

UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL



TRABAJO DE DIPLOMA

**ESTUDIO DEL DETERIORO DE LAS PASARELAS DEL “HOTEL
PLAYA, CAYO SANTA MARÍA” Y PROPUESTA DE NUEVOS
MATERIALES PARA SU CONSTRUCCIÓN**

Autor: Richard López Venegas

Tutora: Dra. Kirenia Abreu González

Curso 2016-2017

PENSAMIENTO

Ciencia y técnica significa preparar un país, crear un país, no importa de dónde partamos hoy, no importan las dificultades de hoy; pero sí crear un país que viva de inteligencia y su sudor (...). Eso sólo la ciencia y la técnica lo pueden hacer (...)

Fidel Castro Ruz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma a mis padres y mis amistades por todo el apoyo que han brindado a mi proceso de formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Llega el momento de la despedida y quedan atrás momentos que jamás olvidaré, por eso, resulta casi imposible expresar con palabras la inmensa gratitud que siento por todas aquellas personas que estuvieron a mi lado durante todo el camino y que de una forma u otra han contribuido a mi formación como profesional.

□ A mi madre por todo el apoyo y el amor incondicional que me ha brindado durante toda la vida, sin ella no hubiese podido lograr ninguna de las metas alcanzadas.

□ A mi padre por el amor y el cariño que siempre me ofrece a pesar de que vivamos separados.

□ A mi hermana por ser la pequeña que más quiero Jennifer te amo.

□ A mis familiares más allegados, en especial a mis tíos, por todo el cariño que he recibido de parte de ellos.

□ A mi tutora Kirenia Abreu González por brindarme su ayuda y conocimientos para la realización de este trabajo.

□ A mis amigos (los mecánicos más payasos) por permitirme ser parte de sus vidas, por compartir juntos todo este tiempo de estudio y sacrificio, y porque no, por los festejos que siempre realizábamos. Muchas gracias, los llevaré siempre en el corazón.

□ A Ana que a pesar de todo siempre ha estado presta a ayudar y brindarme fuerzas para seguir, por su preocupación, por convertirse en el apoyo que necesito.

□ A mis compañeros de aula y a todo el claustro de profesores y técnicos quienes de una forma u otra me han ayudado en estos difíciles cinco años.

En fin, muchas gracias a todas las personas que brindaron su apoyo durante el transcurso de la carrera.

RESUMEN:

En el siguiente trabajo se realiza el estudio del deterioro de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María” las cuales están sometidas a los hostiles ambientes costeros. Otros de los elementos estudiados son los materiales más empleados para la construcción de estructuras cercanas al mar, analizando su nivel de durabilidad. Se caracterizan las pasarelas en cuanto dimensiones generales, pintura, materiales más empleados y esmaltes usados para su protección, además del mantenimiento aplicado a las pasarelas. También se hace un análisis de la preservación de la madera y se proponen nuevos materiales para la construcción de pasarelas sometidas a ambientes costeros con el fin de alargar su vida útil.

ABSTRACT:

In the following work study of the deterioration of the catwalks of the "Playa Hotel, Cayo Santa María" is carried out, which are subject to the hostile coastal environments. Other elements studied are the materials most used for the construction of structures near the sea, analyzing their level of durability. The walkways are characterized as general dimensions, paint, most used materials and enamels used for their protection, in addition to the maintenance applied to the walkways. An analysis of the preservation of wood is also made and new materials are proposed for the construction of footbridges subjected to coastal environments in order to extend its useful life.

Índice

INTRODUCCIÓN:.....	1
Capítulo I: Estado del arte sobre los materiales más empleados en las pasarelas de hoteles, con ambientes costeros.	3
1.1. Introducción.....	3
1.2. Pasarelas de madera.....	3
1.3. Materiales más empleados para la construcción de estructuras cercanas al mar y su clasificación en cuanto al nivel de durabilidad.	4
1.3.1 Madera	4
1.3.2 Acero	5
1.4. Principales fenómenos de deterioro de las estructuras de madera en ambientes costeros	8
1.4.2-Reino vegetal.	9
1.4.3-Reino animal.	10
1.4.3- Agentes no biológicos:	12
1.5. Materiales Compuestos	12
1.6. Conclusiones parciales	14
Capítulo II: Caracterización de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”, formas de evitar la corrosión.....	15
2.1 Introducción.....	15
2.2 Características generales de las pasarelas:	15
2.2.1 Maderas utilizadas.	17
2.2.2. Análisis de las propiedades mecánicas de tablillas de las pasarelas.....	18
2.3 Preservación de la madera.....	20
2.4. Formas de mantenimiento aplicadas a las pasarelas.	22
2.4.1. Modo de uso de la pintura marca “Montó” a la hora de dar el mantenimiento: .	24
2.5 Formas de evitar la corrosión del acero.....	26
2.5.1 Soluciones contra la corrosión	26
2.6. Conclusiones parciales:	28
Capítulo 3 Materiales propuestos para la confección y durabilidad de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María” ‘:.....	30
3.1 Introducción:.....	30
3.2 Recomendación de maderas para la construcción de las pasarelas.....	30
3.3 Maderas tratadas a presión.	30

3.4. Componentes de acero:	31
3.5. Resistencia a ambientes costeros de aceros galvanizados con y sin recubrimiento.	32
3.6. Materiales compuestos a base de plástico y madera	33
3.7 Propuesta de material para la construcción de las pasarelas.	34
3.7. Sustitución de las pasarelas del Hotel Playa Cayo Santa María por pasarelas de material compuestos	34
3.8 Propuesta de cambio de diseño.	36
3.9 Conclusiones	36
CONCLUSIONES:.....	37
Recomendaciones:.....	39
BIBLIOGRAFÍA:.....	40
ANEXOS	45

INTRODUCCIÓN:

El Hotel “Playa, Cayo Santa María” es una instalación que fue creada con el fin de otorgar servicio de alojamiento a las personas que lo requieran permitiéndoles a los visitantes sus desplazamientos. Los hoteles proveen a los huéspedes de servicios adicionales como restaurantes, piscinas y guarderías. Este hotel cuenta con un departamento de Servicios Técnicos (SSTT) que es el encargado de dar el mantenimiento a la instalación, el cual se rige por el Manual de SSTT del Grupo de Hotelería y Turismo Gaviota S.A. (Gaviota, 2011)

Uno de los problemas que afectan el hotel es la ubicación geográfica pues se encuentran en un clima y ambiente costero el cual se comporta con un carácter altamente agresivo, pues desgasta de forma activa toda la infraestructura del hotel viéndose en este trabajo el deterioro de las estructuras de madera como son: pasarelas, Snack Bar y áreas de sombra conllevando a un aumento de forma dinámica de las gestiones de mantenimiento para su buen estado, uso y explotación.

Planteamiento inicial: La necesidad de construir pasarelas resistentes a ambientes costeros.

Por lo anterior, el **Problema Científico** es la necesidad de construir pasarelas con materiales resistentes a ambientes costeros, las cuales con un adecuado mantenimiento tengan mayor durabilidad.

Por lo que se puede plantear la siguiente hipótesis:

“Es posible proponer nuevos materiales para la construcción de pasarelas, con una buena resistencia a ambientes costeros”

Objetivo General

- Análisis del deterioro de las pasarelas “Hotel Playa, Cayo Santa María” y propuesta de un nuevo material para su construcción.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio sobre los materiales más utilizados en la fabricación de estructuras sometidas a ambientes costeros y los principales problemas que los afectan.

- Realizar un estudio sobre el estado de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”.
- Estudio del mantenimiento aplicado a las pasarelas en el “Hotel Playa, Cayo Santa María”.
- Proponer nuevos materiales para fabricación de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”.

Justificación:

La investigación desarrollada realiza un estudio sobre los materiales más usados en la fabricación de edificaciones sometidas a ambientes costeros, proponiendo nuevos materiales para la fabricación de las pasarelas sometidas a estas condiciones.

Viabilidad de la investigación:

La investigación es viable ya que se cuenta con profesionales y estudiantes de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas capacitados para llevar a cabo la investigación.

Estructura del trabajo.

El trabajo de diploma presenta un resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

Capítulo 1: Se presenta una fundamentación teórica sobre el estudio de las pasarelas con ambientes costeros indagando en los daños que se le presentan a las mismas debido a su ubicación y se hace un análisis de los materiales que se utilizan en su fabricación en cuanto al nivel de durabilidad de los mismos

Capítulo 2: Se analizan las pasarelas en cuanto a características generales, tipo de mantenimiento que se le da en el “Hotel Playa, Cayo Santa María” y se hace un análisis de las formas de preservar la madera

Capítulo 3: Se realiza una propuesta de materiales con mejor fiabilidad para la fabricación de las mismas y se propone cambiar la madera por compuestos a base de plástico y madera.

Capítulo I: Estado del arte sobre los materiales más empleados en las pasarelas de hoteles, con ambientes costeros.

1.1. Introducción

Las estructuras de madera expuestas al ambiente costero presentan grandes problemas debido al deterioro provocado por la humedad del aire, el sol (rayos ultravioletas). El resultado es que en este ambiente se reduce la vida útil. Estas consecuencias pueden aparecer en unos pocos meses de explotación, especialmente en las estructuras que se encuentran en el exterior. Por lo que muchas de estas estructuras terminan siendo remplazados, antes del tiempo previsto por no mantener las características y condiciones óptimas para su explotación. (Laboratorio tecnológico de Uruguay, 2014)

1.2. Pasarelas de madera

La utilización de pasarelas de madera surge por la necesidad de dar acceso peatonal a lugares en los que, bien las características del terreno lo impiden o bien se quiere guiar al usuario, evitando el tránsito por determinados lugares. La elección de un tipo u otro dependerá de diferentes criterios: estéticos, estructurales, económicos, estacionales, orográficos. Es preciso realizar un buen diseño de estas estructuras, principalmente en la unión de la pasarela con los estribos.

En la actualidad existen miles de kilómetros de pasarelas de madera tratada en parques, jardines y playas; instaladas fundamentalmente porque la madera en estos sitios se integra en el entorno natural, resulta agradable al visitante, así como también tiene una sencilla y rápida instalación. (Jiménez, 2008)

Sin embargo, pese a la facilidad que supone la ejecución de estas obras, es necesario que se lleven a cabo correctamente en función del uso que se le vaya a dar, puesto que tienen que preservar en el tiempo. En este aspecto, es donde tiene mucha importancia la durabilidad de la madera, sometida a degradaciones abióticas por la propia exposición al sol con grandes cambios de temperatura y a la humedad, así como la degradación biótica causada por organismos xilófagos (insectos como la carcoma, termitas o polillas, y también hongos de pudrición). Estas degradaciones podrán ser evitadas si se lleva un control de la calidad del producto desde la propia prescripción hasta su puesta en uso y mantenimiento, además existen hoy en día

mecanismos normativos y certificables que dan una seguridad al consumidor que el producto es de calidad.(Jiménez, 2008)

La fijación de las tablas del suelo a la estructura del suelo, se debe realizar con conexiones adecuadas de modo que no perjudique al paseante.

El tipo de tratamiento requerido debe de ser en función al uso que se le desea dar, y el contacto continuo de la pasarela con el suelo. En zonas húmedas hay que prever que la madera sea antideslizante, y en el caso de que exista la posibilidad de usuarios descalzos, es imprescindible que la madera sea cepillada.

En cuanto a la calidad de la madera, es importante que no presente muchos nudos, especialmente los saltadizos, que podrían causar daños a los usuarios. Por ello es recomendable exigir siempre calidades visuales de la madera. La madera de pino, habitualmente de origen nórdico (Madera de Flandes tipo quintas), tiene la cualidad de una estabilidad muy elevada, que disminuye el riesgo de deformaciones elevadas de la madera instalada. La tornillería usada debe ser de acero galvanizado o acero inoxidable en zonas próximas al mar. En áreas con ambientes costeros pueden ocurrir ataques de hongos a la madera si no está tratada correctamente.(Departamento de Pesca FAO, 2015)

1.3. Materiales más empleados para la construcción de estructuras cercanas al mar y su clasificación en cuanto al nivel de durabilidad.

1.3.1 Madera

La madera es el material más común para construcción y elaboración de pasarelas en prácticamente todas las latitudes, tanto en regiones con grandes superficies de bosques, como en las regiones donde existen pocos árboles, sin embargo, su uso tiene una gran desventaja: su durabilidad.

La durabilidad natural es la propiedad de la madera de resistir en mayor o menor grado el ataque de los agentes de destrucción en condiciones naturales de uso. El grado de durabilidad de una pieza de madera varía en función de las especies leñosas y la durabilidad natural depende también de las condiciones de utilización. Existen ciertas especies que tienen buena durabilidad natural debido a ciertos constituyentes como los fenoles en mayor porcentaje, antocianinas, antoxantinas,

ácido hidroxibenzolico, glucósidos y otros que hasta hace muy poco se los llamaba taninos y que actualmente reciben el nombre de polifenoles.

Para la caracterización de la durabilidad de las maderas se han ensayado diversos sistemas de clasificación. El sistema más común para clasificar la durabilidad natural de la madera es el (Findlay, W. P. K. 1985). Se muestra en la en la Tabla 1.1 continuación.

Clase	Definición	Vida en servicios en climas templados	Vida en servicios aproximadamente en el trópico
1	Muy durable	>25 años	>15 años
2	Durable	15-20 años	10-15 años
3	Moderadamente durable	10-15 años	10-15 años
4	No durable	5-10 años	1-5 años
5	Perecedero	<5 años	<2 años

Tabla 1.1 clasificación de la durabilidad natural de la madera.

1.3.2 Acero

El acero es de gran empleo en la construcción de estructuras marinas, ya sea con fines decorativos o como medio de sujeción, pero al estar expuesto a la hostilidad del ambiente costero se ve afectado por la corrosión. En la figura 1.1 se muestra un gráfico de las velocidades de corrosión del acero al carbono a diferentes distancias de la costa por países.(IMINOX, 2010)

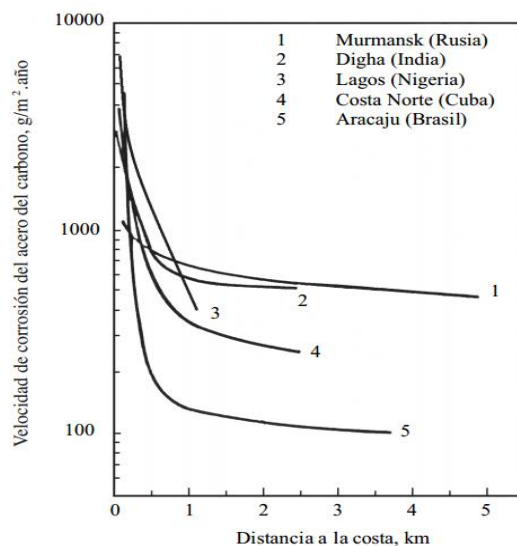


Figura1.1: Gráfico de velocidad de corrosión del acero al carbono vs. Distancia a la costa.(IMINOX, 2010)

Se observa que la región con mayor velocidad de corrosión es Murmansk, ciudad portuaria de Rusia ubicada en el extremo noroeste del país, específicamente en la costa norte de la península de Kola en la desembocadura del río Kola frente al mar de Barents (golfo de Kola), y próxima a la frontera rusa con Noruega y Finlandia, en la región de Laponia, con valores que oscilan entre 0,5 y 1 kg/m² año con poca variación por la distancia a la costa.

Sin embargo, Aracaju, municipio brasileño capital del estado de Sergipe, localizado en las márgenes del océano atlántico, delimitada por los ríos Sergipe y Poxim tiene valores relativamente más bajos, pues a 1 km de la costa tiene una velocidad de corrosión de aproximadamente 100 g/m² año y a medida que se aleja disminuye aún más.

En el caso de Cuba es decir en la costa norte donde está ubicado el Hotel Playa, Cayo Santa María entre los 50 m y 200 m aproximadamente de la playa la velocidad de corrosión del acero al carbono se aprecia que puede estar por los 1.3 kg/m²- año, por lo que las gestiones de mantenimientos deben ser muy intensas y dinámicas ya que los gastos en las intervenciones y reparaciones de los equipos pueden ser muy elevados. (Gaviota, 2011)

Los materiales de construcción para los hoteles deben tener una alta durabilidad para resistir el salitre que se encuentra en el aire, humedad, los vientos, la luz solar

extrema, penetración del mar, estas condiciones climáticas específicas atentan contra la vida útil de los materiales. En la Tabla 1.2 se muestran la clasificación de los materiales, mientras que en la Tabla 1.3 se ven las características de los materiales más empleados en cuanto a su vida útil y nivel de durabilidad.(Vitoria-Gasteiz, 2010)

Nivel de durabilidad	Tiempo de vida útil (en años)
Grupo A: Elementos de gran durabilidad	40 –100
Grupo B: Elementos de durabilidad media	10 – 40
Grupo C: Elementos de poca durabilidad	1 – 10

Tabla 1.2 Nivel de durabilidad

Elementos estructurales	Nivel de Durabilidad	Tiempo de vida útil
Cimientos aislados hormigón armado	A	65 –100
De piedra o hierro fundido	A	65 – 70
De ladrillos y bloques	A	65 – 80
De madera dura	A	40 – 65
Cubierta de asbesto cemento	B	25 – 40
De láminas metálicas	B	20 – 25
De madera aglomerada	B	20 – 40
Impermeabilización cementosa	C	5 – 8
De madera blanda	C	5 – 10

Tabla 1.3. Materiales de construcción

En las figuras 1.2;1.3;1.4 y1.5 se observan algunos de estos materiales utilizados en diferentes instalaciones de los hoteles.



Figura1.2. Enchapado de madera en las habitaciones



Figura1.3. Tejas cerámicas



Figura1.4. Lámpara de exteriores



Figura 1.5. Ventana de Aluminio (pintada al horno) está totalmente deteriorada por los fenómenos de corrosión.

1.4. Principales fenómenos de deterioro de las estructuras de madera en ambientes costeros

Los principales fenómenos de deterioro en los ambientes costeros de las estructuras de maderas son debido a la acción de distintos agentes del medio ambiente y el hombre. Los factores climáticos (lluvia, viento, radiación solar) inciden directamente en el deterioro. El agua es el factor fundamental para el desarrollo de hongos e insectos y produce lavado de extractivos y perseverantes. Los cambios de humedad y temperatura favorecen la aparición de grietas, que son vías de entrada de microorganismos. La radiación solar afecta a la madera por la incidencia de rayos

ultravioletas e infrarrojos que degradan la lignina causando decoloración y desfibrado. Además, hay factores bióticos, es decir vinculados a seres vivos, que afectan a la madera. Por ejemplo, los hongos descomponedores (Basidiomycetes) son los causantes de las llamadas pudrición parda y blanca. Los hongos filamentosos (Ascomycetes) y algunas bacterias son los responsables de la pudrición blanda. (PROTEC WORK'S, 2007)

1.4.1-AgENTES DE DEGRADACIÓN DE LA MADERA

Es esencial para efectos de conservación de las maderas, conocer la época o el período en que se presenta el agente destructor de la madera, particularmente el de origen biológico, ver Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Período en el cual se observa el ataque de agentes destructores de la madera de origen biológico.

Tipo de madera	Organismos destructores de la madera				
	Insectos de madera fresca	Insectos de madera seca	Mancha azul	Pudrición	Termitas
Madera en rollos recién cortadas	Horas	No ataque	Horas	Semanas	Días en contacto con el suelo. Semanas en madera seca
Madera recién aserrada	Solo si hay corteza	No ataque	Horas	Semanas	Como arriba
Madera en servicio o almacenada seca	No ataque	Semanas a meses	No ataque	No ataque	Semanas a meses según condiciones locales
Madera en servicio en condiciones húmedas	No ataque	Semanas a meses	Semanas	Meses a años	Como arriba
Madera en servicio en contacto con el suelo	No ataque	Raramente atacada	No relevante	Semanas a meses	Días

1.4.2-Reino vegetal.

Las bacterias no constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera. Pero existen relaciones con los hongos ascomycetes que causan cierto tipo de pudrición o mancha. El bacillus polymixa es la bacteria capaz de atacar a la madera sumergida en el agua dulce, aunque esta degradación es poco significativa.

Los hongos son microorganismos inferiores que se encuentran en gran abundancia en el aire y la tierra, esperando la aparición de condiciones favorables para su germinación y posterior desarrollo. La constitución de los hongos es relativamente simple, el cuerpo fructífero se conforma de células individuales llamadas hifas,

células muy finas, diámetro aproximadamente 2 μm , microscópicas, poseen ramificaciones, paredes transparentes conformadas por quitina. Los hongos se desarrollan mediante las esporas que son las responsables de la propagación y se producen dentro de los cuerpos fructíferos que dan lugar a los principales grupos de agaricales y poliporales mostrándose a continuación en la figura 1.6 (Vargas, 2011)



Figura 1.6 Madera contaminada con hongos

1.4.3-Reino animal.

En el reino animal existen clases de insectos que afectan la madera. Los insectos presentan metamorfosis completa: huevo -larva pupa -adulto. El material leñoso es afectado cuando las larvas construyen sus galerías en la madera para obtener su alimento y protección. Entre las especies que podemos encontrar en el Hotel Playa Cayo Santa María se encuentran: (Vargas, 2011)

- **Polillas:**

- Ataca las especies de madera con alto porcentaje de almidón, dañando la albura, además de especies con tamaño de vasos grandes. Si durante 15 años no han sufrido ataques, se vuelven inmunes.
- Siguen la dirección de las fibras, y en fases finales cualquier dirección.
- La duración del ciclo biológico es de 1 año, acortándose, si hay altas temperaturas emergen de la madera en marzo, abril, octubre y noviembre.

- Ataque: las hembras colocan los huevos, aproximadamente unos 70. en las grietas y los poros de la madera, provoca que el aumento del daño pueda ser grande de una generación a otra.
- Este insecto tiene un tamaño de 1,4 o 7 mm, color marrón rojizo.



Figura 1.7: Se observa el insecto y los daños que le ocasiona a la madera

- **Termitas:**

- Presentan metamorfosis incompleta (huevo, ninfa, adulto).
- Viven bajo una organización social avanzada.
- Constituyen una agrupación de individuos formada por distintos grupos o castas.
- Son Incapaces de vivir solitariamente.
- Desempeñan diferentes cargos o funcione en el desarrollo de la colonia.



Figura 1.8: Colonia de Termitas

1.4.3- Agentes no biológicos:

Temporización o meteorización

Las continuas fluctuaciones de temperatura y humedad causan la contracción o, hinchamiento de las capas superficiales de la madera, lo que trae como consecuencia la formación de pequeñas grietas y su posterior desfibramiento.

El viento arrastra partículas de polvo y arena que golpean a la madera contribuyendo también a su desgaste, existe una acción química donde intervienen el oxígeno del aire y la acción de los rayos solares. (Vargas, 2011)

Fuego:

Cuando una madera se calienta, el calor se consume rápidamente, debido a la reacción endotérmica que se produce; pero a partir de 250°C se inicia una reacción exotérmica con una rápida elevación de temperatura, que favorece la combustión y la formación de gases inflamables que contribuyen a la destrucción total del leño.

Radiación solar:

La radiación solar degrada la madera de dos maneras:

- Calentamiento: Por rayos infrarrojos produce un aumento de la temperatura en las superficies expuestas, provocando grietas y el acceso de agentes bióticos, afloración de resinas, contracción e hinchamiento.
- Fotodegradación: Producida por rayos ultravioletas que degradan la madera descomponiendo la celulosa provocando fisuras y pérdida de sustancias, la que es arrastrada por el agua de lluvia. Provoca cambio de color y de textura. Mayor degradación en madera de primavera y albura.

1.5. Materiales Compuestos

El aumento exponencial en los últimos años de la utilización de materiales compuestos se debe al hecho de la posibilidad de diseñar el material con ciertas propiedades específicas superiores a las propiedades mecánicas de los materiales tradicionales. Los mismos son más resistentes a la corrosión que los materiales tradicionales, muestran una buena relación resistencia-peso, rigidez-peso, son térmicamente estables

Se define como material compuesto a todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión (no química, insolubles entre sí) de dos o más

componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores. Una forma de clasificar los materiales compuestos, es atendiendo a la naturaleza de la matriz, así se suele hablar de compuestos de matriz metálica (MMC), compuestos de matriz cerámica (CMC) y compuestos de matriz orgánica (CMO) (Salgueiro, G. (2008 y Askeland, 2001).

Según (Majó, 2003), de una forma más técnica y precisa define que los materiales compuestos serían el constituido por dos o más materiales cuyas propiedades son mayores a las que presentan cada uno por separado.

El material compuesto está constituido básicamente por matrices y rellenos. La matriz es, en esencia, el elemento aglomerante, y sus propiedades determinan aspectos como las condiciones de fabricación e importantes parámetros de operación, como son la resistencia a la fatiga, a los efectos del medio, a la temperatura de trabajo, etcétera. Se habla de las características específicas del material, cuando los compuestos que utilizan fibras como fase dispersa pretenden conseguir, entre otras, mayor rigidez, carga elevada y bajo peso específico.

El material compuesto ofrece condiciones favorables cuando está formado por fibras y estas se consideran uniformemente repartidas y alineadas de forma que su sección se encuentra perpendicular a los esfuerzos. Ver figura 1.9

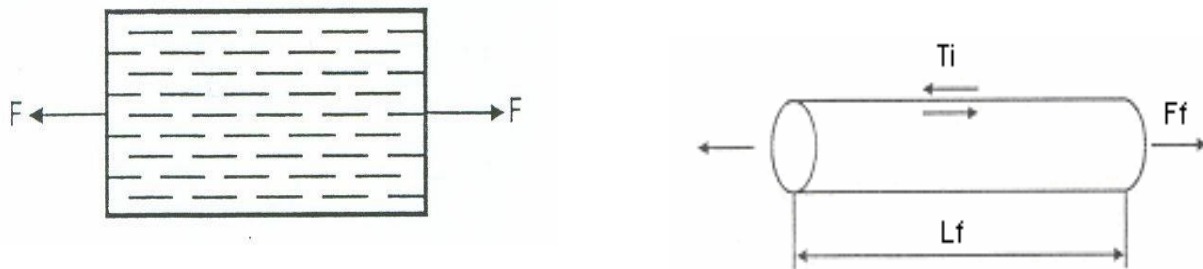


Figura 1.9 Material compuesto formado por la matriz y fibras orientadas uniaxialmente de longitud L_f .

En la zona de inicio de rotura de un material compuesto, los elementos que mantienen unida la matriz son las fibras de refuerzo. Si la longitud de las fibras es lo suficientemente larga como para quedar unida a las dos zonas de la matriz separada por la grieta microscópica donde se inicia la rotura, podrán soportar

la carga. En cambio, si la longitud de la fibra no permite el suficiente anclaje en las paredes de la fibra, ésta acabará arrancada (**Suárez, 2014**).

Una característica importante los compuestos reforzados con fibras es la posibilidad de diseñarlos para soportar condiciones de cargas diferentes.

1.6. Conclusiones parciales:

- Las pasarelas en ambientes costeros sufren numerosos daños debido a su ubicación, ya que están expuestas a la humedad del aire, el sol (rayos ultravioletas) y agentes externos que degradan la madera.
- Para la fabricación de pasarelas en ambientes costeros es necesario emplear materiales que tengan un alto nivel de durabilidad para alargar su vida útil y así evitar que muchas de estas estructuras terminen siendo remplazadas antes del tiempo previsto y así evitarle al complejo hotelero gastos por sustitución.
- Los elementos de unión en la pasarela, deben ser de materiales no ferrosos o con algún tratamiento que disminuya la velocidad de corrosión de los mismos.
- Las degradaciones en las pasarelas pueden ser evitadas si se lleva un control de la calidad del producto desde la propia prescripción hasta su puesta en uso y mantenimiento, rigiéndose por los mecanismos normativos y certificables.
- Los materiales compuestos son más resistentes a la corrosión que los materiales tradicionales, muestran una buena relación resistencia-peso, rigidez-peso, son térmicamente estables.

Capítulo II: Caracterización de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”, formas de evitar la corrosión.

2.1 Introducción.

Las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María” son pasarelas pilotadas que son una buena opción en playas y lugares donde no se pueda utilizar hormigón, y el terreno lo admita. El hecho de poder instalar pilotes con poca separación (unos dos metros normalmente), hace que las secciones de las vigas disminuyan, abaratando el costo. Se utilizan con diferentes fines: acceso a minusválidos en playas, evitar pisar determinadas zonas (ruinas, dunas, plantaciones, etc.), salvar zonas de agua, zonas de barro, taludes, etc. estas están compuestas por unos pilotes, vigas, viguetas, entablado del piso. Los tipos de maderas que se utilizan son madera de importación como la capirona, el maple y el cabucaí entre otras (**Jiménez, 2008**)

2.2 Características generales de las pasarelas:

Las pasarelas en cuanto a las dimensiones tienen 900 m lineales y presentan diferentes dimensiones las cuales varían en cuanto su ubicación y tramo del hotel (Gaviota, 2011) en la Tabla 2.1 se muestran las dimensiones de sus elementos:

Tabla 2.1. Elementos de la pasarela

Elementos		Dimensiones (mm)			
		Diámetro	Espesor	Ancho	Largo
1	Pilotes cortos	100			2100
2	Pilotes largos	150			2500
3	Cargaderas (Vigas)		75	150	2100
	Arriostres		38	85	1550
5	Entablado		38	150	1600
6	Barandas		50	100	1000
7	Barandas		75	75	1300
8	Barandas		75	75	1400

A continuación, se muestran en las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 el deterioro que presentan las pasarelas.



Figura 2.1. Corrosión presente en los elementos metálicos de las pasarelas.

La figura 2.1. Se muestra como los clavos, las tuercas y las arandelas están totalmente deteriorados por los fenómenos de corrosión.



Figura 2.2. Deterioro del entablado de la del piso de la pasarela.

En las figura 2.3 se aprecia como los cambios de humedad y sol intenso a que es sometida la pasarela se ha desclavado la pieza de las pasarelas dificultando el paso para las personas y en ocasiones provocando heridas a los paseantes.



Figura 2.3 Desclavado de las piezas de la pasarela.

2.2.1 Maderas utilizadas.

En el Complejo Hotelero la madera utilizada es el Algarrobo, esta presenta una alta densidad, es dura de clavar, de gran capacidad mecánica y muy buena estabilidad dimensional que permite el trabajo en verde. Según la literatura consultada las propiedades físicas y mecánicas que presenta son los siguientes valores promedios: Densidad en verde, 1.150 kg/m^3 ; Densidad de la madera seca al aire, 822 kg/m^3 ; Densidad anhidra, 770 kg/m^3 Contracción volumétrica, 6,2 %; Flexión Estática, 630 kg/cm^2 (61,7 MPa) Tensión tangencial a la Compresión, 230 kg/cm^2 (22,55 MPa); Tensión perpendicular a Compresión, 230 kg/cm^2 (22,55 MPa); Dureza Tangencial, 858 kg/cm^2 (84,14MPa); Tensión Tangencial (T), 127 kg/cm^2 (12,45 MPa) **(Aeberhard, 2010)**

Otros autores (Vignote, 1999) muestran tablas con propiedades para diferentes maderas y como primer caso a tratar analizan el algarrobo arrojando valores como los que se pueden apreciar en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características Físico - Mecánicas del algarrobo

	VALOR MEDIO	INTERPRETACIÓN
Densidad normal (peso específico aparente). (gr/cm^3)	0.75	Pesada
Dureza perpendicular a la fibra brinell kp/mm^2	7,7	Dura
Contracción volumétrica total	6,6	Muy baja
Punto de saturación de las fibras	28	Baja
Coef. De contracción volumétrico	0,24	Muy baja
Contracción lineal tangencial	4,5	Medio a bajo
Coef. De cont. Tangencial	0,16	Medio a bajo
Contracción lineal radial	1,9	Bajo
Coef. De cont. Radial	0,07	
Relación entre coef. De contraccion tangencial y radial	2,3	Alta, tendencia a atear
Flexión estática (kg/cm^2)	634	Pequeña
Modulo de elasticidad	60.000	
Compresión paralela a la fibra (kg/cm^2)	482	Alta

La flexión estática es de 634 kg/cm^2 (62,17 MPa) y la compresión paralela a la fibra de 482 kg/cm^2 (47,26 MPa).

Como puede observarse es una especie con una excepcional estabilidad dimensional solo superable por la caoba. También debe destacarse su tendencia al

alabeo, aunque gracias a su estabilidad esta tendencia es sólo ligera (**Vignote, 1999**).

Al realizar una curva tensión deformación para esta madera se puede apreciar que tiene un comportamiento dúctil. (Ver figura 2.4)

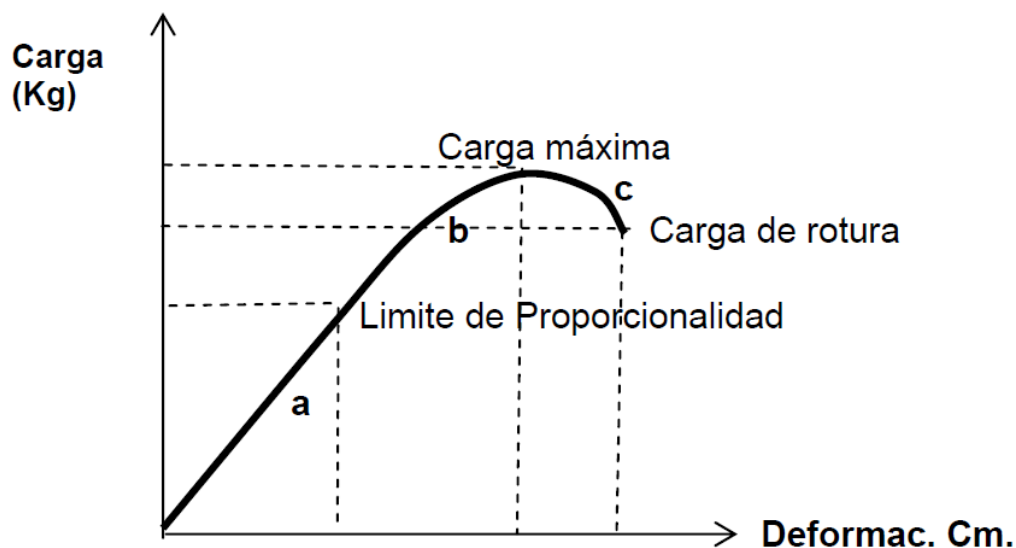


Figura 2.4. Curva tensión deformación para el algarrobo.

2.2.2. Análisis de las propiedades mecánicas de tablillas de las pasarelas.

Las propiedades mecánicas del algarrobo fueron mostradas en el epígrafe anterior fueron tomadas de la bibliografía. Para corroborar estos resultados se realizaron ensayos a la madera.

El entablado de las pasarelas está sometido a flexión debido al paso de los clientes por las mismas, por lo que hace necesario analizar esta propiedad. Para la determinación de la resistencia máxima a la flexión estática, se tomó como referencia la (Norma Cubana) NC 43-35:88 (**Suárez, 2014**) Esta norma es concordante con la norma ISO 3133-1975 y basa su método en la aplicación de una carga lentamente creciente al centro de una probeta colocada sobre dos puntos de apoyo, hasta la ruptura durante un tiempo de $(1,5 \pm 0,5)$ min (**Norma cubana NC 43-35:88**).

Preparación de las probetas:

Para la realización de este trabajo se escogen el algarrobo, ya que es la madera que actualmente se utiliza en la construcción de las pasarelas. Las dimensiones de las probetas se preparan en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm de lado y una longitud, a lo largo de la fibra, de 300mm (**Norma cubana NC 43-35:88**)

Métodos para los cálculos

La resistencia máxima a la flexión estática, F_H , para un contenido de humedad (H), en el momento del ensayo, se dará por la fórmula:

$$F_H = \frac{3P_{m\acute{a}x} \cdot L}{2bh^2} \text{ (MPa)} \quad (2.1)$$

Dónde:

$P_{m\acute{a}x}$: carga máxima de rotura, (N)

L: Distancia entre los centros de los soportes (mm).

b: ancho de la probeta (mm)

h: altura de la probeta (mm)

L=280 mm

b= 20 mm

h= 20 mm

Para la determinación de la carga máxima a la rotura (Ver Anexo 1) se realiza la preparación de las probetas según NC 43-35:88, ya explicada anteriormente donde el ensayo se realiza para las probetas en peso anhidro (peso seco), para así conocer la máxima carga que soporta, según (**SMITH, 2004**) mientras más humedad posee la madera menor será su resistencia.

Calculando la media de la carga máxima de rotura

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{\sum P_{\acute{u}ltimas}}{N^0P}, \quad (2.2)$$

Donde N^0P se corresponde con el número de probetas (Ver Anexo 1)

$P_{m\acute{a}x} = 1.19 \text{ kN} = 1900 \text{ N}$ sustituyendo en (2.1) obtenemos

$$F_H = \frac{3P_{m\acute{a}x} \cdot L}{2bh^2} \text{ (MPa)}$$
$$F_H = \frac{3(1900) \cdot 280}{2(20)20^2} \text{ (MPa)}$$

$$F_H = 62,47 \text{ MPa}$$

De los valores registrados en los ensayos (Ver Anexo 1), se puede apreciar que el Algarrobo posee un valor de resistencia a la flexión estática de ($F_H = 62,47 \text{ MPa}$). Al compararlos con la literatura donde se pudieron apreciar valores de $\approx 63 \text{ MPa}$ se puede llegar a la conclusión de que el valor es el indicado.

2.3 Preservación de la madera.

Desde tiempos muy remotos, en que ya se aplicaban tratamientos de preservación para aumentar la durabilidad de la madera. Los antiguos egipcios sabían que si la madera permanecía seca no se deterioraba; madera de gran durabilidad natural, sin tratar fueron encontrados en las tumbas de los Faraones sin daño por hongos o insectos luego de 4000 años. La preservación química de la madera, o sea la introducción de productos químicos en su estructura, se ha venido utilizando desde la antigüedad. Romanos y griegos usaban aceite y resinas, extraídas de maderas durables para preservar sus puentes y otras construcciones. Los chinos, hace 2000 años, sumergían la madera en agua de mar o en agua de lagos salados antes de usarla como material de construcción. Probablemente el ejemplo de preservación más antiguo es el episodio bíblico en el que Noé, al construir el arca, fue instruido por Dios en cuanto a la protección que debía dar a la madera (**Junta Acuerdo Cartagena, 1988; Connell, 1991**). Sin embargo, la moderna industria de preservación de madera se desarrolló hasta el comienzo del siglo diecinueve.

Hacia nuestros días se ha ido perfeccionando, lo que ha permitido que la madera tenga mayores posibilidades de aplicación. En los últimos tiempos son de interés el desarrollo de métodos no químicos de tratamiento de madera y de preservantes eficaces, de baja toxicidad al ambiente. Ejemplo de ello son los tratamientos térmicos de la madera, en los que el efecto biocida se logra a través de la aplicación de temperatura y presión, y las denominadas modificaciones químicas de la madera, en las que se emplean productos químicos que no sólo aumentan su durabilidad, sino que también mejoran sus propiedades físicas. Ejemplos de interés de los preservantes químicos de menor toxicidad, son las sales de amonios cuaternarios,

los compuestos de boro y la aplicación de metales micronizados (con tamaños de partícula menores a 100 micras) en las formulaciones tradicionales.

En muchos países, el deterioro y la protección de la madera constituyen una disciplina, sin embargo, para enfrentar las distintas problemáticas desde diferentes puntos de vista es necesario requerir de los aportes de la ingeniería química, agronómica forestal, la microbiología clásica y la microbiología molecular, así como el asesoramiento continuo de la entomología, la estadística y la silvicultura. Siendo la madera el objeto de estudio, la Ingeniería Agrónoma Forestal la describe como material para diversas aplicaciones. Estudia sus propiedades anatómicas, físicas y mecánicas fundamentales y las influencias que éstas tienen sobre los procesos industriales para su elaboración, transformación y conservación.

La química describe composición, propiedades químicas y fisicoquímicas de la madera, así como los productos preservantes para tratarla y las posibles interacciones entre ellos. Al tiempo la ingeniería química aporta los procesos de tratamiento de la madera, así como la descripción de propiedades fundamentales para el tratamiento de la misma (difusión de gases y líquidos en la madera, permeabilidad, tratabilidad, conductividad). La microbiología clásica permite comprender el proceso de deterioro a través de los microorganismos xilófagos, sus ciclos de vida, sus requerimientos para desarrollarse y propagarse y las interacciones bioquímicas entre los complejos sistemas enzimáticos de estos organismos y la madera, que conducen a la colonización y posterior descomposición de la madera. Un análisis más profundo de las mencionadas interacciones y aquellas ocurridas entre los sistemas enzimáticos de estos organismos y los preservantes, se logra a través de la microbiología molecular. Esta disciplina, que ha avanzado mucho en los últimos años, aporta además útiles herramientas que permiten la identificación rápida y confiable de los hongos que degradan la madera. El otro gran grupo de organismos que deterioran la madera son los insectos, de quienes se debe conocer, gracias a la entomología, sus ciclos de vida y los requerimientos de supervivencia a la hora de diseñar métodos de control. Por último, es fundamental el aporte de la estadística, debido a la variabilidad natural de la

madera como material y a que todos los ensayos de durabilidad se realizan con organismos vivos.(Laboratorio tecnológico de Uruguay, 2014)

2.4. Formas de mantenimiento aplicadas a las pasarelas.

La revisión de las tareas planificadas para el mantenimiento de las pasarelas se hace con un corte mensual y un seguimiento semanal de todas verificando su cumplimiento. En la Tabla 2.3 se muestra las operaciones de mantenimiento, este documento es aprobado por el Jefe de Mantenimiento y el Directivo del Hotel. (Gaviota, 2011)

Tabla 2.3. Mantenimiento aplicado a las pasarelas

No	Operaciones a realizar	Frecuencia	Ejecutada	Tiempo
1	Aplicar pintura de marca Montó en la totalidad de las pasarelas	1 vez al año	Explotador	120 horas
2	Barrer la superficies de los pisos evitando la acumulación de arena	1 vez por semana	Explotador	2 horas
3	Fumigar todos los elementos de la madera para su protección contra los insectos	1 vez al año	Explotador	24 horas
4	Reponer las partes afectadas antes de la destrucción total del objeto	Permanente	El constructor y el explotador	-
5	Aplicar el oxícloruro de cobre u otra fungicida en lugares donde la madera esté en contacto con el suelo	1 vez al año	Explotador	2 horas
6	Reclavar los elementos de fijación (como puntillas) que producto a la dilatación y	Cuando ocurra el hecho	Explotador	Semanalmente

	contracción de las maderas se salen			
7	Debe evitarse la humedad permanente en los pisos de las pasarelas	Permanente	Explotador	-

La pintura utilizada para el pintado de las pasarelas es de marca “Montó”, de fabricación española. Esta posee las características y propiedades necesarias para dar a la madera la máxima protección posible contra los mecanismos de degradación existentes en las costas. **(MONTÓ, 2014)**



Figura 2.5. Frasco de pintura marca “Montó”

La Tabla 2.4 muestra las características técnicas de la pintura “Montó” **(S.A.U., 2014)**

Tabla 2.4 Características técnicas de la pintura

Referencia Color	MONTOXYL CLASSIC SATINADO TR
Acabado	Satinado
Peso específico	0,85± 0,05 kg/l
Viscosidad	60 +/- 15 SG
Sólidos en volumen	30± 1
Sólidos en peso	36± 1
Rendimiento aprox. por mano	8-12 m²/L
VOC	Cat. e/BD 500/400 (2007/2010):400,00 g/l

Secado tacto	(20°C HR: 60%): 4-10h
Repintado	(20°C HR: 60%): 24 h

Propiedades la pintura:

- Hidrorepelente
- Poder de penetración
- Proporciona protección al soporte
- Resistencia a los agentes atmosféricos
- Protección sol y lluvia
- Proporciona acabados de poro abierto
- Máxima protección al exterior si se aplica sobre Montoxyl Fondo Coloreado
- Tan imprescindible para la madera como los antioxidantes para el hierro
- No Cuarteo
- No forma ampollas
- Transpirable al vapor de agua
- Inodoro una vez seco
- Micro poroso
- Destaca el veteado natural de la madera
- Buena resistencia

2.4.1. Modo de uso de la pintura marca “Montó” a la hora de dar el mantenimiento:

Si la madera presenta signos de envejecimiento debe ser previamente lijada y eliminado el polvo mediante cepillado o cualquier otro medio mecánico. A pistola, el medio de aplicación más recomendado es el Sistema Airless. Aplicando el “Montoxyl Classic Satinado” en las condiciones expuestas, y siguiendo las indicaciones de restauración y mantenimiento, el producto puede proporcionar a la madera una protección de resistencia máxima observada de hasta 7 años. Siempre, en función de la ubicación/zona, condiciones y agresiones a las que esté sometida la madera barnizada. **(MONTA, 2014)**

Si las maderas han sido barnizadas o pintadas con Lasures tipo Montoxyl Mate o Satinado eliminar productos extraños, eliminar zonas mal adheridas o en mal

estado, lijar ligeramente, eliminar el polvo resultante del lijado y proceder como sobre maderas nuevas. Si han sido barnizadas con protectores elásticos y penetrantes, tipo Montoxyl Ultra, eliminar productos extraños, eliminar zonas mal adheridas o en mal estado, lijar ligeramente, eliminar el polvo resultante del lijado y proceder como sobre maderas nuevas. Si han sido barnizadas con barnices de poro cerrado como Barniz Sintético Universal Mate, Satinado o Brillante, Barniz Velero, Barniz Alta Montaña o similares, eliminar mediante decapado con Quitamont Universal o mediante medios mecánicos y proceder como sobre maderas nuevas caso de haberse producido ampollas, levantamiento de bordes o grietas. Caso de encontrarse la superficie en buen estado, lijar ligeramente, eliminar el polvo resultante del lijado y proceder como sobre maderas nuevas.(MONTÓ, 2014)

2.4.2. Factores que influyen en el deterioro de las pasarelas del “Hotel Playa Cayo Santa María”

El deterioro de las pasarelas puede estar condicionado por un mantenimiento inadecuado de las mismas. Las pasarelas están sometidas a condiciones de alta exposición a los rayos solares, humedad que es provocada por la exposición a las lluvias, el agua salada que depositan los clientes al transitar sobre ellas y la humedad relativa del ambiente, teniendo en cuenta que es un ambiente costero. Además de la arena depositada también por los clientes al transitar sobre ella, cuando se dirigen desde la playa hacia las demás instalaciones del hotel.

Para un buen mantenimiento es necesaria una exploración adecuada. El mantenimiento debe ser realizado en relación con el nivel de explotación de las mismas. Por lo que los intervalos antes expuestos en la tabla 2.3, para algunas de las operaciones a realizar deben ser menor que el establecido.

Los elementos de fijación utilizados no son los adecuados, ya que estos son de materiales ferrosos que sufren un gran deterioro al ser sometidos a ambientes costeros y la acción de reclavar los mismos no es el método más factible. En vez de puntillas se deben utilizar tornillos con tuercas a las cuales se les debe realizar el apriete adecuado, teniendo en cuenta las dilataciones y contracciones de la madera.

2.5 Formas de evitar la corrosión del acero

Debido a su grado relativamente alto de resistencia, el acero tiene muchas ventajas como material de construcción, por lo que los productos de acero se han utilizado en una gran variedad de aplicaciones. Sin embargo, el problema más común con la utilización de acero en un entorno marino es su susceptibilidad a la corrosión. Por lo tanto, para una utilización más efectiva de acero es necesario poseer algunos conocimientos de los fenómenos de corrosión y sobre los métodos existentes de protección contra los mismos.

Para que el acero se corroa (es decir, para que se forme óxido) éste debe quedar expuesto al oxígeno o al aire. Además, el acero se corroe mucho más de prisa en presencia de otros agentes atmosféricos como el agua (lluvia o aire húmedo) y la sal (salpicaduras de agua salada). Además, cuando queda inmerso en agua del mar, el acero está expuesto también a corrosión galvánica, similar a la que tiene lugar entre el acero y los elementos de latón de una embarcación. Ver figura 2.6 (IMINOX, 2010)

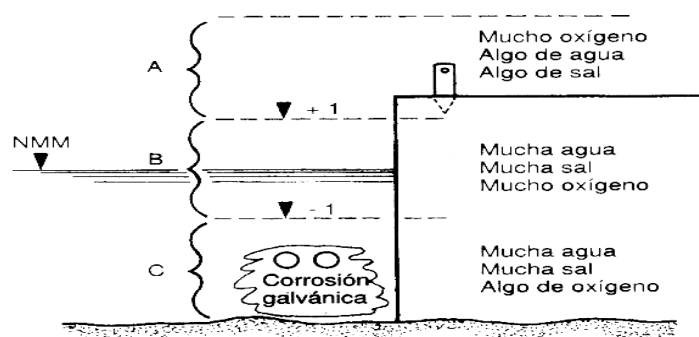


Figura 2.6 Zonas de corrosión en un entorno marino.

La zona A queda expuesta a aire húmedo y a salpicaduras de agua salada, por lo que es una zona generalmente corrosiva para productos de acero; la zona B se encuentra constantemente húmeda con agua del mar, que también contiene mucho oxígeno disuelto. Es la zona más agresiva para el acero; la zona C es también muy agresiva para el acero debido a que está presente la corrosión galvánica también.

2.5.1 Soluciones contra la corrosión

Hay cinco soluciones posibles para proteger a los productos de acero contra los efectos de la corrosión: (IMINOX, 2010)

- Utilice acero inoxidable en lugar de acero normal. Acero inoxidable es acero normal mezclado con otros metales como níquel y cromo. Sin embargo, el coste del acero inoxidable hace que éste no sea práctico para un uso diario, excepto para pequeños elementos de ajuste como pernos y tuercas.
- Recubra el acero normal con zinc. El recubrimiento de acero con zinc, que es otro metal, es un procedimiento que se conoce generalmente como galvanizado y es la forma más normal de proteger pequeños objetos fabricados como anillas de amarre, bolardos fabricados con tubos, pernos, mordazas, cadenas, grilletes, tuberías de agua, etc. Los materiales a recubrir se sumergen normalmente en un baño de zinc fundido en talleres especializados. Una vez un objeto se ha sumergido en zinc en caliente no se debe realizar ningún trabajo de soldado, corte o taladrado, ya que esto destruiría la integridad del recubrimiento de protección.
- Recubra el acero normal con plásticos especiales. El recubrimiento del acero con plásticos especiales resistentes al desgaste constituye otra forma de protección contra la corrosión; sin embargo, el alto coste que implica el proceso de recubrimiento (en talleres especializados) hace que este método no sea práctico para uso diario.
- Pinte el acero normal con pinturas especiales. El pintar el acero utilizando pinturas especiales es el método más común de proteger grandes estructuras de acero. Las superficies que se van a pintar se deberán limpiar cuidadosamente con un cepillo de acero (o preferiblemente mediante un chorro de arena). La capa inferior deberá consistir en un imprimador basado en zinc. La segunda y tercera capas deberán consistir en una pintura de epoxi sobre base de brea.

Al pintar el acero, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

Las pinturas caseras normales no son adecuadas para el entorno marino debido a que, al igual que algunos plásticos, envejecen con mucha rapidez cuando están expuestas a los rayos del sol.

El diesel, queroseno y la gasolina no son químicamente compatibles con las pinturas marinas; habrá de utilizarse el diluyente de pintura apropiado.

Se deberán utilizar guantes siempre que se manipulen pinturas basadas en epoxi. Proteja el acero con ánodos de zinc (protección catódica). Los ánodos de zinc se utilizan para prolongar más aún la vida útil de estructuras de acero sumergidas en agua del mar como, por ejemplo, pilones de acero, pontones, flotadores metálicos, etc. Los elementos de aluminio, en contacto con acero húmedo, quedan expuestos también a la corrosión galvánica.

2.6. Conclusiones parciales:

- El deterioro de las pasarelas puede estar condicionado por un mantenimiento inadecuado de las mismas.
- Las pasarelas están sometidas a condiciones de alta exposición a los rayos solares, humedad que es provocada por la exposición a las lluvias, el agua salada que depositan los clientes al transitar sobre ellas y la humedad relativa del ambiente teniendo en cuenta que es un ambiente costero. Además de la arena depositada también por los clientes al transitar sobre ella cuando se dirigen desde la playa hacia las demás instalaciones del hotel.
- Los ensayos de resistencia a la flexión estática que fueron realizados a muestras de algarrobo muestran que los valores consultados en la bibliografía se corresponden con los obtenidos los cuales son de ≈ 63 MPa.
- Para un buen mantenimiento es necesaria una exploración adecuada. El mantenimiento debe ser realizado en relación con el nivel de explotación de las mismas. Por lo que los intervalos antes expuestos para algunas de las operaciones a realizar deben ser menor que el establecido.
- Los elementos de fijación utilizados no son los adecuados, ya que estos son de materiales ferrosos que sufren un gran deterioro al ser sometidos a ambientes costeros y la acción de relavar los mismos no es el método más factible. En vez de puntillas se den utilizar tornillos con tuercas a las cuales se les debe realizar el apriete adecuado, teniendo en cuenta las dilataciones y contracciones de la madera.
- Es posible la protección de los metales a la corrosión, el acero puede ser cubierto con zinc, con plásticos especiales y pintados con pinturas especiales. Esto podría

ser una solución a los problemas que existen con los elementos de unión en las pasarelas.

Capítulo 3 Materiales propuestos para la confección y durabilidad de las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”:

3.1 Introducción:

La construcción de las pasarelas requiere componentes que puedan hacer frente a los elementos y el contacto constante con el agua. La madera sufre procesos de deterioro a través del tiempo, pero esta característica también está presente en otros materiales de construcción como el hierro, el zinc, el plástico y en ocasiones hasta el concreto. No todos los tipos de madera son adecuados para este tipo de construcción, las maderas porosas blandas son una mala elección de material para la construcción de un muelle, mientras que las maderas duras pueden requerir un tratamiento especializado para durar en un cuerpo de agua que contenga un alto contenido de sal. (Departamento de Pesca FAO, 2015)

3.2 Recomendación de maderas para la construcción de las pasarelas.

El tipo de madera elegida para la construcción de pasarelas influye directamente en la longevidad de la plataforma y su capacidad para resistir la constante interacción con los elementos. Según Pesca y Océanos de Canadá, las mejores tablas de madera para la construcción de un muelle son el cedro rojo occidental, la secuoya, el ciprés y el cedro blanco, si se desean hacer más resistentes se deben utilizar maderas más fuertes, incluyendo el abeto Douglas, el alerce y el abeto. El alerce del oeste, el abeto y el pino pueden ser utilizados como sustituyentes en la construcción de los pilotes permanentes cuando las maderas duras anteriormente mencionadas no estén disponibles en cantidad suficiente.

3.3 Maderas tratadas a presión.

La fuente de agua que rodea a una pasarela juega un papel en el tipo de madera utilizada en su construcción. Según Building Products Plus, una empresa de suministro de maderas, la madera tratada a presión es necesaria en la construcción de una pasarela ubicada en agua dulce o salada. Sin embargo, las sustancias químicas dañinas pueden entrar en el suministro de agua a partir de los productos químicos utilizados en la fabricación de madera tratada a presión, por lo que un constructor debe tener cuidado en la elección de la misma. La Agencia de

Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) establece mínimos de la tasa de retención de estándares para la madera tratada utilizada en ambientes de agua diferentes. La tasa de retención se refiere a la cantidad de productos químicos conservantes que se mantienen la madera cuando está en uso. La madera tratada a presión a una tasa de retención de $9,6 \text{ kg/m}^3$ tiene el mínimo valor en la construcción de pasarelas en aguas dulces. En agua salada, la madera tratada a presión de $40,5 \text{ kg/m}^3$ es el valor mínimo para la construcción de pasarelas de forma segura. **(Astudillo, 2016)**

3.4. Componentes de acero:

La construcción de pasarelas debe incluir algunos componentes de metal para reforzar las partes de madera y proporcionar un anclaje suficiente en el piso del cuerpo de agua. Según Building Products Plus, un constructor debe utilizar acero inoxidable, acero galvanizado o de un metal tratado específicamente para resistir la corrosión en un ambiente marino en la construcción de una cubierta en agua salada o agua dulce. Estos metales también deben abarcar todos los tornillos, clavos y pernos utilizados en la construcción. El metal adecuado ayuda a conservar la integridad estructural de la base y actúa como un mecanismo de seguridad en el caso de que los componentes de madera se rompan o agrieten. La Figura 3.1 muestra el tornillo hexagonal que debe fabricarse de acero galvanizado o, mejor aún, de latón o acero inoxidable; el tornillo hexagonal de uso industrial, fabricado también de latón o acero galvanizado; y el tornillo normal de cabeza embutida, que también lo hay en latón. **(Lister, 2010)**

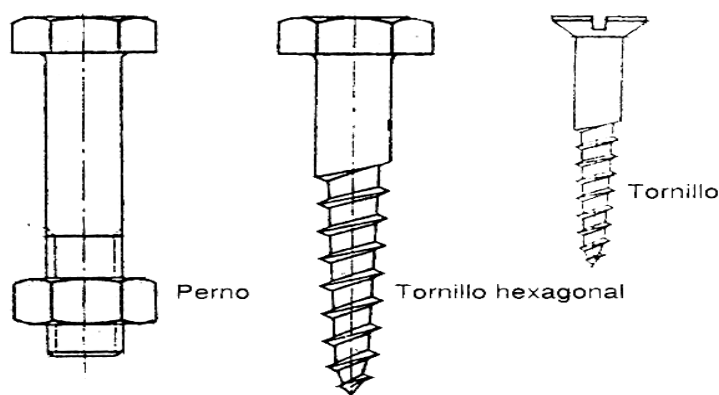


Figura3.1. Diferentes tipos de tornillos utilizados en la construcción de estructuras.

Según el tamaño real de las piezas de madera, se deberán utilizar pernos o tornillos como elementos de sujeción; nunca se deben utilizar clavos. Los clavos suelen desclavarse y romperse de repente cuando se corroen. (Lister, 2010)

3.5. Resistencia a ambientes costeros de aceros galvanizados con y sin recubrimiento.

Para tener constancia de la resistencia a ambientes costeros de los aceros galvanizados se tomó como referencia ensayos realizados en conjunto por investigadores del Laboratorio de Ensayos de Tropicalización de La Habana, Centro de Investigación en Corrosión de la Universidad Autónoma de Campeche y el Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.

En estos ensayos se realizó un análisis de la evaluación del comportamiento a la corrosión de diferentes productos de acero galvanizado con y sin recubrimiento para las condiciones de un clima tropical húmedo, mediante ensayos climáticos acelerados efectuados en cámaras climáticas y ensayos naturales en la estación marino-costera de Cojímar, en donde quedaron en evidencia los problemas que suelen presentar los aceros galvanizados al ser expuestos con y sin recubrimiento, en un ambiente tropical húmedo, así como la importancia de la adherencia para su eficaz comportamiento. **(Laboratorio de Ensayos de Tropicalización Centro de Servicios Tecnológicos La Habana, 2013)**

Para los ensayos tomaron un material base común de acero al carbono de baja aleación laminado en frío o caliente, apto para uso estructural, recubierto en ambas caras con una capa de zinc de pureza no menor a 98%, aplicada por el proceso de inmersión en caliente, según normas internacionalmente reconocidas [BS EN ISO 1461-2009].

En la siguiente tabla se muestra la composición química de dos muestras analizadas las cuáles se corresponden con un acero aleado al manganeso y un acero especial para galvanizado 08Ju, reportado para trabajos de conformación en frío y de calidad (Ver tabla 3.1).

Tabla 3.1. Resultado promedio del análisis de composición química de dos materiales analizados.

Muestra	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Material	Norma
M1	0.18	0.220	1.38	0.026	0.006	0.01	0.01	0.011	0.04	20G2/ 20Mn2	GOST/GB
M2	0.07	0.010	0.13	0.012	0.002	0.03	0.01	0.002	0.03	08Jw/ DX3	GOST/GB

Durante estos experimentos se tuvo la influencia del ambiente costero formado por arrecifes, contribuyendo un superior agresividad de esta estación, ya que el efecto de los rompientes en la costa dan lugar a la formación de abundante aerosol marino, lo que unido al marcado efecto transportador de los vientos provenientes del sector norte cuando tiene lugar la entrada de los frentes fríos y de los vientos alisios del Noreste al Este, son una suma de factores influyentes en la corrosión de los metales y en la degradación de los materiales específicos de este lugar. En el caso particular de Cuba, durante el invierno se experimenta un incremento de la salinidad en la atmósfera, debido a la entrada de los frentes fríos, los cuales vienen acompañados de lluvias y marejadas, ocurriendo en ocasiones lluvias y penetraciones del mar, lo que provoca un incremento en las velocidades de corrosión y obtiene una categoría de corrosividad atmosférica clasificada como C3, S2P1 según reportes de contaminación referenciados (**González y Marrero, 2005**).

De los resultados obtenidos se infiere que, para aplicaciones en las condiciones del clima tropical húmedo con atmósfera salina, es válido el empleo de aceros galvanizados con clasificación G90 (ASTM A 653-2006a) o superior, y recubrimientos posteriores y superiores a 100 μm . Para aceros galvanizados G90 prelacados es factible el empleo de espesores de recubrimientos de poliéster superiores a 12.5 μm garantizando un recubrimiento del prelacado de al menos 13 μm .

Ninguna de las muestras de acero galvanizado con y sin recubrimiento evaluadas, presentaron afectaciones durante los ensayos climáticos de envejecimiento acelerado, y humedad y temperatura con condensación constante.

3.6. Materiales compuestos a base de plástico y madera

La elaboración de productos manufacturados a base de madera y polímero se están vinculando también en la confección de pasarelas a nivel internacional, por lo que

existen numerosas publicaciones científicas y técnicas en los últimos años. Solo pequeñas y medianas empresas se dedican al procesamiento de materiales compuestos para estas actividades lo que se ha comprobado que son de gran factibilidad técnica, cuya densidad y resistencia a la tracción son satisfactorias, pero las propiedades de flexión comportamiento de exteriores son bajas. En recientes investigaciones con el fin de que mejoren las interacciones polímero-madera se han logrado avances importantes. En un futuro no muy lejano este producto ira sustituyendo a la madera para su uso en el exterior ya que la tendencia a disminuir la demanda de la misma en las obras de construcción ha ido aumentando sobre todo cuando se necesitan los tableros se precisa que sean de gran resistencia al agua (Jara, 2016).

3.7 Propuesta de material para la construcción de las pasarelas.

Tomado en cuenta los valores de la flexión estática del algarrobo que es de ≈ 63 MPa, se propone a la directiva de Gaviota sustituir el material de las pasarelas por unas de las clases de madera recomendadas en el epígrafe 3.2 o un material compuesto a base de plástico y madera el cual posea valores del límite de rotura a la flexión similar al del algarrobo.

En cuanto a los componentes de metal para reforzar las partes y proporcionar un buen anclaje, se debe utilizar acero inoxidable, acero galvanizado o de un metal tratado específicamente para resistir la corrosión en un ambiente marino, en la construcción de una cubierta en agua salada o agua dulce. Pueden ser tornillos hexagonales, pernos o tornillos de cabeza embutida.

3.7. Sustitución de las pasarelas del Hotel Playa Cayo Santa María por pasarelas de material compuestos a base de plástico y madera.

Luego de las recomendaciones realizadas se cambiaron las pasarelas del Hotel por pasarelas de material compuesto. Ver figura 3.2

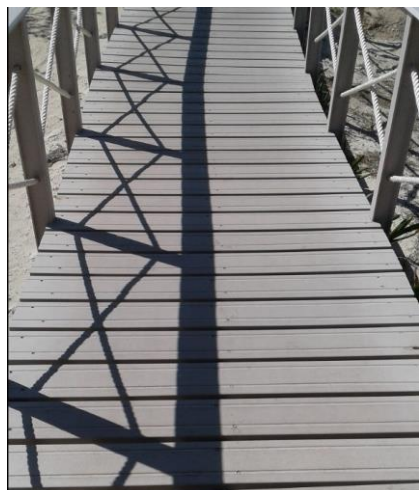


Figura 3.2 Pasarelas fabricadas de material compuesto plástico-madera. Estas pasarelas tienen el inconveniente de que cuando se mojan los paseantes pueden resbalar ya que su superficie no cuenta con la rugosidad necesaria para estos fines. Con el objetivo de mejorar esta condición se propone que para su generalización en los demás hoteles se realice un cambio de diseño de las mismas. En las pasarelas instaladas pudimos observar en los elementos de sujeción que con el poco tiempo de explotación al que han estado sometidos ya viene apareciendo corrosión en los elementos como se puede apreciar en la figura 3.3



Figura 3.3 Deterioro de los elementos de sujeción.

Se recomienda al departamento de mantenimiento que estos elementos sean sustituidos por otros que posean la misma geometría pero el material debe ser de un acero con buena resistencia a la corrosión.

3.8 Propuesta de cambio de diseño.

Como se expone en el epígrafe anterior el entablado de las pasarelas no cuenta con las características técnicas necesarias, pues la rugosidad superficial de las mismas no es la adecuada, provocando deslizamientos de los paseantes cuando se trasladan por las mismas. Como solución a esto se propone un cambio de diseño, manteniendo su geometría, pero la superficie de las mismas debe ser de un acabado que permita una mayor adhesión para evitar los accidentes de los clientes.

3.9 Conclusiones

- El material elegido para la construcción de pasarelas sometidas a ambientes costeros influye directamente en la longevidad de la plataforma y su capacidad para resistir la constante interacción con los elementos.
- Los materiales compuestos a base de plástico y madera se han venido utilizando en instalaciones sometidas a ambientes costeros por su factibilidad técnica.
- Para los elementos de sujeción sometidos a ambientes costeros se deben tomar materiales que tengan buena resistencia a la corrosión como los aceros inoxidable y galvanizados.
- El entablado actual de las pasarelas instaladas en el Hotel Playa, fabricado de material compuesto, tiene problemas de diseño ya que no posee la rugosidad superficial requerida para los fines que utiliza.
- El material de los elementos de sujeción de las pasarelas instaladas tiene un apreciable nivel de corrosión, por lo que se recomienda sustituirlo por el adecuado para estos fines.

CONCLUSIONES:

1. Las construcciones en zonas de playa y costeras al estar sometidas a un ambiente extremadamente agresivo, tienen mayor vulnerabilidad a la aparición de deterioros que las que no se encuentran en dicha zona; con este fin se deben acortar considerablemente los ciclos de mantenimiento que garantizarían que las edificaciones se mantengan en buen estado técnico constructivo.
2. Para la fabricación de pasarelas en ambientes costeros es necesario emplear materiales que tengan un alto nivel de durabilidad para alargar su vida útil y así evitar que muchas de estas estructuras terminen siendo remplazadas antes del tiempo previsto y así evitarle al complejo hotelero gastos por sustitución.
3. Los elementos de unión en la pasarela, deben ser de materiales no ferrosos o con algún tratamiento que disminuya la velocidad de corrosión de los mismos.
4. En el Hotel Playa, se utiliza el sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) en el cual no aparece ningún plan para contrarrestar los daños que sufren las estructuras de madera en especial las pasarelas, tampoco garantiza en su totalidad los objetivos necesarios para este trabajo, por lo que se deben implementar estrategias en su planificación para modificar las gestiones de mantenimiento sobre las estructuras de maderas que están a la intemperie.
5. La descripción que se realiza sobre el estado actual de las pasarelas permite conocer que el sistema de mantenimiento que se emplea actualmente sobre las pasarelas de madera del hotel objeto de estudio se encuentra arrojando resultados insatisfactorios económicamente ya que los costos de reparaciones son elevados, no acordes con el presupuesto destinado al plan de mantenimiento y los requerimientos exigidos.

6. El entablado actual de las pasarelas instaladas en el Hotel Playa, fabricado de material compuesto, tiene problemas de diseño ya que no posee la rugosidad superficial requerida para los fines que utiliza.
7. El material de los elementos de sujeción de las pasarelas instaladas tiene un apreciable nivel de corrosión, por lo que se recomienda sustituirlo por el adecuado para estos fines.

Recomendaciones:

1. Realizar un estudio con mayor profundidad para determinar la factibilidad de implementar una alternativa de materiales más eficiente en las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María”
2. Tomar medidas en el cambio del diseño del nuevo polímero que se está empleando en las pasarelas del “Hotel Playa, Cayo Santa María” con el fin de evitar que los paseantes resbalen.

BIBLIOGRAFÍA:

1. AEBERHARD, R. 2010. Propiedades físicas de la madera de Algarrobo (prosopis)
2. Askeland, D. 2001. Science and engineering of materials. Ed. Paraninfo. Capítulo 16 ed. Madrid.
3. ASTUDILLO, I. 2016. Tratamiento de la madera por inmersión prolongada
4. DEPARTAMENTO DE PESCA FAO 2015. Construcción y mantenimiento de puertos y desembarcaderos para buques pesqueros.
5. GAVIOTA 2011. MANUAL DE SERVICIOS TÉCNICOS.
6. Suárez González, E (2014). Propuesta de sustitución de los rastrillos de los transportadores de bagazo de la Industria Azucarera. Trabajo de Diploma, 2014.]
7. IMINOX 2010. Cuales Aceros Inoxidables deben Especificarse para la Aplicación en Exteriores.
8. JARA, M. S. 2016. La producción de manufacturados a base de madera y polímeros.
9. JIMÉNEZ, A. B. 2008. Sistemas de preservación de madera para la construcción
10. LABORATORIO DE ENSAYOS DE TROPICALIZACIÓN CENTRO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS LA HABANA, C. 2013
11. Resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento
12. LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY 2014. Estudios en LATU sobre durabilidad y preservación de maderas
13. LISTER, J. 2010. Qué madera se utiliza para la construcción de un muelle.
14. Majó, Joan A. Mayugo, 2003. TESIS DOCTORAL por la Universitat politécnica de Cataluña.
15. MONTO. 2014. CREA IMPREGNANTE.
16. Norma cubana NC 43-35:88. Determinación de la resistencia máxima a la flexión estática.

17. PROTEC WORK'S 2007. TRATAMIENTO Y CONSERVACION DE ELEMENTOS DE MADERA EXPUESTOS A LA INTEMPERIE VARADERO (CUBA). .
18. VARGAS, J. O. 2011. Conservación de la la madera.
19. Aeberhard, R. Propiedades físicas de la madera de Algarrobo (prosopis). Grupo de Investigación de Energías Renovables (GIDER), Dpto. de Termodinámica - Facultad de Ingeniería – UNNE, Argentina.
20. Serna Mosquera, Y. B.; Borja de la Rosa, A. ¶; Fuentes Salinas, M.; Corona Ambriz, A. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE ALGARROBO. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(3): 411-422, 2011. En línea: [http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v17n3/v17n3a11.pdf] Consulta: 10-06-17
21. VITORIA-GASTEIZ 2010. ARQUITECTURA Y MADERA Guía de diseño de elementos estructurales adaptada al CTE.
22. CONNELL M. (1991) Industrial Wood Preservatives – The history, development, use, advantages, and future trends. In The Chemistry of Wood Preservation. ED. By R. Thompson. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.
23. EATON R.A., HALE M. (1993) Wood. Decay, pests and protection. Chapman & Hall Editors IBÁÑEZ Claudia, RABINOVICH Mario, MANTERO Carlos, SOUBES Matilde, y CERDEIRAS María (2005) Evaluación inicial de soluciones de sulfato de zinc obtenidas a partir de reciclado de pilas, como preservante para madera. International Academy of Wood Science, Concepción de Chile, Chile
24. JUNTA del ACUERDO DE CARTAGENA. (1988) Manual del Grupo Andino para la preservación de Madera. PRID- Madera. Ed. Junta del Acuerdo de Cartagena Lima Perú. 388 p
25. RAYNER A.D., BODDY L. (1988) Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology. John Wiley and Sons. SJÖSTRÖM E. (1993) Wood

- Chemistry. Fundamentals and applications. Second edition. Academic Press Inc. London.
26. BARNES H., M.; MURPHY, R. J. 1995. Wood preservation: The classics. Forest Products Journal.
 27. BROWN, H. P.; PANSIN, A. J.; FORSAITH, C. C. 1952. Textbook of wood technology. Vol. II 1ª edición. Mcgrow-Hill. Book Company.
 28. DE LA PAZ P., C.; CARMONA, V.; ROGEL, G. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico 63. México, D. F.
 29. DE LA PAZ P., C. 1985. Características anatómicas de siete especies del género Quercus. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Boletín Técnico 123. México, D. F.
 30. ERDOIZA S., J. J.; CASTILLO M., I. s/f. (a). Técnicas para la determinación de la retención y penetración de las sustancias preservadoras dentro de la madera. La madera y su uso Núm. 20. Boletín Técnico. LACITEMA. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
 31. ERDOIZA S., J. J.; CASTILLO M., I. s/f (b). Susceptibilidad de impregnación con preservadores de cincuenta especies maderables mexicanas. La madera y su uso Núm. 22. Boletín Técnico. LACITEMA. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz.
 32. FUENTES, S. M. 1998. Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente.
 33. MACHUCA, V. R.; BORJA DE LA R., A.; ZAMUDIO, F.; BARCENAS P., G. 1999. Propiedades tecnológicas de la madera de Quercus insignis de Huatusco, estado de Veracruz. México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente.
 34. MORALES V, A.; CASTRO G., M.; AVENDAÑO M., P. 1987. Manual de identificación macroscópica de 50 especies maderables nicaragüenses. IRENA. Managua, Nicaragua.
 35. ONNCCE. 2003. Norma Mexicana NMX-C-322-ONNCCE-2003. Industria de la construcción-madera preservada a presión, clasificación y requisitos.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. México,

36. ORTEGA, F; CASTILLO, I.; CARMONA, T. 1991. Anatomía de la madera de veintiséis especies de la selva Lacandona, Chiapas. Angiospermas arbóreas de México Núm. 3. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Azcapotzalco). Boletín Técnico La madera y su uso Núm. 26. México. D.F.
37. ORTEGA, F.; GUERRERO, L.; CARMONA, T.; CÓRDOVA, C. 1992. Anatomía de la madera de veintiséis especies de Cosautlan de Carvajal, Veracruz. Angiospermas arbóreas de México Núm. 1. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Azcapotzalco). Boletín Técnico La madera y su uso Núm. 19. México
38. QUIÑÓNEZ O., J. O. 1974. Características físicas y mecánicas de la madera de cinco especies mexicanas. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico Núm. 42. México.
39. Salgueiro, G. (2008). Estudio de las propiedades físico mecánicas de la fibra del Bambú como refuerzo de Material Compuesto Matriz Polimérica (MCMP). TRABAJO DE DIPLOMA, UCLV, Santa Clara.
40. SMITH, W. (2004). Ciencia e Ingeniería de Materiales. Tercera edición, Madrid.
41. SOLO, G. H.; PENHA, J.; CATILU, V.; TOWNSEND, T.; TOLOYMAT, T. 1998. Generation, use, disposal and management. Options for CCA- treated Wood for solid and hazardous waste management. Florida Center State University. System of Florida. Gainesville, USA.
42. TAMARIT U, J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. Madera y Bosques
43. VIGNOTE, S.; JIMÉNEZ, F. J. 1996. Tecnología de la madera. MundiPrensa. Madrid, España.

44. Vignote Peña, S.1999. Principales maderas tropicales utilizadas en España. Características, tecnología y aplicaciones. Universidad Politécnica de Madrid
45. WANG, J. Z.; DEGROOT, R. 1996. Treatability and durability of heartwood. National conference on wood transportation structures. October 23-25. Madison.

ANEXOS

Anexo 1

Flexión estática										
Deformación	Número de probetas/carga									
(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
1	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8
1,5	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
2	0,9	0,8	1	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
2,5	0,9	0,9	1	0,9	0,8	0,9	0,9	1	0,8	0,9
3	1	0,9	1,1	1	0,9	0,9	1	1	0,9	0,9
3,5	1,1	1	1,1	1	0,9	1	1	1	0,9	1
4	1,1	1	1,1	1	1	1,1	1	1,1	0,9	1
4,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,1	1,1	1	1,1
5	1,2	1,1		1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1	1,1
5,5	1,2	1,2		1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2
6	1,2			1,2		1,3		1,2	1,1	1,2
6,5				1,2					1,2	
7				1,2					1,3	
Carga en kN en sentido radial de la probeta										
Peso anhidro										
Velocidad de ensayo 6,5 mm/min										