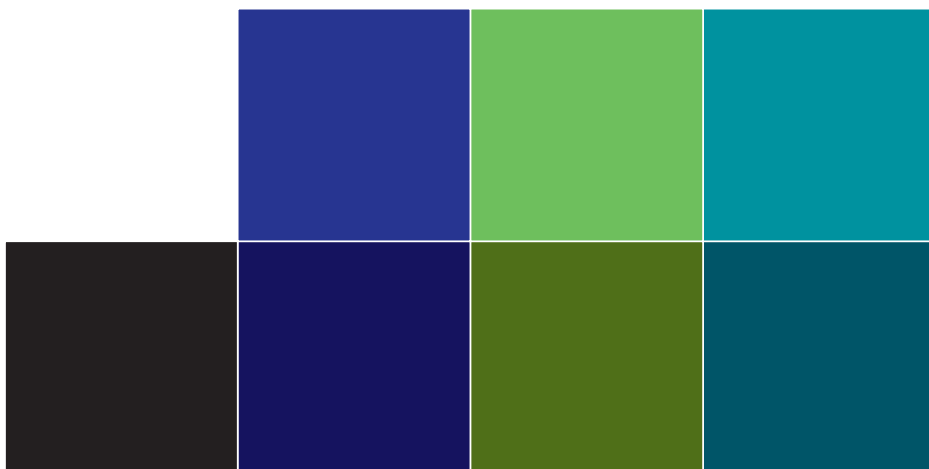




GUÍA DE
EFICIENCIA
ENERGÉTICA
EN TERMINALES PORTUARIAS
DE **CONTENEDORES**



Investigadora principal

Paula Vieira Gonçalves de Souza

Equipo técnico de redacción

Rafael Sapiña García
José Andrés Giménez Maldonado
M^a Carmen Jiménez Zaragoza

Colaboradores

Arturo Monfort Mulinas
Noemí Monterde Higuero
Ana María Martín Soberón
David Calduch Verduch

Fotografías

David Calduch
Rafael Sapiña
Paula Vieira
Konecranes
Conductix-Wampfler
Gaussin Manugistique
Taller de Ideas y Comunicación

Figuras

Fundación Valenciaport

Edita: Fundación Valenciaport

Depósito legal: V-0000 - 2011

ISBN: 978-84-938155-1-6

Diseño: Taller de Ideas y Comunicación, S.L.

Imprime: Grupo Diario Imprenta, S.L.



GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES

PRÓLOGO

En los últimos años la eficiencia energética ha tenido un papel destacado en diversos campos de investigación y ha experimentado un importante desarrollo en múltiples sectores de la industria, el transporte y los servicios. Este desarrollo ha venido motivado por la conjunción de factores de muy diversa índole, siendo los más destacables la respuesta internacional ante el incremento generalizado de las emisiones de efecto invernadero y la necesidad de diversificar el mix de producción y consumo energético con el objetivo de avanzar hacia una menor dependencia del petróleo.

El espectacular crecimiento del comercio internacional y, en particular, del transporte marítimo de contenedores ha favorecido el desarrollo de los puertos y sus instalaciones, llegando a convertirse por sí mismos en grandes centros de consumo energético. Asimismo, y pese a su incuestionable relevancia como motor del desarrollo económico y generador de riqueza, el ámbito portuario ha sido uno de los sectores poco explorados en materia de eficiencia energética.

El proyecto "Eficiencia Energética en Terminales Portuarias de Contenedores - EFICONT" ha constituido una relevante propuesta de investigación cuyo objetivo ha sido el de contribuir a la integración de criterios de eficiencia y ahorro energético en las terminales portuarias de contenedores (TPCs), abordando dos perspectivas clave: la mejora de la organización de las operaciones de manipulación de contenedores y el estudio de las actuales tecnologías de eficiencia energética orientadas al equipamiento y maquinaria utilizada por estas instalaciones. La integración de ambas perspectivas debe conducir a la generación de importantes sinergias en las terminales, fundamentales en el actual contexto de incertidumbre económica y de preocupación ambiental. En efecto, la disminución del consumo global de recursos energéticos tiene un impacto directo en la reducción de los costes de explotación de la instalación, produciendo así mismo un incremento de la competitividad de la empresa, además de reducir el nivel de emisiones locales de gases de efecto invernadero.

La presente Guía contempla un enfoque integrado de las oportunidades de mejora existentes en las terminales de contenedores, instalaciones a menudo poco conocidas por parte de la sociedad, pero fundamentales en las cadenas logísticas y de transporte. Así mismo, la Guía pretende ser un instrumento de comunicación y difusión entre los grupos de interés asociados a la actividad portuaria, mostrando de esta forma el compromiso de los puertos por reducir su impacto ambiental y mejorar las condiciones de su entorno.

Con esta publicación, la Fundación Valenciaport contribuye a un mejor conocimiento en un ámbito de especialización como es el de las terminales de contenedores, incorporando la difusión de resultados inherente a los proyectos de I+D que se realizan.

ÍNDICE GENERAL

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA **ESTRATEGIA CORPORATIVA** 5 **nivel I**

- 1.1 INTRODUCCIÓN 5
- 1.2 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA 6
- 1.3 CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI) 11
- 1.4 SISTEMA DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 15
- 1.5 HERRAMIENTAS DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL 16
- 1.6 RETROALIMENTACIÓN DEL SISTEMA 18

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA **GESTIÓN Y OPERATIVA** 21 **nivel II**

- 2.1 INTRODUCCIÓN 21
- 2.2 SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE) 22
- 2.3 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE SUMINISTRO Y CONSUMO ENERGÉTICO 24
- 2.4 RECURSOS HUMANOS Y FORMACIÓN 30
- 2.5 ELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE EQUIPOS 36
- 2.6 SIMULACIÓN 38
- 2.7 AUTOMATIZACIÓN 40
- 2.8 SISTEMAS DE GESTIÓN DE APILADO 45
- 2.9 CONFIGURACIÓN DE LA TERMINAL 46
- 2.10 POOLING DE EQUIPOS 54
- 2.11 ASIGNACIÓN DE LA LÍNEA DE ATRAQUE 57
- 2.12 ASIGNACIÓN DE GRÚAS AL BUQUE 59

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL **EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES** 63 **nivel III**

- 3.1 INTRODUCCIÓN 63
- 3.2 EQUIPAMIENTO 64
- 3.3 INSTALACIONES DE LA TERMINAL 80

BIBLIOGRAFÍA 87 **IV**



GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES



LA EFICIENCIA **nivel** ENERGÉTICA EN LA **ESTRATEGIA** **CORPORATIVA**

	1.1 INTRODUCCIÓN	índice
	1.2 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA	
	1.2.1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA	
	1.2.2 ESTRATEGIA DE LA TPC	
	1.3 CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI)	
	1.3.1 MAPA ESTRATÉGICO	
1.4	SISTEMA DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
	1.5 HERRAMIENTAS DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL	
	1.6 RETROALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	



Energy is the essence of life.

Oprah Winfrey

NIVEL 1: LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ESTRATEGIA CORPORATIVA

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde los años 80 y con especial intensidad en los primeros años del presente siglo, la preocupación internacional por el medio ambiente ha estado fuertemente condicionada por las evidencias científicas que demuestran la influencia de las actividades humanas en el cambio climático del planeta. En efecto, en 1987, la Organización de Naciones Unidas reconoció oficialmente el compromiso internacional de las naciones con la integración de las cuestiones ambientales en los modelos de desarrollo socio-económico a través del concepto de **Desarrollo Sostenible**, entendido como un desarrollo capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras.

Las políticas de desarrollo sostenible afectan a tres áreas de la actividad humana: económica, ambiental y social. Hasta el momento la iniciativa más destacada a nivel internacional en relación con la “sostenibilidad ambiental” es el denominado **Protocolo de Kioto**, cuyo objetivo es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

De entre los aspectos más importantes que este desarrollo debe tener en cuenta se encuentran por un lado el aprovechamiento de fuentes primarias renovables, y por otro, la obtención de una elevada eficiencia energética en los procesos de aprovechamiento de las energías finales en los hogares, la industria y el transporte. En este sentido, *“las políticas de ahorro y eficiencia energética se configuran como un instrumento de progreso de la sociedad, pues: contribuyen al bienestar social, representan un elemento de responsabilidad social; proyectan las actividades humanas hacia el desarrollo sostenible; establecen un nuevo marco para el desarrollo de la competitividad empresarial; y, en suma, responden al principio de solidaridad entre los ciudadanos y los pueblos”* (Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012).

La eficiencia energética es uno de los campos de acción que más se ha desarrollado en los últimos años y el sector portuario no es ajeno a esta situación. Actualmente existen grandes

“La Eficiencia Energética abarca todos los cambios que permiten una reducción de la energía usada para mantener un determinado servicio o nivel de actividad. Esta reducción del consumo de energía no necesariamente se encuentra asociada a cambios técnicos, ya que también puede ser resultado de una mejor gestión y organización o de una mejora de la eficacia económica del sector”.

-World Energy Council (WEC)-

oportunidades de mejora en relación con la reducción del consumo energético en las Terminales Portuarias de Contenedores (TPCs). Los beneficios asociados a la eficiencia energética en estas instalaciones no sólo afectan positivamente a las áreas portuarias y su interfaz con las ciudades, sino que también aumentan la competitividad de estas instalaciones en un sector altamente globalizado como es el del transporte marítimo.

El objetivo de esta Guía es, en definitiva, proporcionar un enfoque integrado de la eficiencia energética en las TPCs, identificando las oportunidades de mejora en estas instalaciones y ofreciendo una visión conjunta de los beneficios que pueden derivarse de la adopción de las mismas, tanto desde el punto de vista de ahorro energético, como desde la perspectiva económica y productiva de las terminales de contenedores.

La Guía está estructurada en tres niveles. El Nivel 1 presenta la metodología que permite incorporar la eficiencia energética en la estrategia corporativa de la TPC como primer paso hacia una gestión efectiva y sistematizada de los aspectos energéticos que tienen lugar en estas instalaciones. El Nivel 2 recoge un conjunto de medidas enfocadas a la gestión y operativa de la terminal cuya aplicación puede proporcionar no sólo ahorros energéticos sino también una mejora de la eficiencia operativa de los procesos involucrados. Finalmente, el Nivel 3 presenta las principales innovaciones tecnológicas que a día de hoy pueden considerarse en relación con la eficiencia energética del equipamiento, maquinaria e instalaciones de la TPC.

1.2 PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

En un proceso regulable, la estrategia es el “conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento” (RAE).



*En el caso de una empresa, la **estrategia** es el conjunto de acciones que llevan a ésta a alcanzar sus objetivos y metas, creando valor para sus accionistas, clientes y para la sociedad en general.*

La estrategia de la empresa está basada en su declaración de Misión, Visión y Valores. La **Misión** define a qué se dedica la empresa, el mercado al que van dirigidos sus productos y servicios y la imagen corporativa de la misma. La **Visión** describe el estado y posición que la organización aspira a alcanzar a medio y largo plazo, es decir, dónde se quiere estar en un escenario futuro. Por último, los **Valores** constituyen la filosofía, principios, creencias, normas y reglas generales de funcionamiento de la empresa.

Una estrategia claramente definida y debidamente transmitida a toda la organización es un elemento clave para que la empresa alcance los objetivos planteados y sea competitiva dentro de su sector y su entorno.

Normalmente, la estrategia se despliega en **Líneas Estratégicas** que son los ejes fundamentales en que se basa la empresa para llevar a cabo su Misión y alcanzar su Visión.

La Planificación Estratégica es el proceso de definición y concreción de la estrategia empresarial. Es una metodología que permite la definición, el desarrollo y la implementación de acciones para alcanzar los objetivos definidos por la dirección de la empresa.



1.2.1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

La planificación estratégica exige un seguimiento continuo de la estrategia de la empresa y está basada en una serie de etapas a seguir.



El punto de partida de la planificación estratégica consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa y su relación con el entorno, plasmando las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la misma. La Misión, Visión y Valores de la

organización deben definirse según el resultado del mismo. Teniendo en cuenta estas etapas previas, la empresa debe articular su estrategia de manera clara y concisa, dividiéndola en líneas estratégicas.

Las otras etapas que conforman la planificación estratégica (véase esquema) están desarrolladas con mayor profundidad en los siguientes apartados del presente nivel de la Guía. Además, este proceso se ha particularizado para el caso en que se utilice el Cuadro de Mando Integral como herramienta de gestión estratégica.

1.2.2 ESTRATEGIA DE LA TPC

Para que la estrategia de una terminal portuaria de contenedores esté correctamente formulada, ésta debe ser capaz de alcanzar a lo largo del tiempo los objetivos propuestos y tener en cuenta la permanente interacción con su entorno. Además, es fundamental que la estrategia sea dinámica, de forma que permita a la empresa adaptarse a los continuos cambios del mercado, y sirva de base para la formulación de metas e iniciativas que ayuden a cumplir con los objetivos planteados.

Sobre la base del proceso de planificación estratégica, la estrategia de una TPC se subdivide en líneas estratégicas. Éstas son las directrices fundamentales y prioritarias de desarrollo de la terminal, agrupando cada una de ellas uno o varios objetivos dentro del mismo ámbito.

Generalmente, las líneas estratégicas de las TPCs se asemejan a las de muchas otras empresas y reflejan los principales ejes de actuación: la “excelencia operativa”, el “desarrollo y modernización” (entendiendo estos como parte de la estrategia general de productividad), y el “crecimiento”.

Tradicionalmente, las empresas han enfocado sus objetivos hacia la maximización de los resultados financieros. Estos objetivos se engloban generalmente dentro de las líneas estratégicas relativas a la productividad y al crecimiento de la empresa. Con la evolución de los modelos de gestión y las innovaciones tecnológicas, las empresas comenzaron a interesarse por los temas relacionados con su desarrollo y modernización. Actualmente las organizaciones buscan ser más eficientes, ofreciendo los mismos productos y servicios, pero utilizando menos recursos para ello.

En los últimos años, gran parte de la preocupación de las empresas se ha redirigido hacia aspectos relacionados con el Desarrollo Sostenible y la Responsabilidad Social Corporativa (RSC); un hecho que está en consonancia con el creciente interés y el aumento de la sensibilización que estos temas suscitan en la sociedad. Para incluir todos los objetivos estratégicos de la empresa relacionados con estas cuestiones, se ha definido una nueva línea estratégica llamada **“Integración en el Entorno”**.

Desde la perspectiva ambiental, uno de los grandes desafíos de cualquier empresa es su contribución al desarrollo sostenible y por ende a la reducción de emisiones de efecto invernadero. Todas las actividades realizadas y los bienes

En este sentido, la mejora de la eficiencia energética debe estar incluida a nivel estratégico en una TPC y ser un objetivo transversal a toda la organización a nivel corporativo. Lo mismo sucede con el objetivo de “reducción de la huella de carbono”.

de consumo adquiridos y utilizados por las empresas y por la sociedad en general implican un consumo de energía, lo que se traduce en emisiones a la atmósfera. Por lo tanto, el ahorro y la eficiencia energética son un instrumento del crecimiento económico y del bienestar social, siendo además uno de los objetivos a perseguir a nivel estratégico por cualquier empresa. Con el desarrollo de la legislación ambiental y de la RSC tanto a nivel nacional como internacional, las autoridades portuarias y las empresas que conforman el *clúster* portuario se han visto obligadas a tomar medidas enfocadas a mejorar su eficiencia energética y a reducir la huella de carbono del entorno portuario. Prueba de ello es el documento *Container Port Strategy – Emerging Issues* (OSC, 2007) que presenta 50 medidas para la reducción de emisiones en el sector portuario, de las que 20 están directamente relacionadas con los operadores de terminales de contenedores (entre ellas algunas de las mencionadas en la presente Guía).

A continuación se presentan algunas herramientas de apoyo a la planificación estratégica que pueden ser de gran ayuda para que las terminales portuarias sistematicen el proceso de medición, seguimiento y control del alcance de sus objetivos estratégicos.

1.3 CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI)

El **Cuadro de Mando Integral** o *Balanced Scorecard* (CMI o BSC, respectivamente) es una herramienta de gestión desarrollada en la década de los 90 por Robert S. Kaplan y David P. Norton que facilita la implantación de la estrategia en la empresa, proporcionando el marco, la estructura y el lenguaje adecuados para traducir la Misión, Visión y Valores a objetivos e indicadores.

El primer paso para la construcción de un Cuadro de Mando Integral consiste en identificar los propósitos principales, es decir, los Objetivos Estratégicos, seleccionando para cada uno de ellos el indicador o indicadores que mejor recojan y comuniquen la intención de dichos objetivos.

A la hora de definir los objetivos estratégicos, uno de los aspectos a considerar es que sean reales, alcanzables y medibles, para que mediante la elección de los indicadores adecuados puedan ser debidamente cuantificados.

Entre otras ventajas, esta herramienta extiende el conjunto de objetivos estratégicos más allá de los financieros, por lo que se convierte en el sistema de gestión ideal para incorporar objetivos pertenecientes a otras categorías, como es el caso de la eficiencia energética. Para ello, el CMI contempla la actuación desde diferentes perspectivas interrelacionadas entre sí y transversales a las líneas estratégicas de la organización. Generalmente se formulan cuatro perspectivas, aunque pueden añadirse tantas como cada empresa considere oportunas, siendo las habituales las siguientes:

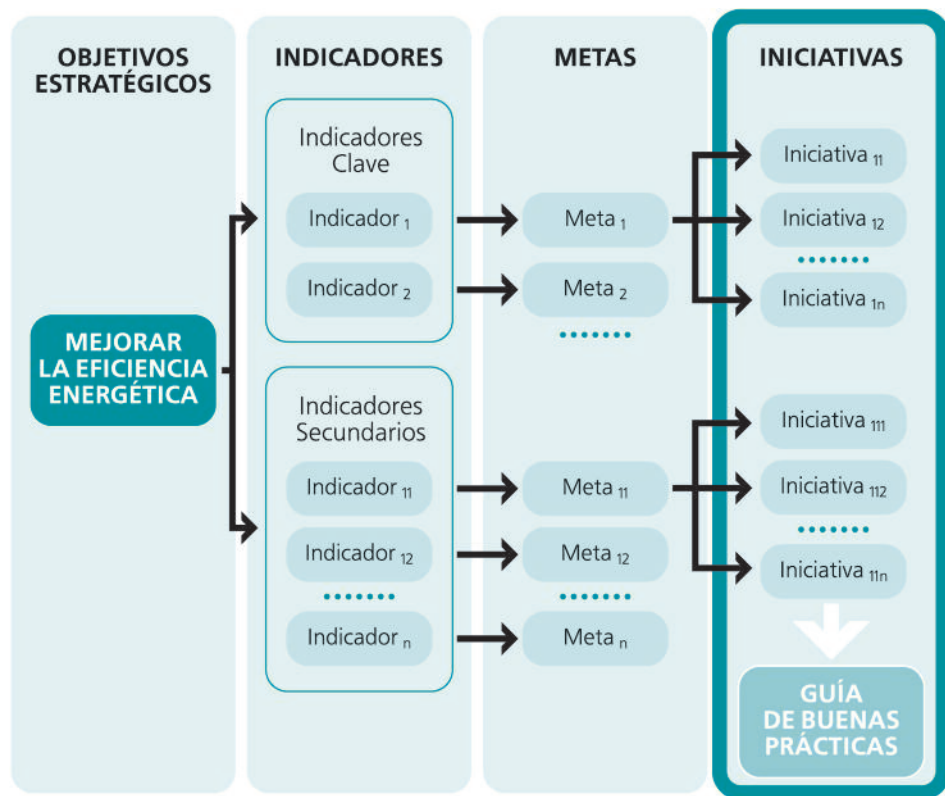
La **perspectiva financiera** que contempla los objetivos de los accionistas de la empresa y equilibra los intereses a corto y largo plazo.

La **perspectiva del cliente** que recoge una proposición de valor diferenciada.

La **perspectiva interna**, la cual reúne los procesos internos de creación de valor. Por lo general estos procesos pueden dividirse en cuatro grupos atendiendo a los objetivos finales de cada uno de ellos: procesos de gestión operativa, procesos de gestión de clientes, procesos de innovación y procesos reguladores y sociales.

La **perspectiva de aprendizaje y desarrollo** que alinea la estrategia con los recursos, sobre todo con los intangibles: capital humano, de información y organizativo.

Asimismo, se fijan de acuerdo con la estrategia, unos valores a alcanzar por dichos **indicadores**, también llamados **metas** (una por indicador y horizonte temporal), y se diseñan unas **iniciativas estratégicas** con el propósito de alcanzarlos. Estos cuatro elementos -objetivos estratégicos, indicadores, metas e iniciativas estratégicas-, componen el Cuadro de Mando Integral propiamente dicho, que se organiza en un conjunto de tablas que los recopilan y ordenan.



La terminal debe centrarse en aquellos procesos internos que aportan una **proposición de valor diferenciadora**. En este sentido, la mejora de la eficiencia energética en la operativa y gestión de la terminal aporta efectivamente un valor diferenciador a la estrategia de la terminal, ofreciendo una ventaja competitiva frente a sus competidores y en su relación con el entorno, considerando especialmente la creciente sensibilización de la sociedad con el medio ambiente y el impacto que las grandes industrias ejercen sobre éste.

El objetivo estratégico de “**Mejorar la Eficiencia Energética**” dentro de una terminal, perteneciente a la línea estratégica “**Integración en el Entorno**”, queda por lo tanto integrado en la “perspectiva interna” del CMI. Dicha integración se representa en la figura del mapa estratégico (véase apartado siguiente). Concretamente se encuentra situado en el grupo de objetivos asociados a la gestión operativa, puesto que cumple con las dos funciones principales de los procesos internos de creación de valor que son: (a) producir y hacer llegar la proposición de valor a sus clientes y *stakeholders*; y (b) mejorar procesos y reducir costes de acuerdo con el concepto de productividad financiera.

Para mejorar la eficiencia energética, una TPC debe diseñar un sistema completo de indicadores, como por ejemplo el propuesto en el apartado 1.4 de la presente Guía. Es importante señalar que la fijación de metas para cada uno de estos indicadores dependerá del grado de compromiso que una determinada terminal desee adoptar. Finalmente, existe una gran variedad de iniciativas estratégicas que pueden contribuir a la consecución de la mejora de la eficiencia energética en una TPC, y que dependen, entre otros factores, de la tipología de la terminal. En los Niveles 2 y 3 de esta Guía se presentan algunas de ellas considerando, por una parte, las iniciativas asociadas a la operativa y gestión y, por otra, al equipamiento, maquinaria e instalaciones de la TPC.

1.3.1 MAPA ESTRATÉGICO

Los cuadros obtenidos con la aplicación del CMI, pese a la segregación que realizan en perspectivas y objetivos estratégicos, resultan insuficientes en muchas ocasiones para la adecuada toma de decisiones por parte de la dirección de la empresa. El eslabón que falta entre la formulación de la estrategia y su ejecución se resuelve utilizando una nueva herramienta, el **Mapa Estratégico**, que proporciona una visión global de la estrategia, relacionando los objetivos estratégicos entre ellos.

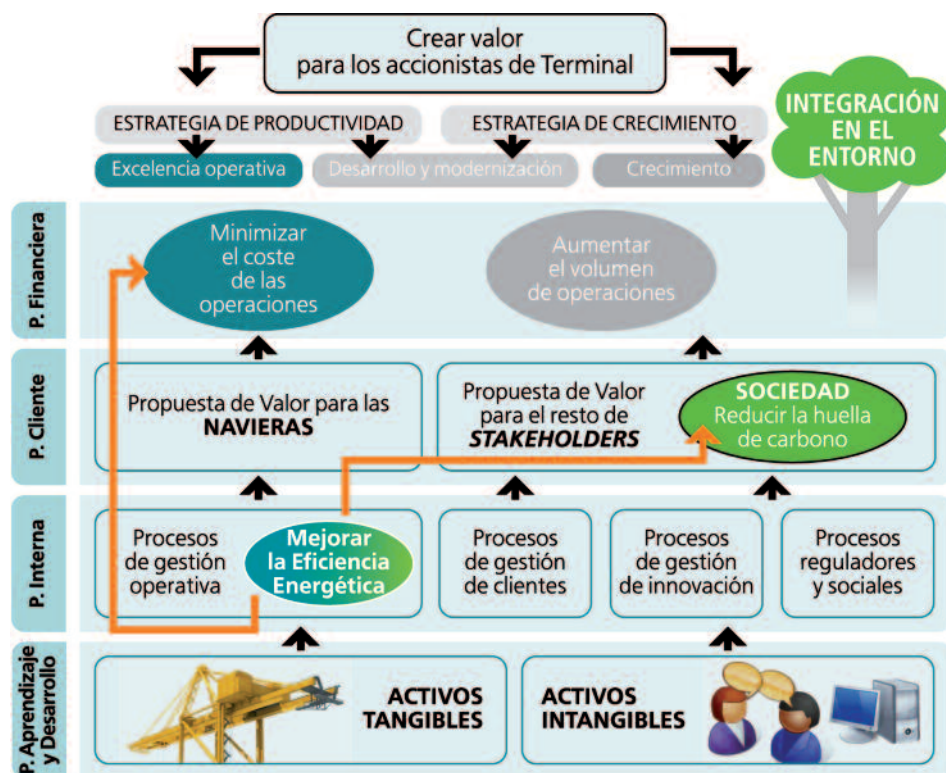
Un mapa estratégico es el diagrama que recoge la estrategia de la empresa mediante explícitas relaciones causa-efecto entre los objetivos de las cuatro perspectivas del Cuadro de Mando Integral.

Se trata de una representación visual de la estrategia que recoge en una sola página cómo se integran y combinan los objetivos estratégicos de las distintas perspectivas. Estas interacciones permiten determinar las relaciones que vinculan los valores de los diferentes indicadores diseñados para controlar los objetivos estratégicos así como facilitar la interpretación lógica de resultados.

Para incorporar con éxito el objetivo estratégico de mejorar la eficiencia energética en la estrategia de la terminal, es necesario establecer conexiones entre éste y el resto de objetivos del mapa estratégico.

El vínculo más evidente asociado a este objetivo, establece una conexión entre el mismo y la **minimización del coste de las operaciones**; objetivo estratégico incluido dentro de la perspectiva financiera y directamente relacionado con la estrategia de productividad de la terminal. Al margen de este vínculo también es especialmente relevante la conexión con las proposiciones de valor de la perspectiva cliente como por ejemplo la **reducción de la huella de carbono**, siendo este último otro de los objetivos considerados dentro de la línea estratégica de integración en el entorno.

La siguiente figura muestra un mapa estratégico para una terminal portuaria de contenedores genérica, en la que se ha incorporado el objetivo estratégico “Mejorar la Eficiencia Energética”. En ésta se observan las relaciones causa-efecto y su alineación estratégica con los objetivos estratégicos anteriormente mencionados.



1.4 SISTEMA DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una vez integrado el objetivo de eficiencia energética como parte de los objetivos estratégicos de la terminal, el siguiente paso consiste en la definición de los indicadores estratégicos que mejor reflejen la consecución del mismo y que sirvan como herramienta de control y de toma de decisiones de la TPC a la hora de realizar inversiones o modificaciones en sus operativas.

El indicador clave más apropiado asociado a la mejora de la eficiencia energética es el consumo energético total (medido en toneladas equivalentes de petróleo) dividido por el número de contenedores manipulados por la terminal (tráfico total) en un periodo de tiempo determinado.

Reflejar el grado de cumplimiento de un objetivo a través de un único indicador puede no aportar suficiente información y, en consecuencia, dar lugar a interpretaciones erróneas. Por ejemplo, que se alcance una determinada meta asociada a la mejora de la eficiencia energética no garantiza que todos los procesos y equipos la terminal estén siendo más eficientes. Para realizar esta afirmación, es necesario disponer de más datos que permitan analizar los diferentes aspectos energéticos, ya que las ineficiencias en algunos procesos pueden quedar enmascaradas por la mejora de la eficiencia en otros. Por ello, se necesita una serie de indicadores secundarios que respalden y, en su caso, expliquen los resultados obtenidos con los indicadores principales. Los indicadores secundarios permiten medir y priorizar las variables significativas del modelo de explotación de las TPC atendiendo a sus dimensiones de eficiencia operativa y energética.

El sistema de indicadores aquí propuesto se ha obtenido a partir del trabajo realizado en el marco del proyecto EFICONT. Este sistema se ha estructurado en varios subgrupos de indicadores. El primero de ellos constituye el grupo de Indicadores Globales, que deben ser los encargados de mostrar la situación general en términos de eficiencia energética de una TPC. Este grupo se respalda a su vez con la información aportada por los subgrupos de indicadores denominados de proceso y de maquinaria.

“Por muy bonita que sea la estrategia, de vez en cuando convendría mirar los resultados”

Winston Churchill

La componente ambiental de la mejora de la eficiencia energética, reflejada en la relación causa-efecto entre los objetivos “Mejorar la Eficiencia Energética” y “Reducir la huella de carbono” (véase mapa estratégico), puede medirse empleando como indicador clave la emisión de kilogramos de CO₂ equivalente por contenedor. La consideración de este indicador responde al hecho de que, en la mayoría de los casos, un menor consumo energético por contenedor conlleva una reducción de las emisiones de CO₂.

Indicador Clave

Consumo total en Toneladas equivalentes de Petróleo por contenedor (Tep/contenedor)

Indicadores Secundarios

Indicadores Globales



G.1. Consumo Total en KWh por contenedor
G.2. Litros de Combustible consumido por contenedor

Indicadores de Proceso



P.1.-P.3. Consumo unitario en KWh de los contenedores por tipo de tráfico*
P.4.-P.6. Consumo unitario en Litros de los contenedores por tipo de tráfico*
P.7.-P.9. Consumo unitario en Tep de los contenedores por tipo de tráfico*
P.10.-P.12. Consumo unitario en KWh por movimiento y por tipo de tráfico*
P.13.-P.15. Consumo unitario en Litros por movimiento y por tipo de tráfico*
P.16.-P.18. Consumo unitario en Tep por movimiento y por tipo de tráfico*

Indicadores de Maquinaria



M.1. Consumo en KWh por contenedor y por tipo de equipo
M.2. Consumo en KWh por movimiento y por tipo de equipo
M.3. Litros de combustible consumido por contenedor y por tipo de equipo
M.4. Litros de combustible consumido por movimiento y por tipo de equipo
M.5. Grado de utilización de la maquinaria

* Tipos de tráfico: Import, Export y Transbordo

Un aspecto que hay que considerar en relación con los sistemas de indicadores es que éstos no son invariables, es decir, los indicadores pueden cambiar en función de las necesidades o las características de la terminal. En este caso, el sistema de indicadores se ha diseñado teniendo en cuenta las características de las terminales de contenedores participantes en el proyecto EFICONT, pero cada terminal puede definir los que considere más apropiados de acuerdo a las particularidades de su estructura organizativa, operativa y maquinaria involucrada para reflejar la situación de sus consumos energéticos.

1.5 HERRAMIENTAS DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL

La **monitorización y control** es el proceso que permite medir los resultados de las iniciativas propuestas, y evaluar su contribución al grado de cumplimiento de los objetivos planteados. Esta evaluación permite detenerse en un cierto momento y comparar el objetivo planteado con la realidad de acuerdo con los resultados obtenidos.

Para poder llevar a cabo este proceso es necesario disponer en primer lugar de un sistema de información que permita la obtención y gestión de los datos relativos al consumo energético de una forma **sistemática, fiable, real y útil** para la organización. Los datos que alimentan a los indicadores deben obtenerse en su mayoría a través de dispositivos instalados en las máquinas e instalaciones consumidoras de energía. Más adelante, en el Nivel 2 de esta Guía, se describen algunos de los sistemas de medición y control de consumos.

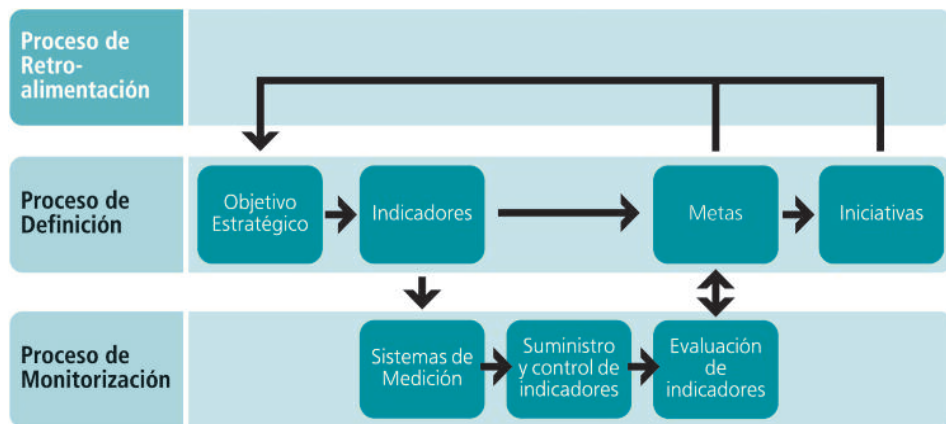
Una vez recogida la información, el siguiente paso consiste en evaluar el cumplimiento del objetivo estratégico de mejora de la eficiencia energética. Para ello, se proponen dos alternativas: la primera de ellas consiste en el diseño de una herramienta informática específica de seguimiento de los indicadores de eficiencia energética; la segunda, en la integración de los parámetros de eficiencia energética en la estructura de una herramienta informática o software prediseñado de gestión integral basado en el CMI.



1.6 RETROALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

Finalmente, la herramienta de Cuadro de Mando Integral constituye un importante instrumento de síntesis y control que permite a la empresa conocer el estado de cada indicador y compararlo con su meta para medir el impacto que las iniciativas puestas en marcha están teniendo en la consecución del objetivo estratégico, así como detectar deficiencias y reformularlas.

Este proceso de retroalimentación, se puede definir como un proceso continuo que alcanza los niveles más altos de la planificación estratégica a partir de los resultados a nivel operativo. Es decir, con los datos obtenidos se estudia la validación o la necesidad de reformular, no sólo las iniciativas estratégicas, sino también las líneas y objetivos estratégicos o cualquier otro elemento del proceso de planificación estratégica.





GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES

2

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GESTIÓN Y OPERATIVA

índice

- 2.1 INTRODUCCIÓN
- 2.2 SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE)
- 2.3 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE SUMINISTRO Y CONSUMO ENERGÉTICO
 - 2.3.1 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE GESTIÓN DE INSTALACIONES, SISTEMA SCADA.
 - 2.3.2 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO
 - 2.3.3 REPOSTAJE INTELIGENTE
- 2.4 RECURSOS HUMANOS Y FORMACIÓN
 - 2.4.1 NORMAS GENERALES DE CONDUCTA
 - 2.4.2 CONDUCCIÓN Y MANIPULACIÓN EFICIENTE
- 2.5 ELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE EQUIPOS
 - 2.6 SIMULACIÓN
 - 2.7 AUTOMATIZACIÓN
 - 2.7.1 SEMI-AUTOMATIZACIÓN
- 2.8 SISTEMAS DE GESTIÓN DE APILADO
- 2.9 CONFIGURACIÓN DE LA TERMINAL
 - 2.9.1 DISPOSICIÓN DE LAS PILAS EN PLANTA
 - 2.9.2 CONFIGURACIÓN DE LAS PILAS
 - 2.9.3 SENTIDO DE CIRCULACIÓN
- 2.10 POOLING DE EQUIPOS
- 2.11 ASIGNACIÓN DE LA LÍNEA DE ATRAQUE
- 2.12 ASIGNACIÓN DE GRÚAS AL BUQUE

You will soon be able to tax it.
Michael Faraday to William Gladstone
on the future use of electricity



NIVEL 2: LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GESTIÓN Y OPERATIVA

2.1 INTRODUCCIÓN

Habitualmente las buenas prácticas asociadas a la mejora de la eficiencia energética se relacionan en gran parte con la implantación de nuevos equipos o tecnologías que presentan mejor rendimiento energético o menor consumo de recursos, siendo este enfoque tecnológico el predominante y el que más desarrollo está teniendo en la mayoría de los sectores. Sin embargo, la organización y optimización de procesos tiene un papel relevante que debe ser considerado como parte de las acciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética global y en el caso de las terminales portuarias no debe hacerse de forma diferente.

En este sentido, uno de los retos más importantes que tienen los operadores de terminales de contenedores es el de maximizar la eficiencia de las operaciones para, por un lado, minimizar los costes y, por otro, reducir las emisiones. Este objetivo no se logra simplemente a través de mejoras en la eficiencia de los equipos, puesto que aunque se alcanzara un 100% de eficiencia energética en éste ámbito, la situación no cambiaría significativamente si las ineficiencias en la gestión y operativa subsistieran. Por lo tanto, gran parte de la contribución a la mejora de la eficiencia energética global de las terminales de contenedores se concentra en la correcta adopción de medidas de gestión en relación con los procesos principales y auxiliares de la terminal.

La mayoría de las ineficiencias en materia energética en una terminal obedecen a causas relacionadas con factores internos (errores en la planificación, política de gestión, configuración física de la terminal, elección de equipamientos, etc.), o aspectos como las condiciones laborales, sistemas de suministros de energía, etc. Estos factores son muy numerosos y pueden diferir de una terminal a otra debido a la extensa tipología de terminales existente. Precisamente esta diversidad convierte a cada TPC en un modelo de estudio casi único, complicando la generalización de ciertas medidas o buenas prácticas. Por ejemplo, el hecho de que una TPC sea pública o dedicada, el reparto de los tipos de tráfico (import/export-transbordo) o el grado de automatización de la misma, introducen una serie de aspectos particulares que condicionan su análisis y en consecuencia las mejoras que se puedan adoptar en cada caso.

Las medidas aquí recogidas comprenden desde acciones de nivel estratégico como la elección de los equipos de patio, la determinación del grado de automatización de la terminal o la disposición de las pilas en patio, hasta otras de carácter táctico u operativo como el *pooling* o los criterios de asignación de grúas y de puestos de atraque, entre otros. Además, el sistema operativo de la terminal (TOS) y los modelos de simulación

desempeñan un papel importante como instrumentos de organización y control de las operativas de la terminal, por lo que también se proponen medidas orientadas a lograr un mejor aprovechamiento de estas herramientas como elementos de control y optimización del consumo energético.

Por último, es importante mencionar que la combinación de varias medidas presupone que los objetivos de la eficiencia energética pueden ser logrados con mayor eficacia, ya que la implementación de una o más medidas que pueden ser complementarias entre sí intensifica los respectivos impactos y genera sinergias, aumentando los beneficios de las mismas. En algunos casos, una medida puede ser prerequisite para la implementación de otra medida.

2.2 SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE)

Desde la ratificación del Protocolo de Kioto por España en el año 2002, la eficiencia energética se ha convertido en la pieza central en torno a la que giran numerosas políticas ambientales. El cumplimiento de estos nuevos requisitos ha exigido a las empresas un gran esfuerzo para mejorar sus procesos productivos de forma que logren cumplir con dos objetivos fundamentales: la disminución de la dependencia energética del exterior y del consumo procedente de combustibles fósiles con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.



La efectividad en la gestión de la energía se ha convertido hoy en día en un punto crucial para el éxito de cualquier organización, ya que representa una ventaja comparativa en un entorno altamente competitivo. En este marco, las normas de gestión energética constituyen una herramienta esencial para ayudar a las empresas, en este caso a la TPC, a alcanzar los compromisos energéticos suscritos. El objetivo de estas normas es facilitar la inclusión de la eficiencia energética dentro del sistema de gestión de la empresa de una manera eficaz, estableciendo el ciclo PHVA de mejora continua (Planear – Hacer – Verificar – Actuar, véase esquema).



Una de las ventajas más destacables de los sistemas de gestión energética es su certificación por entidades acreditadas.

La certificación es una valiosa herramienta que la terminal puede aprovechar para integrar y sistematizar criterios de eficiencia energética en sus procesos, además de proyectar una imagen de compromiso con el ahorro energético y cuidado ambiental ante sus clientes, accionistas y grupos de interés.

Ventajas de la implantación y certificación de un SGE:

- Cumplimiento de la normativa ambiental, en especial la relativa a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).
- Formalización de la política energética y los objetivos, posicionando la gestión energética como un elemento clave para la empresa.
- Evaluación y priorización de la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Mejora de la reputación y la imagen de la empresa.
- Impulso a la innovación.
- Benchmarking.
- Reducción de costes a través de un enfoque estructurado para la identificación, medición y gestión del consumo energético.
- Incremento de la productividad mediante la identificación de soluciones técnicas precisas y el cambio de los comportamientos que afecten a la reducción del consumo energético.
- Integración con otros sistemas de gestión como los de calidad y gestión ambiental.

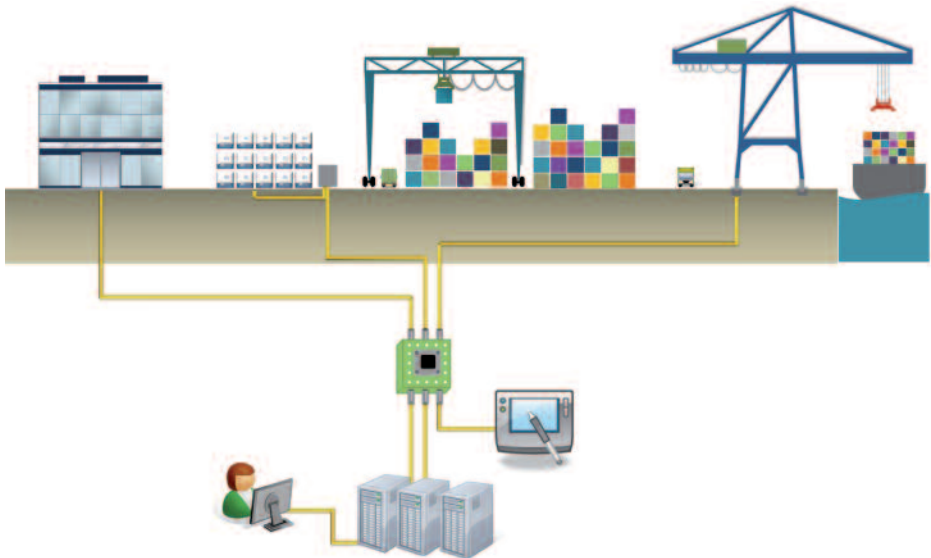
La norma de gestión energética vigente en España es la UNE – EN 16001:2010 “Sistemas de Gestión Energética. Requisitos con Orientación para su Uso”, que es la transposición a la norma nacional de la Norma Europea EN 16001:2009. Ambas normas se espera que sean sustituidas (a lo largo de 2011) por la nueva normativa ISO 50001 para un Sistema de Gestión de la Energía, actualmente en fase de revisión.

2.3 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE SUMINISTRO Y CONSUMO ENERGÉTICO

Tal y como se ha expuesto en el punto anterior, en un sistema de gestión energética uno de los puntos clave es la planificación de la política de eficiencia energética y la verificación de la misma. En este sentido, una de las actuaciones imprescindibles es el seguimiento y control del consumo energético en todas y cada unas de las actividades y operativas de las terminales portuarias, así como de la calidad de la energía suministrada. Los datos obtenidos gracias al seguimiento de dichos consumos se utilizan a su vez para alimentar los indicadores recogidos en el Nivel 1 de la presente Guía, asociados al objetivo estratégico de mejora de la eficiencia energética. Para ello, existen actualmente varias herramientas de control de consumos y de verificación de la calidad de la energía suministrada, tales como: las herramientas informáticas de gestión de instalaciones (Sistema SCADA), implantación de contadores y analizadores de redes, implantación de sistemas de neutralización de la energía reactiva, mejora en los procesos de mantenimiento, sistemas de repostaje inteligente, etc., algunas de las cuales se exponen a continuación.

2.3.1 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE GESTIÓN DE INSTALACIONES. SISTEMA SCADA.

Los sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) son aplicaciones informáticas diseñadas con la finalidad de llevar a cabo el seguimiento y control de instalaciones y procesos a distancia. Estos sistemas establecen una comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos), permitiendo su control automático desde un ordenador central.



El sistema SCADA que se propone implantar o mejorar es un sistema de adquisición, almacenamiento y proceso de datos e información asociada a variables que inciden en procesos productivos relacionados con la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en tiempo real. La programación de dicho sistema se debe hacer bajo las premisas de adquirir la mayor información posible sobre consumos, valores punta y valle, sobrecargas, armónicos, energía reactiva y otros parámetros eléctricos con el propósito de realizar un mejor seguimiento de los consumos de electricidad en los puertos y, en este caso particular, en las terminales portuarias de contenedores. Este sistema ya es utilizado en algunos puertos (por ejemplo el Puerto de Valencia) para el control y seguimiento no sólo de la parte energética sino también para el control del suministro de agua, control de parámetros ambientales, etc.

Con el fin de servir como un instrumento de eficiencia, el sistema SCADA debe ser una herramienta inteligente que recoja datos de entrada en tiempo real y los combine con los históricos disponibles en la organización, proporcionando de esta manera un sistema

de información que facilite la toma de decisiones a nivel operativo. Los diferentes datos históricos que proporciona la herramienta SCADA deben ser analizados con detenimiento, pues aportan información útil para realizar previsiones de consumo a corto y medio plazo, permitiendo además un mejor conocimiento de los niveles de capacidad y saturación de las redes de suministro existentes, minimizando los riesgos de sobredimensionado de instalaciones o pérdida de capacidad por falta de previsión.

Otra de las funcionalidades del sistema SCADA es la operación remota de la red. Los diferentes centros de transformación o centros de reparto local, además de su telegestión, pueden ser controlados a distancia desde el despacho de operación, quedando un registro informático de las posiciones de los interruptores, disparos o averías de los mismos. De esta forma, las reposiciones de servicio son rápidas, seguras y fiables, permitiendo que un solo operario pueda controlar toda la red y tomar decisiones sobre el sistema eléctrico puesto que dispone de una visión global del mismo. El registro informático permite detectar los puntos débiles de la red con el fin de aplicar medidas preventivas y programar las operaciones de mantenimiento, que pasarían de ser intervenciones correctivas a ser actuaciones predictivas y preventivas.

Para una implantación eficaz de esta herramienta se debe planificar una serie de acciones formativas concretas para el personal de mantenimiento que comprenda el manejo, análisis e interpretación de los parámetros gestionados por el sistema, ya que la información que éste aporta es muy completa pero requiere de preparación y experiencia para extraer conclusiones.

Por otro lado, para un mejor seguimiento y control del consumo energético global de la instalación, se deben ampliar los puntos de medida de consumos y potencias instantáneas demandadas tanto en los centros de transformación como en los cuadros de baja tensión.

La implementación global de un sistema como el SCADA es compleja además de ser necesaria una elevada inversión. Una solución alternativa a la instalación de este sistema pueden ser herramientas más sencillas como las que se presentan a continuación.



2.3.2 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Para la realización de gran parte de las actividades de una TPC es fundamental contar con un suministro de energía eléctrica de calidad. En países como España, donde el sector eléctrico se ha liberalizado, cada vez hay más actores involucrados y las relaciones entre ellos han aumentado, de forma que es recomendable realizar un análisis de las condiciones actuales de suministro en las instalaciones.

Para determinar la calidad del servicio es necesario conocer la energía demandada en cada momento a través de los puntos de consumo de la red. La determinación de los parámetros básicos de la red en las terminales portuarias es de gran ayuda para la programación de las operaciones, así como para determinar y optimizar las protecciones eléctricas, reduciendo las pérdidas de red y aumentando la fiabilidad de la misma. Con este fin, en instalaciones que utilizan media y baja tensión como pueden ser las terminales portuarias de contenedores, **se recomienda la instalación de analizadores de redes**. Estos dispositivos son equipos de monitorización que comunican instantáneamente todos los parámetros medidos (tensión, corriente, factor de potencia, frecuencia, etc.) en los puntos de la red donde son instalados, ofreciendo de esta forma una imagen en tiempo real del consumo eléctrico de la instalación.

Por otro lado, es recomendable contar con equipos de medida propios que permitan una lectura alternativa del consumo eléctrico en caso de discrepancias con los equipos proporcionados por la compañía suministradora. En este caso **se recomienda la instalación de contadores electrónicos de alta precisión** en las líneas de entrada a los centros de las terminales, para verificar la energía realmente consumida en las instalaciones.

Además, es conveniente colocar contadores para cada una de las distintas actividades o tipos de instalaciones de las terminales. De acuerdo con el diagnóstico realizado en el proyecto EFICONT se ha podido comprobar que en algunos casos, por falta de medios de medición, no es posible conocer cuál es el consumo eléctrico de un determinado punto de consumo (por ejemplo las grúas de muelle o puntos de conexión de contenedores *reefer*). Esta información es fundamental para el análisis y control de los consumos conjuntos y de cada una de las actividades llevadas a cabo en las TPCs.



Otro aspecto muy importante y que debe ser controlado por las terminales portuarias es el nivel de energía reactiva generado. En un circuito eléctrico, la potencia aparente es la suma vectorial de la potencia activa (que se transforma en trabajo), y de la potencia empleada en la formación de los campos eléctricos y magnéticos de los componentes del circuito (condensadores, bobinas, etc.), denominada potencia reactiva. La potencia reactiva no genera trabajo útil, introduciendo además fluctuaciones en los circuitos que alteran la calidad de suministro a la red.

La energía reactiva genera en las líneas de suministro un aumento de intensidad de la corriente, lo que ocasiona problemas de mantenimiento y sobrecostes en la factura eléctrica. Asimismo, puede ocasionar pérdidas de potencia en las instalaciones, caídas de tensión que provocan paradas en las operativas, etc.

La compensación de la energía reactiva permite un aumento de la capacidad de las líneas y transformadores instalados en la terminal, mejora la tensión de la red y ayuda a disminuir las pérdidas de energía. La solución técnica consiste en la **utilización de equipos diseñados para neutralizar la energía reactiva** que presentan los sistemas eléctricos, tales como las baterías de condensadores o capacitores, que constituyen el sistema más utilizado. Consiste en la colocación de condensadores que aportan la energía reactiva que necesitan los equipos, consiguiendo así disminuir o compensar la energía demandada de la red de alimentación y mejorar el factor de potencia. Las baterías de condensadores facilitan la estabilización y la calidad de suministro eléctrico, optimizando el dimensionamiento, capacidad y rendimiento de la instalación eléctrica. En definitiva, la compensación de la energía reactiva en los puntos más próximos a los dispositivos de consumo es uno de los objetivos que se recomienda conseguir en el marco de la eficiencia energética en terminales de contenedores.

El modelo de gestión de facturación de la energía consumida en un puerto tiene una clara influencia sobre el consumo de las terminales concesionarias. Actualmente en el caso de España, las entidades que generalmente ejercen el rol de suministro de energía a las terminales son las Autoridades Portuarias y, en muchos casos, éstas se encargan de compensar la energía reactiva, asumiendo así mismo el coste de dicha energía. Sin embargo, otros modelos de facturación penalizan la energía reactiva, incluyéndola en la factura eléctrica junto con la energía activa consumida.

2.3.3 REPOSTAJE INTELIGENTE

Las TPCs disponen en su mayoría de una amplia gama de maquinaria y, a excepción de las terminales automatizadas, la mayor parte de los equipos que trabajan en éstas utilizan combustibles fósiles (gasoil) para su propulsión. Como buena práctica y con el objetivo de controlar y de lograr una mejor gestión del consumo de gasoil se propone la instalación de un sistema de repostaje inteligente para el equipamiento de la terminal.



Estos sistemas ofrecen una nueva forma de repostar basada en la utilización de un microchip instalado en los vehículos y conectado a una bobina emisora situada en la boca del depósito de carburante. Durante la operación de repostaje, se produce de manera automática un intercambio de datos entre el vehículo y el surtidor tales como la identificación del vehículo que reposta, la fecha y hora de repostaje, el tipo de carburante utilizado, los litros de combustible cargados en el depósito, y el número de kilómetros realizados entre un repostaje y otro. Este último dato es calculado por el sistema gracias a la información obtenida del tacógrafo, que registra los kilómetros recorridos desde que el vehículo repostó por última vez, y del horómetro, donde se registran las horas de funcionamiento entre repostajes. De esta forma, el sistema puede autorizar o denegar el repostaje de los vehículos sin necesidad de intervención humana.

La principal ventaja que ofrece el sistema de repostaje inteligente es la sistematización y la mejora del control de este proceso, que a menudo suele estar condicionado por errores de medida, empobreciendo la calidad de la información relativa al consumo de combustible. Por otra parte, este sistema aumenta la comodidad y la rapidez de las operaciones de repostaje.

2.4 RECURSOS HUMANOS Y FORMACIÓN

La cultura de la empresa y la formación se hallan en interrelación constante, debido a su marcada dependencia del factor humano. El primer paso para implantar una estrategia efectiva de mejora de la gestión energética en una empresa consiste en establecer un compromiso firme para ahorrar energía y reducir el consumo por parte de la dirección y de todos los trabajadores de la organización.

La organización debe asegurarse de que sus empleados son conscientes del impacto que sus actividades y su comportamiento tienen sobre la consecución de los objetivos de eficiencia energética. La formación es el principal instrumento disponible para asegurarse de que los trabajadores están concienciados y son capaces de adaptarse a las cambiantes necesidades que el entorno exige, en este caso a las necesidades de ahorro energético.



La identificación de las necesidades de formación asociadas al ahorro de recursos y energía es responsabilidad de la dirección de la empresa, que debe asegurarse de que el personal que realiza tareas que puedan causar un impacto significativo en el consumo energético recibe una formación específica en este ámbito. En el caso particular de una TPC, el principal grupo objetivo se circunscribe al personal que trabaja con los equipos de manipulación de contenedores (operarios de grúas y maquinaria utilizada en las operativas de carga/descarga y almacenamiento de contenedores).

A continuación se presentan unas recomendaciones generales de conducta para todos los trabajadores de las TPCs, así como consejos de conducción y manipulación eficiente de la maquinaria.

2.4.1 NORMAS GENERALES DE CONDUCTA

Uno de los factores que mayor impacto produce en el ahorro energético de una instalación es el cambio de cultura por parte de los trabajadores. La información y educación en este sentido es una potente herramienta para propiciar el cambio del modelo de consumo actual hacia otro que tenga en cuenta la eficiencia en los comportamientos individuales y colectivos dentro de la organización.

En este sentido, la formación tiene como objetivo la concienciación y la transmisión de información a todos los trabajadores de la terminal en relación con las estrategias y las pequeñas acciones que pueden aplicarse para disminuir el consumo de energía y utilizarla de una manera más eficiente en sus actividades laborales. Estos cursos pueden dirigirse a todo el personal de la terminal, incluyendo también al personal que trabaja en las instalaciones cerradas (edificio de oficinas, talleres y garitas).

A continuación se especifican algunas de las buenas prácticas o recomendaciones de conducta que tienen un impacto positivo en el ahorro energético. Estas se refieren a las instalaciones más importantes presentes prácticamente en todos los edificios de las terminales portuarias y que tienen una incidencia directa sobre el consumo de energía: iluminación, sistemas de calefacción, aire acondicionado y otros dispositivos consumidores de energía como ordenadores, impresoras, etc.

Iluminación



- Apagar las luces cuando no se está utilizando alguna instalación.
- Evitar el uso innecesario del alumbrado (iluminación demasiado intensa).
- Utilizar luz natural siempre que sea posible, evitando deslumbramientos.

Calefacción

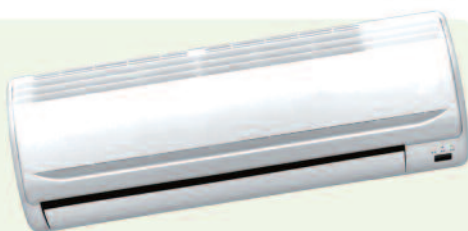


- Establecer temperaturas de confort ajustadas al proceso de producción. Por ejemplo, una oficina en invierno no debería sobrepasar los 21°C.
- Bajar la temperatura a unos 15°C en invierno, si el edificio va a estar desocupado.

- Apagar los radiadores de aquellas salas, despachos, etc. que no se utilicen.
- No cubrir directamente los radiadores, especialmente con mobiliario.
- Colocar láminas de aluminio detrás de los radiadores, con el lado opaco hacia la pared o bien cubiertas conectoras frontales.
- Aprovechar la luz natural ya que además de producir un ahorro en iluminación, es una fuente de calor gratuita durante el invierno.

Refrigeración

- Establecer la temperatura de los edificios en aproximadamente 25°C en verano.
- Aprovechar la luz diurna en la medida de lo posible y favorecer su ventilación durante las horas más frías del día ya que de esta forma se disminuyen las necesidades de refrigeración.
- Utilizar toldos, persianas, cortinas o visillos que impidan la radiación directa del sol.



- Apagar el aire acondicionado cuando el edificio esté desocupado.

Otros consumos energéticos



- Apagar el ordenador cuando no se trabaje en períodos superiores a una hora.
- Apagar fotocopiadoras, impresoras y faxes durante la noche y fines de semana.
- El papel es el mayor residuo, tanto en volumen como en peso, generado por las oficinas. Disminuyendo el consumo de papel se ahorra energía.

2.4.2 CONDUCCIÓN Y MANIPULACIÓN EFICIENTE

El equipamiento portuario ha experimentado una gran revolución en los últimos años en lo que se refiere a la introducción de mejoras enfocadas a aumentar su rendimiento, reduciendo al mismo tiempo su consumo de carburante y sus emisiones (mencionadas en el Nivel 3 de esta Guía). A estas mejoras tecnológicas se podrían sumar las enormes ventajas que proporcionan un estilo de conducción y manipulación eficiente de los equipos de una TPC.

La actitud del operario y el estilo en la manipulación y conducción son piezas clave sobre las que incidir para lograr una disminución del consumo energético global.

El factor humano es uno de los más influyentes en relación con el consumo energético de maquinaria portuaria.



En este sentido, se propone como buena práctica incluir dentro de las acciones formativas de la terminal la impartición de cursos sobre conducción y manipulación eficiente de los equipos para los trabajadores.

Los beneficios de estos programas de formación no se limitan a reducciones del consumo de la maquinaria, sino que también ayudan a extender la vida útil de la misma, aumentar la seguridad durante el manejo de los equipos y reducir el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero derivado de las actividades portuarias. A continuación se describen las ventajas más importantes que ofrecen la conducción y manipulación eficiente:

Ahorro de energía. El operario con su comportamiento tiene una gran influencia sobre el consumo de carburante del vehículo, dando lugar a ahorros de combustible del orden del 10%.

Ahorro económico. El aumento de la eficiencia en el consumo de combustible siempre va asociado a un ahorro de costes.

Reducción de los costes de mantenimiento. La utilización racional de los equipos conlleva que sus componentes y sistemas (frenos, embrague, caja de cambios, motor, etc.) estén sometidos a un menor esfuerzo, disminuyendo el número de averías y reparaciones.

Reducción de emisiones. La reducción del consumo de combustibles fósiles está directamente relacionada con una reducción de las emisiones de CO₂ y de gases contaminantes de la atmósfera.

Reducción del riesgo de accidentes. Uno de los pilares en los que se fundamenta la conducción y manipulación eficiente es la previsión y la anticipación, lo que aumentará la seguridad de las operaciones de la terminal.

Mejora del confort.



Una estructura que se propone para los cursos de formación en conducción y manipulación eficiente consiste en dividir la materia en un bloque teórico y uno práctico. El bloque teórico del curso debería contener como mínimo, además de los temas de ergonomía y estilo de conducción, aspectos relacionados con el funcionamiento de los dispositivos del vehículo como los PLC (Controladores Lógico-Programables) y los sistemas mecánicos y electrónicos para que los operarios puedan interpretar y gestionar la información que la máquina recibe del TOS, así como solucionar posibles incidencias menores. Las prácticas de manipulación eficiente deberían impartirse simulando situaciones reales de operativa y utilizando los mismos equipos o simuladores.

A continuación se enumeran una serie de recomendaciones generales de conducción y manejo de equipos, que abarcan desde aspectos genéricos hasta normas concretas de comportamiento para el uso de la maquinaria de la terminal. Estas recomendaciones inciden especialmente en aquellos equipos en los que la habilidad del operario puede tener mayor repercusión en el consumo, tales como las plataformas, las grúas de patio y de muelle y las carretillas.

Arrancar el motor sin acelerar y esperar unos segundos antes de comenzar la marcha.

Utilizar marchas largas y a bajas revoluciones.

Mantener la velocidad de circulación lo más uniforme posible y conducir con suavidad, evitando acelerones y frenazos.

Apagar el motor de los equipos si se prevé que van a estar parados un tiempo considerable.

Poner al ralentí las grúas RTG cuando no estén trabajando.

Minimizar los recorridos.

Evitar aceleraciones innecesarias y movimientos bruscos durante el movimiento de bajada en las *reach stacker*.

Optimizar la trayectoria de los *spreaders* de las grúas.

Elevar los *spreaders* de las grúas lo mínimo necesario para realizar las operaciones de carga/descarga, puesto que la elevación del *spreader* y de la carga son los movimientos que más consumen en las grúas, tanto RTG como de muelle.

Minimizar la trayectoria de la carga/descarga en el caso de las grúas de muelle. Si es posible, colocar el modo automático en el caso de que el equipo esté preparado o haya instalado algún *software* para este fin.

Mantener la temperatura interior de las cabinas alrededor de 23-24°C y utilizar el aire acondicionado solamente cuando se supere esta temperatura media.

Evitar circular con las ventanillas bajadas cuando se tiene el aire acondicionado o la calefacción en funcionamiento.

Estas son solamente algunas de las recomendaciones en lo que se refiere a manipulación de equipos, que se deberían incluir en los cursos y manuales formativos dirigidos a los operarios de las TPCs. Sin embargo, cada terminal debería programar formación a medida en función de sus propias peculiaridades.

2.5 ELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE EQUIPOS

La elección del tipo de equipamiento de una terminal es una de las decisiones determinantes a la hora de establecer un modelo organizativo de una instalación de este tipo. Las características de una TPC vienen fundamentalmente definidas por el equipo de patio que se emplea para el almacenamiento de contenedores, ya que este define la configuración de la terminal: anchura y altura de las pilas de contenedores, separación entre las mismas y dimensiones de los viales internos; características que, junto con el sistema de gestión, definirán una densidad de apilado y la propia capacidad de la terminal. La elección de los demás equipos, como por ejemplo los de transporte horizontal, dependerá principalmente del equipo seleccionado para el patio.

Actualmente, además de los criterios básicos para la elección del equipo tales como la tipología de la terminal, previsiones de tráfico, ocupación, inversión inicial, etc., la eficiencia energética de los mismos debería considerarse como un criterio más en el proceso de elección. En los últimos años, la incorporación del objetivo de eficiencia energética en las decisiones estratégicas de la empresa, como puede ser la adquisición de los equipos principales de la instalación, está cobrando cada vez más importancia. Prueba de ello es el aumento progresivo de innovaciones tecnológicas en términos de ahorro energético y reducción de emisiones en equipos de manipulación de contenedores existentes, como respuesta de los fabricantes ante esta tendencia (las principales innovaciones se presentan en el Nivel 3 de la presente Guía).

La asignación óptima de recursos dirigida a realizar un determinado trabajo es un problema común a multitud de industrias y sectores. El sector portuario y, en especial, las terminales de contenedores no son ajenos a esta problemática. Una terminal de contenedores dispone de un conjunto variado y costoso de equipos y maquinaria (grúas de muelle, grúas RTG o RMG, *Straddle Carrier*, plataformas, carretillas elevadoras, vehículos, etc.) que debe adquirir teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados. Se debe considerar que el hecho de disponer de recursos redundantes puede incrementar el consumo de combustible o de energía eléctrica sin que esto suponga una mejora de la productividad de la terminal. Así mismo, la falta del equipamiento necesario lleva a una sobreutilización de la maquinaria disponible, incrementando también el consumo y aumentando los costes de mantenimiento y reparaciones.

Es necesario conocer en profundidad el equipo que se requiere adquirir y como se comporta ante diferentes demandas y situaciones. Sin embargo, no es habitual el estudio en detalle de los consumos de los diferentes equipos en cada una de sus actividades específicas (translación, elevación, giros, etc.). El conocimiento de estos datos de consumo ante diferentes situaciones de demanda, supondría una ayuda para la toma de decisiones en cuanto a la asignación de recursos en función de su respuesta o consumo para cada situación u operativa concreta.



Además, la asignación óptima de recursos a las operativas que tienen lugar en las terminales de contenedores requiere un conocimiento detallado de cada terminal en particular. Los factores que influyen en esta asignación son entre otros, el tipo de tráfico que maneja la terminal, el volumen del mismo, las características físicas de la instalación (geometría, distribución en planta, longitud de línea de atraque, etc.), las distancias entre los diferentes subsistemas muelle-patio y patio-recepción/entrega, el tipo de equipamiento disponible, etc. En este sentido, la simulación de los procesos involucrados es una herramienta útil que ayuda a resolver problemas de asignación que en la mayoría de casos no tienen una solución única y óptima.

Por otra parte, existen otras medidas complementarias que pueden ayudar a la asignación óptima de los equipos, como es el caso del denominado *Closing Time* y de la Cita Previa. El *Closing Time* terrestre es un procedimiento que consiste en la fijación de una hora límite, con anterioridad al inicio de las operaciones, para la presentación de toda la documentación o tramitación de datos requeridos por las terminales y la llegada por modo terrestre del contenedor al puerto.

La Cita Previa se basa en la laminación del tráfico terrestre a lo largo del día, lo que permite que las terminales conozcan con antelación la carga de trabajo que tendrán en cada rango horario. Con la implantación de este tipo de medidas, sumada a una posible automatización de las puertas terrestres, se pretende una mejor organización y planificación de la operativa terrestre, agilizando la ejecución y la eficacia de la misma.

Así mismo, conocer la información relativa a los contenedores que van a ser recibidos y entregados permite entre otros aspectos, organizar el patio convenientemente para la operativa marítima y asignar convenientemente los equipos para la realización de dichas operativas. Estas medidas redundan en una mayor fluidez durante la operación de entrega, evitando tanto consumos energéticos innecesarios como el aumento de las emisiones locales producidas por los camiones durante las colas en las puertas de la terminal.

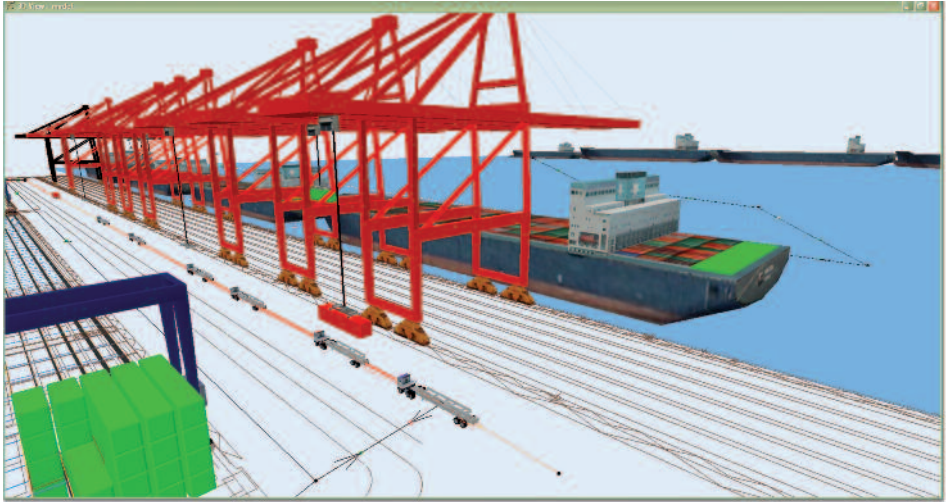
Aunque la congestión de camiones en las entradas de la terminal no repercute directamente en los consumos de la misma y su solución no depende únicamente de la terminal, estas medidas contribuyen a la reducción de la huella de carbono del entorno portuario.

2.6 SIMULACIÓN

Una terminal portuaria de contenedores es un sistema complejo en el que interactúan diversos elementos. Los modelos de simulación de las terminales portuarias se utilizan normalmente para determinar los efectos que los cambios en la gestión ocasionan en el rendimiento de la terminal, así como para plantear diferentes situaciones que impliquen distintas decisiones operativas o de gestión, facilitando su análisis. En este sentido, la simulación se convierte en una herramienta adecuada que proporciona información al experto, aumentando su nivel de conocimiento sobre el sistema estudiado, contribuyendo de esa forma al acierto en la toma de decisiones en el ámbito de la planificación y la gestión de las actividades que se desarrollan dentro de la terminal.

La simulación permite la evaluación de distintos escenarios (tanto estáticas en el tiempo como dinámicas) simultáneamente, así como el estudio de los efectos de cualquier cambio o propuesta antes de que ésta se lleve a cabo. Gracias a la simulación se generan importantes ahorros, ya que ayuda a tomar la decisión correcta sin efectuar pruebas en el entorno real, movilizandolos recursos humanos y técnicos. Además, cuando se planea un nuevo sistema (o la ampliación de éste), la simulación permite una evaluación previa de su viabilidad operativa e impacto bajo diferentes perspectivas (económica, ambiental, etc.).

Para llevar a cabo la simulación es necesario recurrir a la modelización del sistema. Un modelo se define como la abstracción de un sistema con el fin de reproducir su comportamiento en condiciones normales y ante cualquier modificación de los parámetros que lo componen. El simulador de una TPC consta de un conjunto de modelos de los elementos que la integran y de sus capacidades de operación, así como de editores que detallan las características de la terminal que se desea simular y del escenario considerado. Dependiendo de las respuestas que se pretendan obtener y de los elementos que se quieran analizar, el nivel de detalle y el horizonte temporal cambiarán; para ello es necesario definir distintos niveles de abstracción.



La simulación permite abordar distintas situaciones o escenarios de tipo estratégico, táctico y operativo. Una vez establecido el escenario, el núcleo del simulador extrae los resultados estimando las mejores condiciones de explotación por medio de una herramienta de optimización que valora el comportamiento de los indicadores en dichos modelos ante cambios en determinados parámetros.

Es conveniente que los modelos de simulación faciliten la interfaz con el usuario. Para ello, deben incorporar animaciones que permitan visualizar los procesos y las interacciones que se producen durante la ejecución de los mismos, lo que facilita la comprensión del sistema y de las consecuencias de su modificación. Además, este visualizador debe asistir al proceso de simulación a través de diálogos de ajuste, como la velocidad de simulación, pausa y reproducción, retroceso, etc. Al aumentar la comprensión de las interacciones entre los procesos del sistema, la simulación se convierte además en una herramienta formativa para entrenar a operadores y supervisores su funcionamiento.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, el uso de herramientas de simulación para la ayuda a la toma de decisiones en una TPC presenta múltiples ventajas como la posibilidad de experimentar con múltiples situaciones diferentes sin cambiar o experimentar con el sistema real. Gracias a la simulación, el tiempo invertido en el análisis de problemas complejos se reduce considerablemente. Por ejemplo, para estudiar el impacto a largo plazo de una medida, el tiempo de proceso y obtención de conclusiones utilizando la simulación es del orden de horas, mientras que la alternativa de implantar realmente la medida y observar sus resultados durante un periodo prolongado de tiempo conllevaría elevados costes económicos, dedicación extra del personal y alteraciones en el modelo organizativo actual de la instalación.

Mediante una herramienta de simulación de una TPC se podrían testear las diferentes buenas prácticas o criterios de mejora, tanto a nivel de gestión como de implantación de nuevas tecnologías, obteniendo información relativa a la influencia en los consumos energéticos en el caso de modificar las configuraciones de patio de una terminal, aplicar medidas del *pooling* de equipos de interconexión, invertir en sistemas de ahorro de combustibles o en la electrificación de los equipos de almacenamiento.

2.7 AUTOMATIZACIÓN

La evolución tecnológica ha permitido que se desarrollen nuevas medidas de gestión en todos los ámbitos de la industria, del transporte y de los servicios. En este sentido, no se debe dejar de reseñar la evolución de las grandes infraestructuras de transporte hacia la automatización parcial o total de sus procesos. En el ámbito portuario, el máximo exponente de la introducción de las nuevas tecnologías en las TPCs ha sido la automatización de las mismas. El planteamiento en relación con la gestión de este tipo de terminales supone una concepción radicalmente distinta respecto a las terminales tradicionales.

En los procesos logísticos e industriales, como es el caso de las TPCs, la automatización es la aplicación de máquinas o de automatismos a la realización de un determinado proceso. La automatización no sólo se refiere a procesos físicos (máquinas, engranajes, hidráulica, etc.), sino también a procesos lógicos (programas informáticos, que pueden englobar puros automatismos, simuladores, emuladores, sensores, etc.). También se puede entender que los automatismos, bien de un tipo u otro, siempre tienen un soporte físico (máquina, ordenador, circuitos, etc.).



Los sistemas automatizados, dentro de las amplias posibilidades de desarrollo y alcance de la automatización en TPCs, no sólo “mueven” los equipos en modo automático (automatización de los movimientos o eliminación de la manipulación manual) sino que además gestionan las órdenes de movimiento de los mismos, su secuencia, tiempos, asignaciones, etc.

La automatización de la terminal no se reduce, por tanto, a la ejecución de los movimientos de equipos sin mano de obra, sino que se extiende su influencia en la toma de decisiones tácticas (elección del orden de carga/descarga, asignación de máquinas y recorridos, etc.). En el caso de los equipos principales de las TPCs (grúas de muelle y patio), es habitual la presencia de sensores tales como los de fin de carro, tope de elevación, *anti-sway*, *anti-skew*, *anti-snag*, sobrepeso, altura libre, detectores volumétricos de proximidad de objeto o anticolidión, anti-incendios, termostatos para el aire acondicionado, elevación del ascensor, puertas abiertas, etc. Todo ello da una idea del grado de penetración que la automatización ha experimentado en el sector portuario.

Por otro lado, en los procesos lógicos inherentes al contenedor y a la actividad o servicios de la terminal, se observa como el TOS efectúa cada vez más procesos en modo automático: puertas automatizadas en distinto grado, bien por información compartida a través de PCS (*Port Community System*), por lectura OCR (*Optical Character Recognition*), o por información avanzada de llegada de vehículos, RFID en los contenedores o en los camiones, procesos de asignación de hueco en pila automatizado, asignación de grúas RTG, sistemas TAG para identificación de contenedor-RTG correcto, elaboración de ficheros BAPLIE automáticos, etc.

Debido a la complejidad de la operativa de una terminal de contenedores, los sistemas automáticos presentan importantes ventajas sobre los manuales, influyendo decisivamente en la rapidez, seguridad, mejor uso del espacio y reducción de errores humanos. Con la introducción de la automatización, la lógica de manipulación y la del apilado de los contenedores se realizan informáticamente, lo que permite:

Un mejor uso del suelo o espacio de apilado y, en consecuencia, el aumento de la capacidad de la terminal y del rendimiento de las puertas tanto marítima como terrestre.

Mayor potencial de mejora operativa por la elevada capacidad de análisis de series temporales anteriores, previsiones, cálculos de la mejor distribución, etc., que tienen los sistemas informáticos y simuladores.

Mejor integración de los sistemas informáticos de gestión de la terminal con las necesidades cambiantes de los clientes, tanto operativas como administrativas.

Pese a que la automatización está concebida como una acción encaminada a generar una mejora de la productividad de la terminal, también tiene una importante repercusión sobre el consumo energético global de la terminal.



Automatizar una terminal supone desde el punto de vista de la eficiencia energética una de las mejoras de gestión más destacables que se pueden llevar a cabo.

La automatización ayuda a optimizar la operativa globalmente, minimizando los recorridos de las máquinas, los desplazamientos en vacío, las remociones, etc., por lo que influye directamente en la disminución del consumo energético. Además, en las terminales automatizadas la mayor parte de los equipos utilizan motores eléctricos que son más eficientes energéticamente.

Al mismo tiempo, la automatización tiene otros beneficios:

Incremento de la seguridad en la terminal al reducir el riesgo de fallo humano en las operaciones.

Incremento de la capacidad para priorizar cambios operacionales.

Mejor trazabilidad de los contenedores y equipamientos dentro de la terminal.

Reducción del *housekeeping*.

La operativa se basa en un ciclo *feedback* de la monitorización de los parámetros y indicadores clave, lo que ayuda en el proceso de toma de decisiones en tiempo real.

Es por todo ello que dentro de las buenas prácticas de eficiencia energética en la gestión y operativa, se propone intentar alcanzar un alto grado de automatización de las TPC.



2.7.1 SEMI-AUTOMATIZACIÓN

La automatización de una terminal convencional de contenedores es una medida que requiere de una gran inversión, puesto que implica un cambio total del sistema de trabajo y de la gestión del mismo. Una solución intermedia entre la automatización total de la terminal y la ejecución manual de los procesos principales, es la automatización parcial o semi-automatización de los mismos y de la maquinaria involucrada.

En este caso habrá que diferenciar la semi-automatización de la automatización de grado más elevado, considerando por ejemplo la automatización hacia los sistemas de grúas de patio sin conductor (ASC), o a los de transporte horizontal sin conductor (AGV), u otros similares en que el equipo de manipulación opere sin intervención humana. Para el resto de sistemas “semi-automáticos” es posible también realizar una semi-automatización utilizando tecnologías como los sistemas RFID, GPS, microhidráulica, infrarrojos, OCR, etc.

Un ejemplo de semi-automatización directamente relacionada con la mejora de la eficiencia energética es el denominado *retrofitting*, proceso que consiste en automatizar el equipamiento mediante la modificación de los componentes existentes o añadiéndoles nuevos. Para el caso de las grúas RTG, este proceso se estructura en siete fases o módulos. En cada una de ellas se automatiza un movimiento o una parte de la grúa hasta que se

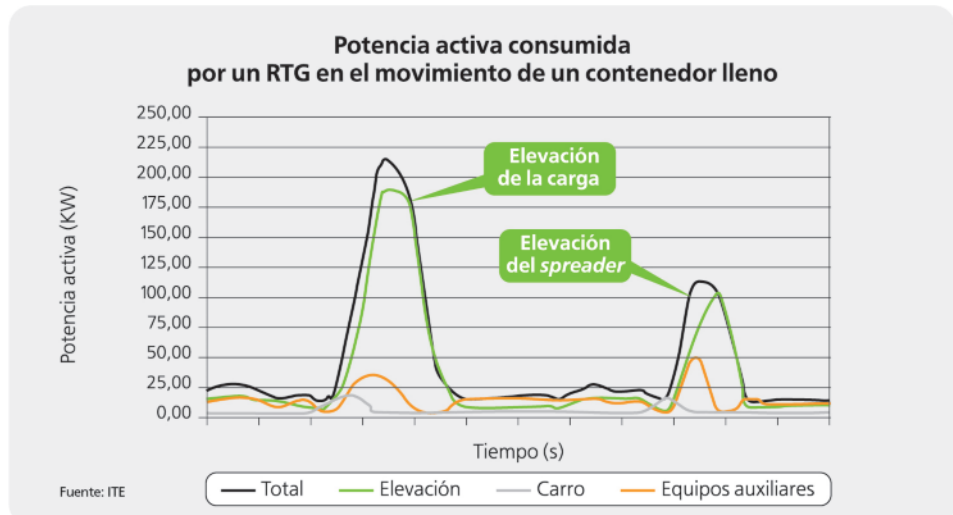
consigue llegar a una total automatización del equipo. Una de las ventajas del *retrofitting* es precisamente la independencia de cada uno de los módulos, permitiendo diferentes grados de automatización en función de las necesidades de la estructura operativa de la instalación.



2.8 SISTEMAS DE GESTIÓN DE APILADO

Los sistemas de control y gestión, como puede ser el TOS y sus módulos auxiliares, ayudan en general a agilizar la logística de las operaciones de las TPCs. Estos sistemas planifican y controlan los movimientos de contenedores, aumentando la eficiencia de los equipos de patio, maximizando el espacio de almacenamiento disponible, reduciendo costes y aumentando la seguridad en la terminal entre otros aspectos. Sin embargo, la eficiencia energética es un criterio novedoso en los diseños lógicos de estas herramientas de gestión.

En términos energéticos, las causas más relevantes de ineficiencias operativas en el patio son: el elevado número de remociones que se efectúan, así como la descompensación de los pesos de los contenedores en el orden de su apilado y en la secuencia de la manipulación de los mismos. Mediante el diagnóstico de consumo energético realizado en las terminales del Puerto de Valencia, se han determinado las fases de mayor consumo energético en la manipulación de contenedores por parte de las grúas RTG (véase figura siguiente). En consecuencia, la no consideración del peso del contenedor en la toma de decisiones operativas puede llevar a que los contenedores más pesados sean elevados y recorran las mismas que los ligeros, lo que se traduciría en un mayor consumo.



En este sentido, a través de la implementación de un *software* se podrían incluir estas variables en los modelos de ayuda a la toma de decisiones operativas, caracterizando la dimensión energética de las mismas (Goussiantiner, 2008). Dicha herramienta estaría diseñada a nivel operacional y sería un complemento adecuado para el TOS de la terminal. La clave del funcionamiento de esta aplicación se basa en el cálculo de la probabilidad de remoción del contenedor según su posición en la pila.

A lo largo de la estancia del contenedor en el patio de la terminal, este es manipulado varias veces considerando su apilado, entrega y las remociones de las que es objeto. Cada una de estas operaciones supone un consumo energético. Para minimizarlo, el programa estimaría la energía que se necesita en cada uno de los movimientos por medio de un modelo analítico y, de todas las posiciones posibles que puede ocupar el contenedor, seleccionaría aquella que genera un menor consumo. Los parámetros que se tendrían en cuenta para evaluar el consumo de los movimientos incluyen tanto aquellos que evalúan el movimiento inmediato como los que consideran los movimientos potenciales posteriores.

El principal **objetivo** que se persigue con la instalación de este tipo de software es: Reducir el consumo medio por contenedor movido.

Al introducir el cálculo de probabilidades de remoción y el consumo por movimiento de un contenedor (teniendo en cuenta su peso) dentro de los parámetros para seleccionar la mejor ubicación de almacenamiento de cada contenedor en pila, esta herramienta permitiría además:

- Reducción de las emisiones del equipo de almacenamiento.

- Incremento de la productividad bruta del equipo de almacenamiento.

- Reducción de los costes de mantenimiento y reparación.

- Reducción de los costes energéticos por contenedor manipulado.

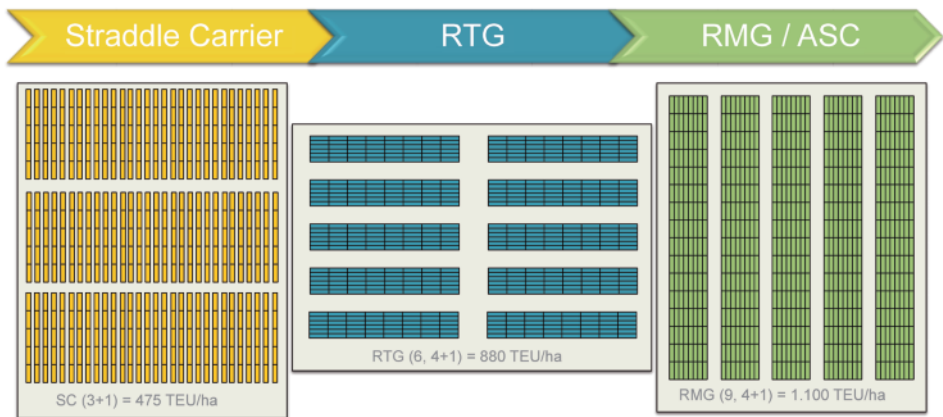
Implementar esta herramienta de gestión de apilado en una TPC vinculándola con el TOS, puede suponer un 20% de ahorro de consumo de energía y una reducción del 9% en el número de remociones, tal y como se ha comprobado con una simulación realizada por Modern Port Technologies Inc. (Goussiatiner, 2008). Obviamente estos resultados dependen del modelo, de sus parámetros y de las distribuciones de *input* que han sido utilizados en dicha simulación.

2.9 CONFIGURACIÓN DE LA TERMINAL

Uno de los aspectos relevantes en la planificación y gestión de una TPC y que incide en los consumos energéticos de la misma, es la configuración del patio de almacenamiento. Por un lado, cuanto más compacta sea la terminal menor será el recorrido medio realizado por los equipos, y menor será el área que necesita ser iluminada. Sin embargo, la escasez de espacio obliga a un aumento de la altura de apilado, incrementándose el número de remociones y consecuentemente el gasto energético de estas operaciones.

Por otro lado, la configuración del patio de una TPC depende y está condicionada principalmente por la elección del equipo principal de almacenamiento, obteniéndose diferentes densidades de almacenamiento en función de la tipología de equipos. La determinación del espacio mínimo necesario en la TPC está directamente relacionada con el cálculo de su capacidad y, depende de factores tales como la densidad superficial del equipamiento empleado, la altura de apilado, el tiempo medio de permanencia de un contenedor en patio y el volumen de tráfico.

Configuración y capacidad estática del patio en función del equipo



Además, existen múltiples posibilidades a la hora de establecer la configuración del patio de una terminal en función de la disposición de las pilas en planta, anchuras y disposición de los pasillos y viales, configuración de las pilas, distancias entre ellas, bloques y contenedores, agrupación de los tráficos en función de sus orígenes/destinos, sentido de circulación, geometría del patio de la terminal, entre otros.

La búsqueda de la optimización del uso del espacio en la terminal está motivada por varios factores: económicos, productivos (capacidad) y energéticos. Por un lado, el coste de la utilización del suelo (tasa de ocupación) es proporcional a su tamaño. Por otro lado, se debe buscar la maximización de la capacidad del patio a través de la optimización de la altura de apilado (en función del equipo y del TOS empleados), minimizando las remociones.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética la disminución de la superficie de almacenamiento de la terminal reduce los recorridos tanto de los equipos de almacenamiento como de los vehículos de transporte horizontal que interconectan el patio de la terminal con el muelle. La minimización de dichos recorridos supone la

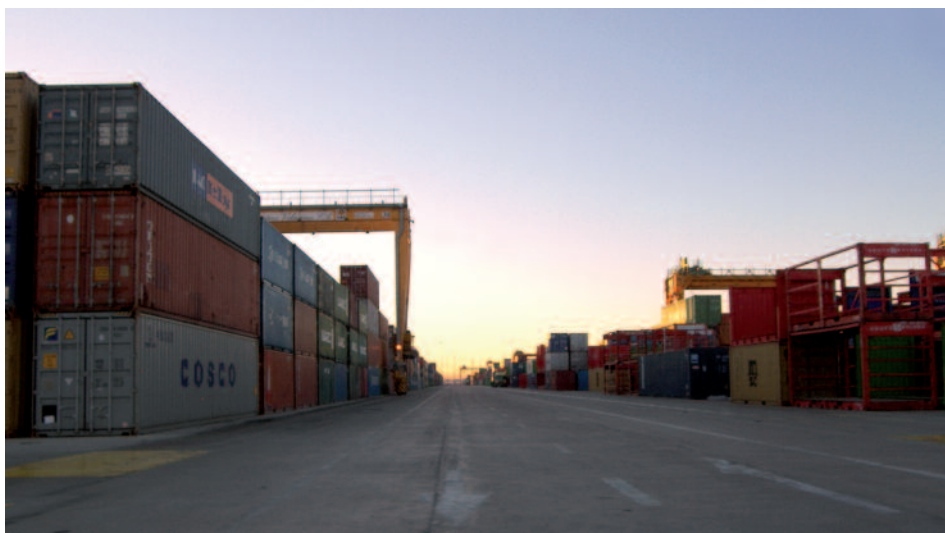
reducción del tiempo de ciclo de carga/descarga y de las demás operativas, lo que conlleva el aumento de la eficiencia, y un importante ahorro de combustible. Este segundo aspecto además de generar beneficios económicos para la terminal es también beneficioso en términos ambientales debido a la reducción de las emisiones de CO₂.

Según Busk (2007), la determinación óptima de la configuración del patio una TPC puede llegar a representar para la misma un incremento de la capacidad de almacenamiento de hasta el 25% y llegar a reducir el coste por movimiento de contenedor en un 5%.

En definitiva, algunas de las cuestiones de importancia en cuanto a la optimización del uso del patio y su influencia en la mejora de la eficiencia energética son:

- Elección del equipamiento de almacenamiento en función de la tipología y volumen de tráfico.
- Orientación de las pilas de contenedores en planta en función del equipo utilizado.
- Ancho y disposición de pasillos y viales en la zona de almacenamiento.
- Posicionamiento de los equipos.
- Configuración de las pilas de contenedores.
- Sentido de circulación de los viales.

A continuación se presentan algunas medidas relacionadas con estos aspectos para lograr una mejor optimización del uso del patio de una TPC.

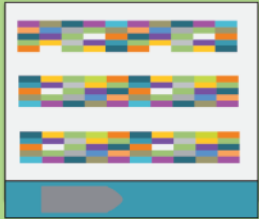
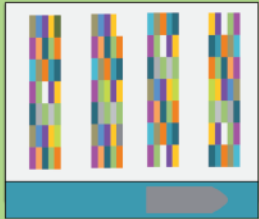


2.9.1 DISPOSICIÓN DE LAS PILAS EN PLANTA

Orientación de las Pilas

En relación con la orientación de las pilas respecto al muelle, existen dos posibilidades de diseño del *layout* del patio de una TPC, con las pilas paralelas o perpendiculares al cantil. Este factor está condicionado por la geometría de la terminal y por el equipo de almacenamiento empleado. En función de éste es más aconsejable orientar las pilas de la TPC de una forma u otra para que se pueda optimizar la superficie de la misma.

Ventajas y desventajas de la orientación de las pilas en función del equipo

Equipo	Paralelas al muelle	Perpendiculares al muelle
SC	 Mayores recorridos promedio de los equipos.	 Reduce las distancias de recorridos promedio de los equipos.
RTG	Necesidad de menos espacio en la zona de muelle. Las maniobras de los RTGs no interfieren en el funcionamiento de la operativa marítima.	Necesidad de mucho espacio en la zona de muelle para maniobras de los RTGs. La maniobra de los RTGs en la zona de muelle dificulta la circulación de vehículos. Reduce las distancias de recorridos promedio de los equipos.
RMG/ASC	Mayores recorridos de los elementos de transporte horizontal. Pilas demasiado largas, por lo que se hace necesario separarlas con viales aumentando así la superficie de almacenamiento y las distancias a recorrer por los equipos. Problemática en la circulación de los vehículos entre las pilas.	Reduce las distancias de recorridos de los equipos, los vehículos de transporte horizontal dejan los contenedores en las cabeceras de las pilas. Zona de operativa marítima y terrestre sin necesidad de viales de separación, para ello las pilas no deben medir más de 300-400 m de longitud. No requieren viales entre las pilas para los vehículos de transporte horizontal.

Disposición de los Viales y Posicionamiento de los Equipos

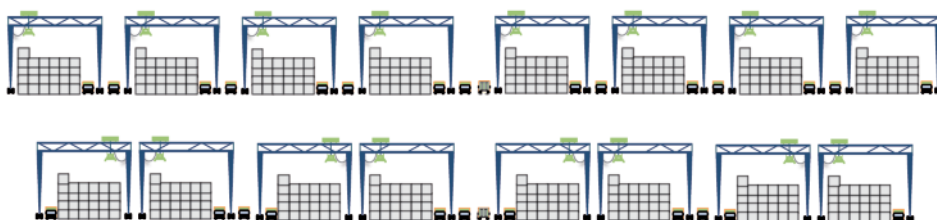
Otra cuestión a tener en cuenta para la optimización del espacio, además de la orientación de las pilas, es la disposición de los viales y el posicionamiento de los equipos.

En el caso de las terminales que utilizan RTGs como equipos de almacenamiento se consideran dos posibles *layouts*:

Un carril de circulación entre cada pila, estando las grúas RTG posicionadas de forma que el carril de circulación bajo pórtico está siempre del mismo lado (por ejemplo lado tierra en relación a la pila).

Un único carril de circulación cada dos pilas, estando las grúas RTG posicionadas de forma contraria en cada una de ellas (por ejemplo, uno con el carril de circulación bajo pórtico del lado tierra y el otro del lado mar).

Disposición de los RTGs y de los viales de circulación



Considerando el mismo ancho de viales en ambos casos, en la primera opción se necesitaría más superficie de zona de almacenamiento. Ambas configuraciones presentan ventajas y desventajas:

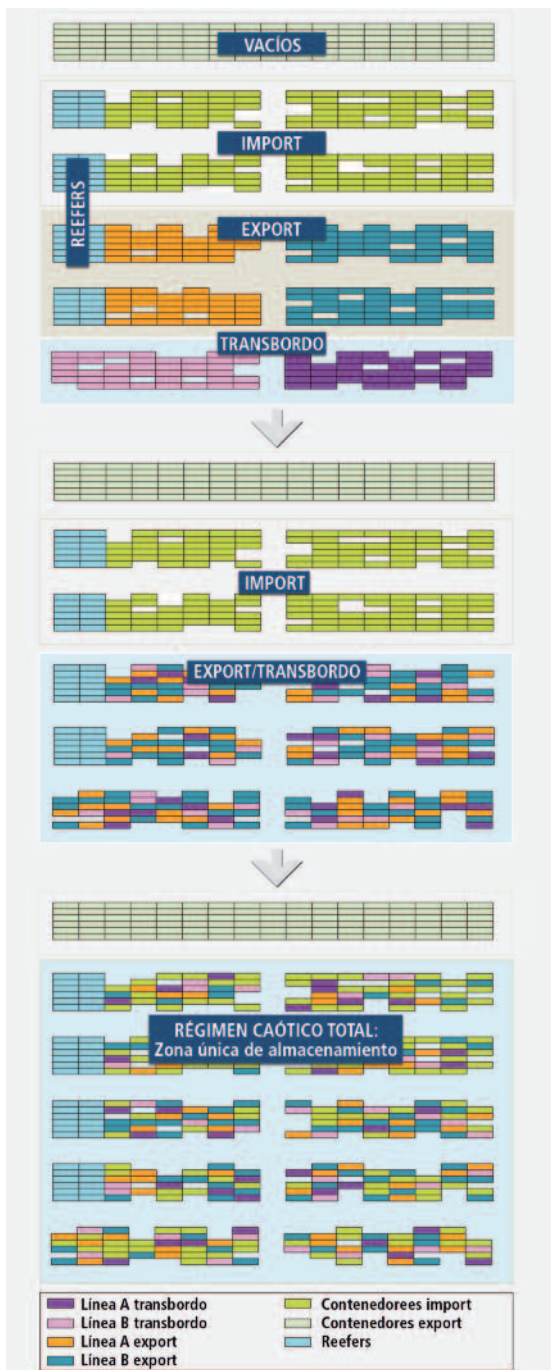
Comparativa entre distintos *layouts* de terminales de grúas RTG

	
✗ Todas las pilas van necesariamente separadas por un carril de circulación.	✓ Optimiza más el espacio por reducir el número de viales.
✓ Necesidad de menos espacio en la cabecera de las pilas, el equipo se desplaza lateralmente para cambiar de una pila a otra.	✗ Se necesita más espacio en la cabecera de las pilas para que el equipo pueda cambiar de pila (giro de 180°).
✓ Mejor accesibilidad de los contenedores por otro tipo de equipamiento, por ejemplo Reach Stacker.	✗ Dificultad para acceder a los contenedores que estén ubicados entre dos pilas que no tengan carril de separación entre ellas mediante otro equipo que no sea RTG.

Agrupación de los Tráficos

Normalmente, en la gestión del patio de almacenamiento se definen distintas áreas de agrupación de tráfico: zonas diferenciadas para los contenedores de importación, exportación y transbordo, contenedores vacíos, contenedores de 20' y 40', contenedores con mercancías peligrosas, contenedores especiales (sobredimensionados, *reefers*, etc.), carga y descarga del ferrocarril, etc. Además, en el caso de las grandes terminales, en cada una de estas áreas pueden reservarse espacios para grandes clientes y determinados servicios (líneas). Todos estos condicionantes minimizan la optimización del uso del patio, aumentando la superficie de almacenamiento y, por consiguiente, incrementando los recorridos medios tanto de los equipos de almacenamiento como de los de interconexión.

La mejor opción en este caso es la adopción del régimen caótico de almacenamiento, donde el TOS de la terminal es el que asignaría el “mejor” posicionamiento de los contenedores sin una previa planificación por parte del personal de la terminal. Es decir, en este caso no habría (o habría muy poca) agrupación de tráfico.



En resumen, en función de la geometría de la terminal (si esta es un condicionante) y del equipamiento de almacenamiento utilizado se debería estudiar con detenimiento cual será, en cada caso, la orientación de las pilas, la disposición de los viales así como los anchos de los mismos, el posicionamiento de los equipos y la agrupación de los tráficos que mejor optimice la superficie de la terminal.

2.9.2 CONFIGURACIÓN DE LAS PILAS

La configuración de las pilas de contenedores en el patio de la TPC también es un aspecto a tener en cuenta en relación con el consumo energético. Los criterios de optimización del espacio no siempre resultan compatibles con un incremento de la productividad de la terminal. Por ejemplo, el incremento de la altura de apilado permite un importante aumento de la densidad de apilado y un mejor aprovechamiento del espacio. Sin embargo, esta mayor densidad produce un aumento de remociones y movimientos de *housekeeping* que consecuentemente disminuye la productividad en patio y aumenta los consumos energéticos.

Para evitar este problema, en el caso de utilizar en patio grúas pórtico (RTGs o RMGs), se puede proponer como medida de gestión de apilado ciertos perfiles cuya configuración permita el acceso a todos los contenedores de la pila sin necesidad de trasladar la pórtico de la grúa para reubicar los contenedores que se remocionan.

Configuración del perfil de pilas de RTG



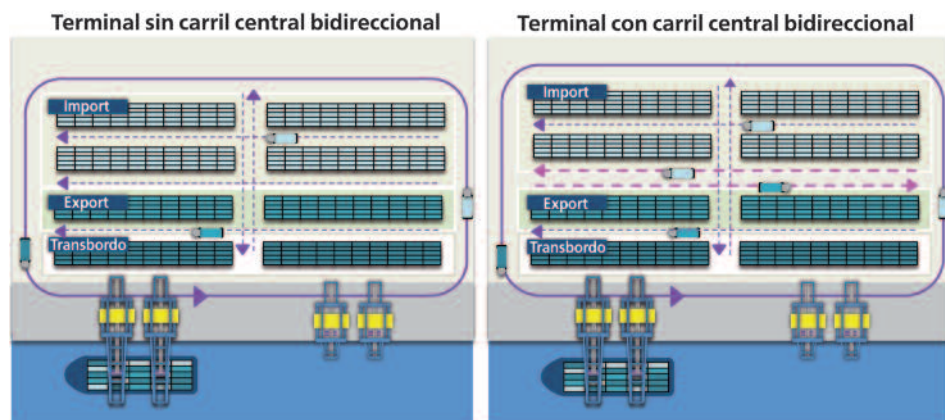
Con estas configuraciones, pese a que se pierde cierta capacidad de almacenamiento y disminuye la densidad de apilado ya que la última fila queda prácticamente inutilizada, se aumenta en cierto modo la productividad de las operaciones al suprimirse los tiempos de desplazamiento de los equipos.

2.9.3 SENTIDO DE CIRCULACIÓN

El sentido de circulación de los viales es otro factor significativo por su relación con los recorridos de los equipos y, por lo tanto, con la eficiencia energética de la terminal. Este es un aspecto que está directamente relacionado con la disposición de las pilas en planta (tema tratado anteriormente), la accesibilidad de la carga y la seguridad.

Tanto en la teoría como en la práctica las alternativas adoptadas por las terminales para organizar el tráfico interno de los elementos de transporte horizontal son muy diversas. Estas abarcan desde configuraciones sencillas, que consistirían en un único bucle cerrado unidireccional, a un complejo circuito abierto de varios carriles multidireccionales que además de dificultar la circulación, puede favorecer la ocurrencia de accidentes o colisiones.

En el caso de las terminales de RTGs, donde la disposición de las pilas más utilizada es paralela al muelle, se propone como criterio de mejora el diseño de uno (o más, en función de la profundidad de la terminal) carril central longitudinal que sea bidireccional y que separe el área de *import* de la de *export*/transbordo, siendo además bidireccionales todos los carriles perpendiculares al muelle. Esta solución cumple un doble objetivo, por un lado logra disminuir la interferencia entre tráficos de las diferentes operativas (marítima y terrestre) y por otro reduce los recorridos de los elementos de transporte horizontal y de los camiones externos, con la consiguiente disminución de consumo energético. Sin embargo, es importante mencionar que esta medida aumenta la superficie necesaria de almacenamiento (aunque de forma poco significativa).



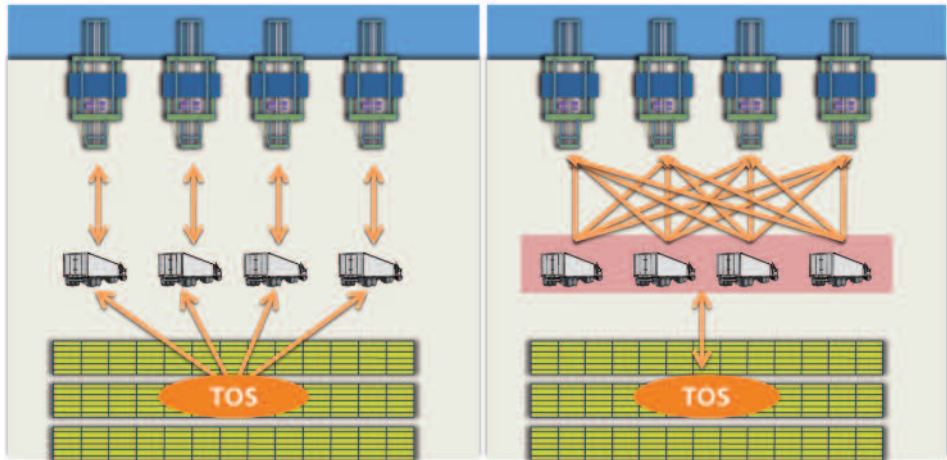
2.10 POOLING DE EQUIPOS

El *pooling* es un término utilizado para la gestión de recursos que consiste en la agrupación y combinación de todos los equipos dedicados a una misma actividad con la finalidad de minimizar su número, maximizando la utilización de cada uno de ellos, y reduciendo los costes de explotación.

En el caso de las TPCs, los equipos a los que normalmente se aplica el pooling son los equipos de transporte horizontal (plataformas, RSs, SCs o AGVs) y los equipos de patio

(RTGs, RMGs, SCs o ASCs). La aplicación del pooling a este último grupo, es el más extendido y se aplica en casi todas las grandes terminales, supone que todos los equipos de patio sirven indistintamente a cualquier operativa (marítima, terrestre, *housekeeping*) y buque. Existen dos grandes niveles de *pooling* de equipos de transporte horizontal que consisten en asignar estos elementos a cualquier grúa que opera en un mismo buque (*pooling* por buque) o a cualquier grúa de muelle (*pooling* total).

Operativa normal vs. *pooling* de elementos de transporte horizontal

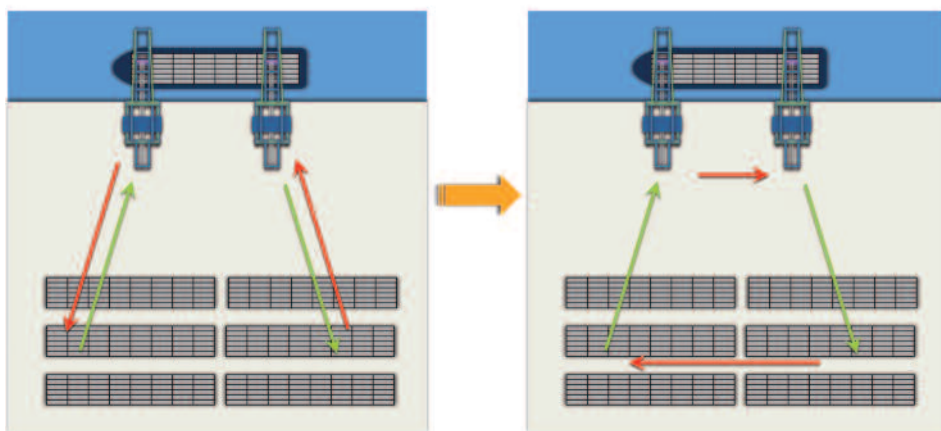


Cada uno de estos niveles de *pooling* añade un grado más de dificultad a la gestión y planificación de las operaciones de la TPC ya que se incrementa el número de variables involucradas. Sin embargo, se considera que un *pooling* total de equipos bien gestionado puede aportar grandes beneficios a una terminal de contenedores, entre ellos grandes ahorros energéticos, puesto que con este sistema de gestión se logra minimizar los recorridos de los equipos y disminuir los viajes en vacío, reduciendo de esta manera el número de equipos necesarios.

Las grúas de muelle trabajan en ciclos de descarga y posteriormente de carga del buque, por lo tanto cuando los vehículos de transporte horizontal son asignados exclusivamente a una grúa, es muy difícil minimizar los viajes en vacío. Por el contrario, cuando se realiza *pooling* y los equipos de interconexión trabajan sirviendo de forma simultánea a más de una grúa, estos pueden reducir sus traslados en vacío operando a la vez con grúas dedicadas a la carga y a la descarga. La carga y descarga simultánea con una misma grúa (dobles ciclos), no es una práctica habitual debido a su complejidad y a que los sistemas operativos y la mano de obra a menudo no están preparados para ejecutarla. Por un lado

esta modalidad de gestión del transporte aumenta las distancias que recorre cada equipo, maximizando su utilización, y por otro lado reduce los recorridos en vacío lo que se traduce en una reducción del número de equipos requeridos para llevar a cabo la interconexión muelle - patio.

Minimización de retornos en vacío mediante *pooling*



Sin embargo, a la hora de aplicarlo a la TPC, el *pooling* tiene dos grandes obstáculos. Por un lado la rigidez de la composición de las llamadas “manos” que atenderán a las grúas de muelle debido a la cultura organizativa existente. Por otro lado el grado de control o rigidez del TOS que utilice la terminal. Para que el *pooling* sea efectivo, el TOS debería ser capaz de recalcular en cada momento los recorridos mínimos de cada equipo y enviar las órdenes instantáneamente a cada uno de ellos (RTGs, plataformas, etc). Los equipos deberían recibir solamente una orden en cada operación, recibiendo en la siguiente una nueva orden recalculada por el TOS con la información de la operación previa.

En el caso de las terminales que utilizan *Straddle Carriers* como equipo de patio, la implantación de esta medida puede ser más efectiva y se puede conseguir una mejor optimización del sistema ya que estos equipos son utilizados tanto para el almacenamiento como para la interconexión de los subsistemas.

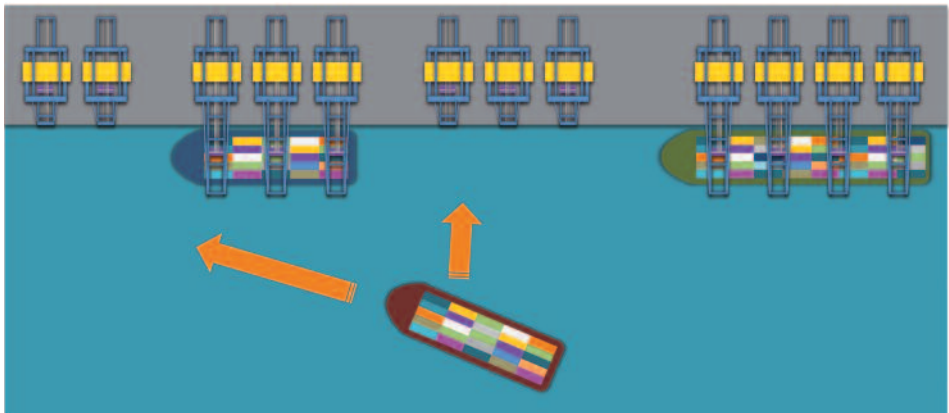
En definitiva, se puede afirmar que el *pooling* es una potente medida que puede reducir el consumo energético tanto de los equipos de patio como de los de transporte horizontal, logrando disminuir los recorridos medios y optimizando el uso de los mismos, además de mejorar la productividad y reducir los costes de mano de obra de la TPC. El uso de herramientas que se basan en modelos de simulación puede ser de gran ayuda a la hora de implantar el *pooling*.

Fortalezas y debilidades de la implantación del *pooling* de equipos en las TPCs

Fortalezas	■ Reducción de recorridos de los equipos de almacenamiento y transporte horizontal. ■ Reducción de viajes en vacío de los elementos de transporte horizontal. ■ Reducción de los tiempos de ciclo de los elementos de transporte horizontal. ■ Minimización del número de equipos empleados en cada mano y jornada. ■ Maximización de la utilización de los equipos de almacenamiento y transporte horizontal. ■ Maximización de la productividad de los equipos. ■ Reducción de consumos energéticos. ■ Reducción de costes energéticos y de mano de obra.
Debilidades	■ Dificultad de cálculo simultáneo del recorrido mínimo de cada uno de los equipos y envío de orden de trabajo a los mismos de forma instantánea por parte del TOS. ■ Rigidez del dimensionamiento de la contratación de la mano de obra.

2.11 ASIGNACIÓN DE LA LÍNEA DE ATRAQUE

Antes de que un buque realice el atraque en un muelle de la TPC se debe realizar una asignación del espacio en la línea de atraque para esa escala. La planificación de la asignación de la línea de atraque comienza mucho antes de la llegada de los buques a la terminal, siendo la optimización en el uso de la línea de atraque el objetivo principal que se persigue, de forma que se minimice el tiempo total de escala de los buques en puerto (definido como tiempo de servicio más tiempo de fondeo).



La asignación de la línea de atraque depende de muchas variables, entre ellas las características físicas del muelle (muelle continuo o fraccionado, calado, longitud de la línea de atraque); la distribución de llegadas, de los tiempos de servicio y de las esloras de los buques que serán atendidos en la terminal; el sistema de gestión de colas así como las normas y acuerdos de prioridades en el atraque; la ubicación de los distintos tipos de grúas en el muelle e incluso la ubicación de los contenedores a cargar/descargar en patio.

En lo que se refiere a la eficiencia energética, la asignación de los puestos de atraque tiene cierta influencia sobre el consumo energético de los equipos de transporte horizontal, puesto que dependiendo de la posición del atraque del buque respecto a la ubicación de las pilas en que se encuentran los contenedores que serán cargados/descargados, las distancias recorridas por los elementos de interconexión entre muelle-patio pueden variar considerablemente. En este sentido, para que se minimicen dichos recorridos, se recomienda asignar el puesto de atraque lo más cercano posible de las pilas donde serán cargados/descargados la mayoría de los contenedores. Esta medida además de producir ahorros energéticos, ayudaría a reducir el tiempo de los ciclos de carga-descarga por parte de los elementos de transporte horizontal, contribuyendo de esta forma al aumento de la productividad del buque atracado y en consecuencia a la reducción del tiempo de la escala del buque en la terminal.

La literatura disponible sobre el problema de asignación de atraques es abundante y ha utilizado diversos enfoques para tratar de aproximar las soluciones del problema. Varios autores han propuesto modelos de simulación como herramienta para determinar la correcta asignación de la línea de atraque. Henesey (2004) propone el diseño de un Sistema de Gestión para la Asignación de Atraques (*Berth Allocation Management System*) que tenga en cuenta las relaciones entre las diversas variables involucradas en este proceso. Utilizando un modelo de simulación, se puede incluir la cercanía de la ubicación de los contenedores a cargar/descargar en patio como una variable más a tener en cuenta a la hora de optimizar la ocupación de la línea de atraque.

2.12 ASIGNACIÓN DE GRÚAS AL BUQUE

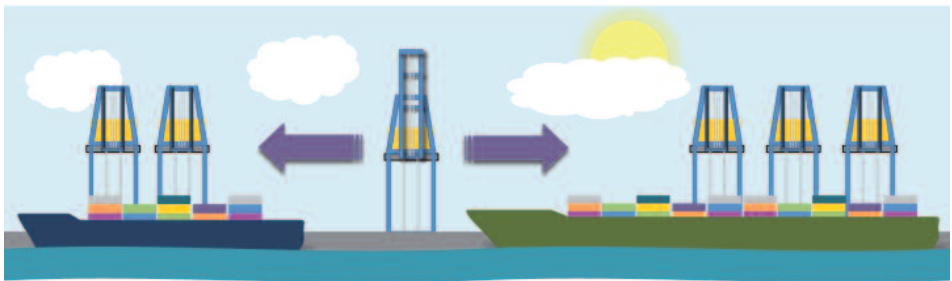
La solución del problema de asignación de grúas por buque se materializa en la distribución de los equipos disponibles en muelle entre los buques que atraquen en la terminal de forma que las necesidades de carga y descarga de los mismos queden satisfechas, optimizando al máximo el uso de dichos recursos.

La asignación de las grúas necesarias para atender de forma óptima a un buque es una decisión táctica que se toma atendiendo diversos criterios, siendo los más relevantes:

El volumen de contenedores que deben cargarse y descargarse por buque y su distribución a bordo.

El número y la posición de las grúas disponibles en cada momento.

La adecuación de las grúas al tamaño del buque.

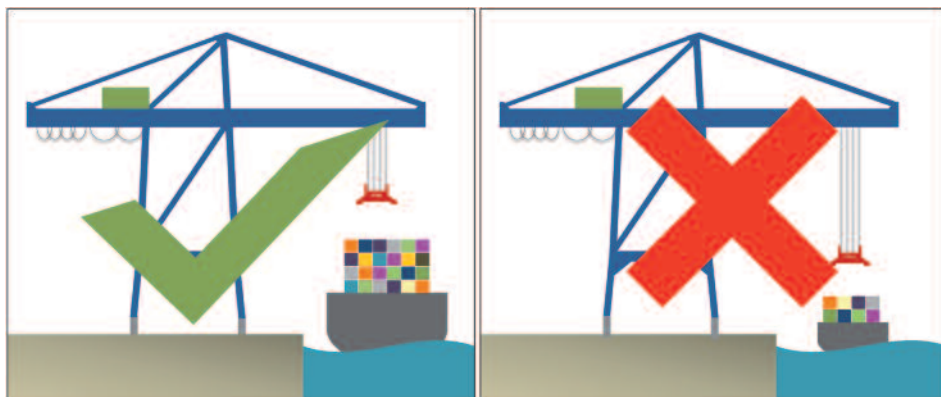


La especificación del conjunto de grúas que se asigna a cada buque e incluso la determinación del número de grúas por buque está en cierto modo restringida, y depende principalmente de la asignación del buque a la línea de atraque. Además, los criterios de asignación de grúas deben asumir la disposición de las grúas a lo largo del muelle como un parámetro fijo, debido a que las grúas están montadas sobre raíles y por lo tanto pueden moverse a lo largo de la infraestructura pero sin cruzarse unas con otras.

Por otra parte, la asignación del número de grúas por buque puede ser constante en el tiempo o no serlo, pudiendo estar operado por el mismo número de grúas desde el momento de inicio hasta el final del atraque o bien variar su número a lo largo de la operativa de carga/descarga. La asignación de grúas de muelle variable en el tiempo es una solución comúnmente aceptada y aplicada ya que es mucho más flexible, permitiendo responder a las necesidades de manipulación del buque a lo largo del tiempo y por lo tanto adecuar mejor los recursos a la demanda, logrando así una mayor eficiencia de las

operativas. Otra ventaja de este sistema de asignación radica en la liberación de equipos que pueden ser reasignados a otros buques que tengan que ser atendidos con mayor prioridad o con mayor volumen de carga/descarga.

Es importante señalar que entre los criterios de asignación de las grúas, se deberían incorporar dentro de lo posible y sin comprometer la viabilidad económica de la operativa los objetivos de eficiencia energética. En este sentido, se debería tratar de optimizar el número de equipos que sirven a cada buque, **adecuando el tamaño de las grúas al del buque** al que tienen que servir. A los grandes buques transoceánicos se les deben asignar grúas Post-Panamax o Súper Post-Panamax, a los de tamaños medianos las de tipo Panamax y a los buques pequeños las de tipo *feeder*. Esta medida permite la reducción de las ineficiencias que se producen al emplear grúas de gran tamaño para servir a buques más pequeños. Además de ser más compleja la operación de carga/descarga en los casos en que la grúa es demasiado grande para el tamaño del buque, hay una falta de precisión de los movimientos a una mayor distancia de la cabina y, por tanto, se necesita más tiempo para la realización de las operaciones. Como los *spreaders* y las cargas realizan mayores recorridos, la productividad por grúa disminuye. Según las mediciones y el diagnóstico realizado en el proyecto EFICONT, los mayores picos de consumo de las grúas se ven fuertemente afectados por la altura de esta elevación. Por lo tanto, cuanto mejor se adecúe el tamaño de la grúa al tamaño del buque, más eficientemente se realizarán las operativas además de aumentar el ahorro energético.



De lo expuesto anteriormente, un criterio de mejora asociado a la asignación de grúas al buque consistiría en el uso de un modelo de simulación que junto con la planificación de la línea de atraque, permitiera determinar cuáles son los criterios óptimos de asignación de las grúas de muelle más adecuados para cada caso, considerando criterios de eficiencia energética. Además, mediante la combinación de estas dos medidas y con apoyo de la simulación, se podría plantear la búsqueda de la combinación óptima de la distribución del patio en función de cada tipo de línea o servicio.



GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES

3

3.1	INTRODUCCIÓN	índice
3.2	EQUIPAMIENTO	
3.2.1	GRÚAS DE MUELLE SHIP TO SHORE (STS)	
3.2.2	GRÚAS RUBBER TYRED GANTRY (RTG)	
3.2.3	PLATAFORMAS	
3.2.4	SPREADERS ELÉCTRICOS	
3.2.5	CONTENEDORES REEFERS	
3.3	INSTALACIONES DE LA TERMINAL	
3.3.1	ILUMINACIÓN	
3.3.2	CLIMATIZACIÓN	
3.3.3	INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA	



*¿Cómo sabes que estás consumiendo de más
si nadie te lo dice?*
Unión Fenosa

NIVEL 3: LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

Para lograr una mejora significativa y cuantificable de la eficiencia energética en una terminal portuaria de contenedores es fundamental contar con recursos y tecnologías (equipamiento, maquinaria e instalaciones) que integren criterios de reducción del consumo energético y de emisiones en sus diferentes modos de operación. En este sentido, los fabricantes de equipamiento portuario han iniciado un proceso de adaptación y mejora de la maquinaria ofreciendo grúas y vehículos que, prestando las potencias requeridas para su normal operación, consumen menos energía además de reducir los niveles de emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero. Como consecuencia y debido a la rapidez de esta evolución se hace necesaria una permanente vigilancia tecnológica.



El Nivel 3 de la Guía presenta las oportunidades de mejora identificadas durante el desarrollo del proyecto EFICONT, que incluyen tanto innovaciones orientadas a la reducción del consumo energético mediante la modernización de equipos o su sustitución por otros más eficientes, como mejoras en instalaciones de las TPCs (alumbrado exterior, calefacción y refrigeración en edificios, etc.). Estas acciones abarcan diferentes campos de actuación, entre los que se destacan:

La utilización de fuentes de energía no basadas en combustibles de origen fósil.

La mejora de los sistemas de propulsión en maquinaria portuaria.

El almacenamiento y recuperación de energía.

La mejora de los procedimientos de mantenimiento.

Las características técnicas y el grado de mejora energética conseguido por las tecnologías presentadas varían notablemente. Por esta razón se recomienda un análisis multi-criterio de estas soluciones tecnológicas, ya sean en maquinaria existente o en nuevos equipos, que tenga en cuenta factores como la inversión inicial, el periodo de amortización, el

coste de mantenimiento, el porcentaje de ahorro energético y el grado de adaptación a la estructura operativa de la instalación. Cabe destacar que las medidas propuestas pueden ser complementarias, obteniéndose sinergias que mejoran el rendimiento energético global de la terminal.

3.2 EQUIPAMIENTO

Desde el punto de vista del consumo energético, el equipamiento de las terminales portuarias de contenedores se divide en dos grandes grupos atendiendo a las fuentes de energía empleadas en sus operaciones. Mientras que las grúas de muelle Ship-to-Shore utilizan electricidad para su desplazamiento y carga/descarga de contenedores, la mayor parte del equipo de patio de una terminal, cuando éstas no están electrificadas ni automatizadas (grúas RTG o SC, plataformas y carretillas) emplea combustible como principal fuente de energía.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico de consumo energético de las terminales de contenedores participantes en el proyecto EFICONT, los principales consumos de electricidad se reparten entre las grúas *Ship-to-Shore* de muelle (45%), las conexiones en patio de contenedores *reefer* (35%), alumbrado exterior (10%) y oficinas (10%). Así mismo, el consumo de combustible se emplea prácticamente en su totalidad en las distintas máquinas que operan en el patio de contenedores: grúas RTG (45%), plataformas y cabezas tractoras (30%), carretillas elevadoras (15%) y vehículos auxiliares (10%).

Las medidas propuestas en la presente guía están dirigidas a incrementar el rendimiento energético de la maquinaria principal que interviene en la carga, descarga y manipulación de contenedores. La mayoría de las aplicaciones descritas en este apartado se refieren principalmente a grúas de patio tipo RTG y a plataformas, siendo estos equipos los más utilizados en las terminales del sistema portuario español en relación con la explotación del patio de contenedores. No obstante, los sistemas descritos también son de aplicación en otro tipo de maquinaria utilizada en otros puertos mediterráneos y del norte de Europa como pueden ser *Straddle Carriers* (SC) o grúas RMG (*Rail Mounted Gantry*).



3.2.1 GRÚAS DE MUELLE SHIP TO SHORE (STS)

Sistemas de Almacenamiento de Energía

Las innovaciones tecnológicas desarrolladas en materia de eficiencia energética para su aplicación en grúas Ship-to-Shore (STS) de muelle están poco extendidas en el sector portuario. Dado que las modernas grúas de muelle utilizan energía eléctrica proporcionada directamente desde la red de suministro, los esfuerzos para lograr un consumo más eficiente se han dirigido a la incorporación de dispositivos de almacenamiento y recuperación de energía en el sistema de manipulación de las grúas.



El sistema de almacenamiento y recuperación de energía es un sistema electro-mecánico que aprovecha la energía generada durante la bajada del *spreader*, permitiendo su almacenamiento y posterior entrega en el siguiente ciclo de izada. Asimismo, el sistema de recuperación de energía aumenta la protección y seguridad de las operaciones en situaciones de suministro irregular o interrumpido por apagones frecuentes de corta duración, ya que la grúa consigue aprovechar en cada ciclo la energía generada por el propio motor de elevación (que en el ciclo descenso actúa como generador).

Este sistema se compone de un motor que genera un campo magnético permanente (módulo principal del equipo) y de un controlador principal que es el encargado de regular el equilibrio entre la carga y descarga de energía en función de la demanda existente en cada momento. Con la instalación de súper capacitores conectados al sistema eléctrico de la grúa, se puede llegar a disponer de una mayor capacidad de almacenamiento, lo que otorga a la grúa mayor autonomía y fiabilidad.

Además, la optimización del uso de energía eléctrica genera una reducción de emisiones indirectas de CO₂, existiendo un potencial de reducción de hasta el 60% (Mitsui Engineering and Shipbuilding).



3.2.2 GRÚAS RUBBER TYRED GANTRY (RTG)

Sistemas de Ahorro de Combustible

Actualmente se estima que las grúas RTG permanecen más del 40% de su tiempo de operación en fases de espera o ralentí, tiempo durante el cual el motor principal de la grúa está girando a altas revoluciones. Este hecho produce un impacto negativo tanto en el propio rendimiento operativo de la terminal como en su entorno:

Generando un excesivo e innecesario consumo de combustible.

Produciendo elevadas emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero.

Aumentando los niveles de ruido tanto en la terminal como en la interfaz puerto-ciudad.

Aumentando los costes de explotación de la instalación.

Con el objetivo de minimizar el gasto de combustible en aquellos momentos en que la grúa RTG no está siendo productiva, bien por encontrarse a la espera de recibir una nueva orden o simplemente en condiciones de tiempo ocioso (*idle time*), se han desarrollado sistemas de ahorro de combustible cuyo principio de funcionamiento se basa en la reducción del régimen de giro del motor principal de la grúa mientras ésta se encuentra al ralentí, pudiendo llegar al apagado completo del motor.

La compañía Konecranes, socio participante en el proyecto EFICONT y una de las principales empresas fabricantes de maquinaria portuaria, ha sido pionera en el desarrollo de sistemas de ahorro de combustible para grúas RTG que permiten, entre otros aspectos:

Reducir la elevada y, a menudo, innecesaria velocidad de giro del motor en tiempos de espera.

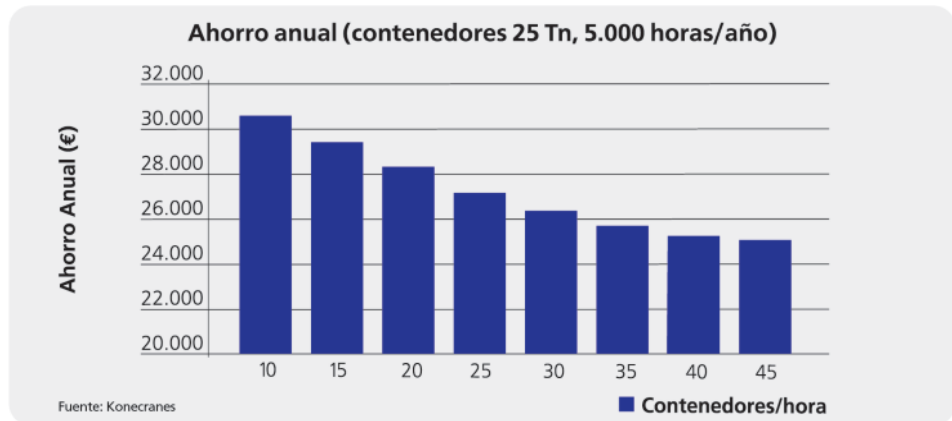
Permitir la reducción del consumo del motor cuando éste se encuentra al ralentí.

Producir la energía necesaria para la iluminación, ventilación, aire acondicionado, etc.

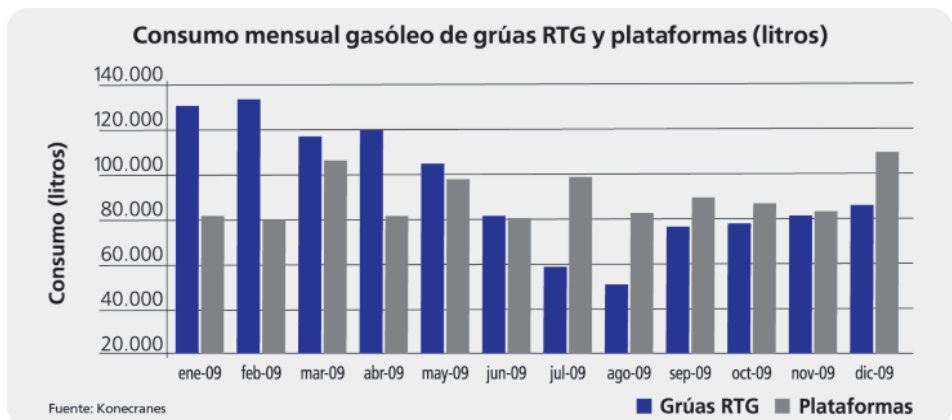
Prolongar la vida útil del motor de la grúa y de otros componentes, reduciendo así los costes de mantenimiento.

Controlando la velocidad de giro del motor mientras esté al ralentí se puede reducir el consumo de combustible hasta un 30%, además de lograr una elevada reducción de emisiones directas de CO₂.

La siguiente figura muestra el ahorro potencial de una grúa RTG equipada con un sistema de ahorro de combustible. El ahorro estimado es mayor en el rango de rendimientos reales (10-20 contenedores/hora) que en el rango de rendimientos teóricos de la máquina (25-45 contenedores/hora) debido a que en el primer caso los tiempos de espera y ralentí de la grúa son mayores, situación en la que el sistema de ahorro es más efectivo.



Este sistema de ahorro de combustible se ha empezado a implantar en algunas terminales de contenedores con resultados claramente positivos, como es el caso de las instalaciones del Puerto de Valencia.



La figura anterior muestra la evolución de los consumos de grúas RTG y plataformas de patio durante 2009 en MSC Terminal Valencia. Tras implantar un sistema de ahorro de combustible para RTGs en junio de 2009, se observa un significativo descenso del consumo de combustible de dichas grúas, pasando de un consumo medio de 120.000 litros a valores cercanos a 80.000 litros, manteniendo niveles de tráfico similares en los meses posteriores.

En efecto, la tendencia muestra cómo el consumo de combustible de las grúas RTG es superado por el de las plataformas de patio una vez instalado este sistema por la disminución del primero.

Sistemas de Velocidad Variable

Otro sistema de ahorro que incrementa el rendimiento energético de las grúas de patio es el denominado sistema de velocidad variable. Su principio de funcionamiento se basa en el ajuste de la velocidad de giro del motor diesel de la grúa en función de la potencia demandada en cada momento. Dicha potencia se calcula electrónicamente por medio de módulos de gestión electrónica y dispositivos PLC (Controlador Lógico Programable). De esta forma el motor trabaja con la mejor eficiencia en todos los puntos de operación, reduciendo el consumo de combustible así como el desgaste de la máquina.

Los sistemas de velocidad variable permiten que el motor principal de la grúa RTG trabaje en regímenes cercanos al ralentí en situaciones de espera o inactividad, produciendo un impacto positivo en los siguientes aspectos:

Reducción de los niveles de ruido en la terminal y zonas adyacentes (interfaz puerto-ciudad).

Reducción de la contaminación del aire en relación con las emisiones de efecto invernadero y partículas.

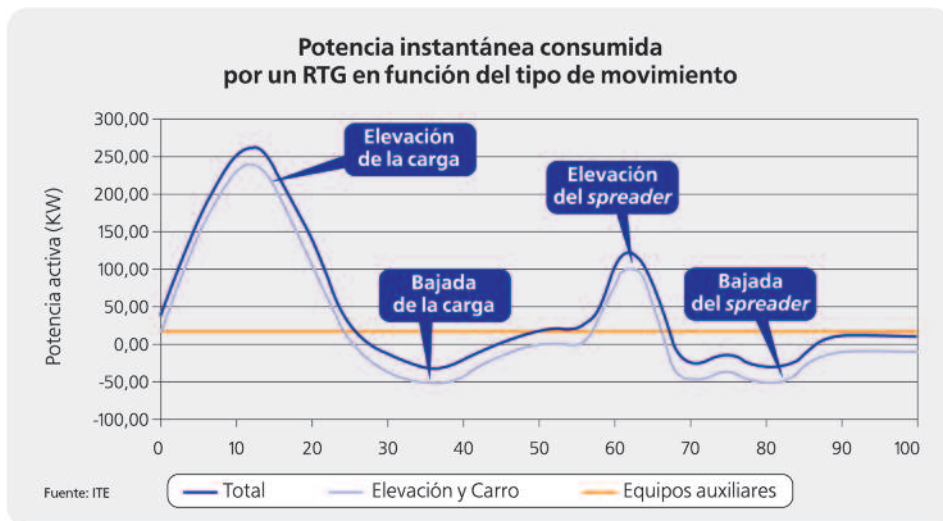
Mejora del rendimiento del motor frente a distintas operaciones.

Disminución del desgaste del motor con la consiguiente reducción de costes de mantenimiento y prolongación de la vida útil de la máquina.



Sistemas de Almacenamiento de Energía

Los sistemas de almacenamiento de energía también tienen aplicación en las grúas RTG y constituyen una reseñable oportunidad de mejora en relación con el uso eficiente de los recursos energéticos de la terminal. Las grúas RTG están equipadas con un motor diesel unido a un alternador que es el encargado de producir la energía eléctrica que utilizan los distintos sistemas de la grúa (motor de elevación, actuadores, *spreader*, etc.). El motor de elevación es el elemento con mayor demanda de energía, produciéndose un elevado pico de consumo en los movimientos de elevación de contenedores. Sin embargo, cuando la grúa realiza el movimiento de descenso del contenedor, el motor de elevación actúa como generador produciendo un excedente de energía que normalmente se disipa en forma de calor en los sistemas de frenado que controlan dicho movimiento. Este comportamiento puede apreciarse en la siguiente figura que representa la potencia instantánea de la grúa ante diversas situaciones de operación (elevación y descenso de la carga, traslación, etc.).



Con la implantación de este sistema en las grúas RTG se consiguen mejorar varios parámetros de eficiencia energética, en la misma línea que su aplicación en grúas STS de muelle:

El incremento del rendimiento energético de la grúa.

La reducción de las emisiones de gases de escape del motor diesel durante el arranque del mismo.

La reducción del nivel de ruido de la grúa en operación.

La prolongación de la vida útil del motor diesel.

La reducción de los costes de mantenimiento.

Los sistemas de recuperación de energía en grúas RTG pueden almacenar la energía generada durante el movimiento de descenso y entregarla en el siguiente ciclo de elevación, llegando a conseguir una reducción de consumo energético de entre el 8% y 15% sin perjuicio de los niveles de rendimiento operativo

(Flywheel Energy Storage Systems).



Electrificación de las Grúas RTG

La electrificación de las grúas RTG es una de las acciones más significativas que puede introducirse en la terminal portuaria de contenedores desde el punto de vista de la eficiencia energética, ya que su implantación conduce a una reducción tanto del consumo de combustible como de las emisiones locales, si bien es necesario considerar el balance coste-beneficio de la inversión.

Con la total electrificación de grúas RTG, la maquinaria trabaja utilizando energía eléctrica tanto en su operativa normal de desplazamiento a lo largo de las pilas como en la manipulación de contenedores, disponiendo adicionalmente de un equipo diesel para maniobras de giro de la grúa u otro tipo de movimientos como el desplazamiento entre pilas.

Para electrificar totalmente el equipamiento de patio de una terminal portuaria de contenedores existen dos alternativas. La primera de ellas consiste en la sustitución de la maquinaria existente por grúas tipo RMG (*Rail Mounted Gantry*), lo que requiere una elevada inversión no sólo en términos de nuevo equipamiento sino también de adecuación de la infraestructura del patio (construcción de galerías, carriles y raíles). Este hecho conlleva una profunda reorganización del patio de contenedores, tanto a nivel físico (diseño del *layout* de la terminal) como organizativo (adaptación del sistema operativo de la terminal – TOS) lo que puede ocasionar importantes interferencias en la operativa normal de la terminal. Por estas razones, los operadores de terminales de contenedores deciden antes de la puesta en marcha de la instalación el modelo físico y operativo de la terminal y suelen mantener el diseño inicial a lo largo del periodo de explotación de la instalación.

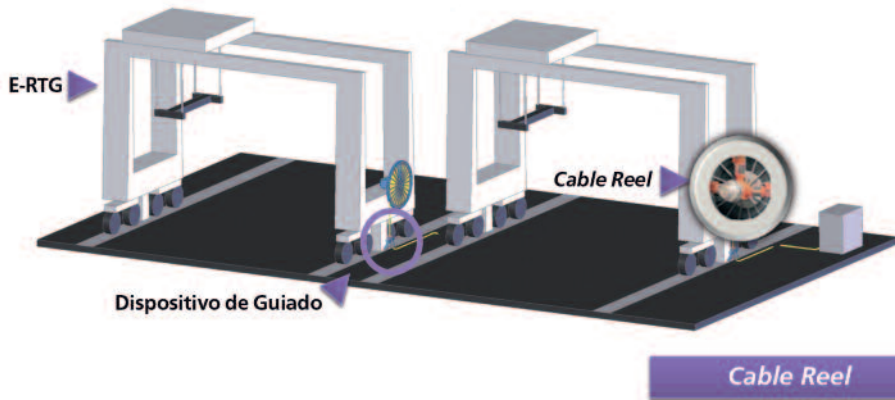


La segunda alternativa consiste en electrificar los equipos existentes de patio, adaptando las grúas RTG mediante dos posibles sistemas de electrificación: *Cable Reel System* y *Conductor Bar System*. En ambos sistemas la grúa RTG puede incorporar un motor diesel que permita operar a la grúa en aquellas situaciones en que sea necesaria una desconexión del sistema eléctrico (por ejemplo un cambio de calle).

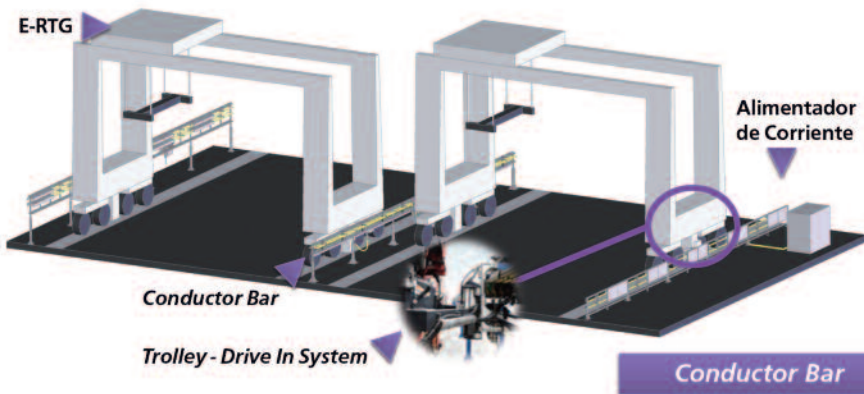
Por otro lado hay que tener en cuenta que el sistema *Conduct Bar* requiere una inversión significativamente mayor debido al coste del sistema en sí y a su instalación.



Con el sistema *Cable Reel*, la grúa RTG toma la energía eléctrica de la red de distribución a través de un cable eléctrico que se encuentra enrollado en una bobina motorizada situada en una de las patas de la grúa.



Por otra parte, el sistema *Conductor Bar* está formado por unas barras montadas sobre una estructura de aluminio que incorpora los elementos de conexión conducción de la corriente eléctrica. La grúa en este caso toma la energía eléctrica de las barras mediante un *trolley* al que está unida mediante un cable de aluminio.



Ambos sistemas de electrificación requieren menor inversión que la sustitución total de maquinaria. Además de esta, existen otras **ventajas** de la electrificación como las siguientes:

Reducción del coste energético: Según algunos fabricantes, el ahorro puede llegar al 70% del consumo energético de la grúa. Este ahorro puede incrementarse incorporando a la grúa un sistema de almacenamiento y recuperación de energía.

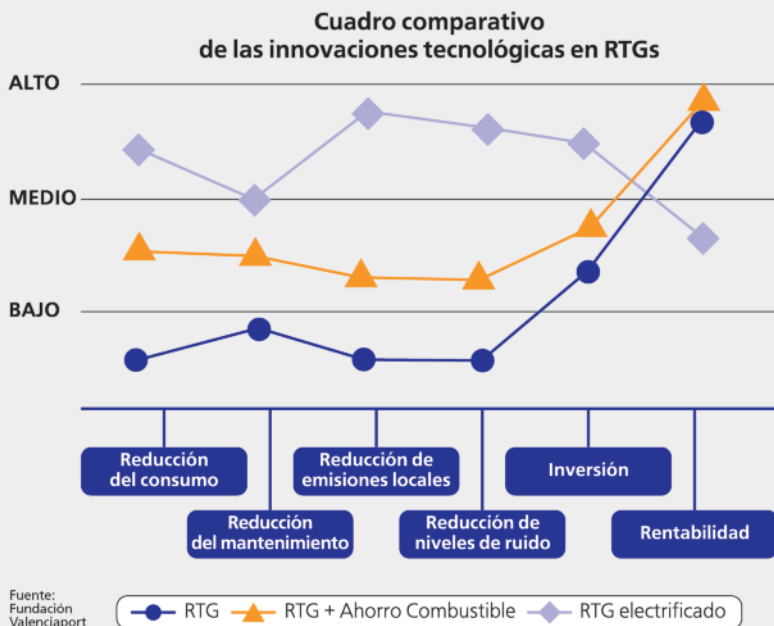
Mayor flexibilidad de la grúa debido a su capacidad para utilizar ambos modos de funcionamiento (eléctrico y diesel).

Reducción de emisiones locales al utilizar energía eléctrica durante las operaciones de desplazamiento y manipulación de contenedores.

Reducción de los niveles de ruido.

Reducción del coste de mantenimiento al disminuir las vibraciones que el motor de combustión transmite a la estructura y sistemas de la grúa, alargando de esta forma su vida útil.

Comparativa entre los Distintos Sistemas de Mejora de la Eficiencia Energética en RTGs



La figura muestra una comparativa multi-criterio de los dos principales sistemas de eficiencia energética que pueden implantarse en grúas RTG (sistema de ahorro de combustible y electrificación) frente a la alternativa de una grúa que no incorpora estos sistemas. En relación con el potencial ahorro de consumo energético, las grúas con sistema de ahorro de combustible consiguen una reducción media del 25% frente a las grúas tradicionales, mientras que las grúas electrificadas pueden obtener ahorros mayores. En este caso, el ahorro potencial se refiere a la equivalencia del consumo eléctrico en toneladas equivalentes de petróleo (Tep).

Desde el punto de vista ambiental, ambos sistemas suponen una clara mejora respecto a la grúa tradicional, siendo la electrificación el sistema con mayor reducción de emisiones locales de CO₂ y gases contaminantes. Así mismo, los niveles generales de ruido también se ven reducidos, aspecto de gran importancia debido a la cercanía de muchos puertos a zonas habitadas.

La instalación del sistema de ahorro de combustible no requiere una gran transformación sobre las grúas existentes, además de no afectar a la flexibilidad de la máquina. Sin embargo, la electrificación requiere una inversión considerable y puede afectar a la operativa de la terminal, por lo que se recomienda un detallado análisis de su viabilidad. Por último cabe destacar que de los dos sistemas de electrificación presentados, el sistema *Cable Reel* proporciona una mayor flexibilidad a la grúa.

3.2.3 PLATAFORMAS

El consumo energético de la maquinaria implicada en el subsistema de transporte horizontal de una terminal de contenedores es muy significativo. Por ejemplo, en el caso de una terminal equipada con grúas de patio RTG, el consumo de las plataformas implicadas en el transporte horizontal puede alcanzar el 30% del combustible total empleado según el diagnóstico de consumos llevado a cabo en el proyecto EFICONT, porcentaje que en terminales con características similares a las terminales de estudio puede llegar a representar un consumo de más de un millón de litros anuales.

Existen varias oportunidades de mejora tecnológica que pueden incrementar la eficiencia energética de estos equipos entre las que se encuentran:

Sustitución de las cabezas tractoras con plataforma independiente por cabezas tractoras con la plataforma integrada.

Sustitución de las cajas de cambio manual por cajas de cambio automático que, además de presentar un menor consumo, requieren un mantenimiento más sencillo y económico.

Limitación de la velocidad de los vehículos, reduciendo el consumo energético y aumentando los niveles de seguridad frente a posibles colisiones o accidentes dentro de la terminal.

Incorporación de cabezas tractoras híbridas que disponen de un doble motor diesel y eléctrico. También existen desarrollos basados en otras fuentes de energía para la propulsión de estas máquinas (biocombustibles, LNG, GLP y baterías).



Cabezas Tractoras Híbridas

Las cabezas tractoras híbridas constituyen una innovadora propuesta orientada a reducir significativamente el consumo de combustible de la maquinaria implicada en el transporte horizontal de contenedores. De igual forma que en los vehículos y turismos híbridos, las cabezas tractoras híbridas incorporan un motor eléctrico y un motor de combustión interna, de forma que cada uno de ellos actúa en determinadas fases de operación de la máquina. Cuando la máquina es propulsada por el motor híbrido, no se producen emisiones de gases contaminantes y los niveles de ruido disminuyen significativamente (hasta un 30%) en relación con las plataformas tradicionales.

El ahorro de combustible que alcanzan las plataformas híbridas se sitúa en torno al 60% respecto a las plataformas tradicionales.(Capacity of Texas).

Power Pack

El concepto de *Power Pack* se basa en la colocación de una unidad extraíble de suministro energético para la propulsión de las plataformas de transporte interno dentro de las TPCs. Los vehículos equipados con este sistema se componen de una cabina



cuya función es alojar al operario para la conducción y guiado de la misma, en sustitución de la cabeza tractora, y una plataforma para el transporte del contenedor donde se coloca el módulo. En el interior de este módulo se encuentran todos los componentes necesarios que permiten la puesta en marcha y el funcionamiento del equipo, como por ejemplo el motor de combustión, la bomba eléctrica de propulsión y diversos sistemas complementarios como los de eliminación de gases, refrigeración y encendido/apagado, entre otros. La capacidad de cada unidad varía en función del modelo elegido pero algunas versiones pueden llegar a superar los 250 KW.

Una de las ventajas más significativas del *Power Pack* es su estandarización, por lo que resulta fácilmente intercambiable por otras unidades de similares características.

En resumen, la sustitución de las plataformas tradicionales por otras que dispongan de esta tecnología presenta según el fabricante las siguientes ventajas:

Reducción del consumo de combustible de hasta el 50% con el sistema *Stop/Start* de encendido del vehículo sin llaves ni baterías.

Reducción de las emisiones de CO₂ de entre el 30% y el 50%.

Disponibilidad del vehículo del 99% ya que para efectuar su mantenimiento no es necesario inmovilizar el vehículo.

Disminución de hasta el 70% del mantenimiento, reduciendo además el número de piezas en stock que se deben almacenar para reparaciones.

Sencillez en el mantenimiento por la facilidad de acceso y manipulación que ofrece el módulo, limitando el espacio para realizar estas reparaciones a tan sólo 4m².

Aumento de la vida útil del vehículo.



3.2.4 SPREADERS ELÉCTRICOS

El *spreader* es el elemento encargado de coger el contenedor durante las maniobras de carga o descarga del buque, así como de su manipulación en la zona de almacenamiento por medio de equipos de patio (RTGs, SCs, RMGs o ASCs). Actualmente se está produciendo una transición hacia la utilización de *spreaders* eléctricos, ya que su utilización genera numerosas ventajas.



En primer lugar, el peso total del *spreader* se ve considerablemente reducido al eliminar los sistemas hidráulicos del mismo, lo que reduce el consumo energético de la grúa al requerir menos potencia para manipular el conjunto *spreader*-contenedor. Es importante señalar que el movimiento de elevación del *spreader* es uno de los que mayor consumo eléctrico origina. Además, la sustitución de estos sistemas repercute directamente en la reducción de los costes de mantenimiento, al no tener que reponer fluidos de ningún tipo, filtros de aceite, etc.

Asimismo, la reducción de los niveles de ruido es considerable, siendo de especial importancia en puertos con una zona urbana próxima.

El reto para los *spreaders* eléctricos es mantener los niveles de productividad de los *spreaders* tradicionales ya que debido a su menor robustez pueden presentar menores niveles de uso.

3.2.5 CONTENEDORES REEFERS

Según el diagnóstico de consumos realizado en EFICONT, las conexiones de los contenedores refrigerados (*reefers*) en la terminal representan cerca del 40% del consumo de energía eléctrica dentro de la instalación. Los consumos varían muy significativamente en función de los siguientes factores:

Tipo de mercancía contenida en los contenedores.

Temperatura ambiente.

Temperatura de consigna (contenedor congelado o refrigerado).

Peso.

Tipo de contenedor.

Un aspecto clave para la mejora de la eficiencia energética de los contenedores *reefer* radica en implantar sistemas de medición que permitan conocer su consumo detallado, aspecto que actualmente no se encuentra suficientemente desarrollado en las terminales de contenedores.



En este sentido, la monitorización y control del estado de los contenedores refrigerados puede realizarse a través de un sistema integral de monitorización que utiliza el propio cable de energía del contenedor para transmitir la información de estado del contenedor al sistema operativo de la terminal.

Con este sistema se puede monitorizar el estado de todos los *reefers*, y recibir información en tiempo real de la temperatura de los mismos y de las alertas que puedan producirse, evitando así errores humanos que podrían poner en peligro la carga del contenedor. Además, el sistema almacena toda la información, generando informes automáticos y permitiendo al operador enviar órdenes a cada contenedor.

Esta solución reduce los costes de operación ya que elimina el tiempo de revisión manual para el mantenimiento de los contenedores. Asimismo, este sistema influye en la reducción de los consumos eléctricos que generan los *reefers* puesto que al controlar las temperaturas constantemente, se reducen las ineficiencias producidas por establecer temperaturas de consigna inadecuadas.

3.3 INSTALACIONES DE LA TERMINAL

Las instalaciones y servicios generales de las terminales de contenedores son comunes también en multitud de sectores industriales y de servicios (iluminación interior y exterior, sistemas de calefacción y refrigeración, etc.) por lo que las oportunidades de mejora en este sentido son bien conocidas y están ampliamente documentadas. En la presente sección se realiza una descripción de las principales recomendaciones y criterios de eficiencia energética aplicables a los sistemas de iluminación externa (muelle y patio) e interna (oficinas), así como a otros servicios auxiliares necesarios para el normal funcionamiento de las terminales portuarias de contenedores.

3.3.1 ILUMINACIÓN

Las oportunidades de mejora en la iluminación exterior del muelle y patio de las terminales de contenedores se basan en la instalación de reductores de flujo y equipos de alta eficiencia energética. Si bien la iluminación exterior de las terminales representa un porcentaje menor (alrededor del 10%) en relación con el consumo de maquinaria como las grúas de muelle y las conexiones de contenedores *reefer*, el ahorro derivado de la instalación de estos sistemas supone un complemento a la eficiencia energética general de la instalación.

La misión de los sistemas reductores de flujo es variar la tensión de salida hacia las líneas de consumo, ajustando de esta forma el consumo eléctrico de las lámparas. El nivel de ahorro viene determinado por la secuencia programada de escalones de reducción. En

efecto, a partir del momento en que el sistema recibe la orden de ahorro, se inicia una secuencia de reducción que típicamente reduce la tensión un 5% en cada uno de ellos hasta alcanzar el nivel previamente seleccionado por el usuario. Con este sistema los usuarios no aprecian bajadas bruscas en la intensidad de la iluminación y se consigue al mismo tiempo un incremento de la eficiencia de los sistemas de iluminación exterior. Con este sistema se pueden lograr ahorros superiores al 40%.

Asimismo, al sistema anterior puede añadirse un reloj astronómico de precisión diaria basado en las tablas horarias del Observatorio Astronómico Nacional con el fin de adecuar el horario de inicio y fin de encendido del alumbrado exterior. La versatilidad del reloj astronómico permite programar la hora de encendido y apagado de forma personalizada para cada día de la semana.

Algunas medidas que resultan adecuadas para incrementar la eficiencia energética en iluminación tanto interior como exterior son las siguientes:

- Instalación de equipos de iluminación eficientes (lámparas de descarga frente a incandescentes).
 - Para alumbrado exterior (patio), se recomienda la utilización de lámparas de sodio de alta presión.
- Mantenimiento y limpieza periódica de los elementos de iluminación.
- Utilización de sistemas de regulación de la iluminación (interruptores horarios, detectores de presencia, etc.)



3.3.2 CLIMATIZACIÓN

Calefacción

Los sistemas de calefacción son grandes consumidores de energía por lo que una adecuada configuración y utilización de estos sistemas redundará en una mejora del ahorro energético de las oficinas e instalaciones asociadas a las terminales de contenedores (talleres, almacenes, etc.). Los sistemas centralizados colectivos son los más adecuados desde los puntos de vista energético y económico frente al empleo de sistemas individuales o independientes. En efecto, los sistemas centralizados son más rentables ya que el coste de la instalación colectiva es menor que la suma de las instalaciones individuales. Así mismo, el rendimiento de calderas grandes es mayor que el de las pequeñas utilizadas en instalaciones individuales. Finalmente, la gestión y control del consumo es más fácilmente realizable con instalaciones centralizadas que con sistemas independientes.

■ Instalación de sistemas centralizados frente a equipos individuales:

- Resultan más rentables ya que su coste de instalación es menor.
- El control del sistema es más sencillo y eficiente.

■ Elección de calderas de baja temperatura y condensación por presentar mayor rendimiento energético (ahorro de un 25% frente a las tradicionales).

■ Fuentes de energía recomendadas (menor impacto ambiental):

- Energía solar térmica.
- Biomasa.
- Gas natural.



Refrigeración

Los sistemas de refrigeración forman parte indispensable de los actuales centros de trabajo y oficinas. Muchas de estas instalaciones representan un elevado porcentaje del consumo energético de los edificios, debido generalmente al uso inadecuado y excesivo de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Por una parte, en los edificios de nueva construcción suelen primar criterios distintos a los de eficiencia energética haciendo necesaria la instalación de sistemas de refrigeración sobredimensionados. Por otra parte, es común la exigencia por parte de los propios trabajadores de unas condiciones térmicas superiores a los estándares habituales de confort, incrementando de esta forma el consumo energético tanto en verano como en invierno.

En la misma línea que en el caso de los sistemas de calefacción, es recomendable la instalación de sistemas centralizados que permitan una gestión eficaz y conjunta de las distintas áreas climatizadas.

Tanto en el caso de los sistemas de calefacción como de refrigeración, el uso racional por parte de los trabajadores es el factor determinante que marca la diferencia entre una utilización eficiente de los recursos energéticos y un uso ineficiente o abusivo.

- Instalación de elementos que reduzcan la radiación solar en el interior de oficinas: toldos, persianas, etc.



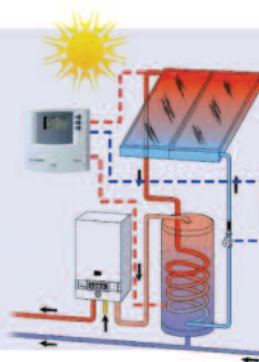
- Mantenimiento preventivo de los sistemas de refrigeración: limpieza de filtros y conductos de ventilación.
- Sustitución de equipos antiguos por nuevas máquinas más eficientes con las que se puede alcanzar un ahorro energético del 20%.
- Utilización, en la medida de lo posible, de fuentes de energía renovables o gas natural por su mayor rendimiento energético y menor impacto ambiental.

3.3.3 INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

El consumo de agua caliente sanitaria es relativamente menor en oficinas, por lo que su contribución al consumo energético global de las terminales de contenedores es pequeña. Sin embargo, es recomendable realizar un seguimiento y control de dicho consumo dada la característica escasez de este recurso. Disminuir el consumo de agua y utilizarla de forma responsable deben ser objetivos que se sumen al resto de metas de ahorro energético planteadas en la organización. Contar con unas instalaciones en buen estado y eficientes así como poner en práctica buenas prácticas para reducir el consumo de agua son acciones que pueden conllevar un importante ahorro en el uso de este recurso.

■ Sistemas eficientes de agua caliente sanitaria:

- Acumuladores: mantienen el agua caliente y evitan el continuo apagado y encendido de calentadores y calderas.
- Circuito de retorno de agua caliente: contribuyen a mantener el agua caliente reduciendo al mismo tiempo las pérdidas de agua y energía.





GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES

BIBLIOGRAFÍA





And what is a man without energy?
Nothing, nothing at all.
Mark Twain

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. *Sistemas de gestión energética: requisitos con orientación para su uso.* UNE-EN-16001:2009. Madrid: AENOR, 2009.

AGENCIA VALENCIANA DE LA ENERGÍA. *Guía de ahorro y eficiencia energética en locales comerciales de la Comunidad Valenciana: plan de ahorro y eficiencia energética.* Valencia: Consellería de Infraestructuras y Transporte. Agencia Valenciana de la Energía (AVEN), 2005.

BROOKS, M.A.; PALLIS, A.A. "Assessing port governance models: process and performance components". *Maritime Policy & Management*. 2008, vol. 35, nº 4, p. 411–432.

BUSK, K. "Efficiency drive and cost reduction with new IT systems. Efficiency & performance seaport innovations". En: *The 5th International Marine Terminal Management Seminar: strategies & technologies for driving new operational efficiencies*. London: Lloyd's Maritime Academy Suite, diciembre 2007.

CARGO SYSTEMS. "Hybrid tractor makes major cut in emissions". *Cargo Systems [en línea]*, mayo 2009.

EFICONT. *Estado del arte de la actual situación energética en el ámbito portuario.* Proyecto de Eficiencia Energética en Terminales Portuarias de Contenedores (EFICONT). Hito 2.1. Valencia, 2009.

EFICONT. *Diagnóstico de la situación energética actual en el ámbito portuario estatal.* Proyecto de Eficiencia Energética en Terminales Portuarias de Contenedores (EFICONT). Hito 2.2. Valencia, 2010.

EFICONT. *Diseño de un sistema de indicadores de eficiencia energética.* Proyecto de Eficiencia Energética en Terminales Portuarias de Contenedores (EFICONT). Hito 3.1. Valencia, 2010.

EFICONT. *Criterios de mejora de eficiencia energética en el ámbito portuario.* Proyecto de Eficiencia Energética en Terminales Portuarias de Contenedores (EFICONT). Hito 4.1. Valencia, 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *A conceptual framework to support the development and use of environmental information for decision making.* Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Office of Policy, Planning and Evaluation, 1995.

ESTRADA, J.L. "Mejora de la competitividad de un puerto por medio de un nuevo modelo de gestión de la estrategia aplicando el cuadro de mando integral". Director: Alberto Camarero Orive. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, 2007.

GERMANISCHER LLOYD CERTIFICATION. *Container Terminal Quality Indicator Standard: the concept of increasing container terminal efficiency.* Hamburgo: Germanischer Lloyd Certification, 2008.

GOUSSIATINER, A. "Energy-efficient box stacking". *Container Management*. Mayo 2008, p. 57-59.

GOUSSIATINER, A. "Energy-efficient box stacking 2". *Container Management*. Junio 2008, p.67-69.

GUAN, Y.; CHEUNG, R. K. "The berth allocation problem: models and solution methods". En: *Container Terminals and Automated Transport Systems*. Berlin: Springer, 2005, p. 141-159.

IMAI, A.; NAGAIWA, K.; TAT, C.W. "Efficient planning of berth allocation for container terminals in Asia". *Journal of Advanced Transportation*. 1997, vol. 31, nº1, p. 75-94.

IMAI, A.; NISHIMURA, E.; PAPADIMITRIOU, S. "The dynamic berth allocation problem for a container port". *Transportation Research*. 2001, vol. 35, p. 401-407.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. *Manual de conducción eficiente para vehículos industriales*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2006.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012 (E4): plan de acción 2008-2012*. España. Ministerio de Industria Turismo y Comercio (MITYC), Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid, 2007.

KAPLAN, R.; NORTON, D. "The Balanced Scorecard – Measures that drive performance". *Harvard Business Review*. 1992, vol 70, nº 1, p. 71-79.

KAPLAN, R.; NORTON, D. *Cuadro de Mando Integral (The Balanced Scorecard)*. 3ª reimp. Barcelona: Gestión 2000, 1997.

KAPLAN, R.; NORTON, D. *Mapas estratégicos*. Convirtiendo activos intangibles en resultados tangibles. Barcelona: Gestión 2000, 2004.

KAPLAN, R.; NORTON, D. *Cómo utilizar el Cuadro de Mando Integral. Para implementar y gestionar su estrategia*. Barcelona: Gestión 2000, 2005.

KASISKE, F.; LINGEMANN, A. "Experiences with automated terminals". En: *II Jornadas de Innovación en el Clúster Portuario*, (Valencia 6-7 de noviembre de 2008).

KIM, K. H.; KIM, H. B. "The optimal determination of the space requirement and the number of transfer cranes for import containers". *Computers and Industrial Engineering*. 1998, vol 35, nº 3-4, p. 427-430.

KOO, P.H.; LEE, W.S.; JANG, D.W. "Fleet sizing and vehicle routing for container transportation in a static environment". *OR Spectrum*. 2004, vol. 26, nº2, p. 193-209.

MARTIN SOBERÓN, A.M. "Planificación estratégica y adaptación del Cuadro de Mando Integral para terminales portuarias de contenedores". Director: Arturo Monfort Mulinas. Proyecto final de Máster en Gestión Portuaria y Transporte Intermodal. Universidad Pontificia de Comillas, Fundación Valenciaport, 2010.

MASPORT. *Factibilidad de la aplicación de innovaciones tecnológicas y de gestión en la resolución de cuellos de botella en los subsistemas de TPCs.* Proyecto de Metodologías de Automatización y Simulación para la Evaluación y Mejora de la Capacidad, Rendimiento y Nivel de servicio de Terminales Portuarias de Contenedores (MASPORT). Hito 6.1. Valencia, 2009.

MASPORT. *Requerimientos para el simulador de una terminal de contenedores.* Proyecto de Metodologías de Automatización y Simulación para la Evaluación y Mejora de la Capacidad, Rendimiento y Nivel de servicio de Terminales Portuarias de Contenedores (MASPORT). Hito 7.1. Valencia, 2009.

MEISEL, F. "Seaside operations planning in container terminals". En: *Berth crane allocation and quay crane assignment*. Berlin: Physica Verlag, 2009. p. 55-83.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA. *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España: 2004-2012 (E4).* España. Ministerio de Economía y Hacienda (MEH). Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa, 2003.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. *Energía en España 2007.* España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), 2007.

MONFORT, A.; AGUILAR, J.; GÓMEZ-FERRER, R.; ET AL. *Terminales marítimas de contenedores: el desarrollo de la automatización.* Valencia: Fundación IPEC, 2001.

NISHIMURA, E.; IMAI, A.; PAPADIMITRIOU, S. "Berth allocation planning in the public berth system by genetic algorithms". *European Journal of Operational Research*. 2001, nº 131, p. 282-292.

NIVEN, P. R. *El Cuadro de Mando Integral paso a paso.* Barcelona: Gestión 2000, 2003.

OBERTO, G. "ERTG: the electrification of RTG's". En: *Toc Americas 2009, (Buenos Aires 9-11 noviembre de 2009)*.

PARK, Y.-M.; KIM, K-H. "A scheduling method for berth and quay cranes". En: *Container terminals and automated transport systems*. Berlin: Springer, 2005, p. 159-181.

PETERKOFISKY, R.I.; DAGANZO, C.F. "A branch and bound solution method for the crane scheduling problem". *Transportation Research*. 1990, vol. 24, nº3, p. 159-172.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. *El sistema eléctrico español. Avance del informe 2008.* Madrid: Red Eléctrica de España (REE), 2008.

REY, F.J.; VELASCO, E. *Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas.* Madrid: Paraninfo Editorial, S.A., 2006.

SAANEN, Y. "Improving container terminal performance. Automated terminals: design for productivity". En: *TBA Port Management Seminar 2007. The 5th International Marine Terminal Management Seminar: strategies & technologies for driving new operational efficiencies*. London: Lloyd's Maritime Academy Suite, diciembre 2007.

TORRES, F.; SÁEZ, J.; SÁNCHEZ, P. *Guía Ecoport para la implantación de sistemas de gestión ambiental por niveles en instalaciones portuarias*. Valencia: Autoridad Portuaria de Valencia (APV), 2007.

WWF. *Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas*. España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino; WWF, 2008.

Páginas web consultadas

BROMMA. Greenline. www.bromma.com/show.php?id=1192449. Consulta de febrero 2009.

CAPACITY OF TEXAS. Pluggable Hybrid Electrical Terminal Tractor (PHETT). www.capacitytexas.com/phett. Consulta de enero 2010.

GAUSSIN MANUGISTIQUE. Power Pack. www.powerpackbygaussin.com/. Consulta de agosto 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. <http://www.ipcc.ch/> Consulta de diciembre de 2010.

KONECRANES. <http://www.konecranes.com>. Consulta de enero de 2009.

MES. Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., LTD. <http://www.mes.co.jp/english/index>. Consulta de abril 2010.

REFCON SYSTEM. <http://www.myrefcon.com/products/refcon-system.html> Consulta de 9 de noviembre de 2010

VYCON ENERGY. www.vyconenergy.com/regen/pages_regen/regentech. Consulta de diciembre 2008



GUÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES

Agradecemos la colaboración recibida por las terminales de contenedores del Puerto de Valencia, Marítima Valenciana, MSC Terminal Valencia y TCV Stevedoring Company por su asesoramiento, profesionalidad y valor añadido a la presente Guía, así como la atención dispensada en las numerosas visitas realizadas a sus instalaciones y su autorización para la reproducción de fotografías de operaciones y maquinaria portuaria. Igualmente queremos agradecer a las empresas fabricantes de equipamiento portuario Konecranes, Conductix-Wampfler y Gaussin Manugistique la cesión desinteresada de imágenes comerciales propias.

Finalmente, queremos destacar el compromiso y dedicación de los socios participantes en el proyecto EFICONT, gracias al cual ha sido posible alcanzar tanto los objetivos del proyecto como la culminación del mismo en la forma de la presente Guía. Por todo ello queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes entidades y empresas:

Autoridad Portuaria de Valencia
Instituto Tecnológico de la Energía
Konecranes, S.L.
Maritime Consulting and Management, S.L.
MSC Terminal Valencia, S.A.
NOATUM Ports, S.L.U. – Marítima Valenciana, S.A.
TCV Stevedoring Company, S.A.
Universidad Politécnica de Valencia

AGRADECIMIENTOS



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ITE
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA ENERGÍA



NOATUM

KONECRANES[®]
Lifting Businesses[®]





GUÍA DE **EFICIENCIA ENERGÉTICA**
EN TERMINALES PORTUARIAS DE **CONTENEDORES**



Fundación Valenciaport
Sede APV, Fase III, Avda. del Muelle del Turia, s/n
Tel.: +34 96 393 94 00 · Fax.: +34 96 393 94 61

www.eficont.es

info@eficont.es

PROYECTO FINANCIADO POR

