrtico. Debido a que

no todos los estadísticos se asemejan a los valores de los parámetros de la distribución normal este análisis descriptivo se profundizó con una prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smirnov, reflejado en las Tablas 15, 16 y 17, pudiéndose afirmar con un 95% de confiabilidad que las distribuciones de los parámetros técnicos pueden ser consideradas normales para ese tamaño de muestra y ese nivel de significación ($\alpha=5\%$).

Tabla 15. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para la penetración

		penetra1	penetra2	penetra3
N		5	8	8
Parámetros normales(a,b)	Media	204,8000	107,0000	100,3750
	Desviación típica	25,88822	15,14690	14,45127
Diferencias más extremas	Absoluta	,276	,221	,310
	Positiva	,276	,221	,178
	Negativa	-,222	-,151	-,310
Z de Kolmogorov-Smirnov		,617	,625	,876
Sig. asintót. (bilateral)		,842	,829	,427

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 16. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para la ductilidad.

		ductili1	ductili2	ductili3
N		5	5	5
Parámetros normales(a,b)	Media	29,8000	13,0000	24,0000
	Desviación típica	1,09545	3,67423	,70711
Diferencias más extremas	Absoluta	,372	,300	,300
	Positiva	,228	,300	,300
	Negativa	-,372	-,207	-,300
Z de Kolmogorov-Smirnov		,833	,671	,671
Sig. asintót. (bilateral)		,492	,759	,759

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

Tabla 17. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para el punto de inflamación.

		pto.inf1	pto.inf2	pto.inf3
N		3	3	3
Parámetros normales(a,b)	Media	87,8	79,4	77,8
	Desviación típica	0,46	0,62	0,7
Diferencias más extremas	Absoluta	0,25	0,29	0,33
	Positiva	0,20	0,29	0,33
	Negativa	-0,25	-0,21	-0,24
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,44	0,51	0,57
Sig. asintót. (bilateral)		0,99	0,96	0,89

a La distribución de contraste es la Normal.

b Se han calculado a partir de los datos.

Una vez probada la hipótesis de normalidad se procedió a analizar si los tipos de mezclas de masillas ejercían una influencia significativa en el comportamiento de los parámetros técnicos bajo estudio. Para ello se aplicó la técnica de la estadística inferencial, Análisis de Varianza para un factor. Además se chequeó el supuesto de homogeneidad de varianzas según el contraste de Levene para un nivel de significación del 5%, sin cuyo cumplimiento, junto al de la normalidad de las variables respuesta (los parámetros técnicos), no sería exitosa la aplicación de la técnica paramétrica y las decisiones que de ella se derivarían.

Tabla 18. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

Variable dependiente: Penetración

F	gl1	gl2	Significación
1,581	2	18	,233

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intercept+Codigpen

Tabla 19. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

Variable dependiente: Ductilidad

F	gl1	gl2	Significación
2,421	2	12	,131

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intercept+Codigduct

Tabla 20. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)

Variable dependiente: Ptoinflamac

F	gl1	gl2	Significación
0,549	2	6	0,604

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intercept+Codigptoinf

En todos los casos, como se muestra en los niveles de significación del resultado de la aplicación de la prueba de Levene en las tablas 18, 19 y 20, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas. Todo lo cual permitió proceder con la aplicación del análisis de varianza.

Tabla 21. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Penetración

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	39123,135(a)	2	19561,567	61,250	,000
Intersección	377529,401	1	377529,401	1182,104	,000
Codigpen	39123,135	2	19561,567	61,250	,000
Error	5748,675	18	319,371		
Total	387657,000	21			
Total corregida	44871,810	20			

a R cuadrado = ,872 (R cuadrado corregida = ,858)

Los resultados de la aplicación de esta prueba permitieron demostrar que existen diferencias significativas entre las penetraciones para los tres tipos de mezclas y que el modelo ajustado explica el 85,8% de la variabilidad total.

Una vez determinado que existen diferencias entre las medias, las pruebas de rango post hoc y las comparaciones múltiples por parejas permitieron determinar qué medias diferían entre sí. Como se contrastó un número pequeño de parejas de medias, la prueba de la diferencia significativa de Bonferroni fue la utilizada por ser más potente para estos casos (sistema de Ayuda del SPSS 12.0S).

Tabla 22. Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Penetración

Bonferroni

(I) Codigpen	(J) Codigpen	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
I	II	97,80(*)	10,188	,000	70,91	124,69
	III	104,43(*)	10,188	,000	77,54	131,31
II	I	-97,80(*)	10,188	,000	-124,69	-70,91
	III	6,63	8,935	1,000	-16,96	30,21
III	I	-104,43(*)	10,188	,000	-131,31	-77,54
	II	-6,63	8,935	1,000	-30,21	16,96

Basado en las medias observadas. * La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

En el análisis de la Tabla 22 se infiere que la penetración de la mezcla N°1 difiere significativamente de la penetración de las mezclas N°2 y N°3, no existiendo diferencias significativas entre estas dos últimas.

Tabla 23. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ductilidad

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	728,133(a)	2	364,067	71,855	,000
Intersección	7437,067	1	7437,067	1467,842	,000
Codigduct	728,133	2	364,067	71,855	,000
Error	60,800	12	5,067		
Total	8226,000	15			
Total corregida	788,933	14			

a R cuadrado = ,923 (R cuadrado corregida = ,910)

En este caso (Tabla 23) también el análisis de varianza resultó significativo. El modelo ajustado explicó un 91% de la variabilidad total.

Tabla 24. Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Ductilidad

Bonferroni

(I) Codigduct	(J) Codigduct	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	16,80(*)	1,424	,000	12,84	20,76
	3	5,80(*)	1,424	,005	1,84	9,76
2	1	-16,80(*)	1,424	,000	-20,76	-12,84
	3	-11,00(*)	1,424	,000	-14,96	-7,04
3	1	-5,80(*)	1,424	,005	-9,76	-1,84
	2	11,00(*)	1,424	,000	7,04	14,96

Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

En cuanto a la ductilidad pudo afirmarse que las medias de las tres mezclas resultaron diferentes dos a dos para un nivel de significación del 5%.

Tabla 25. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ptoinflamac

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	173,12 (a)	2	86,56	238,24	,000
Intersección	60025	1	60025	165206,42	,000
Codigptoinf	173,12	2	86,56	238,24	,000
Error	2,18	6	0,36333333		
Total	60200,3	9			
Total corregida	30188,89	8			

a R cuadrado = ,988 (R cuadrado corregida = ,983)

Tabla 26. Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Ptoinflamac

Bonferroni

(I) Codigptoinf	(J) Codigptoinf	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
A	B	8,4(*)	0,49	0,00	6,78	10,02
	C	10(*)	0,49	0,00	8,38	11,62
B	A	-8.4(*)	0,49	0,00	-10,02	-6,78
	C	1.6(*)	0,49	0,05	-0,02	3,22
C	A	-10(*)	0,49	0,00	-11,62	-8,38
	B	-1.6(*)	0,49	0,05	-3,22	0,02

Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

El modelo ajustado para el análisis de la variabilidad del punto de inflamación explicó el 98,3% de la variabilidad total, siendo significativo la influencia del factor tipo de mezcla en el comportamiento de este parámetro técnico (Tabla 23). La aplicación del test de Bonferroni, de comparaciones múltiples, arrojó diferencias significativas entre todos los pares de medias comparados dos a dos para un nivel de significación del 5% (Tabla 24).

Como se pudo constatar los resultados de los estudios estadísticos realizados a los parámetros técnicos obtenidos de las tres mezclas corroboran la selección técnica de la masilla N°2 como la mejor.

Todo lo expresado anteriormente fue igualmente corroborado estadísticamente. Para ello se aplicó la Prueba T para una muestra, la cual contrasta si la media de una variable difiere de una constante especificada.

Tabla 27. Prueba de Hipótesis para la penetración de la muestra N°2 contra un valor comercializable.

	Valor de prueba = 110					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
penetra2	-,560	7	,593	-3,00000	-15,6631	9,6631

Tabla 28. Prueba de Hipótesis el punto de inflamación de la muestra N°2 contra un valor comercializable

	Valor de prueba = 41					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pto.inf2	106,5	2	0,00	38,4	36,85	39,95

Tabla 29. Prueba de Hipótesis el punto de inflamación de la muestra N°2 contra un valor comercializable

	Valor de prueba = 45					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pto.inf2	95,41	2	0,00	34,4	32,85	35,95

El resultado del análisis de las tablas 27, 28 y 29 mostró que la penetración de esta mezcla no es significativamente diferente a la del valor del producto comercializable, mientras su punto de inflamación sí difiere respecto a los colocados en el mercado, siendo superior, cuestión esta que dicta a favor del producto que se obtuvo como ya fue explicado.

3.8. Análisis de los elementos de costo asociados a la producción de la masilla desarrollada.

Los resultados alcanzados en el desarrollo de un nuevo producto a escala de banco son insuficientes para llegar a conclusiones sobre la factibilidad económica de la producción y generalización del uso del mismo. No obstante, a continuación se presentan los elementos técnicos-económicos que fundamentan el monto del costo de producción, los indicadores básicos tomados en cuenta para ello y que constituirán la base para la formación del precio.

En la tabla 30 se presenta una ficha de costo de producción del RESAFAL, nombre comercial que se propone para la masilla desarrollada a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* a escala de banco.

Tabla 30. Ficha de Costo de producción a escala de banco del “RESASFAL” para una tonelada de producto

Gastos Directos	MN				MLC				M Total
	UM	Cant	\$/U M	Valor total	UM	Cant	\$/UM	Valor total	Valor total
Materiales y Materias Primas.									
• Resina de Pino.	Kg.	500	0.12	58.85	Kg.	500	0.33	166.5	225.35
• Asfalto.	Kg.	340	0.17	57.80					57.80
• Talco industrial.	Kg.	100	4.00	400.0					400.0
• Fibra de asbesto.					Kg.	60	0.40	24.00	24.00
Consumo de Energía.									
• Mezcladora.	Kw.	2.00	0.09	0.18					0.18
• Estufa.	Kw.	9.00	0.09	0.81					0.81
Salario Operario	días	7	5.85	40.95					40.95
Depreciación									
• Mezcladora.	hora	1	0.10	0.10					0.10
• Estufa.	hora	3	0.15	0.45					0.45
Total de Gastos Directos.				559.14				190.5	749.64
Gastos Indirectos (10%)				55.91					74.96
TOTAL				615.05				190.5	824.60

Fuente: Elaboración Propia, a partir de los datos obtenidos por los precios de comercialización de los productos.

Como se puede observar en la tabla 25, el componente principal en una tonelada del producto es la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, tanto en términos de cantidad como en términos de costo. En el capítulo I se hizo referencia a las dificultades por las que ha atravesado esta producción en el país la que depende para su sustentabilidad de un grupo de insumos que son de importación por lo cual en su precio de venta las empresas forestales le incluyen un importante componente en CUC para garantizar la continuidad de la misma. Para la elaboración de la ficha de costo se tomó como referencia de precio para la resina de Pino, el valor al cual es adquirido por la fábrica de Fertilizantes Mezclados “Gerardo Medina Cardentey”.

En el caso de la moneda nacional el mayor componente del costo lo tiene el talco industrial, dado según se pudo conocer en entrevistas con el dpto económico de la Unión Geominera, por el hecho de que este producto se ha comercializado hasta la fecha en pequeñas cantidades y principalmente en el mercado minorista, en estos momentos este precio esta en proceso de revisión.

El resto de los componentes al tratarse de una producción a escala de banco tiene poco peso en la formación del costo, siendo estos elementos los que mayor variación sufrirán al llevar la misma a escala industrial, variación que dependerá de la eficiencia de los equipos que se utilicen para el procesamiento y formulación, así como de la capacidad instalada.

Por último si se comparan estos costos con los de la masilla “ASFALTILE” único producto similar que se comercializa en el país, sin olvidar las diferentes escalas de producción, se obtiene el siguiente resultado. En el anexo 17 puede consultarse la ficha de costo del ASFALTILE.

Tabla 31: Comparación de los costos de las masillas RESAFAL y ASFALTILE.

	COSTO TOTAL	DE ELLO EN:	
		MN	MLC
ASFALTILE	806.77	661.54	145.23
RESAFAL	824.60	615.05	190. 5
Diferencia	(17.93)	46.49	(45.27)

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 25 y el anexo17.

Como se muestra en la tabla 26 el costo del RESAFAL a escala de banco en moneda total es superior en 17.93 pesos al del ASFALTILE lo que esta dado principalmente por el costo en CUC que es 45.27 CUC más que el comercializado actualmente, de lo que es responsable el costo de la tonelada de resina en CUC. Sin embargo y aunque la resina de pino es una materia prima ligeramente más costosa que el asfalto oxidado, la primera supera a este al ser un recurso natural y renovable que no contamina al medio ambiente, como se explica en el epígrafe 3.10.

3.9 Valoración Social.

Con el resultado de esta investigación se propone una nueva composición de masilla asfáltica impermeabilizante y una tecnología para su obtención, como componente de un Sistema de Impermeabilización de Cubierta, que tiene como base la resina de *Pinus caribaea var caribaea*, un producto forestal renovable.

Para la producción y comercialización de este material, será necesario crear nuevos puestos de trabajo con personal especializado en la fabricación de masillas asfálticas, lo cual constituye un beneficio social si se tiene en cuenta la apertura de nuevas formas de empleo.

El Programa de Impermeabilización del Instituto Nacional de la Vivienda para el año 2007, reporta problemas de filtración en un total de 2635 edificios, de los

cuales 1335 edificios deberán ser reparados por el Sistema de Impermeabilización de Cubierta de mantas o laminas asfálticas, de disponerse del suministro de los componentes de dicho sistema.

El producto que se muestra forma parte de este Sistema de Impermeabilización, de materializarse su producción, se contribuiría a beneficiar 13 044 apartamentos en el país, los cuales agrupan aproximadamente a 53 000 personas.

3. 10. Valoración Ambiental.

Como se ha planteado con anterioridad, el país, por medio de la comercializadora “*Perdurit*”, ha colocado en el mercado nacional la masilla o mastique “ASFALTILE”, componente esencial en los sistemas de impermeabilización de cubierta. El mismo es producido en la Fábrica de Impermeabilizantes IMPERASFAL, en la Ciudad de la Habana.

Esta masilla tiene como base el asfalto oxidado, además de una mezcla de relleno y solventes orgánicos. Los mayores porcentajes en la mezcla están representados por el asfalto oxidado y la mezcla de solventes, siendo menor la cantidad de material de relleno.⁷⁷

El proceso de oxidación del asfalto, tecnológicamente necesita el uso de calderas de aceite que permitan alcanzar temperaturas entre los 130 y 170°C, para lo cual deberán estar provistos de un sistema de filtros que eviten las emisiones gaseosas de CO₂, CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂ y SH₂, entre otros, producidos por el proceso de oxidación del asfalto,⁷⁸ lo que constituye el principal impacto ambiental negativo de la producción de estas masillas.

⁷⁷ García Valdés, S. 2006. Directora de Negocios. Empresa de Impermeabilizantes, IMPERASFAL. Consulta Personal.

⁷⁸ Membranas asfálticas. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.e-asphalt.com/membranas/membranas.htm>. / Consulta: 22 de junio 2006/

La mezcla de solventes orgánicos en un porcentaje mayoritario, igualmente representa un punto a atender en la producción de este material.

La masilla o mastique que se propone en esta investigación presenta en su composición resina de *Pinus caribaea var caribaea*, asfalto industrial y material de relleno. El material de relleno está compuesto por talco industrial y fibras de asbesto. La resina de *Pinus caribaea var caribaea* constituye alrededor del 50% de la composición de la masilla, si tenemos en cuenta que la misma es un producto forestal no maderable, renovable y ecológico, se evidencia que su empleo presenta ventajas significativas en comparación con la masilla que actualmente se produce en el país aportando un impacto ambiental positivo.

El asfalto que se utiliza es industrial, como es conocido constituye un residuo del proceso de refinación del petróleo. El talco industrial es de producción nacional y representa una carga inerte en la mezcla.

Se reporta por parte de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) en la Norma Federal de Comunicación de Riesgos de la Administración para la Salud y Seguridad Ocupacionales (OSHA) 1910.1200 citada por el Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey que el asbesto es considerado como un material peligroso por su alta tendencia de ser cancerígeno. Dentro de los niveles permisibles de exposición al asbesto la norma plantea y se cita – La exposición por empleados al asbesto no debe exceder 0.1 fibra por centímetro cúbico (f/cc) de aire promediado en un turno de ocho horas. La exposición a corto plazo no debe exceder un promedio de 1 f/cc promediado

en 30 minutos. Está prohibido el rotar empleados para poder cumplir con los requisitos de límites permisibles de exposición.⁷⁹

En esta investigación, la proporción seleccionada de asbesto no rebasó el 10% de su composición total expresada en términos de masa lo cual representa, según cálculos aproximados, un valor de 87 fibras por m³, valor que está por debajo del valor permisible reportado por OSHA que plantea como permisible 0.1 fibra por cm³ lo que representa 100 fibras por m³, en 8 horas de trabajo. Resulta oportuno plantear que en el caso del proceso de obtención de la masilla propuesta, el obrero está expuesto al contacto con el material sólo en el momento del pesaje, en todo el proceso de mezclado, el mismo se encuentra dentro del reactor que permanece herméticamente cerrado.

La tecnología propuesta para la obtención del mastique "RESAFAL", es sencilla, sin impacto contaminante para el medio ambiente, por cuanto sólo dispone de un reactor de procesamiento, el cual está herméticamente cerrado.

Del análisis anterior se puede concluir que el producto obtenido como resultado de esta investigación no representa un riesgo negativo para el medio ambiente y al mismo tiempo proporciona otro tipo de masilla la que en su composición utiliza un producto forestal renovable.

3.11. Metodología para la obtención de masilla asfáltica a escala de banco. (RESAFAL)

Con anterioridad han sido identificadas las materias primas que son utilizadas para la fabricación de la masilla asfáltica RESAFAL, en este caso resina de *Pinus*

⁷⁹ Norma Federal de Comunicación de Riesgos de la Administración para la Salud y Seguridad Ocupacionales (OSHA) 1910.1200. Disponible en: www.osha.gov./Consulta: 14 de Febrero de 2007/.

caribaea var caribaea, asfalto industrial de penetración 50/70, y material de relleno. El procedimiento para la obtención de la misma a escala de banco consta de cuatro etapas, las que se identificarán y expondrán a continuación:

- Etapa de Recepción y Caracterización de la materia prima base.

La caracterización de la materia prima base (resina de *Pinus caribaea var caribaea* y Asfalto industrial), se realiza según las normas establecidas internacionalmente para evaluar su calidad (Normas ASTM y Normas Cubanas). De cumplir con las especificaciones y ser aceptada se procede a la recepción de las materias primas de acuerdo a los valores de porcentajes establecidos en la tabla 8 del epígrafe 3.6 y son llevadas a la etapa siguiente.

- Etapa de precalentamiento.

En el procedimiento a escala de banco, las materias primas base son precalentadas en recipientes expuestos a fuego directo y para el material de relleno puede utilizarse una estufa u otro equipo con condiciones similares.

La resina es calentada a valores entre 110-130°C, rango que debe ser controlado ya que a valores superiores a 130°C, la resina se descompone en colofonia y esencia de trementina, en el caso del asfalto industrial es elevado a temperaturas entre 150-170°C, debido a que a temperaturas superiores a 170°C se produce la oxidación o proceso de envejecimiento como se le conoce, por último la mezcla de relleno (talco industrial y fibra de asbesto), es calentada hasta valores próximos a los 100°C. Los valores de temperatura son controlados sistemáticamente con termómetro analógicos digitales provisto de protector.

- Etapa de mezclado.

La operación de mezclado en caliente se realiza en un recipiente cilíndrico del tipo mezclador de eje vertical con agitación mecánica completamente hermetizado con

velocidad regulable hasta 300rpm de fabricación japonesa. El mezclado se produce a temperaturas entre 110-120°C por un tiempo entre 2-4 min. En caso de que no exista un mezclador de este tipo, es posible utilizar cualquiera que permita regular las condiciones planteadas para este tratamiento.

- Etapa de evaluación de la calidad.

Después de obtenida la mezcla se realizan los ensayos de control según normas establecidas en el epígrafe 3.2.3, para evaluar la calidad del producto terminado. Por último se envasa el producto. El esquema grafico del procedimiento antes expuesto puede se consultado en el anexo 18.

3.12. Propuesta tecnológica para la obtención de masilla asfáltica RESAFAL a escala industrial.

Se presenta una propuesta tecnológica para la fabricación de la masilla asfáltica RESAFAL. La tecnología constituye una adecuación que se le realiza a la tecnología de las plantas productivas de hormigón asfáltico en caliente de flujo continuo. La modificación se ejecuta en el mezclador proponiendo un cambio de paleta, se sustituye la paleta hueca de varillas de acero por un sistema de eje vertical con paletas, esto responde a que el tamaño de partículas que se mezclan en las plantas de hormigón asfáltico es mayor que las partículas que componen la mezcla a tratar para la fabricación de la masilla asfáltica RESAFAL.

La tecnología propuesta se divide en cuatro etapas fundamentales:

- Almacenaje y dosificación de las materias primas.
- Preparación y precalentamiento de las materias primas.
- Mezclado en caliente.
- Evaluación y envasado del producto.

Se parte del almacenamiento de la fibra de asbesto y el talco industrial, componentes del material de relleno; con ayuda de un cargador frontal. El relleno es adicionado con el empleo de un dosificador y llevado al secador de precalentamiento por medio de una cinta transportadora de canjilona. El secador de precalentamiento estará diseñado de forma tal que en la medida en que el material circule por el interior del mismo en el proceso de calentamiento, se mezclarán ambos componentes. El secador se sugiere puede ser un quemador de fuel oil colocado en la parte posterior del secador.

Después de precalentado y dosificado el material de relleno pasan a unas tolvas de alimentación en caliente para la etapa siguiente. Simultáneamente la resina de *Pinus caribaea var caribaea* y el asfalto industrial son almacenados en tolvas de almacenamiento con sistema de precalentamiento. Pasan al recipiente destinado para el mezclado en caliente provenientes de las tolvas de almacenamiento los componentes de la mezcla.

La resina de *Pinus caribaea var caribaea* y el asfalto industrial pasan por un dosificador antes de llegar al mezclador, en el caso del relleno ya esta dosificado desde la parte inicial del proceso.

En todo el proceso tecnológico se controla la temperatura de precalentamiento de cada uno de los componentes. La temperatura del relleno es controlada en el secador y en las tolvas de alimentación en caliente y en el caso de la resina de *Pinus caibaea var caribaea* y el asfalto los tanques de almacenamiento tienen acoplados sistemas de control de temperatura.

Después de concluido el proceso de mezclado, se controla la calidad del producto final y pasa a ser almacenado o directamente a la aplicación.

Para la aplicación se propone utilizar los procedimientos que se muestran en la ficha técnica que se presenta en el anexo 19.

CONCLUSIONES PARCIALES.

A partir de los resultados obtenidos en este capítulo es posible arribar a las siguientes conclusiones parciales.

- La resina de *Pinus caribaea var caribaea* presenta índice de acidez entre 139 y 143, índice de saponificación de 145 a 149, un 35 % de material insaponificable y un 9% de impurezas.
- El análisis mediante Espectroscopía IR de la resina de *Pinus caribaea var caribaea* demuestra la existencia de grupos carbonilos y dobles enlaces como principales centros de actividad química.
- El asfalto industrial utilizado es de penetración 50/70 con un punto de reblandecimiento entre 40-51°C, una ductilidad de más de 100cm y una alta fluencia a temperatura ambiente.
- El análisis mediante Espectroscopía IR del asfalto industrial muestra la existencia de dobles enlaces C y simples enlaces C-H como resultado de la mezcla de hidrocarburos existentes en su composición.
- La proporción entre las principales materias primas en la mezcla resultó ser por cada parte de asfalto, 1.5 partes de resina.
- El análisis económico del resultado, aunque se realiza comparando productos obtenidos a diferentes escalas de producción, muestra que el costo de la masilla propuesta en la investigación es 17.93 pesos superior en moneda total a la comercializada en el país.
- El producto obtenido en la tesis, de generalizarse puede tener un elevado impacto social dado por la cantidad de personas que se beneficiarían con la eliminación de las filtraciones de su vivienda.

- La obtención del nuevo producto va dirigido a la sustitución de un derivado del petróleo (asfalto oxidado) en un 50% por un producto natural renovable y ecológico (resina de *Pinus caribaea var caribaea*) lo cual representa un impacto ambiental positivo.
- La investigación realizada permitió elaborar una metodología para la obtención de la masilla asfáltica que consta de cuatro etapas; recepción, evaluación de la calidad, precalentamiento y mezclado de la materia prima y evaluación del producto terminado.
- Para el escalado industrial se propone una tecnología que se basa en un proceso de mezclado en caliente.

CONCLUSIONES.

Con la investigación que se propone es posible arribar a las siguientes conclusiones:

- Las potencialidades de obtención de resina del país a la altura del 2015 se estima en 6000 toneladas, lo que representaría multiplicar la producción alcanzada en el año 2006; 11 veces.
- La consulta a las principales bases de datos de patentes del mundo demostró la no existencia de registros de masillas asfálticas obtenidas a partir de resinas naturales.
- A partir de la resina de *Pinus caribaea var. caribaea* es posible obtener una masilla asfáltica para el sellado de juntas constructivas como componente de los sistemas de impermeabilización de cubierta partiendo de la combinación de 48 -50% de resina de *Pinus caribaea var caribaea*, 32 – 34% de asfalto industrial de penetración 50/70, 8 – 10% de talco industrial y 4-6% de fibra de asbesto.
- La masilla RESAFAL tiene un valor de penetración de 107 dmm, una densidad de 1.10 g/cm³, una ductilidad de 13 cm, un punto de reblandecimiento de 48 °C, un punto de inflamación de 79.4 °C y una

permeabilidad de 0.0001 milidarcys, lo que fue corroborado con los resultados del análisis estadístico.

- El producto RESAFAL fue validado en condiciones de aplicación, para lo cual se valoró el comportamiento a la intemperie y en el sellado de juntas, la cual se mantuvo de forma estable a la exposición directa con baja tendencia a ampollarse, al agrietamiento o a fluir espontáneamente en pendientes suaves, además presenta excelentes condiciones de penetración en caliente y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos de la estructura todos estos parámetros comparables con los comercializados en el mercado nacional e internacional.
- La tecnología de obtención de la masilla RESAFAL que se propone, parte de la dosificación del talco y la fibra de asbesto a partir de encontrarse almacenados en las respectivas tolvas de almacenamiento, posteriormente pasan al secador para el precalentamiento hasta valores de temperatura de 100 °C para por último pasar al mezclador que es alimentado con el asfalto a temperaturas entre 150-160 °C y la resina de pino a temperaturas entre 110-130 °C. Los tachos de almacenamiento del asfalto y resina tienen sistemas de precalentamiento.
- Los estudios realizados demostraron la viabilidad económica, social y medioambiental de la obtención de una masilla asfáltica a partir de la resina de *Pinus caribaea var caribaea*.

RECOMENDACIONES.

- Aumentar el alcance de los resultados de esta investigación con el estudio del efecto que tendría, sobre las propiedades de la masilla, la sustitución del asbesto por residuos de material lignocelulósico, con el objetivo de reducir costos de producción y disponer de materiales alternativos.
- Continuar los estudios de exposición de la masilla en condiciones de intemperie a fin de determinar su tiempo de vida útil.
- Realizar una prueba de aplicación en condiciones reales de conjunto con los especialistas de la construcción.
- Proponer a la Dirección Técnica del MICONS, la masilla y su tecnología de obtención para promover y generalizar estos resultados.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Alfaro, M. 2005. Introducción. Entorno mundial y de América Latina. Plantaciones forestales. Políticas y legislación forestal. Tendencias de la tierra forestal. Fuerzas impulsoras que afectan al sector forestal. Perspectivas del sector forestal hasta el 2020. Informe de la subregión de Centroamérica y México. Roma. (Material Impreso).
2. Amoedo Fernández, W. S. 2005. Propuesta de Alternativa para el diseño de mezclas de hormigón asfáltico. Empresa de Investigaciones Aplicadas. MICONS. La Habana. Cuba. (material impreso).
3. Aroon, S. 2000. Material's Volumetric-flow Rate (MVR) as a unification parameter in asphalt rheology and quality control / quality assurance tool for high temperature performance grading, Applied Rheology. 10(6).USA.
4. Arteaga, Y. et al. 2006. Hacia una optimización estructural en la utilización racional de Resina de Pino. Memorias del Cuarto Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. SIMFOR 2006. Pinar del Río. Cuba.

5. Asfalto, propiedades físicas y químicas. Publicación seriada irregular. Disponible en: http://www.elpriema.com/apuntes/ingeniería_civil/asfalto, /Consulta: 22 de Septiembre 2006/.
6. Asfaltos. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.arqhys.com/arquitectura/asfalto.html /Consulta: 14 de Octubre 2006/.
7. Betancourt Figueras Y. 2006. Comportamiento del Sector de la Resina en Cuba. IV Simposio Internacional sobre Manejo Forestal Sostenible, SIMFOR 2006, Conferencia Magistral. Pinar del Río, Cuba.
8. Betancourt Figueras, Y. P y Villalba Fonte, M.J. 2000. El uso de los estimulantes como la vía más inmediata para incrementar los rendimientos de resina en los pinos cubanos. Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. SIMFOR 2000. Pinar del Río. Cuba.
9. Betancourt Figueras, Y.P., 1980. Investigaciones fundamentales para la determinación de la tecnología de resinación en *Pinus caribaea var. caribaea*. Alemania. 125 h. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Ministerio de Educación Superior.
10. Casal, A., M et, al. 2004. Oleorresina de pinos cubanos. Una nueva fuente para la obtención de aditivos químicos. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Manejo Forestal Sostenible, SIMFOR 2004. Pinar del Río, Cuba.
11. Casal, A., M. 1991. Oleoresin. Composition, chemical modification and uses. Chemiche Listy, 85, Praga.

12. Castellanos Pérez, E. y col. 2001. Curso para aplicadores del Impermeabilizante Cementoso D-10. Ciudad de la Habana. Ministerio de la Construcción. Cuba. (material impreso).
13. Catalogo Comercial Perdurit. 2006. Cuba, (material impreso).
14. Catálogo Polyguard Products. 2006. Diponible en: www.polyguardproducts.com. /Consulta: 22 de junio 2006/.
15. Centro de Investigaciones Científicas del Petróleo. CEINPET. Manual de Calidad del Laboratorio de Física de yacimiento. Procedimiento 32 / 05. Cuba.
16. Composan Construcción Catálogo. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.bccfg.com> /Consulta: 21 de Enero 2006/.
17. Daferera, D. et al. 2002. Quantitative analysis of a-pinene and b-myrcene in mastic gum oil using FT-Raman spectroscopy. Food Chemistry. 77 (4). USA
18. DeGaspari, J. 2002. Sealing Joints. Mechanical Engineering; 124 (5). Disponible en <http://search.ebscohost.com> (B. D. Fuente Académica)/Consulta: 22 de junio.
19. Departamento de Montes de la FAO. 2000. La FAO, los bosques y las actividades forestales. Roma. Publicación seriada irregular. (Material impreso)
20. Departamento de Montes de la FAO. 2003. Situación de los Bosques del Mundo. Roma. Publicación seriada irregular. (Material impreso)
21. Departamento de Montes de la FAO. 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe principal. Roma. (Material impreso).
22. Díaz García, A. et al. 1998. Estudio reológico del Mastimper. Tecnología Química 18 (3). Disponible en <http://search.ebscohost.com> (B. D. Fuente Académica)/Consulta: 22 de junio 2006/.

23. Díaz Pérez, M. 2005. La Información de Patentes en el Ciclo de Vida de un Proyecto de Investigación. La Habana. Tesis en Opción al Grado de Master en Ciencias de la Información. Universidad de la Habana. Cuba.
24. Diolefinas o Alkadienos (Caucho y Caucho Sintético). Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.arqhys.com/arquitectura/polimeros-propiedades-fisicas.html> /Consulta: 14 de Octubre 2006/.
25. Dirección de Productos Forestales, FAO, Roma. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Consulta de expertos sobre PFM para América Latina y el Caribe. 1994. Santiago de Chile. Publicación seriada irregular. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 28 de Marzo 2006/.
26. Dirección de Recursos Forestales Nativos. FAO. Anuario de Estadística Forestal, 1999. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 28 de Marzo 2006/.
27. Dixon-Massey. 1974. Introducción al análisis estadístico. Edición Revolucionaria. Segunda Edición. Instituto del Libro, La Habana. Cuba.
28. Enciclopedia de la Tecnología Química, UTEHA. 1982. Editores Kira – Othmer. México DF.
29. FAO. 2007. Non-wood news. 14. Roma Italy, January.
30. Fonseca M., Casal A. y otros Composición de emulsión asfáltica aniónica de rotura rápida. Patente CU No. 22082. Junio 1992. Cuba.
31. Fonseca, M. et al. 1988. Influencia de la calidad y tipos de asfalto sobre las características de las emulsiones asfálticas. Memorias de QUIMINDUSTRIA88. Centro de Investigaciones Químicas, Cuba.
32. Global Forest Resources. Assessment 2005. 2006. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper. 147. FAO. Roma.

33. González Pérez, M. 1996. Los programas estratégicos de carácter vectorial. Experiencias en el sector de la resina en Cuba. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Económicas. Universidad de la Habana. Cuba.
34. Gutiérrez L, Martín E., Casal A. y otros Composiciones desinfectantes a partir de oleoresina de pinos y ácido piroleñoso. Patente CU. No. 22423. Nov. 1995.
35. Herrero Echevarría, J. A. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma.
36. Herrero Echevarría, J. A. 2006. El sector forestal en Cuba, actualidad y perspectivas. IV Simposio Internacional sobre Manejo sostenido de los Recursos Forestales 2006. Conferencia Magistral. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
37. Herrero Echevarría, J. A. et al. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta el año 2020. Revista Baracoa 1. (1), número especial. Cuba.
38. Herrero Echevarría, J. A. 2004. Introducción. Entorno macro. Situación actual de sector forestal. Los cambios esperados. Principales fuerzas impulsoras que afectan al sector forestal. Escenarios alternativos del sector forestal. Prioridades y alternativas para el desarrollo sostenible del sector forestal. Informe nacional Cuba. Roma. (Material Impreso).
39. Instituto Nacional de la Vivienda. 2003. Informe de Registro y Control del fondo de Viviendas del INV. La Habana. Cuba. (material impreso).
40. Instituto Nacional de la Vivienda. 2006. Información Estadística de la Dirección de Administración de la Vivienda y de la Dirección de conservación. La Habana. Cuba. (material impreso).

41. Jiménez Alonso, E. 2005. Diseño y aplicación de una metodología para la elaboración de la estrategia tecnológica en la empresa de Desmonte y Construcción de Pinar del Río. Tesis en opción al título de Master en Dirección. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
42. Manzanares Ayala, K. 2006. Desarrollo, caracterización y aplicación de elementos constructivos elaborados con partículas maderables y aglutinantes minerales. Universidad de Pinar del Río. Cuba. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Ministerio de Educación Superior.
43. Martín E., Casal A. y otros Composición de encolante para papel a partir de oleorresina de pino. Patente CU No. 21715. Marzo 1987. Cuba.
44. Martín E., Casal A. y otros. Procedimiento para la obtención de encolante reforzado para papel a partir de oleorresina de pino y el producto resultante. Patente CU. No. 21865. Julio 1987. Cuba.
45. Material Compuesto. Publicación seriada irregular. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Material_compuesto / Consulta: 22 de junio 2006/.
46. Meadows, W.R. 2003. Horizontal joint sealant: Wide temperatura range. ENR: Engineering News-Record. 251 (23). Disponible en <http://search.ebscohost.com> (B. D. Fuente Académica)/Consulta: 22 de junio
47. Membranas asfálticas. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.e-asphalt.com/membranas/membranas.htm>. / Consulta: 22 de junio 2006/.
48. Mesa Izquierdo, M. et al. 1999. Los productos Forestales no Madereros en Cuba. Dirección de productos Forestales, FAO, Roma. Serie Forestal N°13.

- Publicación seriada irregular. Disponible en: www.fao.org /Consulta: 27 de Marzo 2006/.
49. Ministerio de la Agricultura, MINAGRI. 2007. Informe de Balance del Grupo Empresarial Nacional de Agronomía de Montaña. La Habana. Cuba. (material impreso).
50. Ministerio de la Agricultura. MINAGRI. 2006. Programa de Desarrollo Económico hasta el año 2015. La Habana. Cuba. (material impreso).
51. Ministerio de la Construcción. 2000. Sistemas de impermeabilización con láminas asfálticas prefabricadas, CENCSUT. La Habana. Cuba. (material impreso)
52. Norma ASTM D 3695. Determinación del punto de ablandamiento mediante el método de anillo y bola. Métodos de Ensayo. Vig.2004. USA.
53. Norma ASTM D 5. Consistencia de Materiales Bituminosos. Métodos de Ensayo de Penetración. Vigente.2006. USA.
54. Norma ASTM D 56. Materiales Bituminosos y Bituminosos Modificados—Materias Primas Bituminosas y Másticos—Métodos de Ensayo—Punto de Inflamación Cleveland V/A. Vig.2004. USA.
55. Norma ASTM D113. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Materias primas bituminosas y másticos. Métodos de ensayo. Ductilidad. Vig.1999. USA.
56. Norma ASTM-D-1065. Determinación de insaponificables. Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA
57. Norma ASTM-D-405. Determinación del índice de acidez. Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA

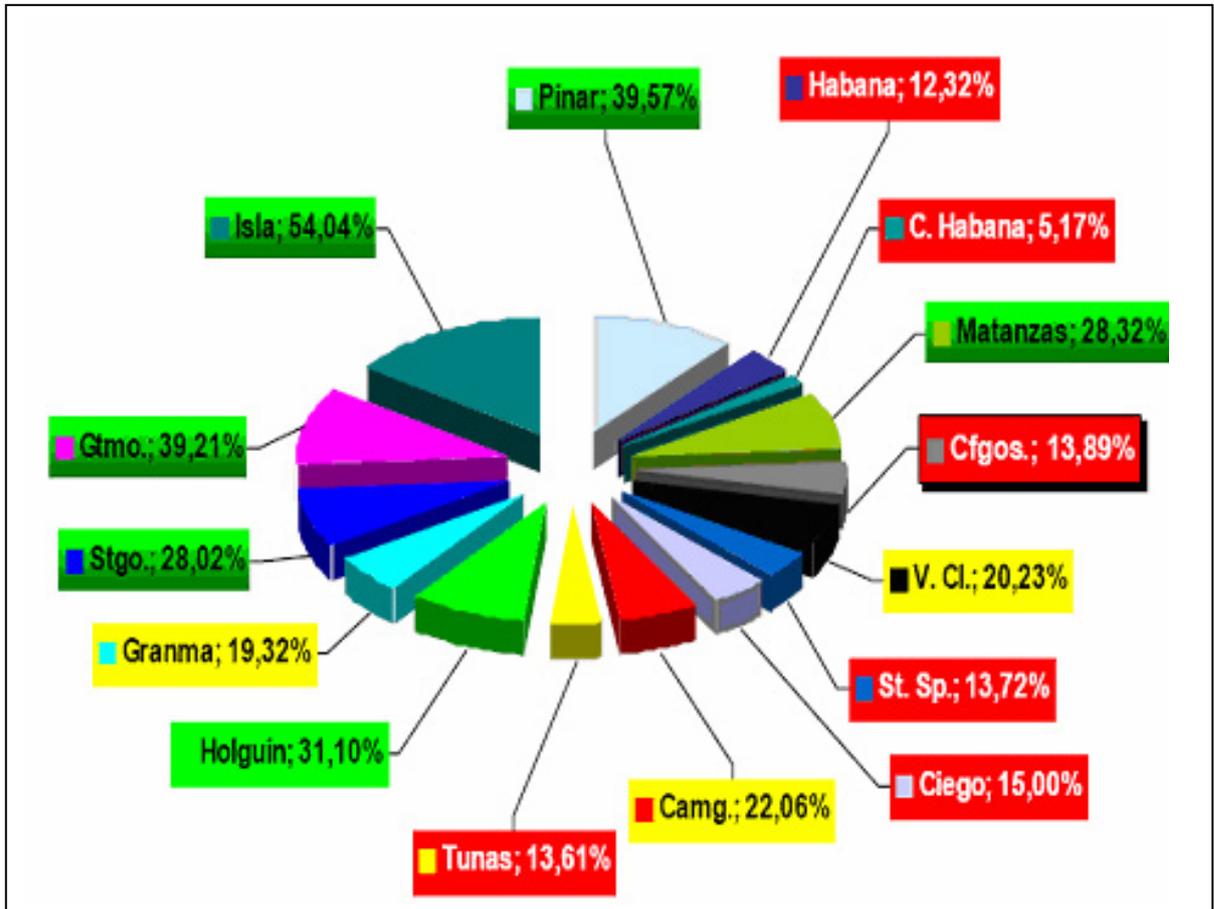
58. Norma ASTM-D-464. Determinación del Índice de saponificación (con indicador o potenciómetro). Ensayo de Laboratorio. Vigente 1984. USA
59. Norma Cubana 400 – 2005. Materiales bituminosos y bituminosos Modificados—características de los Másticos bituminosos. Especificaciones de Calidad. Vig. Enero 2005. Cuba.
60. Norma Federal de Comunicación de Riesgos de la Administración para la Salud y Seguridad Ocupacionales (OSHA) 1910.1200. Disponible en: www.osha.gov/Consulta: 14 de Febrero de 2007/.
61. Núñez Barrizonte, A. et al. 2004. Los Productos Forestales no Madereros en Cuba. Revista Forestal Baracoa, 1 (1): 123-129, número especial. Cuba.
62. Núñez González, S. et al. 2005. Estudio sobre la utilización de la resina de *Pinus sp.*, en la obtención de productos impermeabilizantes. Memorias del III Taller Internacional por el Desarrollo Sostenible. DEFOR. Cuba
63. Núñez González, S. et al. 2005. Utilización de la resina de pino para la obtención de productos modificados comercializables en Cuba. Memorias del II Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Medio Ambiente, Puebla, México.
64. Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos. Base de datos de patentes concedidas. Disponible en: http://164.195.100.11/netahtml/search_bool.html. /Consulta: 28 de Agosto 2006/.
65. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Departamento de Montes. 1992. Productos Forestales no Madereros; posibilidades futuras. Disponible en: www.fao.org/forestry. /Consulta: 28 de Marzo 2006/.

66. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Departamento de Montes. 1991. Programa Promoción y desarrollo de PFM. Disponible en: www.fao.org/forestry. /Consulta: 28 de Marzo 2006/.
67. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo 2001., Roma.
68. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 1999. Towards a harmonized definition of non – wood forest products. Disponible en: www.fao.org/forestry/site/6367/sp. /Consulta: 28 de Marzo 2006/.
69. Palo M. 2003. World Forests, Society and Environment- Executive Summary. The United Nations University. Finlandia.
70. Pastor Bustamante, J. F. Barniz Electroaislante. CU Patente 22680. Febrero 5, 2001. Cuba.
71. Pastor Bustamante, J. F. et al. Tensoactivo y Tecnología de obtención. CU Patente 22750. Noviembre 19, 2001. Cuba
72. Pastor Bustamante, J.P. 1999. Procesamiento de la resina de *Pinus caribaea*, var. *caribaea* y sus componentes para la obtención de productos resinosos. Universidad de Pinar del Río. Cuba. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Ministerio de Educación Superior.
73. Pastor Bustamante, J.P., 2002. Determinación de la calidad de la resina de *Pinus* y sus componentes. Rev. Ciencias Forestales de Chapingo, II (2). México, Diciembre.
74. Peña, G y Illisley, C. 2001. Los productos forestales no maderables: su potencial económico, social y de conservación. Disponible en:

- <http://www.jornada.unam.mx/2001/ago01/010827/eco-a.html> /Consulta: 28 de Marzo 2006/.
75. Pfander, W. et al. Use of silicone-modified epoxy resins sealing compound. US Patente – 5.965.637. October 12, 1999. USA.
76. Polímeros. Textos Científicos.com /en línea/ Publicación seriada irregular. Disponible en: www.textoscientificos.com /Consulta: 14 de Octubre 2006/.
77. Putman, B. J. and S. N. Amirkhanian. 2004. Utilization of waste fibers in stone matrix asphalt mixtures. Resources, Conservation and Recycling 42 (3). USA.
78. Resinas sintéticas. Publicación seriada irregular. Disponible en: <http://www.kremer-pigmente.de/spanisch/spbindem04.htm> /Consulta: 14 de Octubre 2006/.
79. Santos Peraza, H. 1982. La impermeabilización de cubiertas, su influencia en la explotación y durabilidad de las construcciones. Editorial del Centro de Información del Ministerio de la Construcción. La Habana. Cuba.
80. Shashidhar, N. et al. 2002. On Using Micromechanical Models to Describe Dynamic Mechanical Behavior of Asphalt Mastics. Mechanics of Materials. 34 (10), October. USA.
81. Silverstein, R. M. et al. 1974. Spectrometric identification of organic compound. Third edition, USA.
82. Skoog, D.A; et al. 1992. Fundamentals of analytical Chemistry. Six Edition, USA.
83. Soto, M. y Suárez, S. 1999. Desarrollo de tecnologías. Capítulo VIII: Impermeabilizantes. GECONS. Ciudad de la Habana. Cuba. (material impreso)
84. Tapia, I. 1999. BIT. Built - Up - Roof Sistema de Impermeabilización de Cubiertas. La Revista Técnica de la Construcción. 16. La Habana. Cuba.

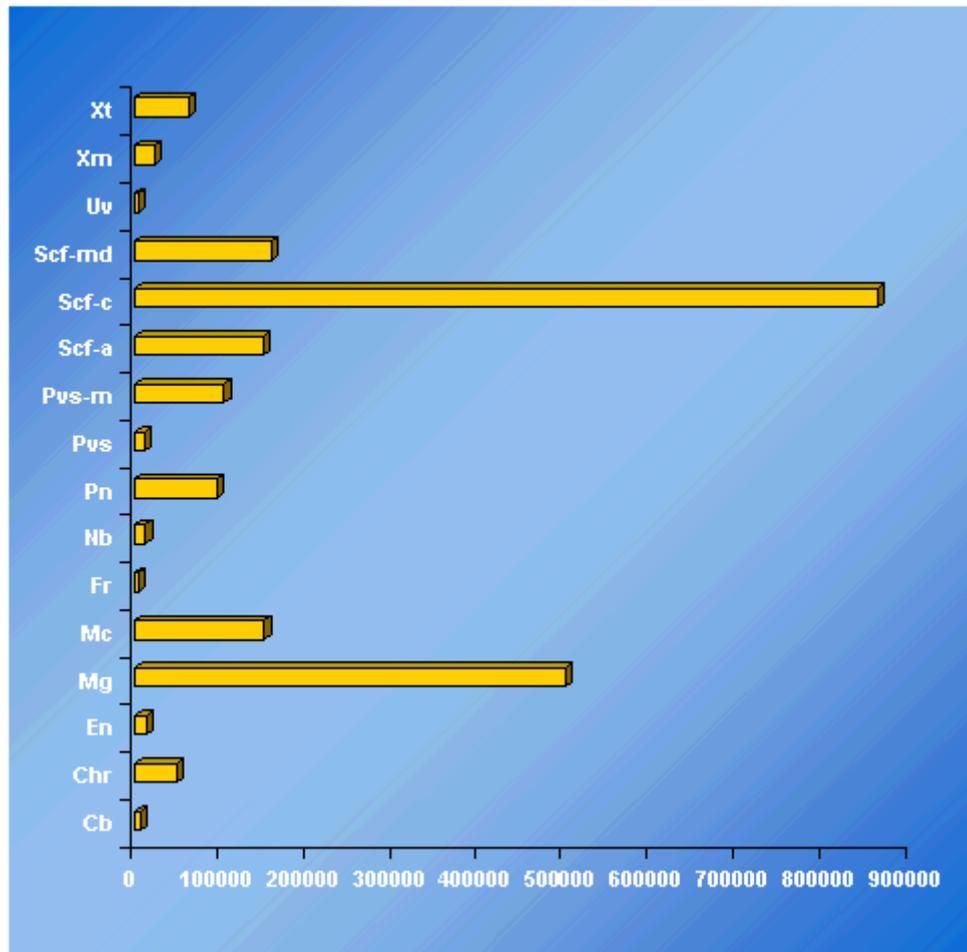
85. Toledo Filho, R. D. 2005. Development and characterization of durable cement mortar laminates reinforced with aligned sisal fibers (SFCML). Memorias del III International Conference on Science and Technology of Composite Materials. COMAT 2005. Argentina.
86. Uffner, W. et al. Joint sealing compound. US Patent – 4.569.968. February 11, 1986. USA.
87. Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal. 2001. Informe Anual 2000. Roma. (material impreso).
88. Velarde, S. 2004. Introduction. Population. Economic development. Trade. Aid and investment. Land issues. Government and institutions. Socio-economic trends and Outlook in Latin America: Implications for the forestry sector to 2020. Roma. (Material Impreso).
89. Velásquez, M. 1972. Asfaltos. Edición revolucionaria. Instituto cubano del libro. La Habana. Cuba
90. Webster, A. L. 1996. Estadística aplicada a la Empresa y a la Economía. IRWIN. Segunda edición. Madrid. España.
91. Wong, J. et al. 2001. Evaluación de los recursos productos forestales no madereros. Experiencias y principios biométricos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma.

Anexo 1. Índice de Boscosidad por provincias en por cientos.



Fuente: Herrero Echeverría, J. A. Conferencia El Sector Forestal en Cuba, Actualidad y Perspectivas. IV SIMFOR, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.

Anexo 2. Bosques naturales por formación boscosa



Fuente: DNF, citado Herrero Echeverría, J. A. Conferencia El Sector Forestal en Cuba, Actualidad y Perspectivas. IV SIMFOR, Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.

Siglas:

Cb: Cuabales

Chr: Charrascales

En: Encinares

Fr: Monte fresco

Mg: Manglares

Mc: Manigua costera

Nb: Monte nublado

Pn: Pinares

Pvs: Pluvisilvas

Pvs-m: Pluvisilvas de montaña

Scf-a: Semicaducifolio sobre suelo ácido

Scf-c: Semicaducifolio sobre suelo calizo

Scf-md: Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje

Uv: Uverales

Anexo 3. Producción de madera. Promedio últimos 5 años, real 2002 y plan 2003.

PRODUCTO	U/M	PROMEDIO 1997/2001	REAL 2002	PLAN 2003
Madera en bolo	Mm ³	277.5	308.4	329.8
Madera rolliza	Mm ³	372.2	391.1	291.7
Leña combustible	Mm ³	455.7	83.8	278.2
Cujes p/secado	Mm ³	53.3	31.0	34.8
Madera aserrada	Mm ³	139.8	157.3	173.1
Traviesas	Mm ³	12.8	60.5	63.2
Postes	Mm ³	5.5	13.1	20.1
Carbón vegetal (*)	Mm ³	497.4	485.1	453.3
TOTAL	Mm ³	1 674.4	1 309.9	1 400.8
Guanos forestales	Mptos	23 336.9	18 847.8	14 595.0
Corteza de mangle	Ton	81.5	77.6	111.0
Resina de pino	Ton	1 063.2	1 218.5	1 500.0

(*) Equivalente: Están expresados los sacos de carbón en m³. 3,33 sacos = 1m³ de madera

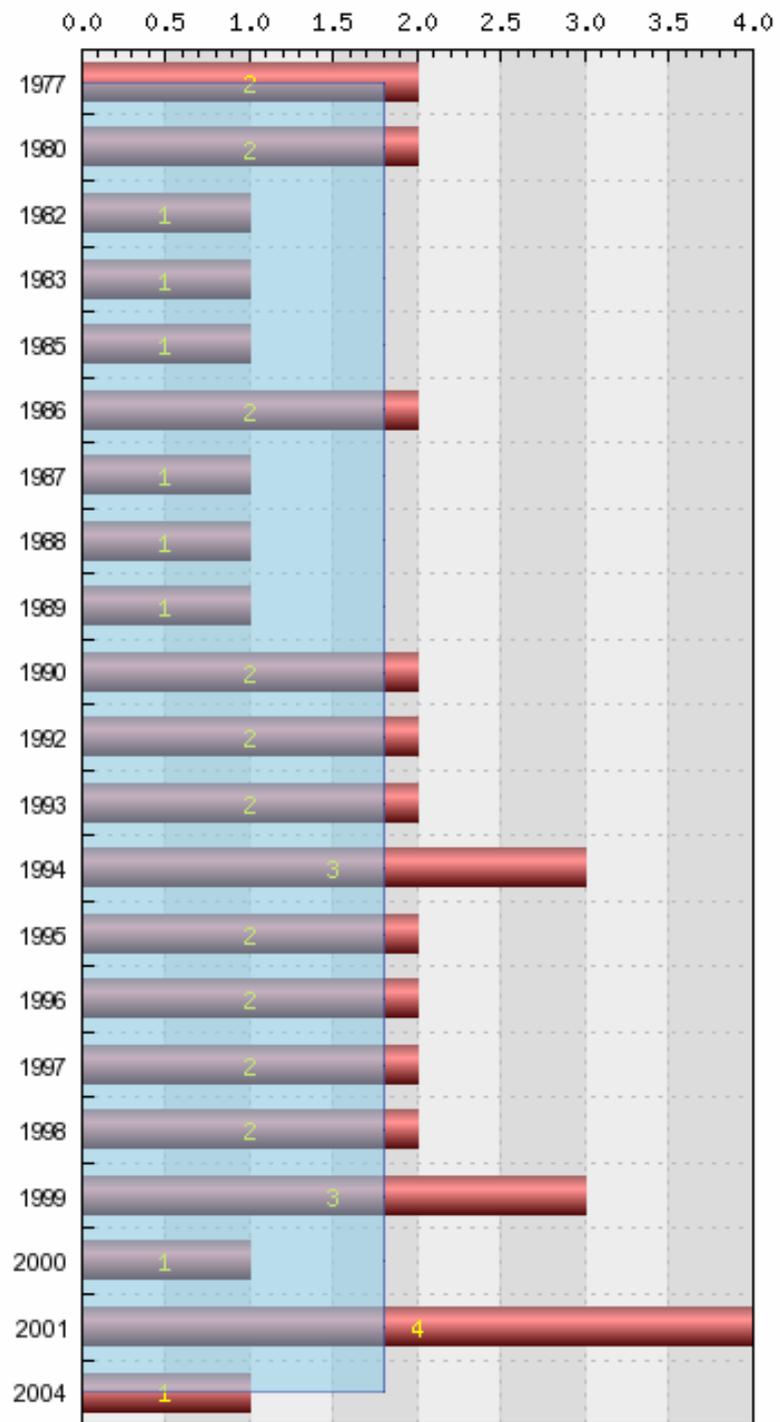
Fuente: Herrero Echevarría, J. A., Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. FAO, Roma 2004.

Anexo 4 Potencial explotable de los PFMN.

Producto no maderables	Distribución por regiones (%)			
	Total nacional	Occidente	Centro	Oriente
Resina de pino	8 200 t	70,1	4,3	25,6
Guanos	15 134 Mp	15,9	10,4	73,7
Cortezas	336 t	42,0	21,4	36,6
Frutas silvestres	2,8 Mq	92,8	2,1	5,1
Follaje	42,5 t	55,8	8,5	35,7
Bejuocos	1 066 Mml	6,2	0,0	93,8
Yaguas	3 772 Mu	0,1	0,0	99,9
Troncos de palma	415 Mu	0,0	0,0	100,0
Palmas moteadas	500 Una	100,0	0,0	0,0

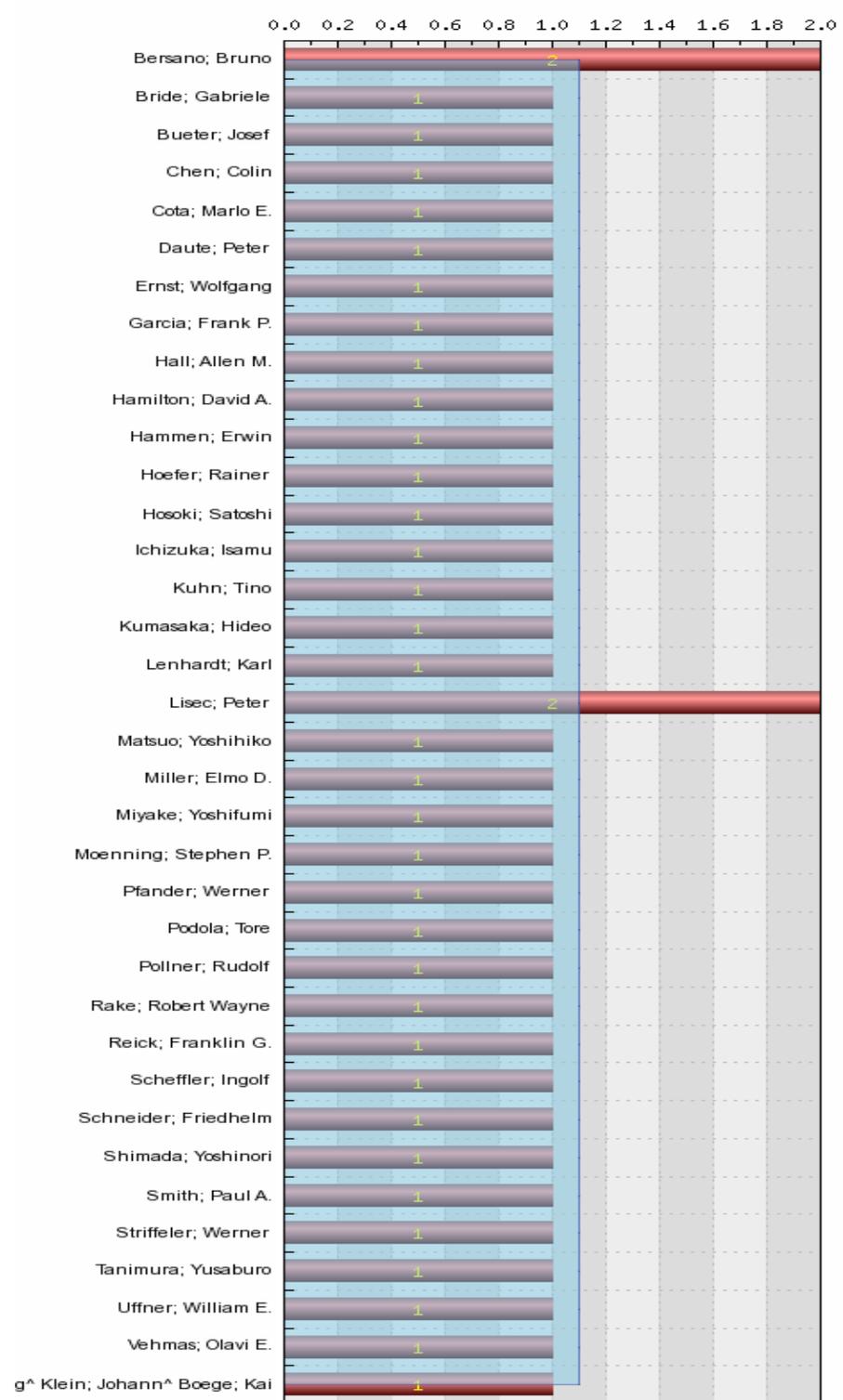
Fuente: Ministerio de la Agricultura. MINAGRI. 2006. Programa de Desarrollo Económico hasta el año 2015. La Habana. (material impreso).

Anexo 5. Número de invenciones por fecha de prioridad.



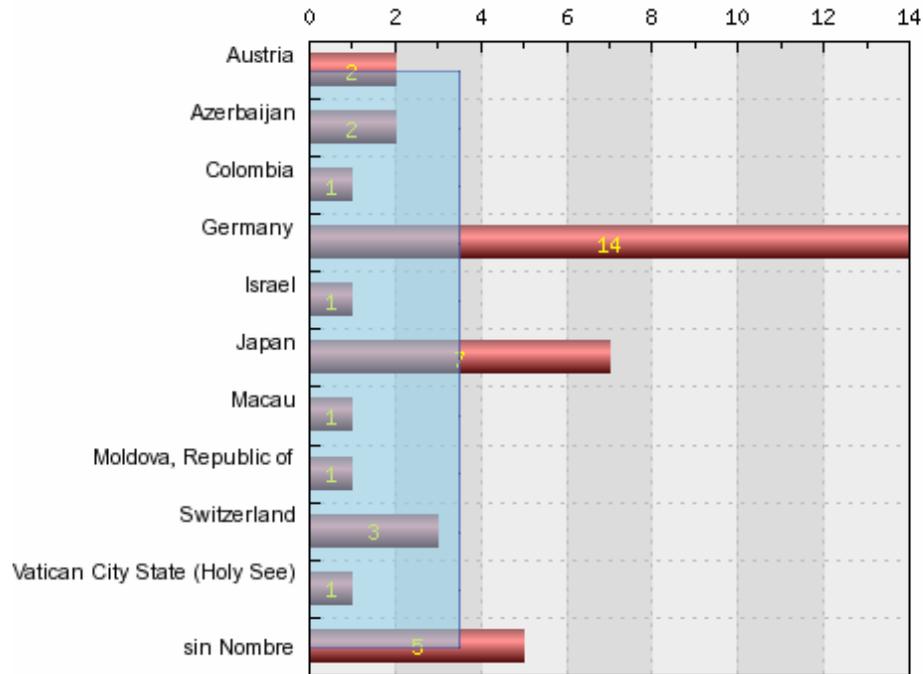
Fuente. Sistema proINTEC

Anexo 6. Número de invenciones por inventor.



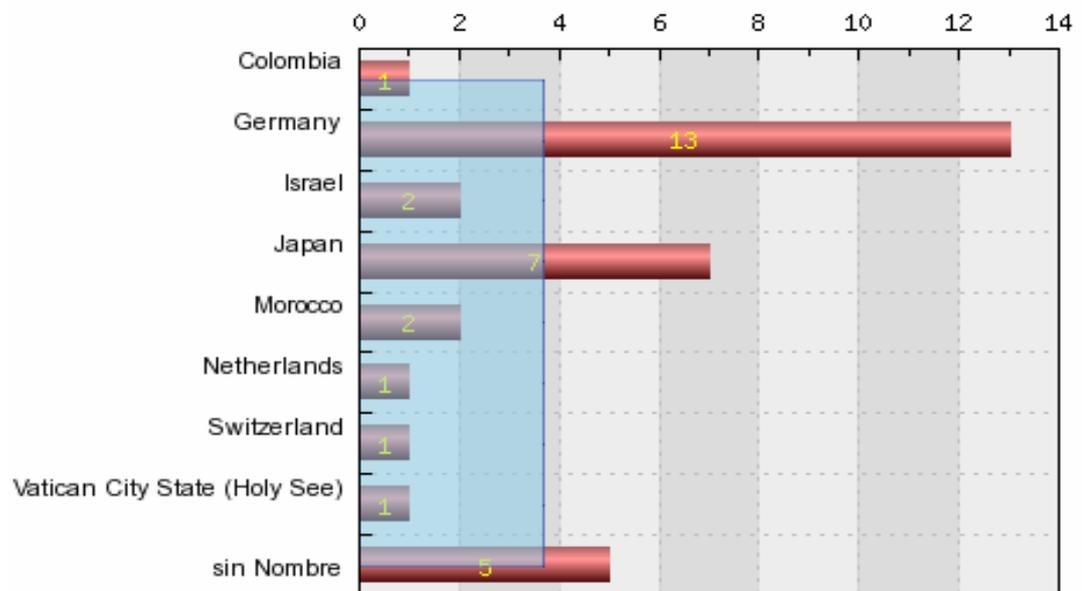
Fuente. Sistema proINTEC

Anexo 7. Número de invenciones por país del inventor.



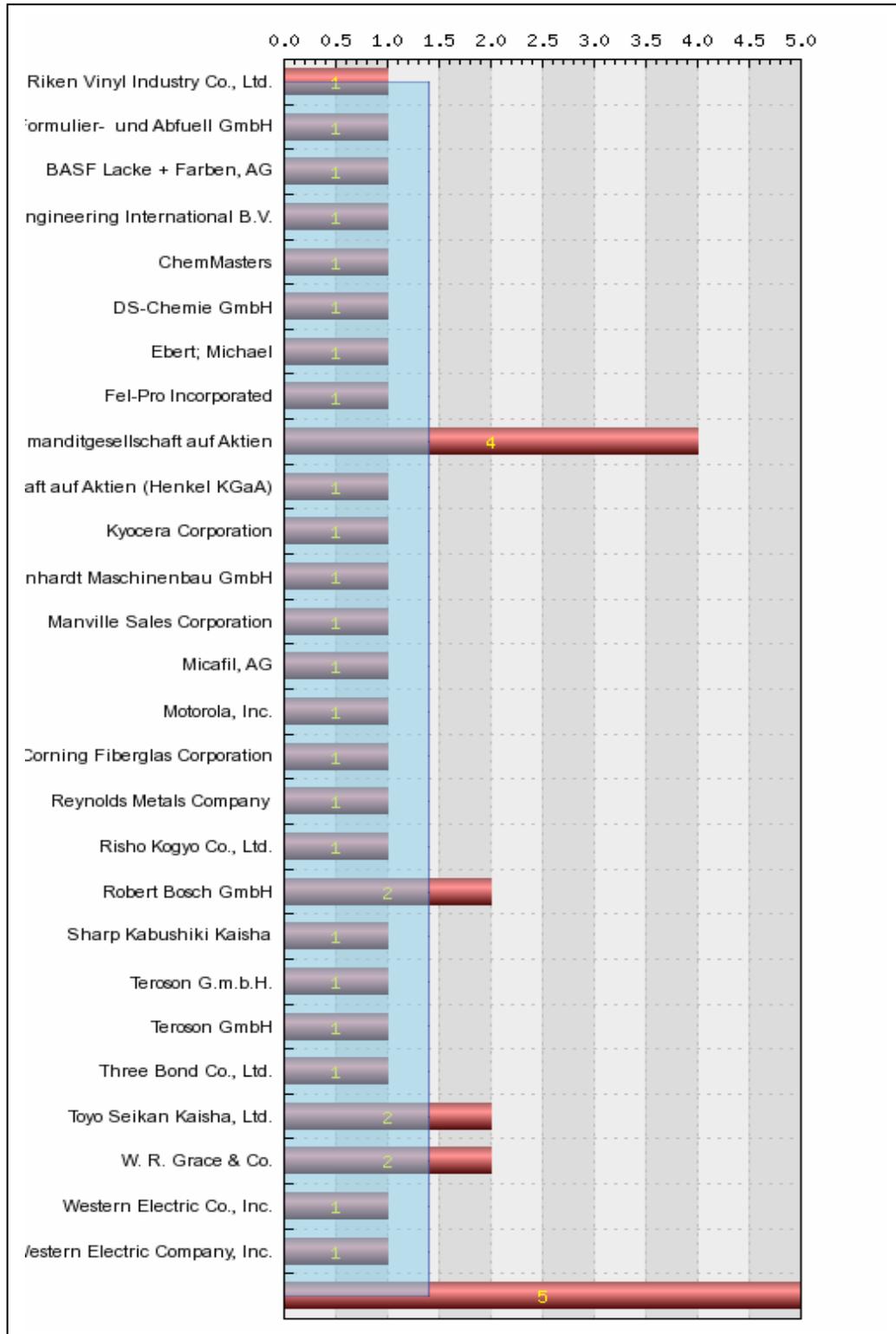
Fuente. Sistema proINTEC

Anexo 8. Número de invenciones por país del titular.



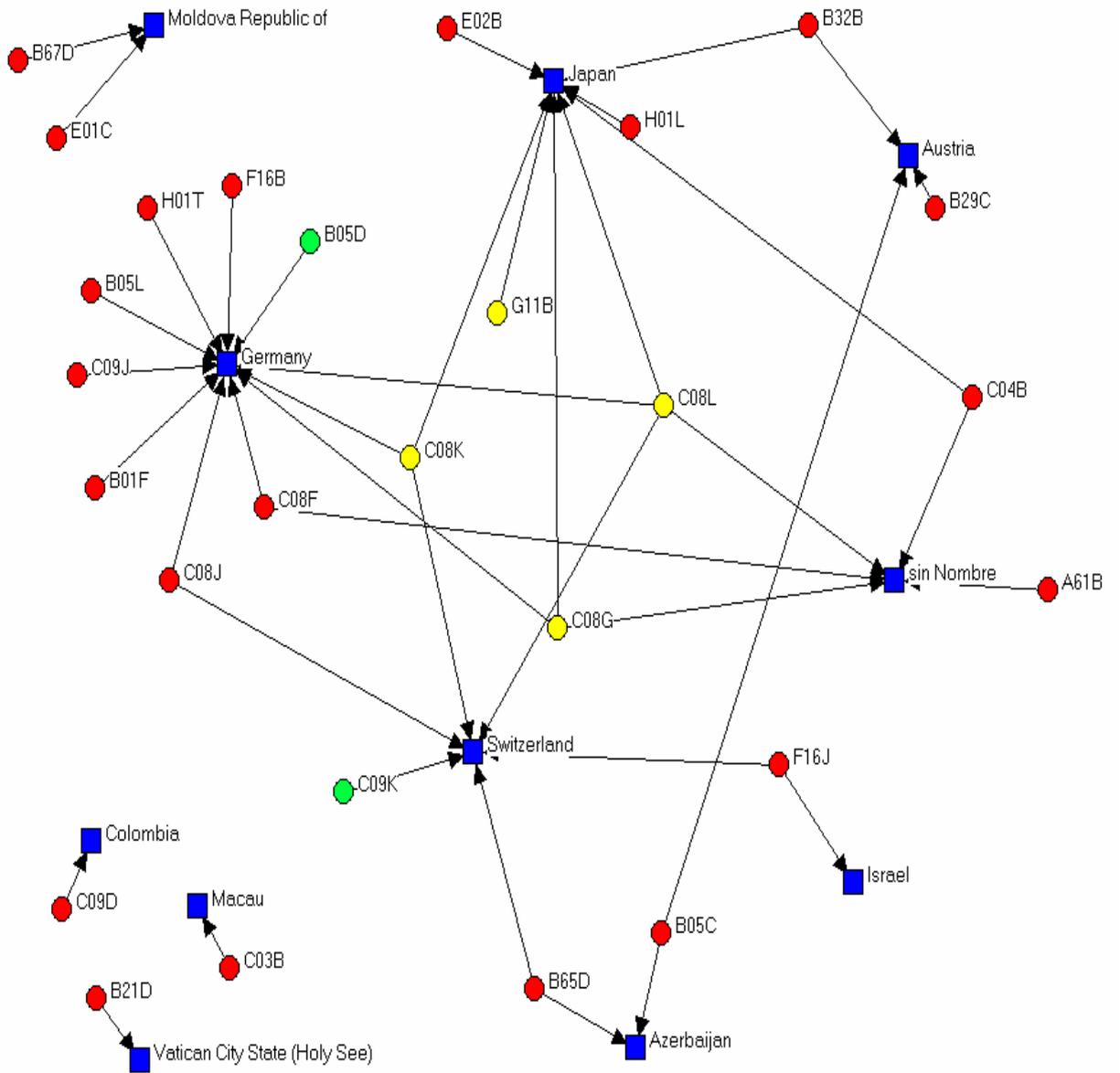
Fuente. Sistema proINTEC

Anexo 9. Número de Invencciones por titular.



Fuente. Sistema proINTEC

Anexo 10. Clasificaciones por país del inventor



Fuente. Sistema proINTEC

Anexo11. Análisis de Co ocurrencia de palabras.

Palabra 1	Palabra 2	Cantidad
polymer <u>X</u>	sealing <u>X</u>	13
sealing <u>X</u>	seal <u>X</u>	13
seal <u>X</u>	sealing <u>X</u>	13
sealing <u>X</u>	polymer <u>X</u>	13
resin <u>X</u>	polymer <u>X</u>	12
polymer <u>X</u>	resin <u>X</u>	12
sealing <u>X</u>	resin <u>X</u>	11
coating <u>X</u>	polymer <u>X</u>	11
epoxy <u>X</u>	resin <u>X</u>	11
resin <u>X</u>	epoxy <u>X</u>	11
polymer <u>X</u>	coating <u>X</u>	11
resin <u>X</u>	sealing <u>X</u>	11
sealing <u>X</u>	joint <u>X</u>	10
thermoplastic <u>X</u>	sealing <u>X</u>	10
joint <u>X</u>	sealing <u>X</u>	10
sealing <u>X</u>	thermoplastic <u>X</u>	10
sealed <u>X</u>	sealing <u>X</u>	10
sealing <u>X</u>	sealed <u>X</u>	10
copolymer <u>X</u>	resin <u>X</u>	9
material <u>X</u>	coating <u>X</u>	9

Fuente: Sistema proINTEC

Anexo 12. Características de los mastiques de aplicación en frío (Tipo I)

Características	Ensayo según Norma	Unidad	Valor	
			Mín.	Máy.
Densidad relativa a 25 0C	UNE 104-281/1-2		0.90	-
Penetración a (250C.100g. 5s)	UNE 104-281/1-4	0.1 mm	250	-
Punto de inflamación en vaso abierto Cleveland	UNE 104-281/1-12	0C	35	-
Contenido de cenizas	NC 33-16	%	-	30

Fuente: Norma Cubana 400 – 2005. Materiales bituminosos y bituminosos Modificados— características de los Másticos bituminosos. Especificaciones de Calidad. Vig. Enero 2005.

Anexo 13. Características de los mastiques de aplicación en caliente, Tipo II.

Características	Ensayo según Norma	Unidad	Valor	
			Mín.	Máy.
Punto de reblandecimiento (anillo y bola)	UNE 104-281/1-3	0C	75	-
Penetración a (250C.100g. 5s)	UNE 104-281/1-4	0.1 mm	20	70
Ductilidad a 75 0C cm/min	UNE 104-281/1-10	cm	3	-
Perdida por calentamiento	NC 054-118	%	-	1
Fluencia a 65 0C	UNE 104-281/ 4-3	mm	-	1
Contenido de cenizas	NC 33-16	%	-	30

Fuente: Norma Cubana 400 – 2005. Materiales bituminosos y bituminosos Modificados— características de los Másticos bituminosos. Especificaciones de Calidad. Vig. Enero 2005.

Anexo 14. Masillas comercializadas internacionalmente.

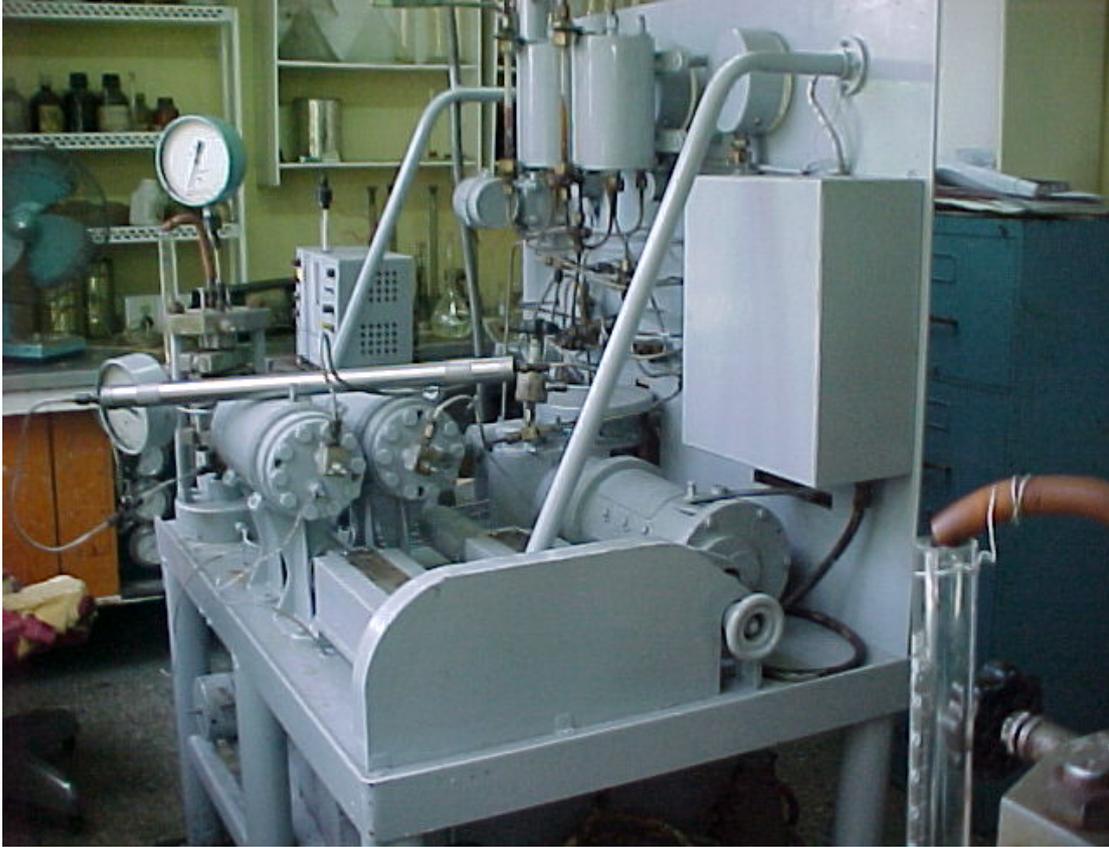
Denominación	MASTIQUE POLYGUARD 650	DYNAFLEX 9001	PROBIJUNT-2	JOINTFLEX VIAL SBS:	ACRIFLEX:
Base	asfalto	asfaltos, caucho sintético, aditivos plastificantes y cargas	asfáltica	cauchos sintéticos SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) y asfaltos	dispersión de caucho acrílico y cargas
Propiedades	excelente adherencia	Elasticidad permanente y resistencia al envejecimiento.	Se aplica en caliente.	Excelentes elasticidad, adherencia y durabilidad.	Se aplica en caliente
Aspecto.	Color: Negro.	tipo chicle de color negro	color negro	No se reporta.	pasta de consistencia semifluida
Densidad (g/cm ³)	1.12.	No se reporta.	1,1.	No se reporta.	1.5
Consistencia.	No se reporta.	No se reporta.	260-65 dmm	50 dmm	240 - 260 dmm.
Pto. Rebland. (°C)	No se reporta.	No se reporta.	100-105	85	No se reporta.
Ductilidad	No se reporta.	No se reporta.	No se reporta.	80%	No se reporta.

Fuente: Elaboración propia a partir de los Catálogos comerciales, disponibles en <http://www.e-asphalt.com>.

Anexo 15. Equipo Simulador Físico de Medio Poroso (AKM), vista delantera.



Anexo 16. Equipo Simulador Físico de Medio Poroso (AKM), vista trasera.



Anexo 17. Ficha de Costo de producción “ASFALTILE” para 1 tonelada de producto a escala industrial.

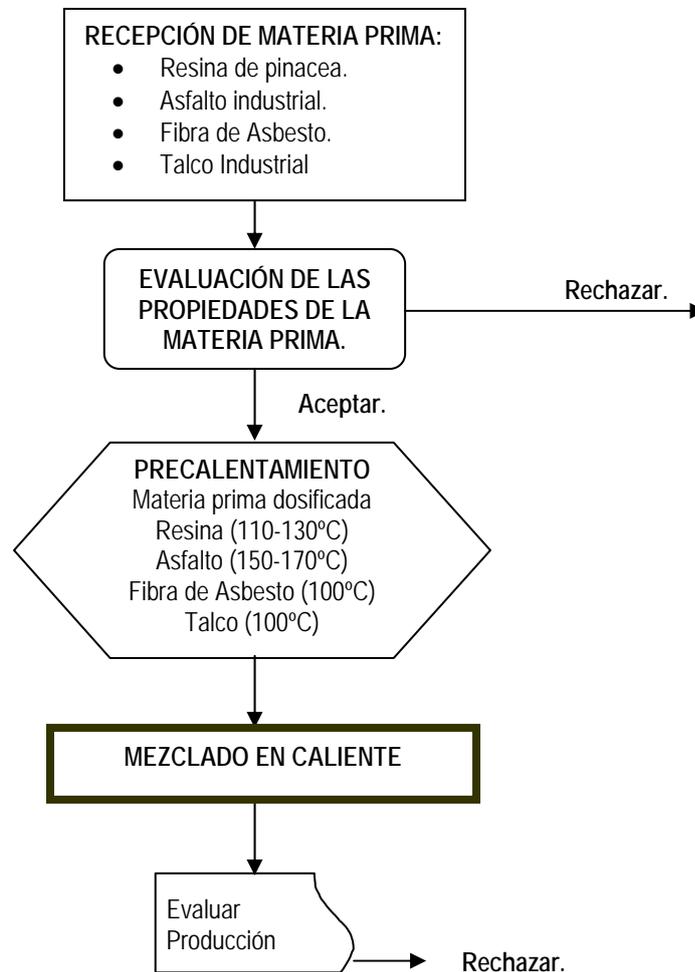
CONCEPTOS DE GASTOS	MONEDA TOTAL	DE ELLO MONEDA CONVERTIBLE	DE ELLO MONEDA NACIONAL
Materias primas y materiales(*)	196,34	128,87	67.47
- Combustible	9,02	9,02	
- Energía	3,35	1,77	1.58
- Agua	0,35	0,35	
Sub. total (Gastos de elaboración)	610,23	16,36	539.87
Otros gastos directos	28,87		28,87
- Depreciación (**)	11,38		11,38
Gastos de fuerza de trabajo	92,98	0,13	92.85
- Salarios	21,42		21,42
- Vacaciones	5,65		5,65
- Contrib. a la Seguridad Social	8,13		8,13
- Impuesto por la utilización de la fuerza de Trabajo.	16,94		16,94
- Estimulación	40,70		40,70
- Reforzamiento alimentario	0,13	0,13	
Gastos indirectos de producción	200,21		200,21
- Depreciación	0,88		0,88
Gtos. Grales., de admón, dist. y vtas.	288,16	16,23	271.93
- Combustible	14,90	14,90	
- Energía	1,33	1,33	
- Depreciación	5,89		5,89
- Ropa y Calzado (trab. indirectos)	5,25		5,25
- Otros	260,79		260,79
Gastos Financieros	0,20		0,20
Gastos Totales	806,77	145,23	661.54

Fuente: Formación de precios mayoristas máximo de productos. Empresa: IMPERASFAL. 2006.

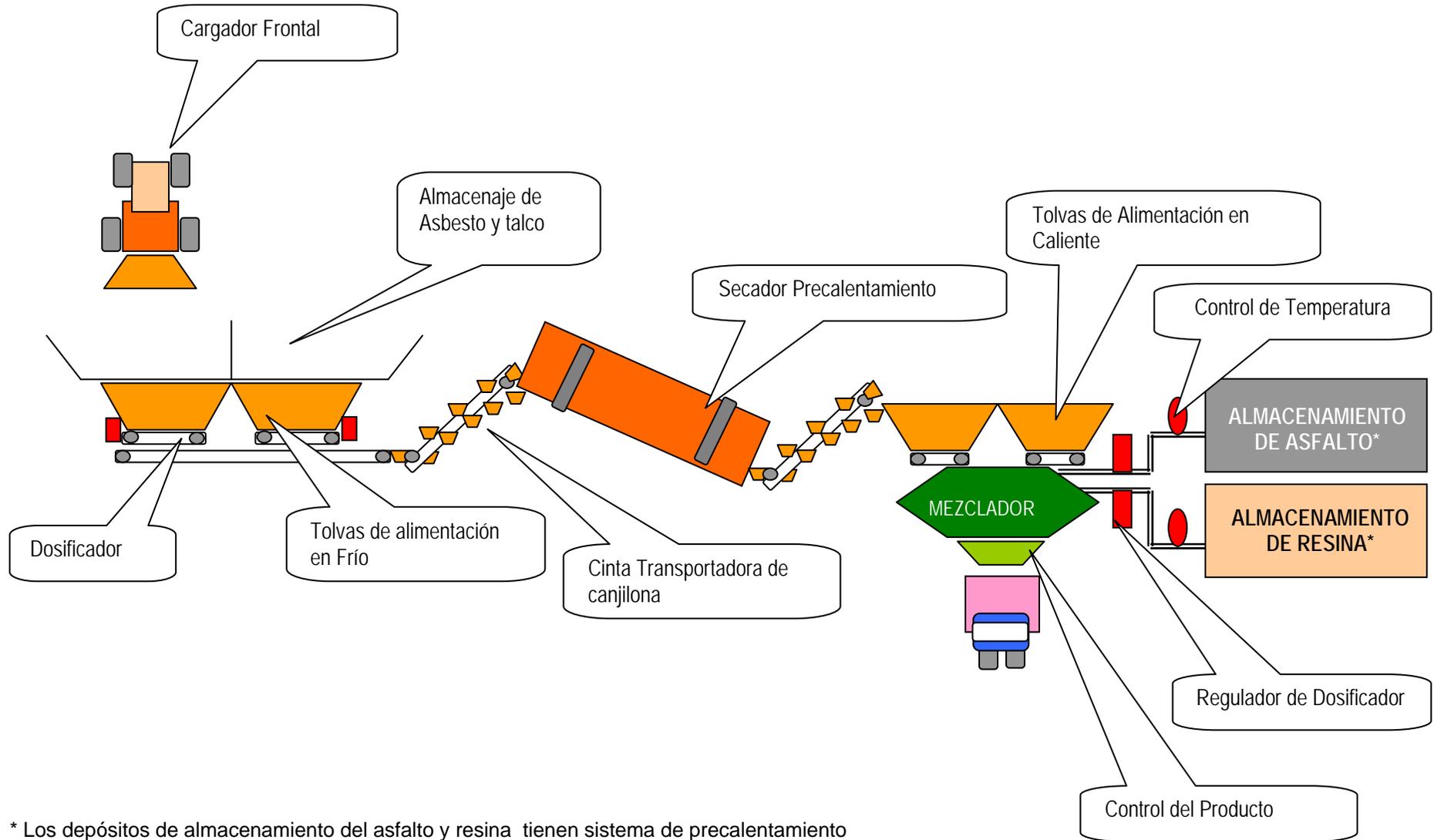
Código del producto: 457.2.01.0002

Anexo 18. Metodología para la obtención de masilla asfáltica a escala de banco.

(RESAFAL)



Anexo 19. Propuesta de esquema tecnológico para la producción de masilla asfáltica RESAFAL.



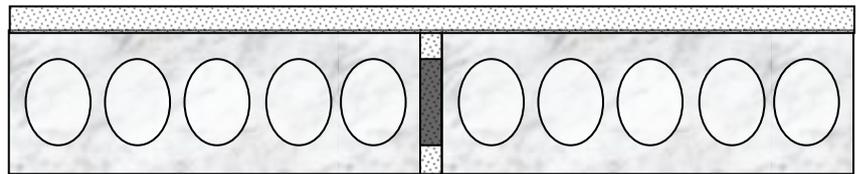
* Los depósitos de almacenamiento del asfalto y resina tienen sistema de precalentamiento

Anexo 20. Ficha técnica del producto para su comercialización.

El impermeabilizante **RESAFAL** es un impermeabilizante semisólido de base resina asfalto de alto nivel de prestación. Se recomienda para el sellaje de juntas y grietas, y de losas de cubierta con pendientes menores de 5 grados.

Datos identificativos del producto.

- Aspecto: Semisólido
- Color: Negro
- Densidad: 1.10 Kg./lt
- Ductilidad: 13 a 20 cm.
- Acción: Impermeabilizante de juntas y superficies
- Agentes activos: Resina. Asfalto 50 – 70
- Rendimiento en superficies: 0.5 m²/l
- Envase: Preferentemente metálicos de 20 o 200 litros. Puede transportarse en cisternas especializadas.
- Precauciones: Inflamable



- Recomendaciones para el uso: Las superficies deben estar totalmente limpias y secas y presentar pendientes inferiores a 5 grados. Se aplica en caliente a temperatura de 130 grados en capas de 2 a 3 mm. Para juntas de abertura superior a los 2 mm, se necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento o mortero para evitar que la mezcla se derrame. Es necesaria protección del intemperismo. Se recomienda una capa de mortero.