

Mejoramiento de los procesos de mantenimiento y control de calidad en la infraestructura de los recintos portuarios del Incop, particularmente Caldera.



Abstract

The present project proposes an alternative to improve and facilitate the inspection works done at Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (Costa Rican Institute of Pacific Ocean Ports). This will be achieved through the designing of a technical inspection civil work manual, which includes some minimal considerations that must be taken into account at the moment of inspection. Such manual also includes a methodology to give priority, to control, and to monitor the activities that require intervention.

The making of this document was done bearing in mind the applicable laws and regulations of the country: Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (General Specifications Manual for the Building of Highways, Roads and Bridges in Costa Rica) Código Sísmico (Seismic Code) etc. besides the international regulation: American Concrete Institute, American Standard Testing Materials, etc.

This work was developed from the mechanism analysis that the institution uses to carry out supervision. Once multiple factors were analyzed, it was decided to design a series of tools such as verification and prioritization tables, evaluation criteria tables, building work control tables; which, along with a number of technical considerations, are part of the construction technical inspection manual.

It is recommended to implement this manual at the moment of establishing the minimum quality specifications that works must follow, as well as to take into account the proposed methodology to prioritize the building works that need intervention.

Key words: Inspection Manual, Infrastructure maintenance.

Resumen

El presente proyecto propone una alternativa para mejorar y facilitar los trabajos de inspección que realiza el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, esto se busca a partir de la consumación de un manual de inspección técnica de obra, que contempla algunas consideraciones mínimas que se deben tener al momento de realizar las inspecciones, así como una metodología para priorizar, controlar y dar seguimiento a las actividades que requieren ser intervenidas.

La confección de este documento se realizó tomando en consideración la reglamentación aplicable con que cuenta el país: Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica, Código Sísmico de Costa Rica, etc.; además de reglamentación internacional: American Concrete Institute, American Standard Testing Materials, etc.

Este trabajo se elaboró a partir del análisis de los mecanismos que utiliza la institución para llevar a cabo sus labores de fiscalización, una vez analizados múltiples factores, se optó por la realización de una serie de herramientas como fichas de verificación, tablas de priorización, tablas de criterios de evaluación, tablas de control de obra, que juntos a una serie de consideraciones técnicas, forman parte del manual de inspección técnica de obras propuesto.

Se recomienda implementar este manual al momento de establecer los criterios mínimos de calidad con que finalmente tienen que contar los trabajos, además de tomar en consideración la metodología propuesta para priorizar las obras que necesitan intervención.

Palabras claves: Manual de inspección, Mantenimiento de infraestructura.

Mejoramiento de los procesos de mantenimiento y control de calidad en la infraestructura de los recintos portuarios del Incop, particularmente Caldera.

DEIBI RODRIGO ARAYA RODRÍGUEZ.

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio del 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGÍA.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
RESULTADOS.....	16
ANÁLISIS DE RESULTADOS	26
CONCLUSIONES.....	30
RECOMENDACIONES	31
APÉNDICES	32
REFERENCIAS.....	33

Prefacio

La implementación de un manual que estandarice los requerimientos mínimos con que las obras civiles deben ejecutarse, garantiza la eficiencia de los trabajos, al mismo tiempo que evita el gasto innecesario de recursos y de tiempo.

Por esto, el presente proyecto, a partir de un manual, busca mejorar los procesos del control de las diversas obras de infraestructura que se establecen, anualmente, para su mantenimiento.

Como resultado de este trabajo se presenta una propuesta de un manual que establece los requerimientos mínimos que deben cumplir las diferentes obras de infraestructura que se realicen en el recinto portuario, así como una metodología para determinar a cuáles estructuras se les debe brindar mantenimiento y en qué orden debe aplicarse, con lo cual se espera que se tenga claridad en que obras se debe dar mayor énfasis, el orden en que estas deben intervenir, así como cuál es la reglamentación técnica mínima que debería implementarse.

Agradecer a la Unidad Técnica de Supervisión y Control del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico por todo el apoyo y asesoramiento brindado, ya que, sin su colaboración, no se hubiera logrado realizar este proyecto.

Resumen ejecutivo

El proyecto se realizó en el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (Incop), específicamente en la Unidad Técnica de Supervisión y Control de dicha institución, la cual tiene a cargo inspeccionar y aprobar las mejoras que se realicen por parte de la concesionaria, esta última tiene como obligación mantener el recinto portuario en condiciones adecuadas para su funcionamiento.

Para garantizar el adecuado funcionamiento, el concesionario debe dar mantenimiento constante a las diferentes obras, lo cual, algunas veces, involucra un mantenimiento correctivo o preventivo y, en otros casos, implica la reconstrucción total de la obra.

Cuando se requiere una intervención mayor o con cierto grado técnico, que involucra una cantidad importante de recursos, el concesionario brinda una serie de especificaciones técnicas con las que se realizará el trabajo.

El Incop, actualmente, no cuenta con un documento que determine los requerimientos mínimos (de diseño y constructivos), con que se deben realizar estas obras, para lograr corroborar que los trabajos se estén realizando adecuadamente y, por lo tanto, cumplan con su vida útil, de tal manera que se evite una reiterada intervención y, por consiguiente, un gasto innecesario de recursos.

El presente trabajo busca dar una propuesta acerca de los requerimientos mínimos con que deben realizarse las obras que se encuentran dentro del alcance del mismo, ya que se entiende que por la numerosa cantidad de obras que realizan, es difícil englobar todas en el lapso en que se realizó el proyecto.

Estos requerimientos se basan, principalmente, en la aplicación de la normativa

nacional que se tiene para las diferentes obras, y en casos muy especiales, busca aplicar las consideraciones que establece el fabricante, así mismo como fabricantes de otras marcas líderes en el tipo respectivo de actividades.

De la misma forma, el trabajo presenta una metodología simple para la valoración del estado de las obras civiles estudiadas, que ayuda a determinar el orden con que debe ejecutarse su mantenimiento, de acuerdo con el estado en que estas se encuentran. Esta metodología fue aplicada y, por consiguiente, se establecieron cuáles deberían ser las actividades por intervenir primero.

El objetivo principal del trabajo fue analizar el proceso utilizado para el mantenimiento y control de calidad de las obras realizadas, así como proponer una mejora a estos procesos, sin embargo porque la institución se encarga de inspeccionar, y no de ejecutar, la propuesta va dirigida corroborar los trabajos realizados con la normativa que, respetivamente, es aplicable.

La manera en que se llegó a la realización de esta propuesta, fue a través de la revisión de los diferentes informes que se elaboran tras las giras al recinto portuario, así como de una recolección de información acerca del estado de las infraestructura, a la cual se le estableció dar mantenimiento en este periodo, y posiblemente en periodos futuros.

La implementación del trabajo que ha sido debidamente aplicada, ha promovido que la concesionaria y la institución establezcan prioridades acerca de cuáles deben ser las estructuras que deben intervenir en primera instancia, así como algunas consideraciones técnicas que hasta el momento eran omitidas.

Introducción

Una institución que tenga a cargo la inspección de las obras civiles, que son ejecutadas para mejorar el funcionamiento de una actividad que tiene un gran impacto en la economía del país, debe poseer herramientas para realizar su trabajo de la mejor forma posible.

El establecimiento de los requisitos mínimos con que se avale un trabajo, garantiza que estos sean de calidad; por lo tanto, permanezca en condiciones óptimas durante el lapso esperado.

Actualmente, la institución cuenta con personal calificado que posee diversos criterios para la aceptación de las obras; sin embargo, estos criterios no se encuentran en algún documento oficial, por esto el presente proyecto busca establecer algunos parámetros mínimos, que deberían ser acatados en el momento de realizar las obras que se ejecuten el recinto portuario de Caldera.

Como resultado a esta problemática, se desarrolló un manual que establece algunas consideraciones técnicas con que deben contarse en el momento de realizar la obra y, por lo tanto, de su implementación depende la aceptación de las obras, además se desarrolló una metodología que fue aplicada para priorizar las obras que debe intervenir en primer orden, y dejar atrás la costumbre de empezar sin establecer un orden de intervención en las obras.

Esto fue llevado a cabo gracias a normativas tanto nacionales como internacionales, dentro de los que pueden destacar el Código Sísmico de Costa Rica, el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica y la norma 318 del American Concrete Institute.

Al término de este proyecto, se busca que la institución cuente con una herramienta que asegure la calidad de los trabajos; por lo tanto, no sea necesario invertir constantemente en el mantenimiento de las mismas obras, generando un ahorro en los recursos, o una intervención más amplia de los trabajos.

Metodología

La confección de este trabajo se llevó a cabo por medio de giras dentro del recinto portuario y la revisión de los documentos de referencia con que contaba la institución.

En primera instancia se procedió a revisar los informes de inspección que se generaban, por parte de los ingenieros de la Unidad Técnica de Supervisión y Control, a raíz de las giras realizadas dentro del muelle. Además, se revisaron los planes de mantenimiento del año en curso, así como el plan de mantenimiento del año 2014, tanto del muelle en discusión, como del nuevo muelle granelero inaugurado a principios de este año.

De esta revisión, se determinaron las obras que necesitan mayor control y que recurrían en mayores gastos, por lo que se procedió a recolectar planos constructivos, estudios realizados en algunas estructuras, especificaciones técnicas con que cuentan ciertas obras, entre otros. Además, para ratificar la selección de estas obras, se realizaron giras para constatar el estado en que se encuentran actualmente.

Posteriormente, al análisis de estos documentos y a la revisión del estado de las obras, se realizaron giras dentro del recinto portuario, con el propósito de determinar la manera con que, finalmente, estas se ejecutaban.

Con la recolección de esta información, procedió a realizarse un manual para apoyar las labores de inspección y, además, contribuya a establecer el orden en que las obras deben intervenir, esto último, a razón de que por factores varios, la comunicación entre el concesionario y el concesionador es difícil por los trámites burocráticos que deben realizarse.

La confección de dicho manual se realizó tomando en consideración la normativa con la que

cuenta el país para las actividades estudiadas, en los casos en los que no se tiene normativa nacional aplicable, se estipuló la utilización de normativa a la cual algunos reglamentos hacían referencia, tal es el caso de la utilización del Manual de Especificaciones generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica, que, en algunos casos, hace referencia a las disposiciones de los manuales de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

Para determinar cuáles eran las actividades que necesitaban ser intervenidas primordialmente, se realizó un registro fotográfico del estado de cada una, por ejemplo, en el caso de las defensas marinas, se recolectaron una serie de fotografías, con las cuales se realizó una Tabla, y que, posteriormente, con una serie de criterios, se valoró cada una de las defensas, con lo cual se obtuvo un puntaje, que representaba el grado de priorización con que contaba dicha defensa marina, además estas fotografías se utilizarán para tener un registro del estado antes del mantenimiento respectivo, con lo que podrá discutirse el lapso en que estas requirieron nuevamente ser intervenidas, y así considerar la eficiencia del mantenimiento dado.

Marco Teórico

Un complejo portuario comprende una gran cantidad de obras civiles, en el caso del puerto de Caldera, Costa Rica, estas obras principalmente, se llevan a cabo en la pantalla del muelle, vías, edificaciones, obras menores y otros; este apartado desarrolla algunas de las obras que requieren mayores cuidados.

Pavimento de adoquines de concreto

La norma INTE 06-04-01-06 (adoquines de concreto para pavimentos), define un adoquín de concreto como un elemento compacto de concreto prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado; de la misma manera define el pavimento como una estructura construida sobre el terreno de fundación para permitir que el tránsito sobre éste, sea más confortable, seguro y rápido.

Sobre la estructura de un pavimento de adoquines se conoce que esta se ve afectada por un gran número de factores que pueden disminuir su desempeño.

Efecto de la trabazón mecánica

Se refiere a la restricción que tienen los adoquines de moverse aisladamente por la acción de sus adoquines vecinos, lo que esencialmente se refiere a un mecanismo de disipación de tensiones.

Efecto del ancho de junta

El efecto de trabazón mecánica está relacionado con el comportamiento de las juntas entre adoquines, debido que por medio de las juntas se

proporciona fricción entre los adoquines, siempre que se cuente con un ancho entre 2 y 7 mm, es recomendable un ancho de 3 mm. Las juntas con un ancho menor a 2 mm pueden no quedar totalmente llenas de arena, y en caso de un ancho mayor a 7 mm se pierde el efecto de la trabazón mecánica.

Espesor del adoquín

“Los ensayos de carga estática y dinámica realizados desde la década del 80 son coincidentes en señalar que las deflexiones y las deformaciones permanentes en el pavimento son considerablemente menores con adoquines de 80 mm que con adoquines de 60 mm, a igualdad de condiciones” (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2013, pág. 38).

Para adoquines de 100 mm no se logra mayor beneficio con respecto a un adoquín de 80 mm, sin embargo para cargas altas de tránsito, como puertos, si se llega a tener un beneficio significativo.

Forma del adoquín

Esta característica afecta la distribución de tensiones por parte de la trabazón mecánica, como se observa en la Figura 1, en los adoquines lisos presentan una mayor deflexión que los adoquines ondulados.

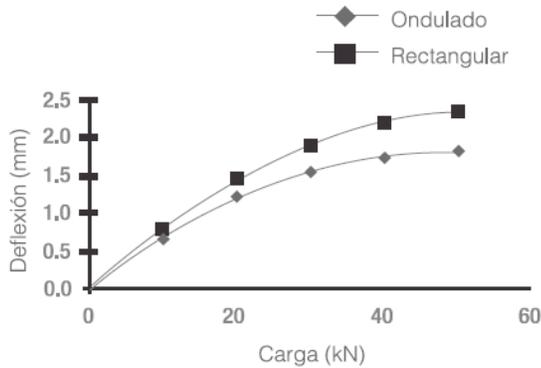


Figura 1. Efecto de la forma de los adoquines en las deflexiones.
Fuente: (Panda & Ghosh, 2002)

Resistencia mecánica del adoquín

La resistencia a la compresión del adoquín no es determinante en el desempeño estructural del pavimento, como se logra apreciar en la figura 2, a diferentes resistencias a la compresión se logran deflexiones muy similares.

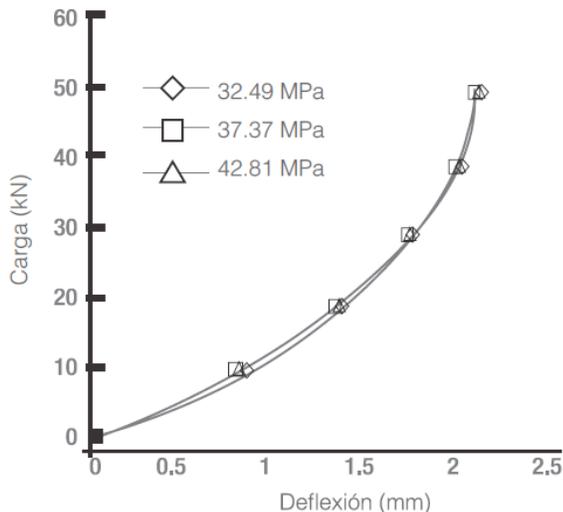


Figura 2. Efecto de la resistencia a la compresión sobre las deflexiones del pavimento de adoquines.
Fuente: (Panda & Ghosh, 2002)

Forma de distribución de los adoquines

La forma que se distribuyan los adoquines afectan las deformaciones verticales que se presentaran en el pavimento, la colocación “espina de pescado 45°” de la figura 3, corresponde la colocación que presenta menos deformaciones verticales de las 4 mostradas por dicha figura, por el contrario la colocación “corredor” presenta las mayores deformaciones verticales.

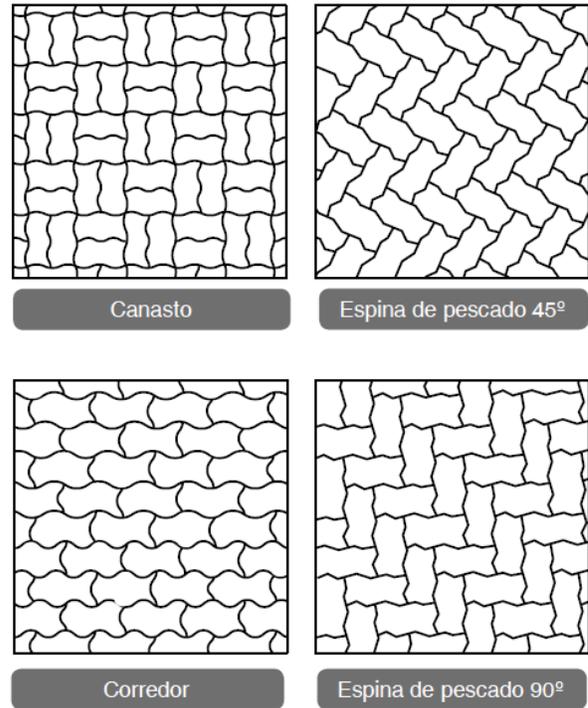


Figura 3. Algunas formas de colocar los adoquines.
Fuente: (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2013)

Cama de arena

El espesor de la cama de arena está relacionado con su habilidad para controlar las deformaciones verticales, por lo que se recomienda un espesor de arena entre 20 y 40 mm.

La resistencia al corte la determina la granulometría y la angularidad de la cama de arena, el uso de arenas gruesas aumenta la resistencia a los movimientos verticales, lo cual favorece su uso en pavimentos de alto tráfico, además se deben usar arenas con un porcentaje de finos menor al 5% para evitar las deformaciones. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2013).

La arena para crear esta cama debe poseer una humedad inferior al 8%, siempre evitando que se llegue a la saturación, es deseable que la humedad este entre un rango del 4% y 8%.

Deterioro de pavimentos de adoquines

El deterioro de este tipo de pavimento responde a diferentes situaciones como el tráfico, clima, materiales y métodos constructivos, por esto es difícil determinar directamente la causa de los deterioros.

El manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón de Chile, resume la clasificación que se la ha dado a algunos deterioros.

Ahuellamiento o deformaciones permanentes: Este deterioro se debe al efecto del tráfico acumulado, combinado eventualmente con un diseño estructural deficiente, con materiales de base y sub base inadecuados, una cama de arena con alto contenido de finos o granulometrías discontinuas y la presencia de suelos compresibles.

Rotura de adoquines: La rotura de unidades de adoquines tiene su causa en un mal confinamiento de borde unido a la presencia de micro fisuras en el adoquín, especialmente cuando en su manufactura no se realiza un adecuado control de la densidad del adoquín. Se manifiesta como desprendimientos vertical de pequeños trozos o de láminas oblicuas similares a los desconches en las juntas de pavimentos de hormigón o como fracturas francas de los bloques.

Pérdida de arena en las juntas: La pérdida de arena en las juntas reduce la capacidad de fricción entre bloques, afectando la trabazón mecánica entre ellos. Asimismo, aumenta el riesgo de infiltración de contaminantes hacia la cama de arena. Este deterioro puede ser la resultante del uso de chorros de agua o aire comprimido destinados a limpiar la superficie de los adoquines.

Bombeo de agua en las juntas: Cuando se produce acumulación de agua en la base y subbase, es posible que por las juntas de adoquines se expulse el agua por las cargas de tráfico, con lo cual se desprende progresivamente la arena, limitando la trabazón y favoreciendo la degradación progresiva de la cama de arena. En etapas más avanzadas de deterioro, puede verse

acompañada de torsión de adoquines e indicios de escalonamiento.

Abertura de juntas: Este deterioro está relacionado con errores constructivos, con ahuellamientos y desplazamientos horizontales. Producen una pérdida de la trabazón mecánica entre adoquines y por tanto una pérdida de eficiencia. Generalmente se ve acompañado de acumulación de tierra, arena contaminada y en zonas húmedas florece vegetación y musgos.

Desprendimiento de adoquines: Este deterioro se refiere al desprendimiento de piezas completas o trozos de adoquines. Generalmente se ve acompañado de fracturamiento, ahuellamiento y desplazamientos horizontales.

Levantamientos: Corresponden a protuberancias localizadas en el pavimento que pueden deberse al hinchamiento de la base y subbase. Generalmente se presentan cuando la sub rasante está compuesta por suelos expansivos, acompañados de bases y subbases con una fracción elevada de material arcilloso.

Señalamiento horizontal

“La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, cordones y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.” (Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones de Paraguay, 2011).

Materiales

Los materiales con los que demarcan los pavimentos, bordes de calle, objetos, etc., son diversos. La pintura es el método más utilizado, sin embargo se pueden utilizar materiales termoplásticos, concreto coloreado, incrustaciones planas fabricadas en metal, cerámica, plástico, entre otros.

Algunos de los materiales anteriormente mencionados, mejoran su propiedad de visibilidad mediante la incorporación de esferas de vidrio en su composición, estas esferas de vidrio “reflejan

una gran parte de la luz incidente de los faros de automóviles directamente hacia los ojos del conductor en su posición normal, haciendo que las marcas parezcan luminosas de noche.” (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA., 2000).

Algunos de los aspectos que influyen para una buena refracción por parte de las esferas de vidrio son:

- Naturaleza del vidrio utilizado.
- Índice de refracción.
- Redondez de la esfera.
- Granulometría.
- Dosificación.
- Método de colocado.

El Manual de Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, clasifica las marcas o señales sobre el pavimento según el cuadro 1.

De igual manera se especifican los requerimientos para la construcción de cada tipo de señalización.

El cuadro 2 muestra un extracto de los requerimientos descritos en el CR-2010.

Cuadro 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES PARA EL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.	
Tipo	Descripción
Tipo A	Pintura convencional para pavimento, con esferas de vidrio tipo 1.
Tipo B	Pintura de base acuosa para pavimento, con esferas de vidrio tipo 1.
Tipo C	Pintura de base acuosa para pavimento, con esferas de vidrio tipo 3.
Tipo D	Señales epóxicas, con esferas de vidrio tipo 1.
Tipo E	Señales epóxicas, con esferas de vidrio tipo 1 y tipo 4.
Tipo F	Señales de poliéster con esferas de vidrio tipo 1.
Tipo G	Señales de poliéster con esferas de vidrio tipo 1 y tipo 4.
Tipo H	Señales termoplásticas, con esferas de vidrio tipo 1.
Tipo I	Señales termoplásticas con esferas de vidrio tipo 1 y tipo 5.
Tipo J	Señales de plástico preformado.
Tipo K	Señales no reflectivas.

Fuente: (Ministerio de Obras Pública y Transportes de Costa Rica, 2010, pág. 591)

CUADRO 2. REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA ALGUNOS TIPOS DE SEÑALIZACIÓN.	
Tipo	Requerimientos constructivos
Tipo A	Se debe aplicar la pintura solamente cuando el pavimento y las temperaturas del aire sean superiores a 4 grados centígrados.
	Se debe rociar una película de 0,38 mm de pintura a una tasa de riego de 2,6 m ² /l de pintura, antes de colocar las microesferas.
	Se deben aplicar dos capas de recubrimiento sobre pavimentos o tratamientos asfálticos nuevos.
	Se aplicará la primera capa con una tasa de 8,8 metros cuadrados por litro y la segunda capa con 3,7 metros cuadrados por litro.
Tipo B	Se aplicará la pintura solamente cuando la temperatura del pavimento y del aire sea superior a 10 grados centígrados.
	Se debe rociar la pintura en una película de 0,38mm de espesor o con una tasa de riego de 3,7 metros cuadrados por litro hasta obtener 0,38 mm de espesor, antes de colocar las esferas de vidrio.
	Si se usa este tipo de pintura, se debe aplicar inmediatamente una dosis mínima de esferas de vidrio de 0,7 kilogramos por litro de pintura.
	Sobre pavimentos o tratamientos asfálticos nuevos, se deben aplicar dos capas de recubrimiento, cada una con una tasa de 5,2 metros cuadrados por litro.

Fuente: (Ministerio de Obras Pública y Transportes de Costa Rica, 2010, pág. 593)

La pintura para el señalamiento horizontal debe ser preparada especialmente para su uso en pavimentos de concreto asfáltico o de concreto con cemento Portland conforme la norma FSS TT-P-115F, como lo indica el CR-2010 (Ministerio de Obras Pública y Transportes de Costa Rica, 2010, pág. 720).

Además el manual centroamericano de mantenimiento de carreteras, la pintura utilizada debe someterse a lo estipulado para la pintura N (superficie disponible a los 15 – 30 minutos) de la norma AASHTO M-248. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2010, pág. 202).

De igual manera se indica que esferas de vidrio deben cumplir con las disposiciones de la norma AASHTO M 247, y aplicadas por el método DROP-ON (esparcidas inmediatamente después de aplicar la penúltima capa de pintura), y en una proporción de 6 lb/gal de pintura, por su parte el anexo D del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras de la Sica, indica que se debe aplicar sobre la pintura húmeda, en proporción de 300 a 450 gramos por metro cuadrado de pintura. (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2000, pág. D.31).

Consideraciones acerca de la pintura

Algunas de las consideraciones al manipular pintura son:

- Deben ser almacenadas en lugares frescos, secos y limpios, en envases bien tapados y alejados de toda fuente de calor, las pinturas para tráfico conservan sin alteraciones significativas su color, la viscosidad y la uniformidad de la mezcla de sus componentes.
- Las pinturas para demarcación se aplican fácilmente con brocha, pistola o máquina aplicadora, dependiendo de la longitud de la señales, produciendo una capa uniforme de alto espesor por mano.
- El secamiento oscila entre 30 y 90 minutos, dependiendo del tipo de pintura (acrílica, alquid-caucho), como también de las condiciones ambientales (temperatura

ambiente, temperatura de la superficie y humedad relativa).

- Si la pintura es más viscosa se dificulta la aplicación a un espesor uniforme, dando como resultado cubriendo disparejo.
- Si la viscosidad es baja (muy líquida) los bordes de la demarcación son indefinidos por excesiva nivelación de la pintura aplicada.
- La mugre adherida y el polvo suelto afectan la vida de servicio de las pinturas porque impiden el contacto directo y la penetración de la pintura en la superficie.
- La lluvia, especialmente cuando se presenta antes de comenzar la señalización o cuando la lluvia está recién aplicada, afecta la adherencia y retarda el secamiento.

Fuente: (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2000, págs. D23 - D25).

Consideraciones para la supervisión

La verificación del espesor de la pintura se puede hacer mediante la colocación de una pieza de lámina galvanizada sobre el trazado, para inmediatamente después de aplicar la pintura, asentar bien el “medidor de espesores”, y tomar la lectura del diente macho pintado y del inmediatamente superior no pintado, el valor real del espesor está entre ambas medidas. Ver figuras 4 y 5 acerca de un procedimiento para verificar el espesor.



Figura 4. Colocación de una pieza de lámina galvanizada sobre el trazado.

Fuente: (REFLECTA-Señalización Efectiva, 2013).



Figura 5. Lectura de los dientes machos.

Fuente: (REFLECTA-Señalización Efectiva, 2013).

Para verificar la reflectividad final de la pintura se utiliza un reflectómetro, en caso de no poseerse, una manera sencilla de comprobar la reflectividad diurna es haciendo sobra sobre la pintura de forma tal que se pueda apreciar la reflectividad de la misma. Para comprobarlo de noche, se necesita iluminar la pintura con las luces de un vehículo, la cual deberá resaltar o contrastar bien con la carretera. Una buena aplicación de este método se muestra en la figura 6, de forma adversa se muestra en la figura 7.



Figura 6. Pintura con buena reflectividad.

Fuente: (REFLECTA-Señalización Efectiva, 2013).



Figura 7. Pintura con mala reflectividad.
Fuente: (REFLECTA-Señalización Efectiva, 2013).

Defensas Marinas

“Las defensas son el punto de contacto entre el barco y el puerto. Son ante todo una barrera de seguridad para proteger a las personas, los barcos y las estructuras.” (FENDER TEAM, 2014).

Las defensas por lo general están constituidas de caucho (elastómeros), espuma especial o de aire, que actúan como resorte para absorber la energía cinética del barco, además de un resorte que se comprime ayudando a absorber dicha energía, para luego ser transmitida a la pantalla del muelle por medio de paneles, anclajes y cadenas.

Las cadenas se utilizan para controlar la geometría de la defensa durante el impacto y para prevenir movimientos excesivos del panel de acero, además pueden ayudar a soportar el peso de los paneles largos, previniendo la caída o el aflojamiento, de igual forma pueden ayudar en el incremento de las flexiones del caucho y la absorción de energía en los casos de impactos bajos. (FENDER TEAM, 2014).

Los ambientes marinos provocan un mayor deterioro sobre las estructuras, principalmente si estas están en contacto constante con el agua de mar. Por esto las defensas marinas se ven sometidas a diferentes efectos debido a sus exigencias y al ambiente.

Corrosión

Las altas temperaturas puedan acelerar la corrosión, así como las altas concentraciones de sal en algunas zonas tropicales o sub-tropicales.

Para esto las defensas marinas deben contar con capas apropiadas de pintura, fijaciones de acero inoxidable donde se necesiten, y tomar en cuenta una tolerancia de corrosión en el espesor de las placas y los diámetros de los elementos de las cadenas, para minimizar el mantenimiento.

Ozono y Luz Ultravioleta (UV)

Con el tiempo, el ozono causa fragilidad en el caucho y la luz ultra violeta causa fracturas. Estos efectos son mitigados por la calidad de los materiales, sin embargo este problema no se pueden eliminar del todo.

Fatiga

La fatiga puede producirse en cualquier lugar, por lo que siempre es recomendado tener en consideración este fenómeno. A bajas temperaturas los efectos de las cargas de fatiga pueden ser más serios si la defensa marina está constituida por materiales que se pueden tornar frágiles.

Efectos Térmicos

Las altas temperaturas causan que el caucho se vuelva más suave, reduciendo la absorción de energía. Las bajas temperaturas tienen el efecto opuesto e incrementan las fuerzas de reacción. Para estos fenómenos se deben tomar en consideración los grados de acero y el plástico, para evitar que los materiales no se vuelvan frágiles.

Movimiento y vibración

La vibración y los movimientos de un barco, producen efectos abrasivos en las almohadillas de contacto de la defensa, así como el aflojamiento en las fijaciones y el desgaste en las uniones de las

cadena, por lo que se debe ser muy consciente de estos daños.

El cuadro 3 muestra la incidencia de los climas sobre las defensas según el efecto al que podrían verse sometidas.

CUADRO 3. INCIDENCIA DE LOS EFECTOS A PARTIR DE DIFERENTES CLIMAS SOBRE LAS DEFENSAS.			
Efecto	Clima		
	Tropical/ Subtropical	Temperado	Ártico/ Subártico
Corrosivo	Alta	Moderado	Moderado
Ozono y luz ultravioleta	Alta	Moderado	Baja
Fatiga	Variable	Variable	Alta
Efectos térmicos	Alta	Moderado	Alta
Movimiento y vibración	Variable	Variable	Variable

Fuente: (FENDER TEAM, 2014, pág. 48)

Muros guardarruedas

Los guardarruedas, también conocidos como bordillos, son muros de concreto armado colocados al borde de la pantalla del muelle, esto con la finalidad de evitar la caída de la mercancía trasegada o de la maquinaria que se utiliza en las diferentes operaciones del puerto.

Este tipo de estructuras están compuestas básicamente de concreto y acero como refuerzo, sin embargo se complementan con angulares de acero y pintura para alargar su vida útil y visibilidad.

Sobre el concreto

Según el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, los bordillos deberán ser construidos con concreto de resistencia mínima de

300 kg/cm². (Ministerio de Obras Pública y Transportes de Costa Rica, 2010, pág. 626).

Por su parte el Instituto Americano de Concreto ACI (por sus siglas en inglés), en su norma ACI 318 (Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural) en la sección 4.4 sobre la protección del refuerzo contra la corrosión, indica:

“Cuando el concreto con refuerzo vaya a estar expuesto a cloruros de químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras de las mismas, deben cumplirse los requisitos de la Tabla 4.2.2 para la máxima relación agua-material cementante y mínimo f'_c , y los requisitos de recubrimiento mínimo del concreto de 7.7.”

El cuadro 4 muestra los requerimientos mínimos que debe considerarse en este tipo de elementos dados por la tabla 4.2.2 del ACI 318.

CUADRO 4. REQUISITOS PARA CONDICIONES DE EXPOSICIÓN ESPECIALES.

Condición de exposición	Concreto con relación máxima A/C.	Concreto con f_c' mínima (MPa).
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,50	28
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda ó a productos químicos descongelantes.	0,45	31
Concreto expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen.	0,40	35

Fuente: American Concrete Institute

La protección de concreto para el acero está dada por el recubrimiento del elemento, la sección 7.7 del ACI 318 establece los requerimientos

mínimos de recubrimiento, el cuadro 5 muestra un extracto de lo requerido para concreto construido en sitio no preesforzado.

CUADRO 5. RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA DIFERENTES CONDICIONES DEL CONCRETO CONSTRUIDO EN SITIO NO PREEFORZADO.

Condición	Recubrimiento mínimo (mm)
Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él.	75
Concreto expuesto al suelo o a la intemperie:	
- Barras No. 19 a No. 57.	50
- Barras No. 16, alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.	40

Fuente: American Concrete Institute

Complementario a lo descrito anteriormente, esta norma hace la recomendación R7.7.5 sobre ambientes corrosivos de utilizar un recubrimiento mínimo del refuerzo de 50 mm para muros y losas y de 60 mm para otros elementos, que estén sometidos a ambientes corrosivos.

Sobre el tamaño máximo nominal que debe tener el agregado grueso de la mezcla de concreto, la norma ACI 318, especifica que el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Las condiciones climáticas afectan considerablemente el comportamiento de una mezcla de concreto, por lo que se debe tener en consideración que no es recomendable ejecutar este tipo de obras a temperaturas superiores a los 40 °C o en presencia de viento excesivo, además el tiempo caluroso produce efectos negativos sobre el concreto:

En concreto fresco:

- Aumento de la demanda de agua.
- Pérdida de consistencia.
- Tendencia a añadir agua al concreto en obra.
- Mayor dificultad de cumplir especificaciones y acabado.
- Mayores precauciones en el curado.
- Mayor riesgo de que se produzcan fisuras por retracción.
- Dificultad en el control del aire atrapado.

En concreto endurecido:

- Disminución en la resistencia derivada en ocasiones de la mayor cantidad de agua de mezclado utilizada.
- Mayor sensibilidad frente a un incorrecto curado.
- Aumento en la tendencia a la fisuración.
- Disminución de la durabilidad.

Para evitar contracciones en el concreto es necesario aplicar un adecuado curado, el cual se refiere al conjunto de procesos necesarios para garantizar el agua de hidratación óptima en la mezcla, lo cual se logra evitando la evaporación o pérdida de agua en la misma, o adicionando agua con el fin de reponer cualquiera de estos efectos.

El curado es sumamente importante, sobre todo cuando la mezcla de concreto está expuesta a condiciones climáticas severas, tales como altas temperaturas, ambientes secos, superficies expuestas directamente al sol y lugares ventosos.

En condiciones normales de trabajo, el curado no debe ser menor de 7 días, que es cuando la mezcla desarrolla cerca del 70% de la resistencia a los 28 días.

Sobre la armadura

La armadura de refuerzo que conforma este tipo de elementos, debe estar sujeta a varias consideraciones constructivas o de mantenimiento, dentro de las que se pueden describir:

- No utilizar barras sucias con polvo, grasa o aceites, que impiden la adherencia con el hormigón.
- Descartar barras con costras sueltas y óxido excesivo, que disminuye el efecto de adherencia con el hormigón.
- Evitar la escasa longitud de los empalmes por traslapo e incorrecto espaciamiento entre ellos.
- No permitir amarras débiles, insuficientes o inexistentes entre barras
- Revisar que la separación sea la indicada entre la armadura y el encofrado, lo que impide un espesor de recubrimiento mínimo y adecuado como protección del acero.
- No dejar barras expuestas al medio ambiente y sin ningún tipo de recubrimiento de protección, en el caso que se vaya a efectuar alguna ampliación posterior.

Corrosión

La corrosión se refiere al deterioro que sufre un material a causa del ataque electroquímico que su entorno le provoca. La velocidad con que este deterioro puede ocurrir, depende de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los materiales del mismo.

Por lo general se puede presentar de dos forma; la corrosión uniforme que se refiere a la corrosión que ocurre en metales y aleaciones homogéneas que se encuentran expuestas a ambientes homogéneos, como por ejemplo exposiciones a la atmosfera o a las aguas naturales, y la corrosión localizada, que se presenta cuando el material se expone a ambientes no homogéneos, es decir, ambientes que varían su composición química, grado de acidez, temperatura, etc.

La corrosión puede presentarse en las grietas de la estructura, debido a que estos espacios permiten el libre movimiento de líquidos e inclusive de sólidos, que son los causantes de la corrosión, por esto cualquier punto donde dos superficies estén separadas por un pequeño espacio, puede presentar corrosión.

Corrosión galvánica

Se refiere al proceso electroquímico, en el cual un metal se corroe por estar en contacto con un metal de otro tipo, que a la vez es más noble, ambos en un medio húmedo.

Para prevenir la corrosión galvánica, se es necesario utilizar elementos con características similares en su composición; un ejemplo práctico es la utilización de tornillos con una resistencia ante la corrosión similar a la del elemento que se

va a unir para evitar este daño, en el caso de utilizar tornillos con acero al carbono galvanizados, se debe tener en consideración que la capa de galvanizado será la primera en deteriorarse.

En el caso de elementos sumergidos y unidos en agua de mar, la corrosión galvánica se presenta de manera más acelerada, por ejemplo un acero al carbono se corroe más rápido cuando está conectado a un acero inoxidable.

Pintura

La pintura corresponde a suspensiones homogéneas de partículas sólidas, conocidas como pigmentos, que se encuentran dispersas en un líquido, junto a otros componentes en menores proporciones como aditivos.

La pintura es el principal método utilizado para proteger las estructuras metálicas de la corrosión. Estas se clasifican según el tipo de resina que contienen:

- Alquidáticas: Utilizadas en interiores secos y abrigados, o en exteriores no contaminados. No resisten a la humedad y a la inmersión en agua.
- Epóxicas: Son pinturas más impermeables y más resistentes a los agentes químicos que las alquidáticas. Resisten la humedad, inmersión en agua dulce o salada, lubricantes y diversos productos químicos. No son adecuadas para la exposición al intemperismo, pues se desvanecen y pierden brillo.
- Poliuretánicas: Estas pinturas son bastante resistentes al intemperismo. Resisten por muchos años con poca pérdida del color y del brillo original.
- Acrílicas: Son pinturas de un componente a base de solventes orgánicos o de agua, de igual forma, son apropiadas para dar acabados, además son pinturas bastante resistentes a la acción del fuego.

Resultados

Para llevar a cabo este trabajo, se identificaron los procesos de control de obra con que cuenta el Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, de igual forma, se estudiaron las consideraciones técnicas con que actualmente se ejecutan las obras y a partir de esto se proporcionaron recomendaciones.

El resultado final de este proyecto fue el desarrollo de un manual de inspección técnica para las diferentes obras civiles a las que se les da mantenimiento en el recinto portuario.

Manual de inspección técnica de obras

Este manual involucra una serie de actividades civiles a las que periódicamente se les realiza mantenimiento, esto debido al gran deterioro que sufren por su operación y/o el ambiente.

Entre las obras civiles que se desarrollan dentro de este manual están bolardos, defensas marinas, edificaciones, muros guardarruedas, pavimentos y señalización vial.

Bolardos

A partir del tipo de bolardo utilizado en el muelle, se establecieron consideraciones acerca de su operación y mantenimiento. La figura 8 muestra la adecuada operación del tipo de bolardo utilizado, de igual forma, la figura 9 muestra la manera actual en que estos se operan.

El manual diseñado contiene algunas consideraciones mínimas que se deberían tener al momento de realizar las inspecciones. Ver apéndice 1.

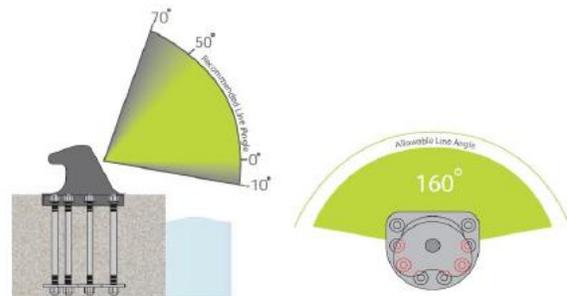


Figura 8. Ángulos recomendados durante la operación en los bolardos.

Fuente: (Maritime International, 2010, pág. 11)



Figura 9. Ángulos aplicados durante la operación en las bitas.
Fuente: Elaboración propia.

Defensas Marinas

Sobre las defensas marinas, se constató el estado actual de las mismas, y a partir de esto se desarrolló una metodología para priorizar la intervención que se les debe dar, así como el control post-mantenimiento, el cuadro 6 muestra un extracto de la metodología propuesta y que fue utilizada.

La figura 10 muestra el estado de la defensa número 16 del muelle, la cual corresponde al estado idóneo en que estas debería estar, de la misma manera la imagen 11, muestra el estado de deterioro en el que se encuentra la defensa 4 del muelle.

Asimismo se establecieron algunas consideraciones que al momento de realizar la

inspección se deberían tener, esto luego del mantenimiento por parte de la empresa encargada, esto se puede constatar en el manual del apéndice 1.



Figura 10. Defensa #16 utilizada durante la operación.
Fuente: Elaboración propia.

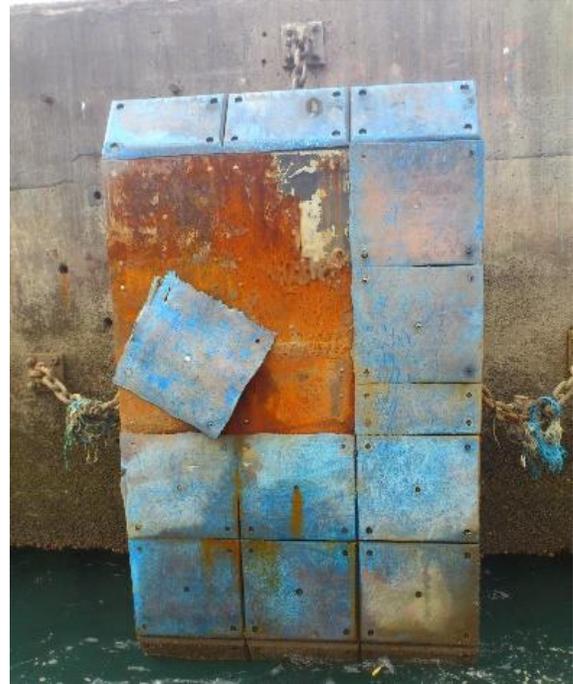


Figura 11. Defensa #4 utilizada durante la operación.
Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera el manual presenta las consideraciones que se tuvieron en cuenta para realizar la valoración de cada una de las defensas del muelle.

CUADRO 6. PRIORIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS DEFENSAS							
Defensa	Informes de inspecciones	Fotografía	Clasificación				Estado
			Baquelitas	Panel de acero	Cadenas	Cono	
1	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	1	2	6	6	Deteriorada
2	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	1	2	3	1	Aceptable
3	INFRA-065-2014 INFRA-083-2014	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	1	1	6	4	Regular
4	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	6	3	6	4	Deficiente

Fuente: Elaboración propia.

El manual propone consideraciones que se deben tener al momento de revisar el estado de las defensas, la figura 12 presenta el estado de una defensa que se encuentra totalmente dañada.



Figura 12. Cono de la defensa marina deteriorada.
Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto que se toma en consideración, son las medidas que se deben tener acerca de la colocación de estos elementos, así como de las medidas de seguridad mínimas al momento de fijar estos elementos a la pantalla del muelle, la figura 13 muestra el método que se utiliza actualmente para fijar dichos elementos, así como las medidas de seguridad utilizadas.



Figura 13. Colocación de la defensa marina.
Fuente: Elaboración propia

Muros guardarruedas

Sobre estas estructuras, el manual desarrolla una serie de consideraciones técnicas que se deberían corroborar al momento de inspeccionar estas estructuras, a continuación se muestran algunas de las consideraciones que se establecieron para el cemento en dicho manual.

Cemento:

- Se debe constatar que cualquier tipo de cemento a utilizar, cumpla con lo establecido en la norma ACI 318, capítulo 3, sección 3.2 de la última versión.
- En caso de utilizar un tipo de cemento diferente al de uso general, se debe revisar si este es adecuado para la actividad, considerando su uso y los beneficios que provee.
- En lo que respecta al almacenaje se deberá inspeccionar que el lugar donde se almacene, esté protegido de la humedad, además que no esté almacenado por más de 15 días, separado de las paredes y del piso en por lo menos 40 centímetros.
- Se debe revisar que no se encuentre estibado en más de 2 metros, así mismo introducido en bolsas plásticas cuando es necesario guardarlo por mucho tiempo.
- Se debe constatar que se utilizan los lotes de cemento con mayor antigüedad, de manera tal, que los nuevos lotes se coloquen en la base del apilamiento o se diferencien para su posterior utilización.

Para establecer cuáles son los muros guardarruedas a los que se les debería dar mantenimiento en primera instancia, se elaboró una tabla en la cual según diferentes criterios, se prioriza según su estado, esta tabla se puso en práctica y de acuerdo a sus resultados se intervino esta actividad. El cuadro 7 muestra un extracto de hoja que se presenta en el manual.

CUADRO 7. PRIORIZACIÓN DE LOS GUARDARRUEDAS.

Bita inicial	Número de guardarruedas entre bitas	Número de guardarruedas TOTAL	Fotografías	Clasificación				Estado	Comentarios
				Angulares	Concreto	Armadura	Pintura		
1	1	1	MGR 1	3	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
1	2	2	MGR 2	3	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
1	3	3	MGR 3	5	3	2	3	Deteriorado	Requiere reparación, angular y pintura
1	4	4	MGR 4	3	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
1	5	5	MGR 5	8	5	5	5	Destruído	Guardarruedas viejo poco funcional
1	6	6	MGR 6	3	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
2	1	7	MGR 1	6	3	2	3	Deteriorado	Requiere reparación, angular y pintura
2	2	8	MGR 2	8	5	5	5	Ausente	Elemento ausente
2	2	8	MGR 2	8	5	5	5	Ausente	Elemento ausente
2	3	9	MGR 3	8	5	5	5	Ausente	Elemento ausente
2	4	10	MGR 4	7	4	4	4	Pésimo	Requiere sustitución
2	5	11	MGR 5	8	4	2	4	Deficiente	Requiere sustitución
2	6	12	MGR 6	2	2	1	4	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
2	7	13	MGR 7	3	2	1	4	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
3	1	14	MGR 1	4	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura
3	2	15	MGR 2	3	2	1	3	Regular	Requiere mantenimiento de angular y pintura

Fuente: Elaboración propia.

Además, en dicho manual se toman consideraciones que se deberían tomar durante su elaboración. Las figura 14 muestra la armadura y la formaleta utilizada, por otra parte la figura 15 muestra el elemento luego de retirar el encofrado.



Figura 14. Elemento antes del colado.
Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Elementos después de retirar el encofrado.
Fuente: Elaboración propia

En el manual se muestra una serie de factores utilizados para valorar cada uno de los muros guardarruedas, así como una ficha de verificación que puede ser utilizada al momento de realizar las inspecciones, esta ficha de verificación fue confeccionada con los requerimientos que se establecen en la especificación técnica para dicha actividad, de igual manera se apuntan algunos aspectos importantes que también se deben constatar al momento de realizar las inspecciones, un extracto de esta ficha de verificación se presenta en el cuadro 8.

Pavimento

Para esta actividad, el manual establece una serie de recomendaciones acerca de las consideraciones técnicas que se deberían tener, basado principalmente en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica.

El manual trata acerca de pavimentos rígidos y semirrígidos (adoquines), debido a que el pavimento de adoquines es el más utilizado en el muelle, se establecen algunas consideraciones para mejorar su desempeño, esto porque al tratarse de una actividad que implica cargas totalmente diferentes a las que normalmente se aplican, los requerimientos deben ser mayores. A continuación se presentan algunas de las recomendaciones que se apuntan el dicho manual técnico:

- La colocación de los adoquines sea de espina de pescado a 45° para garantizar una mejor distribución de esfuerzos.
- La cama de arena tenga un espesor de entre 20 y 40 mm.
- Se utilicen arenas gruesas para aumentar la resistencia a los movimientos verticales, además de que esta posea un porcentaje de finos menor al 5% para evitar las deformaciones
- La humedad de la cama de arena sea inferior al 8%, es deseable que la humedad este entre un rango del 4 y 8%.
- Se implementen adoquines con un espesor de 100 mm.
- El ancho de la junta esté entre 2 y 7 mm, idealmente que sea de 3 mm, debido a que juntas menores a 2 mm pueden quedar con vacíos, y juntas con anchos mayores a 7 mm afectan la trabazón mecánica.

CUADRO 8. FICHA DE VERIFICACIÓN PARA MUROS GUARDARRUEDAS (EXTRACTO)



INSTITUTO COSTARRICENSE DE PUERTOS DEL PACÍFICO
UNIDAD TÉCNICA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL



FICHA DE VERIFICACIÓN PARA MUROS GUARDARRUEDAS

Efectuado por _____ Fecha ___ / ___ / ___

Etapas de la obra _____

Porcentaje de avance _____

Estado en que se encontraba el muro guardarruedas.

Aceptable ()	Regular ()	Deteriorado ()	Deficiente ()	Pésimo ()	Destruído/Ausente ()
------------------	----------------	--------------------	-------------------	---------------	--------------------------

Consideraciones de diseño.

CRITERIO	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Se construyen con concreto de f'c 245 kg/cm ² ?			
¿El refuerzo longitudinal es de 4 varillas #5?			
¿Los aros son de varilla #3 @15 cm?			
¿Es anclado a la pantalla por medio de 8 anclajes de varilla #4 adheridas por medio de epóxico?			
¿Se colocan angulares de 2"x2"x1/8"?			

Consideraciones sobre el concreto.

CRITERIO	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La duración del concreto preparado en sitio es entre 4-6 minutos durante los procesos de medida, carga de agregados y mezclado?			

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se elaboró un diseño de pavimentos, utilizando como guía el manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, específicamente, el apartado correspondiente para diseño de puertos marítimos. El cuadro 9 muestra algunos valores considerados para el diseño y el cuadro 10 muestra los resultados obtenidos a partir de este diseño, el cual corresponde al diseño para los patios de contenedores.

Por otra parte, se realizó un registro de las zonas sobre las vías que presentaban mayor deterioro, y a partir de esto se diagnosticó el problema que estas presentaban, el cuadro 11 muestra un extracto de la tabla que se generó con es este fin.

CUADRO 9. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUINES PARA EL PATIO DE CONTENEDORES.	
Peso de la rueda con el contenedor "W" (kg)	15.000,0 kg
Presión de inflado de la rueda "P" (Mpa)	0,96 MPa
CBR de la subrasante (%)	5%
Espaciamiento entre ruedas (mm)	300,0 mm
Total de pasadas en su vida útil	250.000,0
Tipo de base según tabla 5	Tipo 3
Peso bruto del cargador (kg)	70.800,0 kg

Fuente: Diseño de pavimentos elaborado para el patio de contenedores.

CUADRO 10. DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUINES PARA EL PATIO DE CONTENEDORES.	
Espesor final de diseño	710 mm
Adoquines	80 mm
Cama de arena	30 mm
Base granular tratada con cemento	600 mm
Subbase granular	No se necesita
Subrasante mejorada	No se necesita

Fuente: Diseño de pavimentos elaborado para el patio de contenedores.

CUADRO 11. DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO (EXTRACTO)

Ubicación	Fotografía	Tipo de deterioros presentes	Prioridad	Comentarios
1	Fotografía 1	Deformaciones permanentes	Alta	Aunque la losa de concreto que se encuentra cerca presenta gran cantidad de fisuras, el problema se presenta por las deformaciones del pavimento de adoquines
	Fotografía 2	Rotura de adoquines		
	Fotografía 3	Desprendimiento de adoquines		
2	Fotografía 1	Deformaciones permanentes	Alta	Debido a la presencia de un considerable número de deformaciones en esta zona, el problema podría empeorar en época lluviosa.
	Fotografía 2	Pérdida de arena en las juntas		
	Fotografía 3	Bombeo de agua en las juntas		
3	Fotografía 1	Deformaciones permanentes	Alta	Las grandes deformaciones provocan daños en los camiones, además por evitar estas deformaciones se podrían ocasionar accidentes.
	Fotografía 2	Rotura de adoquines		
	Fotografía 3			
4	Fotografía 1	Falta de restricciones de borde	Baja	El problema se encuentra en la viga de confinamiento, que posteriormente podría ocasionar problemas en los adoquines.
	Fotografía 2			
	Fotografía 3			
5	Fotografía 1	Ahuellamiento	Media	Se debería reconsiderar el diseño de esta zona, ya que el ahuellamiento indica que el diseño no es adecuado.
	Fotografía 2			
	Fotografía 3			

Fuente: Elaboración propia.

La figura 16 muestra el estado actual en el que se encuentra la zona establecida como #2, así mismo, la figura 17 muestra el tipo de adoquín que se utilizará para realizar el mantenimiento de algunas de estas zonas.



Figura 16. Estado actual del pavimento en la zona #2.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Tipo de adoquín a utilizar para el mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Señalización Horizontal

Sobre la señalización horizontal, se establecieron algunas consideraciones técnicas, que se deben tomar en cuenta al momento de realizar las inspecciones, algunas de estas consideraciones que se anotan en el manual técnico de inspección se mencionan a continuación:

Pintura:

- Pintura del tipo de tránsito, clasificada según la clasificación del CR-2010 en el apartado 634.01.
- El espesor mínimo de pintura descrito en la sección 634 del CR-2010.
- La especificación federal de los Estados Unidos de América TT-P-115F, para pinturas de tránsito convencional y aquella a base de agua acrílica.
- En los que respecta al almacenamiento se debe inspeccionar que cualquier tipo de pintura de tránsito permanezca en lugares frescos, secos y limpios, además en envases bien tapados y alejados de toda fuente de calor.
- Durante la etapa constructiva, se debe verificar que la aplicación de la pintura no se realice por medio de brocha, además que se aplique sobre superficies libres de humedad.

Adicionalmente, por medio de la recolección de información y de las giras dentro del recinto portuario, se realizó una valoración del estado de la señalización en el pavimento de las diferentes intersecciones con que cuenta el puerto, las figuras 18 y 19 muestra fotografías del estado de dos de las intersecciones, por su parte el cuadro 12 presenta un extracto de la tabla utilizada para la valoración de cada intersección.



Figura 18. Estado de la señalización en la intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. Estado de la señalización en la intersección 6.
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12. PRIORIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (EXTRACTO)					
Intersección	Informes de inspecciones	Fotografías	Evaluación		Estado
			Visibilidad	Reflectividad	
1	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	7	6	Pésima
2	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	2	2	Aceptable
3	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	2	6	Deteriorada
4	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	2	6	Deteriorada
5	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	6	7	Pésima
6	---	Fotografía 1 Fotografía 2 Fotografía 3	7	7	Destruída/Ausente

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo establecido en el plan de mantenimiento del año en curso (2015) y con otras consideraciones varias que se tomaron de los libros de referencia, como por ejemplo la literatura de la Sieca, se realizó una ficha de verificación para facilitar los trabajos de inspección que se hagan, el cuadro 13 presenta una parte de la ficha de verificación elaborada.

Además de estas actividades anteriormente mencionadas, se logró establecer otros criterios que se deberían tener en cuenta al momento de realizar las labores de inspección con el afán de mejorar la calidad de las mismas, esto se puede constatar en el apéndice 1 donde se presenta este manual.

Para mejorar la comprensión del trabajo realizado, algunas obras se señalaron sobre el plano arquitectónico del recinto portuario, esto con la intención de poder ubicar adecuadamente cada zona que se estudió, cabe rescatar que a dicho plano se le tuvieron que realizar mejoras, ya que no se contaba con un plano con un grado aceptable de detalle. Este plano se puede constatar en la figura 20.

CUADRO 13. FICHA DE VERIFICACIÓN PARA LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL



INSTITUTO COSTARRICENSE DE PUERTOS DEL PACÍFICO
UNIDAD TÉCNICA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL



FICHA DE VERIFICACIÓN PARA LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Efectuado por _____ Fecha ___ / ___ / ___

Etapa de la obra _____

Porcentaje de avance _____

Estado anterior de la señal.					
Acceptable	Regular	Deteriorada	Deficiente	Pésima	Destruída/Ausente
()	()	()	()	()	()

Consideraciones generales.			
CRITERIO	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Se utilizan esferas de vidrio tipo 1 (AASHTO M-247)?			
¿Las líneas longitudinales tienen un ancho mínimo uniforme de 10 cm?			
¿Las líneas longitudinales tienen un espesor mínimo de película húmeda de pintura de 600 micrones?			
¿Las líneas de centro son descontinuas, cada 4.5 m pintadas y luego una luz de 7.5 m sin pintar?			
¿Las líneas de centro continuas van separadas a 10 cm?			

Otras consideraciones.			
CRITERIO	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La pintura se aplica sobre superficies secas y nunca húmedas?			
¿Las esferas de vidrio se esparcen inmediatamente después de aplicar la penúltima capa de pintura?			

Fuente: Elaboración propia.

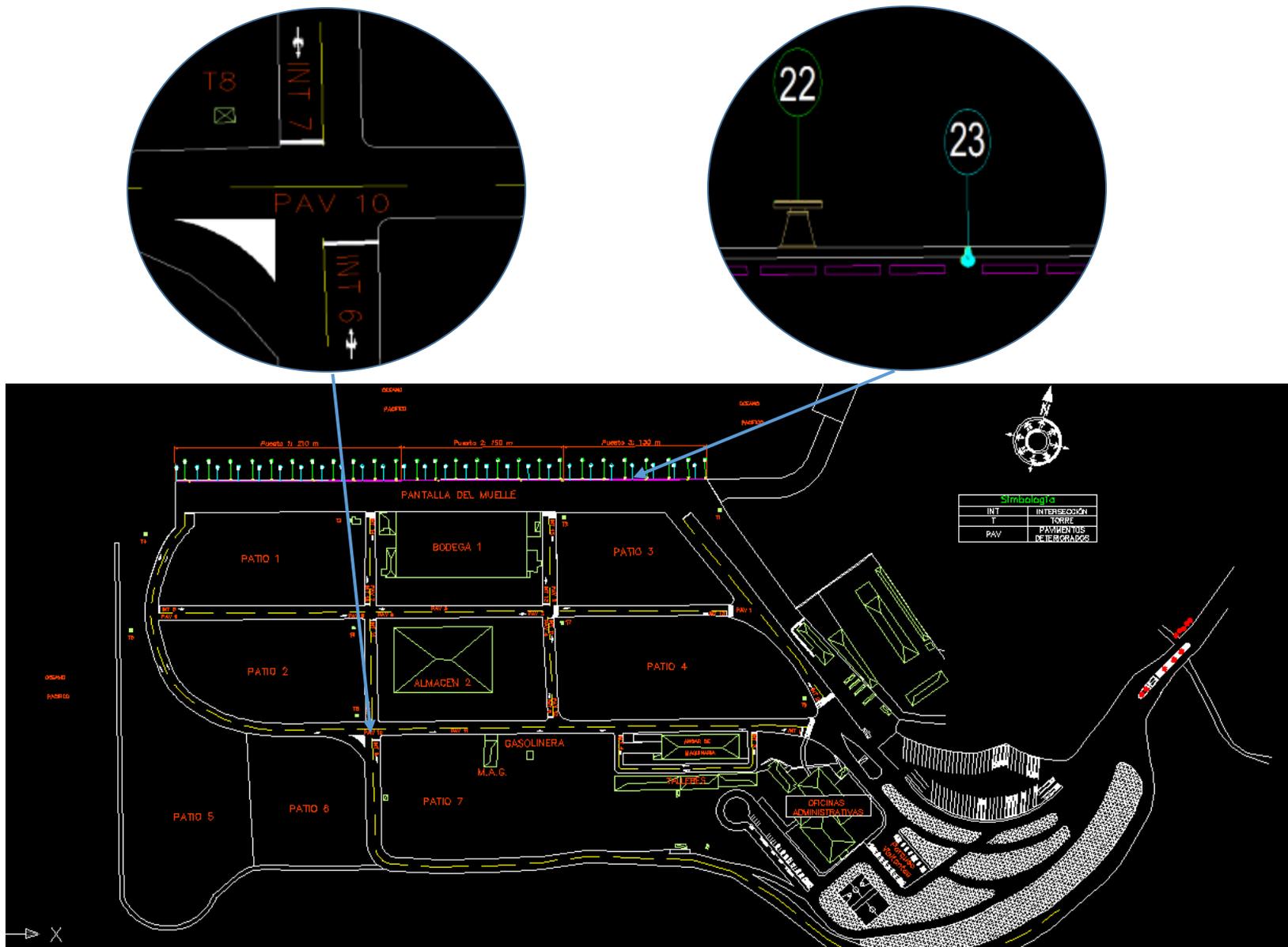


Figura 20. Plano del recinto portuario con la debida rotulación.
 Fuente: Plano arquitectónico del muelle de Caldera-Puntarenas con rotulaciones (mejorado).

Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos muestran que es necesario aplicar alguna metodología o criterios técnicos para mejorar la calidad de elementos como muros guarda ruedas, defensas marinas, así como los trabajos realizados en las vías y patios del recinto, entre otros. La propuesta presentada busca establecer algunos criterios mínimos con que las obras deben realizarse, así como una metodología que busca establecer cuáles son las obras que requieren mayor atención.

Propiamente en las obras que se intervienen en el recinto portuario, algunas no cuentan con un grado técnico que cubra la totalidad de las variables en las que estas recaen, asimismo algunos elementos no son debidamente operados o no se les aplica un adecuado mantenimiento.

De esta manera, elementos como los bolardos no siempre son operados adecuadamente, ya que en algunas ocasiones se les aplican fuerzas en ángulos distintos para los que fueron fabricados, esto puede provocar su deterioro y en casos extremos la sustitución del mismo. Estos casos en los que se aplican fuerzas prácticamente laterales a los elementos, son, por lo general, al inicio y al final de cada uno de los puestos de la pantalla del muelle, porque en estos puntos es donde se sujetan los cabos de la proa y popa de los barcos, que, por lo general, son los que provocan mayores esfuerzos, por esta razón debe considerarse la implementación de otro tipo de elemento que se ajuste a las necesidades del puerto, actualmente el mercado ofrece una gran variedad de estos elementos, dependiendo de los requerimientos del muelle, por lo que esto no implicaría mayores inconvenientes.

Sobre las defensas, los resultados arrojaron que las defensas marinas del puesto 1 (ver planos en el manual) las cuales son las más utilizadas por estar ubicadas en una zona de mayor calado, son las que presentan mayor deterioro, inclusive en el momento de la inspección se constató que algunas no se encontraban instaladas o con ausencia prácticamente total de almohadillas, lo cual podría generar que el casco

de los buques sufran raspaduras en la pintura, o que el panel de acero de la defensa marina se vea dañado, con agujeros, lo que provocaría la filtración de agua y, por lo tanto, una corrosión interna y acelerada del panel.

Sobre el mantenimiento de estas defensas marinas, por la intervención parcial que se le provee a estas estructuras, las almohadillas nuevas sobre salen entre las almohadillas viejas, lo que provoca que estas sean más dañadas que las demás y, por lo tanto, su deterioro sea más rápido, así una vez que son dañadas es probable de que el daño general se acelere, adicional a esto, el dejar algunas almohadillas sin dar mantenimiento por considerar que aún son funcionales, puede ocasionar que se incurra en un gasto mayor, porque en un tiempo relativamente corto, se tienen que volver a intervenir. Sobre los demás elementos que conforman una defensa marina, se establecieron ciertos criterios para corroborar que tras su mantenimiento, estas queden perfectamente funcionales.

Sobre la colocación de estos elementos, se debe tener el cuidado de no dañarlos en el proceso, además que durante la colocación, el personal cumpla con las medidas de seguridad pertinentes, y no se omitan, como se observa en la Imagen 13 de los resultados.

Con respecto a los muros guardarruedas que aseguran el frente del muelle, se determinó que 5 de estos han sido removidos, además de que solamente 7 elementos están en buenas condiciones, el resto de elementos requieren algún tipo de mantenimiento, inclusive algunos presentan el desprendimiento de los angulares, lo que pueden resultar peligroso para los trabajadores.

Actualmente, esta actividad cuenta con especificaciones técnicas para su elaboración; la implementación de la propuesta que se presenta en el manual, ayudaría a solventar algunas omisiones que se hacen en dicha especificación, aspectos como el recubrimiento mínimo que se debería dar a este tipo de elementos, partiendo del

hecho de que son estructuras sometidas a ambientes altamente corrosivos, ayudaría a mejorar su vida útil, al igual que consideraciones acerca de sus agregados, diseño de mezcla, entre otros.

Acerca del encofrado, en algunos casos la manera en que este fue liberado provocó hormigueros en el concreto, esto conlleva a la pérdida del recubrimiento, por este motivo se recomienda la implementación de formaletas metálicas o algún material epóxico que facilite su liberación, de la misma manera, sobre la armadura, se recomienda que se sigan las dispaciones tales como ganchos estándar que se establecen en el manual, esto a razón de que en algunos casos no se toman en consideración, lo que puede provocar que la estructura tenga una menor resistencia.

Al no contarse con un mecanismo que ayude a determinar el estado en que se encuentran cada uno de estos muros, así como su respectiva ubicación, genera que el mantenimiento no sea lo más efectivo posible, por esto la implementación de la hoja de priorización garantiza que se intervengan los elementos más dañados, y que a la vez se pueda dar seguimiento al deterioro que estos sufren.

Tras las giras de inspección que se realizaron, se determinó que el deterioro de estos elementos no se daba por las causas para las que fueron diseñados, sino más bien por la mala operación que se ejecutaba en el recinto portuario, esto al estabilizar la carga de los buques que son bajados por medio de grúas, por lo general contendores, contra estas estructuras, provocando que los muros sean dañados parcial y totalmente.

Sobre el pavimento, los resultados indican que actualmente no se cuenta con un diseño completo de un pavimento de adoquines para el complejo portuario, por esto, como parte del proyecto, se confeccionó una hoja de cálculo para determinar los espesores de las capas del pavimento según los requerimientos que se establezcan. El diseño presentado corresponde a una propuesta para los espesores de las capas de los patios de contenedores del muelle. Sobre este diseño, debe aclararse que faltan variables como el CBR del suelo, así como las pasadas totales que tendrá la superficie durante su vida útil, para esto, el CBR que se utilizó fue inferior al que en estudios anteriores se obtuvieron del suelo en uno

de los patios, y las pasadas totales se estimaron para una vida útil de 5 años; sin embargo, estas variables pueden ser sustituidas fácilmente en la hoja de cálculo.

Actualmente, la institución cuenta con una especificación técnica que establece la dosificación de la base estabilizada con cemento que debe llevar el pavimento; según las discusiones con el profesor Álvaro Aguilar, quien es un experto en temas carreteros, se llegó a la conclusión de que posiblemente esta especificación esté sobre diseñada, lo que puede estar provocando que al tener una base sumamente rígida, los adoquines se quiebren tan constantemente, esto solo puede asegurarse tras un estudio más profundo de lo que, actualmente, está pasando; sin embargo, dentro de las sugerencias que se realizan para el pavimento, la capa de base estabilizada que se recomienda utilizar se hace con respecto a una resistencia mínima a la compresión a los 7 días, por esto, deben realizarse pruebas de laboratorio para constatar la resistencia que se le está dando a dicha capa.

En lo que respecta a la demarcación vial sobre el pavimento, los resultados básicamente buscan que se cumpla con lo dispuesto en el plan de mantenimiento que fue avalado por la institución, además de otras consideraciones técnicas a partir de las regulaciones del CR-2010 y de los manuales de Sieca, tales como la proporción y aplicación de las esferas de vidrio, geometría de la señalización, tipo de pintura, entre otros.

Sobre otras actividades como torres de iluminación, malla perimetral, instalaciones electromecánicas y edificios en general, los resultados establecen una serie de consideraciones que deben tenerse en cuenta en el momento de realizar el mantenimiento o de realizar las inspecciones, esto en búsqueda de mejorar la calidad con que se realizan estas y cualquier otro tipo de obra que se ajuste a lo que se establece en dicho documento.

La metodología propuesta, en conjunto con las rotulaciones realizadas sobre el plano arquitectónico del recinto portuario, fue puesta en práctica, dando como resultado el establecimiento de las obras, elementos o zonas que requieren ser intervenidas en primera instancia, lo que provoca que los recursos sean utilizados eficientemente.

Conclusiones

A partir del análisis del proceso utilizado para el mantenimiento de la infraestructura logró determinarse que las actividades que necesitaban mayor atención eran los trabajos en las vías y patios (pavimentos y señalización), así como los trabajos en la pantalla del muelle (bolardos, muros guardarruedas y defensas marinas).

Se analizó la forma con que la institución controla y da seguimiento a las obras intervenidas, para apoyar estas labores, se optó por confeccionar una metodología que facilite los trabajos.

Mediante el apoyo a las inspecciones realizadas al mantenimiento de la infraestructura, se determinó que herramientas como fichas de verificación podrían facilitar las labores, por lo que fueron elaboradas para actividades como muros guardarruedas, señalización horizontal, pavimentos de adoquines y defensas marinas.

Se presenta una propuesta de mejora, la cual trata de un manual de inspección técnica de las obras que se realizan en el recinto portuario, con énfasis en las obras que se intervinieron durante el periodo en que se realizó este proyecto.

El manual confeccionado muestra una lista de requisitos mínimos con los cuales las obras ya mencionadas deberían cumplir, con esto la institución se garantiza obras de mayor calidad.

La realización del diseño del pavimento para el patio de contenedores, permitió contrastar los espesores utilizados, actualmente, con los encontrados a partir un método utilizado específicamente para este tipo de actividades, lo cual dio como resultado que los espesores utilizados actualmente no se alejan considerablemente a los requeridos para una vida útil de 5 años.

Al establecer prioridades en las obras a las cuales se le van a dar mantenimiento, se garantiza que el complejo portuario mantenga un estado óptimo en su funcionamiento.

Este tipo de documentos pueden servir con una inducción para otros trabajadores, a las labores y responsabilidades que tiene la institución como ente fiscalizador de la concesión.

La metodología propuesta, tiene varios fines, porque no solo sirve para priorizar las obras por intervenir, sino deja una memoria del estado en que se encontraban antes de su intervención y la duración o eficiencia que tuvo este mantenimiento.

Algunas estructuras no proporcionan el rendimiento esperado, no por tratarse de estructuras inadecuadas para los fines establecidos, sino por la mala operación que se les da.

Recomendaciones

Algunas de las especificaciones técnicas con que cuentan las obras civiles, deberían ser nuevamente discutidas con la intención de mejorar la calidad del mantenimiento.

El mantenimiento parcial en algunas estructuras, puede provocar que estas requieran nuevamente ser intervenidas en lapso relativamente corto, por lo que recomienda analizarse si dar un mantenimiento total conlleva a menos gastos y más eficiencia, que la intervención parcial.

En el momento de realizar las inspecciones de las diferentes obras, se recomienda corroborar los trabajos con las fichas de verificación correspondientes, para después de analizar y discutir los incumplimientos que se han realizado.

Debería solicitar que los trabajadores realicen las obras con un equipo de seguridad mínimo, esto según lo requiera cada trabajo, por ejemplo, el uso de algún arnés o línea de vida en el momento de colocar las defensas.

Dada la gran cantidad de obras que se realizan dentro del complejo portuario, se recomienda que algunas de estas sean inspeccionadas por profesionales competentes como el caso de actividades mecánicas y eléctricas.

Apéndices

Apéndice 1

Manual de Inspección Técnica de Obras del Recinto Portuario Caldera.

Apéndice 2

Herramientas prácticas del manual de Inspección Técnica de Obras.

Referencias

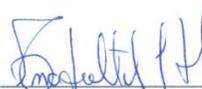
- American Concrete Institute. (2005). **Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)**. FARMINGTON HILLS, MICHIGAN.
- Domingo Pannoni, F. (s.f.). **Principios de protección de estructuras metálicas en situación de corrosión y fuego**. Mexico D.F.
- FENDER TEAM. (2014). **Manual de diseño de defensas**. Alemania.
- Gerdau AZA S.A. (2008). **Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón**. Santiago, Chile: M y M Servicios Gráficos S.A.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2013). **Manual de Diseño de Pavimentos de Adoquines de Hormigón**. Santiago: Gráfica LOM.
- Intituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2006). **Adoquines de concreto para pavimentos - Especificaciones** (Primera ed.). San José: INTECO.
- Maritime International. (2010). **Mooring Bollards**. Obtenido de <http://www.maritimeinternational.com/Resources/Mooring%20Bollards/Bollard%20Catalog.pdf>
- Ministerio de Obras Pública y Transportes de Costa Rica. (2010). **Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes**. San José, Costa Rica.
- Panda, B., & Ghosh, A. (2002). **Structural Behavior of Concrete Blocks Paving. II: Concrete Blocks**.
- REFLECTA-Señalización Efectiva. (2013). **Manual de supervisión de la señalización horizontal**. Obtenido de <http://reflecta.com.gt/pdf/supervision.pdf>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2010). **Manual Centroamericano de mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial**. Ciudad de Guatemala: CEPREDENAC. Obtenido de <http://fomav.gob.ni/flash/documentos/Manual%20CA%20de%20Mantenimiento%20de%20Carreteras,%20edici%F3n%202010.pdf>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2000). **Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito - Tomo II Anexos C y D**. Ciudad de Guatemala. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/56403329/Anexo-D-Especificaciones-SIECA-Final>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA. (2000). **Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito**. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

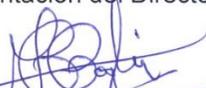
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Mauricio Araya Rodríguez, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, Ing. Ángel Navarro Mora, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Mauricio Araya Rodríguez
En representación del Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesor Guía



Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.
Profesor Lector



Ing. Ángel Navarro Mora.
Profesor Observador