

Costos de Ciclo de Vida

Estimación y Optimización de la Gestión de Repuestos Críticos

Orlando Durán, Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



Ingeniería
Industrial
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Agenda

- El Contexto, el Problema y La Oportunidad
- Bases del Modelo
- Desarrollo del Modelo
- Publicaciones
- Oportunidades de Investigación
- Conclusiones

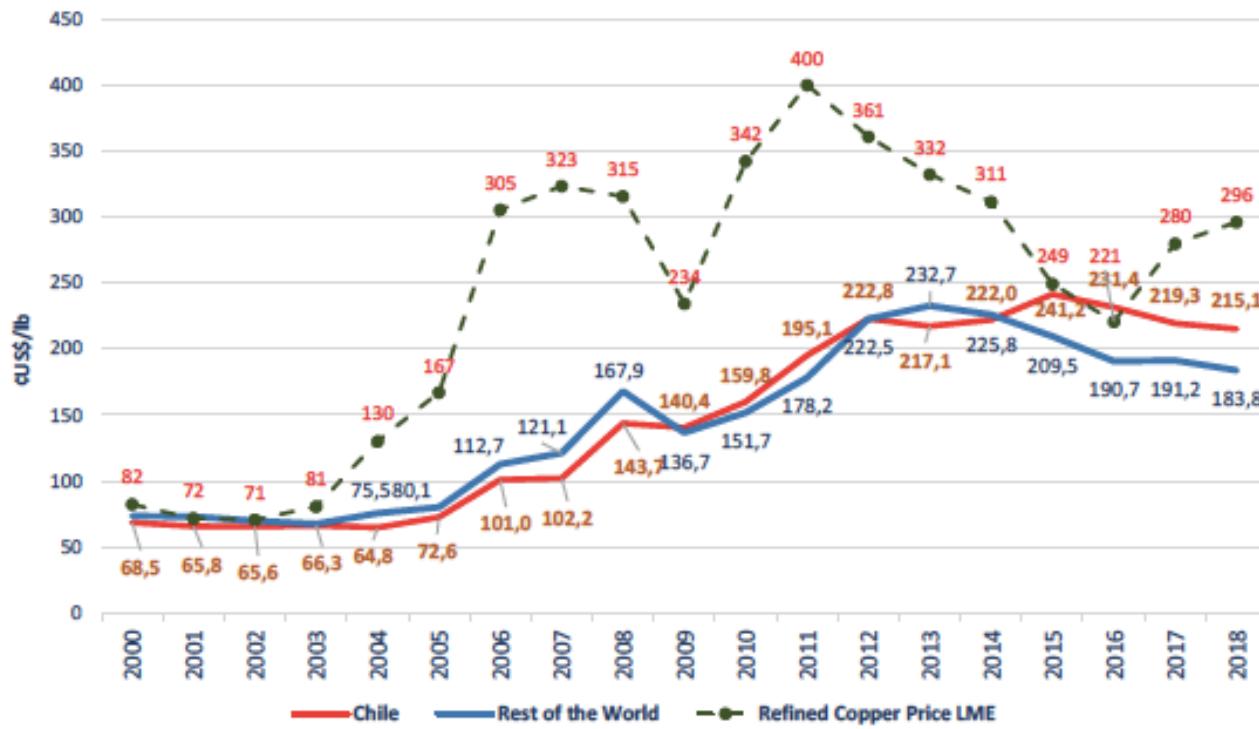
Contexto



Los altos valores de los activos físicos y las exigencias de mercados más competitivos hacen que estos deban trabajar ininterrumpidamente, con altos estándares de Confiabilidad y Disponibilidad.

Contexto

PRECIO COBRE VS COSTOS C3 CHILE Y EL MUNDO 1980-2018 (¢US\$/LB)



(Fuente : Cochilco, 2019)

Contexto

INDICE	PLANTAS	INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO
Costo de Mantenimiento por Tonelada producida (US\$/Ton).	15	14.54	19.37	17.32
Costo de Mantenimiento como % del costo de producción (%).	15	15%	25%	20%
Estructura del costo directo de mantenimiento				
Costo de Mano de Obra (%).	13	9%	23%	13%
Costo de Materiales (%).	13	49%	68%	59%
Costo de Subcontratación (%).	13	20%	26%	24%
Costo de GG (%).	13	1%	7%	4%

Hasta US\$ 200 millones de capital inmovilizado en Chuquicamata

RECURSOS. Dirigentes sindicales acusaron malas decisiones en compras y pérdidas en la división.

Pablo Orellana G.
cronica@mercurioantofagasta.cl

Una importante cantidad de recursos, o "capital inmovilizado", denunciaron dirigentes sindicales de Chuquicamata tras su reunión con el presidente ejecutivo de Codelco.

En la cita, los dirigentes plantearon a Nelson Pizarro que, por ejemplo, en el kilómetro 6 de la división Chuquicamata existe un capital inmovilizado que podría bordear los 200 millones de dólares, el cual fue adquirido por personal que no sabía las "necesidades reales de la división", según lo planteó el dirigente del sindicato Uno Jaime Graz.

Según detalló el dirigente,

"existen equipos, insumos, repuestos y hasta neumáticos que fueron adquiridos a bajo costo, y eso implica que al no servir, no hubo una adquisición eficiente y que obviamente se traducen en pérdidas, más aún, hubo compras al doble costo por terceros que no sabían la realidad y las necesidades básicas para la operatividad de Chuquicamata".

NEUMÁTICOS

Según grafica Jaime Graz, "hubo una adquisición de neumáticos chinos que poco sirvieron, y que a la mala calidad, hubo que agregarle el alto costo de estos accesorios, que en la gran minería tienen un elevado precio".

La dirigenta del sindicato

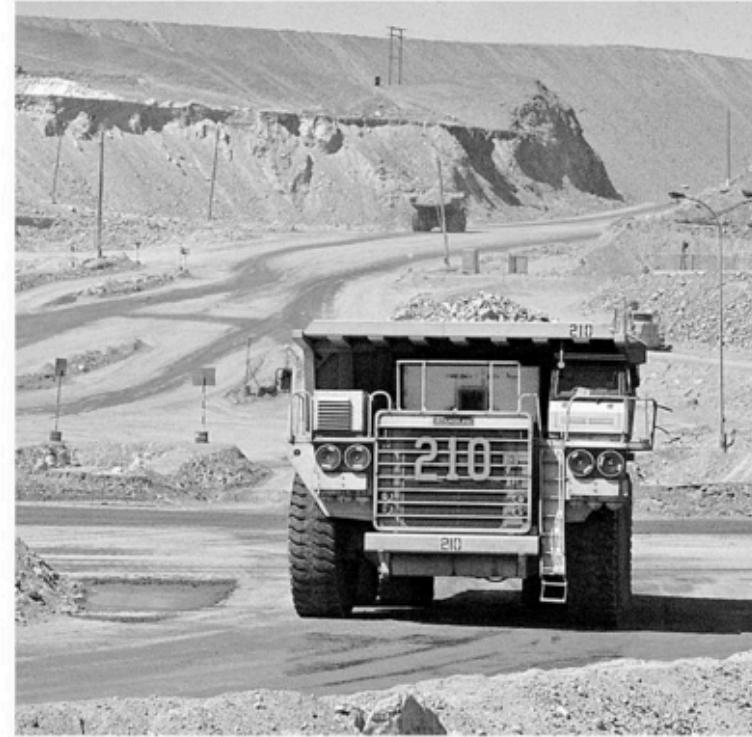
100
años cumple el

mineral el próximo año. Es la mayor mina a rajo abierto del mundo.

Tres, Liliana Ugarte, también expresó sus reparos sobre estos recursos diciendo: "Expusimos al nuevo gerente de la División nuestra preocupación respecto del modelo de gestión productiva, de seguridad y de recursos humanos que, a la luz de los resultados, es un fracaso".

CODELCO

En alusión a este tema la administración de la división Chu-

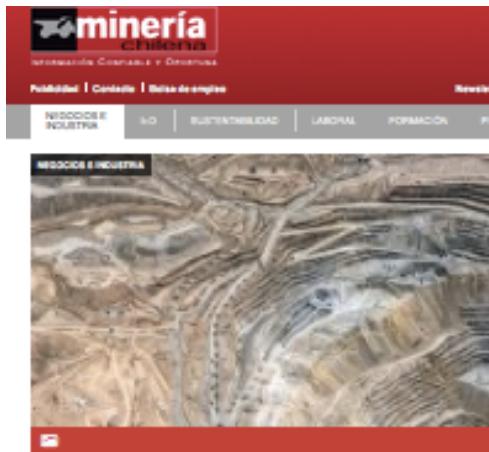


LOS CIENTÍFICOS LLEGARÁN HASTA LA CIMA DE LOS VOLCANES PARA HACER ALGUNAS PRUEBAS.

quicamata expresó que uno de los principales desafíos es seguir optimizando la eficiencia en cada uno de los procesos de la división. "En este sentido, seguir bajan-

do los costos es fundamental y si existe alguna situación que vaya en contra de ese objetivo, será debidamente analizada y corregida de ser pertinente. El compromiso de todos es des- plegar el máximo esfuerzo pa- ra que Chuquicamata se mantenga como un centro de trabajo competitivo, capaz de aportar como siempre ha sido, al desarrollo de Calama." CG

Problema



Mineras pierden dinero por mala gestión del capital de trabajo en el pasado

Publicado el 1 De Febrero Del 2016

Compañías están haciendo esfuerzos para disminuir la cantidad de caja retenida dentro del balance, ya que esto permite ahorrar y enfrentar mejor el ciclo de bajos precios de los metales.

Compartir: [El Comercio](#) [Facebook](#) [Twitter](#) [Email](#) [Print](#) [PDF](#) [Compartir](#)

[Enviar por email](#) [Imprimir](#) [Notas al editor](#) [Suscribirse a newsletter](#)

(E) Minera Con el actual escenario de precios de los commodities, las grandes mineras han debido buscar nuevos festejos de eficiencia. El capital de trabajo es la cantidad de caja disponible que las empresas tienen para seguir operando. Esto se compone de la cuenta de las cuentas de monetaria, cuentas por cobrar y la red de las cuentas por pagar, y moneda más allá de ese horizonte, más capital de efectivo libre que tiene la empresa para operar, lo que es más precioso.

Así lo demuestra un estudio de EY que analiza el desempeño del capital de trabajo en 80 de las más grandes empresas mineras del mundo. María Javiera Contreras, líder del sector en la consultora, explica que este ítem contribuye entre el 7% y el 14% de las ventas anuales de la industria minera y por lo tanto es un componente clave. De hecho, el estudio da cuenta de que hoy muchas empresas están poniendo plena por los máximos resultados posibles en este ámbito, cuando un mejor manejo del capital de trabajo puede trae una importante ventaja competitiva en un contexto de desaceleración de volúmenes.

Contreras explica que hasta 2013 el foco de la mayoría de las mineras había sido el crecimiento, pero ahora han dejado de invertir en nuevas operaciones o expansiones y se han concentrado en generar valor por medio de optimizar sus operaciones. "Una manera de volver más eficientes sus operaciones es disminuir los niveles de capital de trabajo. Esto se puede hacer disminuyendo los niveles de inventario, a través de una gestión óptima de proveedores, si también se puede hacer disminuyendo los niveles de cuentas por cobrar, a través de una gestión de carteras de obligaciones comerciales más eficiente", explica.

Algunas medidas que contribuyen a disminuir el capital de trabajo son, por ejemplo, aumentar el tiempo de pago a los proveedores - medida que ya llevó hace algún tiempo BHP Billiton, controladora de Escondida, a nivel mundial-, controlar los pagos de los clientes o regular el stock de repuestos, sostiene Contreras.

Capital en mal pie

En 2014, las empresas del sector del cobre tuvieron en promedio 55 días de ciclo de conversión de caja, lo cual es una medida estándar para medir la necesidad de capital de trabajo.

Según datos de EY, Codelco tiene 73 días de ciclo de conversión de caja, mientras empresas como Freeport McMoran o Antofagasta Minerals -propiedad del grupo Luksic y operadora de Minera Los Pelambres, entre otros- son las empresas más eficientes en esta métrica: 23 días de ciclo de conversión de caja, una cifra considerablemente inferior a la de la estatal.

Javiera Contreras explica que Río Tinto logró reducir su capital de trabajo en 32% en cinco meses. Lo anterior lo consiguió tras haber identificado el comportamiento de pago de sus clientes, reducir el stock de repuestos, disminuir el stock de reserva de inventario y retardando el pago anticipado a proveedores.

Resumen

Según datos de EY, Codelco tiene 73 días de ciclo de conversión de caja, mientras empresas como Freeport McMoran o Antofagasta Minerals -propiedad del grupo Luksic y operadora de Minera Los Pelambres, entre otros- son las empresas más eficientes en esta métrica: 23 días de ciclo de conversión de caja, una cifra considerablemente inferior a la de la estatal.

Javiera Contreras explica que Río Tinto logró reducir su capital de trabajo en 32% en cinco meses. Lo anterior lo consiguió tras haber identificado el comportamiento de pago de sus clientes, reducir el stock de repuestos, disminuir el stock de reserva de inventario y retardando el pago anticipado a proveedores.

Mineras pierden dinero por mala gestión del capital de trabajo en el pasado

Publicado el 1 De Febrero Del 2016

Compañías están haciendo esfuerzos para disminuir la cantidad de caja retenida dentro del balance, ya que esto permite ahorrar y enfrentar mejor el ciclo de bajos precios de los metales.

Codelco en mal pie

En 2014, las empresas del sector del cobre tuvieron en promedio 55 días de ciclo de conversión de caja, lo cual es una medida estándar para medir la necesidad de capital de trabajo.

Según datos de EY, Codelco tiene 73 días de ciclo de conversión de caja, mientras empresas como Freeport McMoran o Antofagasta Minerals -propiedad del grupo Luksic y operadora de Minera Los Pelambres, entre otros- son las empresas más eficientes en esta métrica: 23 días de ciclo de conversión de caja, una cifra considerablemente inferior a la de la estatal.

Javiera Contreras explica que Río Tinto logró reducir su capital de trabajo en 32% en cinco meses. Lo anterior lo consiguió tras haber identificado el comportamiento de pago de sus clientes, reducir el stock de repuestos, disminuir el stock de reserva de inventario y retardando el pago anticipado a proveedores.

Problema

- Flint (1995) stated that the world's spare parts inventory in the aviation industry amounted to \$ 45 billion at that time. Any means to downsize this stock, without decreasing customer service, would be more than welcomed by the aviation industry.
- Despite a lot of serious talks about reducing inventory levels, the figure was estimated to be over US\$50 billion in 2002 (McDonald, 2002)



Flint, P., 1995. Too much of a good thing. *Air Transport World* 32 (7), 103–107.

McDonald, M., 2002. Custom tuning. *Air Transport World* 39 (3), 48–50.

Problema

The screenshot shows the header of the website 'minería chilena'. The logo features a stylized bird icon next to the word 'minería' in white, with 'chilena' in a smaller font below it. Below the logo is the tagline 'INFORMACIÓN CONFiable Y OPORTUNA'. A red navigation bar contains links for 'Publicidad', 'Contacto', 'Bolsa de empleo', and 'Newsletter'. Below the navigation bar is a grey horizontal menu with categories: 'NEGOCIOS E INDUSTRIA', 'I+D', 'SUSTENTABILIDAD', 'LABORAL', 'FORMACIÓN', and 'PROV...'. The main title of the article is 'Dentro de nueve meses llegará el repuesto de la rotopala Radomiro Tomic'.

Dentro de nueve meses llegará el repuesto de la rotopala Radomiro Tomic

Publicado el 6 De Junio Del 2007

La movilización comenzó a eso de las 20.30 horas de ayer. Debió intervenir carabineros.

Compartir:



Enviar por email

Imprimir

Notas al editor

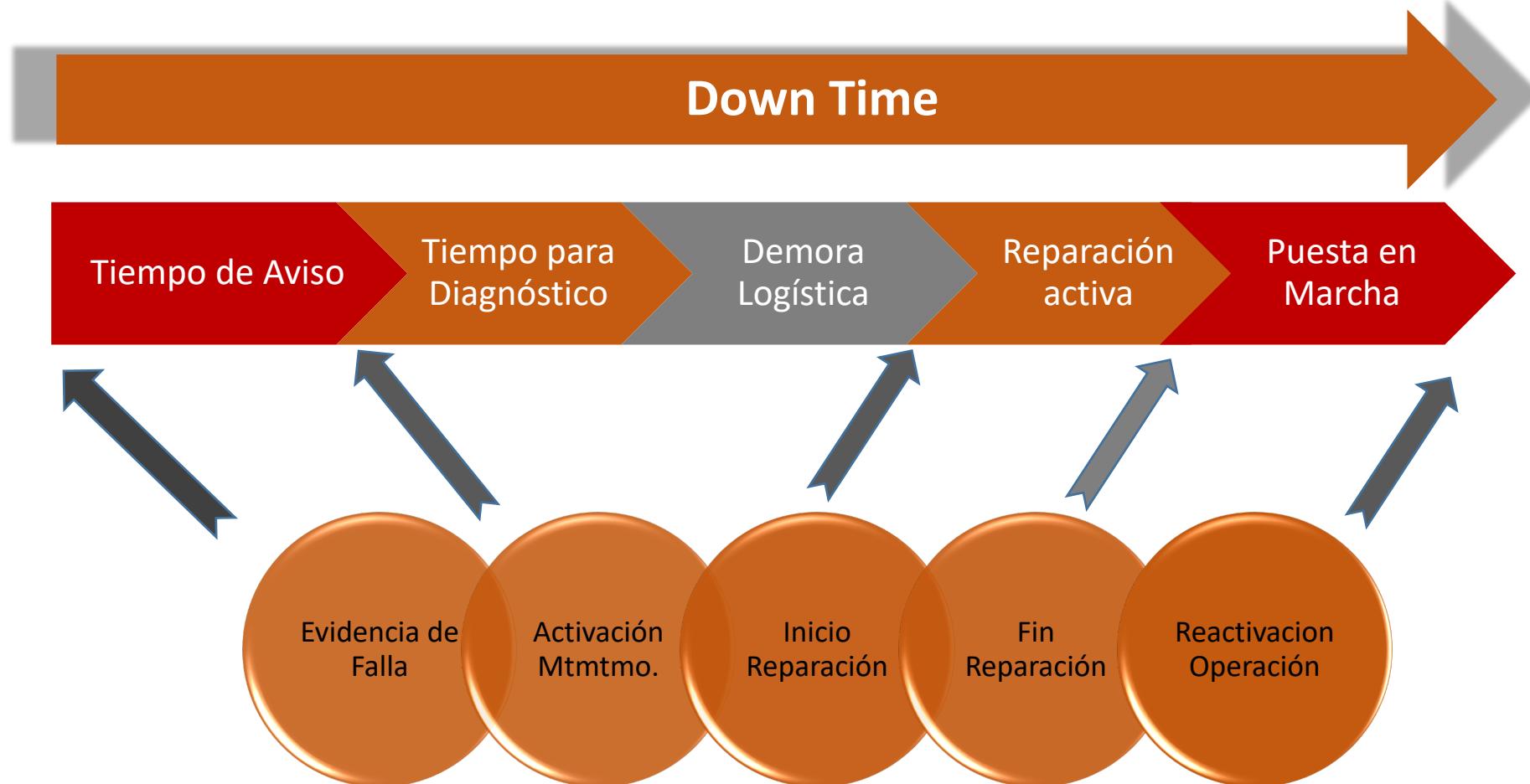
Suscribirse a newsletter

En un plazo aproximado de nueve meses podría llegar a Calama el repuesto original del eje que falló y provocó los problemas en la rotopala que opera en el Centro de Trabajo Radomiro Tomic.

La falla que se produjo en la máquina, provocó trastornos en las labores habituales del yacimiento, y para aminorar las consecuencias del desperfecto se están desarrollando una serie de tareas alternativas.

La demora en la llegada del repuesto de la rotopala se basa en que el aparato es un prototipo, del cual no existe un stock de repuestos, por lo tanto debe ser confeccionado nuevamente. Estas tareas están a cargo

Problema



La logística y el DownTime

Problema

- Unos de los mayores costos en el área de mantenimiento es constituido por los inventarios de componentes.
- Necesidad de garantizar un equilibrio entre costo de capital y disponibilidad

There are only two strategies for reducing inventory holdings:

1. Take more out – remove items from inventory
2. Put less in – don't put items into inventory

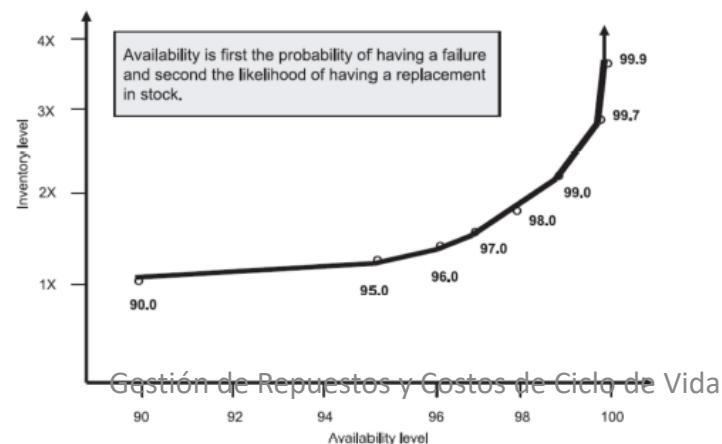
The Bath Tub Principle

To lower the level, either..

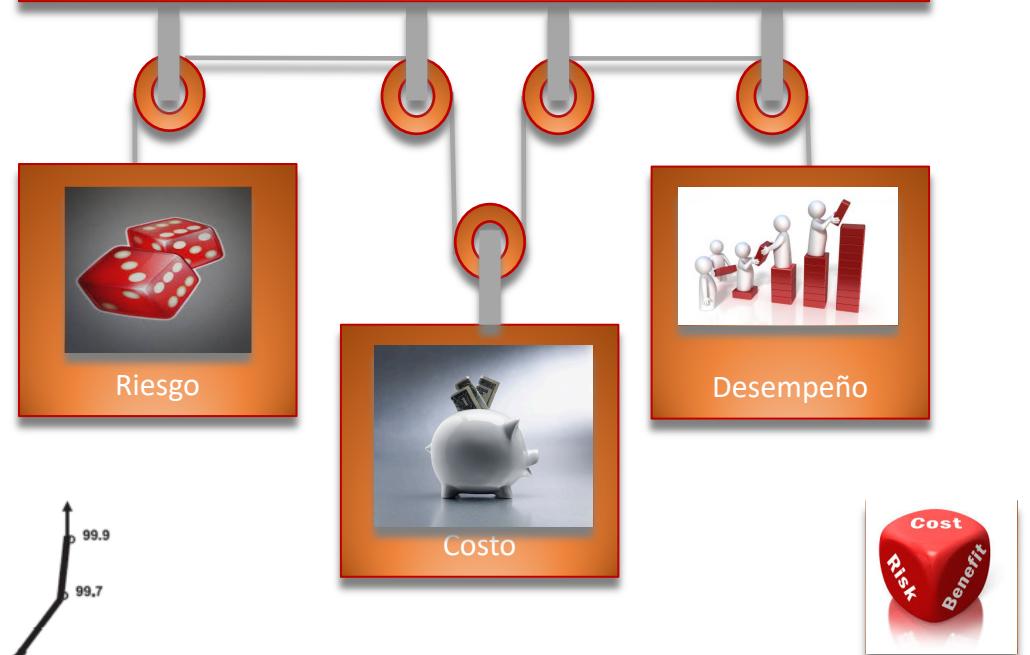
...put less in



or, take more out



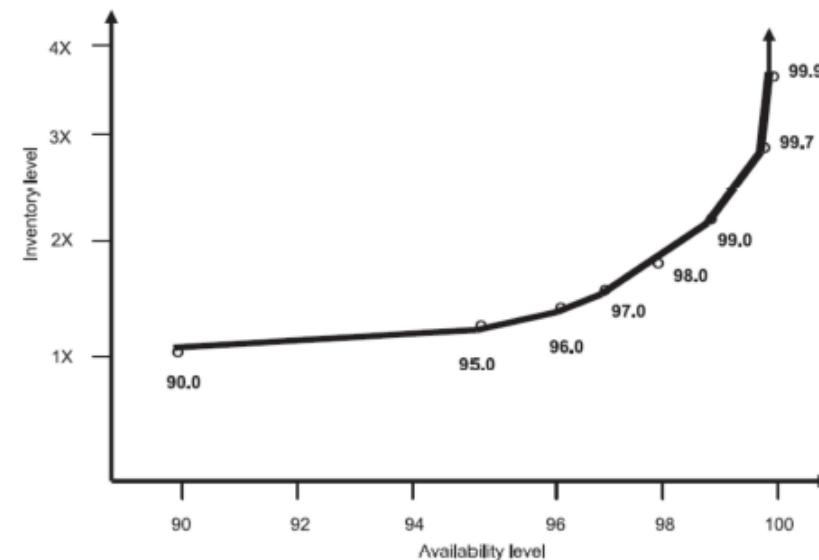
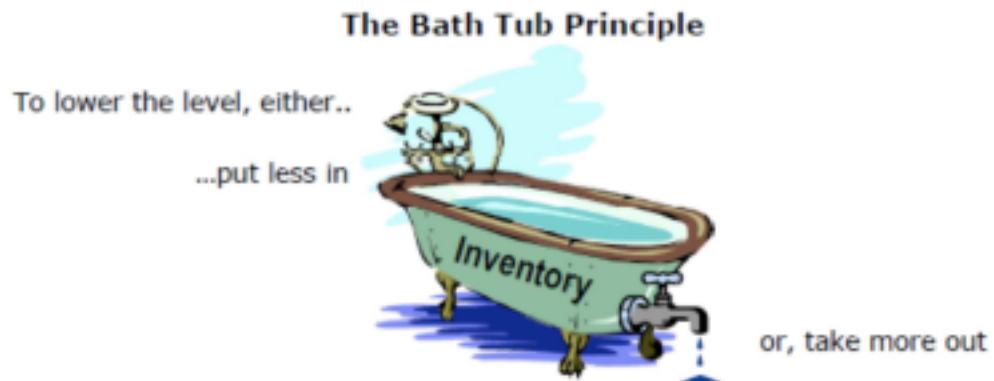
Equilibrando el Conflicto de los Drivers



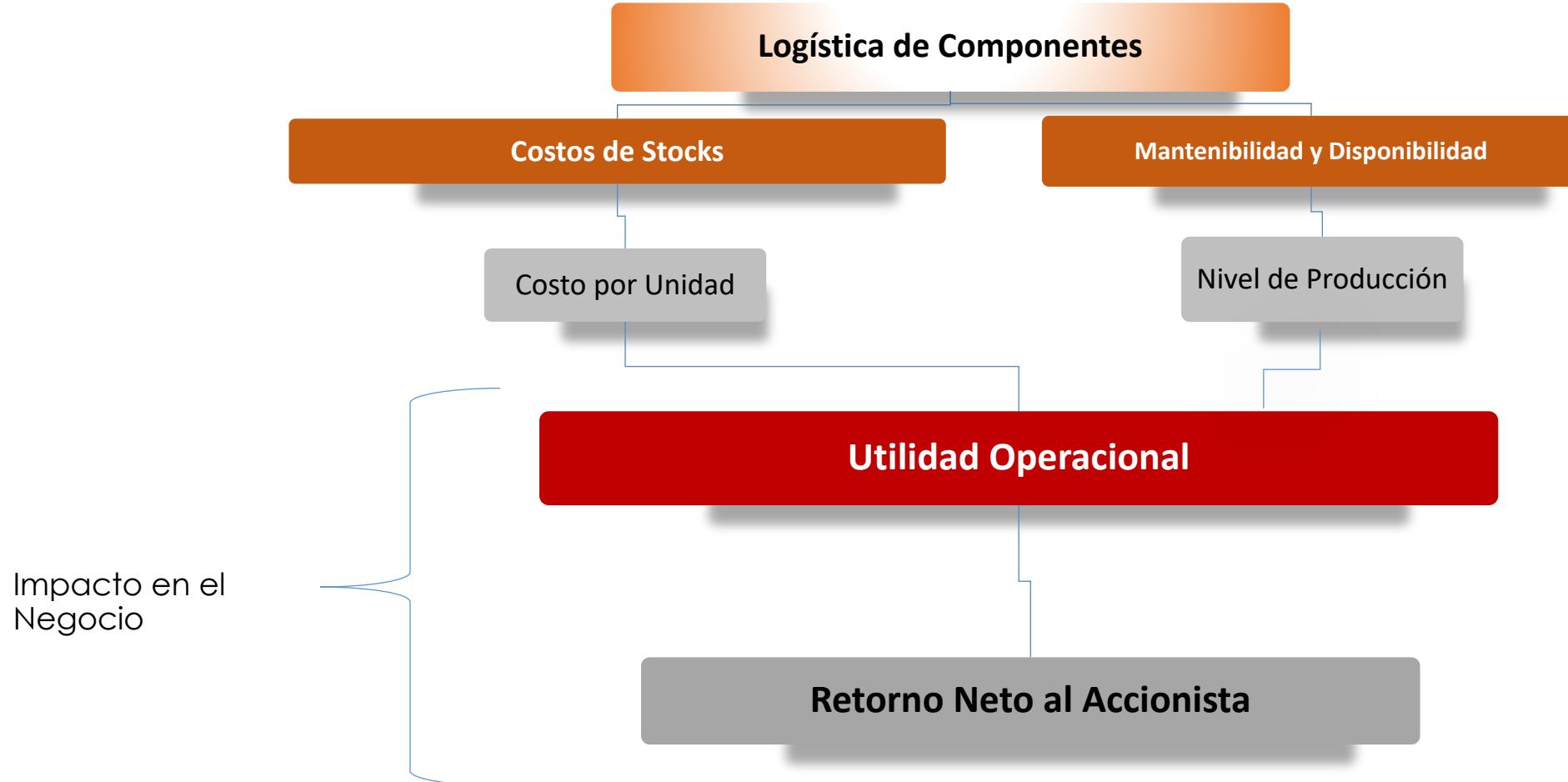
Repuestos y Efectos

There are only two strategies for reducing inventory holdings:

1. Take more out – remove items from inventory
2. Put less in – don't put items into inventory



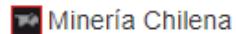
Problema



La Oportunidad

Gestión de bodegas como herramienta de reducción de costos

Publicado el 10 De Noviembre Del 2016



Haciendo una mejor gestión de su sistema de bodegaje División El Teniente de Codelco espera lograr ahorros por US\$2 millones este año. Los especialistas aseguran que aunque la tecnología es importante, sin coordinación no es posible tener éxito.

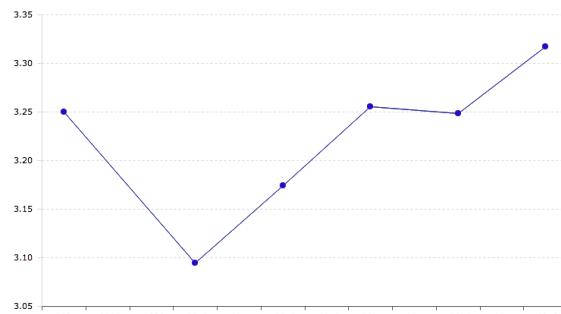
Desde El Teniente relatan que el material llegó a acopiararse en las bodegas porque un área compraba de más para “asegurarse” de cara al futuro y no tener que depender de la gestión de otra. En este contexto, en 2013 se inició un programa piloto entre las áreas de Mantenimiento y Abastecimiento, con el fin de lograr mayor eficiencia en el uso de materiales e insumos.

(Fuente : Minería Chilena)



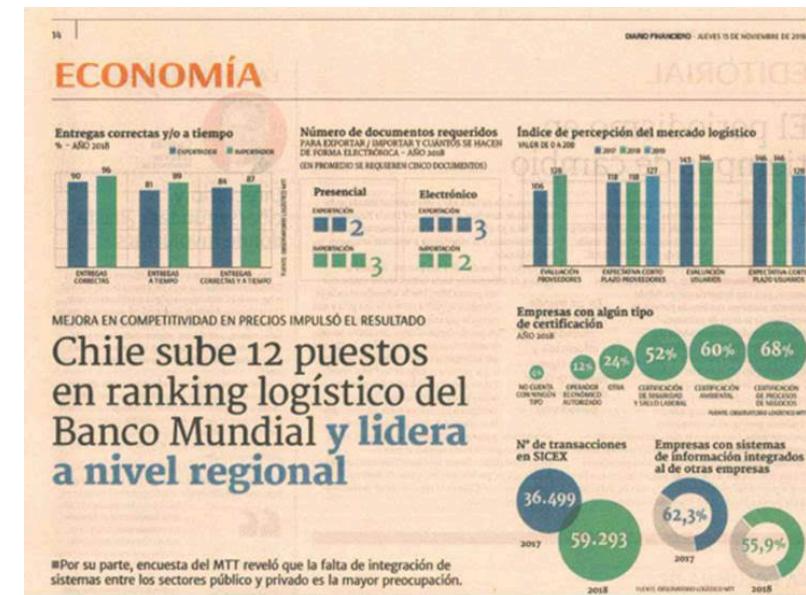
La Oportunidad

- Necesidad de minimizar los MTTR
- Garantizar un buen nivel de servicio
- Contribuir con el aumento y la mantención de la Disponibilidad



Chile Dentro de los 40 Mejores del Mundo en Logística

Según el ranking elaborado por el Banco Mundial, nuestro país se encontraría en el lugar 39 en el Índice de Desempeño Logístico 2012, superando a naciones como México y Brasil y Argentina.



Country	Year	LPI Rank	LPI Score	Customs	Infrastructure	International shipments	Logistics competence	Tracking & tracing	Timeliness
Chile	2018	34	3.32	3.27	3.21	3.27	3.13	3.20	3.80

Preguntas de Investigación

- Many TCO models have been reported in literature, however the computation of costs related to spare parts management has been neglected by those TCO models.
- We addressed the main decisions instances in spare parts management during the life cycle of an asset and their implications into TCO.
- We propose a referential framework which is intended to describe the relationships between the spare parts management and the different phases of an asset life cycle.
- There we looked at the problem from the perspective of the following question:

“How all the decisions taken by spare parts managers do may affect the TCO?”.

Research Methodology

- A **simulation study** was considered with the purpose to unveil the relationship between the spare parts decisions and TCO.

Bases del Modelo

OPERACIONES



DEMANDA

Repuesto

OFERTA

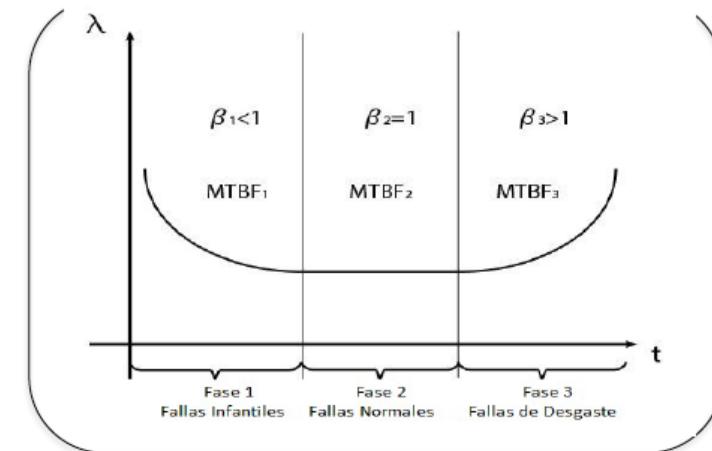
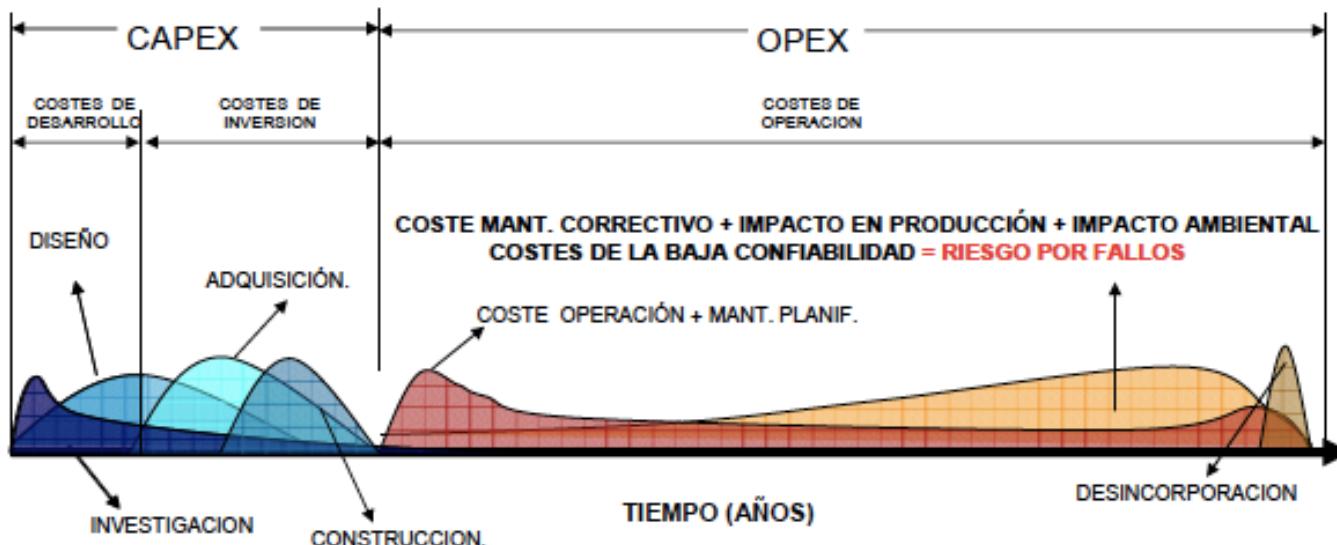
Necesidad de repuestos
para reemplazo de los
componentes afectados

MANTENIMIENTO



Conjunto de operaciones
destinadas a cumplir con
la substitución del
componente afectado en
el equipo de destino

Ciclo de Vida de Activos Físicos



$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta}$$

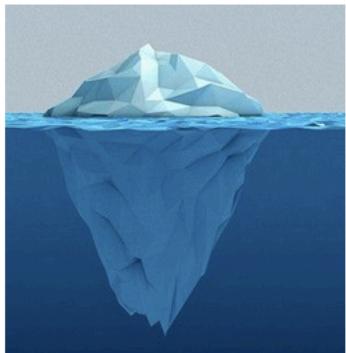
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

Modelos de Costeo de Ciclo de Vida

Elements of Life Cycle Costs (LCC)	
$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$	
C_{ic}	= initial cost
C_{in}	= installation and commissioning cost
C_e	= energy costs
C_o	= operating cost
C_m	= maintenance and repair costs
C_s	= down time and loss of production cost
C_{env}	= environmental cost
C_d	= decommissioning and disposal cost

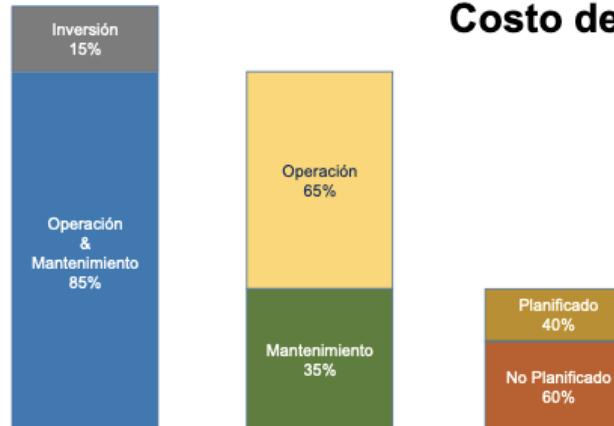
Costos Directos

- Materiales.
- RRHH.
- Equipos.
- Terceros.
- Pérdida Producción.
- Costos de Ineficiencia.
- Costos Logísticos.
- Capital Inmovilizado.
- Costos de Inventario de Repuestos.
- Costos por Calidad.
- Accidentes de Trabajo.
- Daño al Medio Ambiente.



Costos Visibles

Costos Sumergidos



Costo de Ciclo de Vida

Costo de Mantenibilidad

- Frecuencia
- Tiempo y Recursos
- Impacto y Alcance

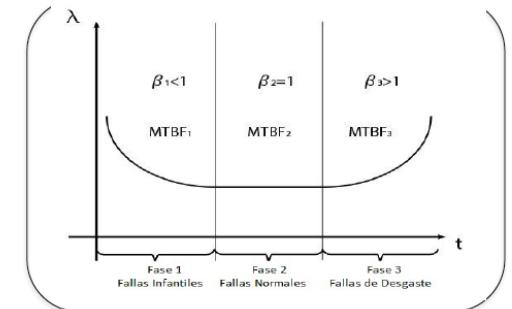
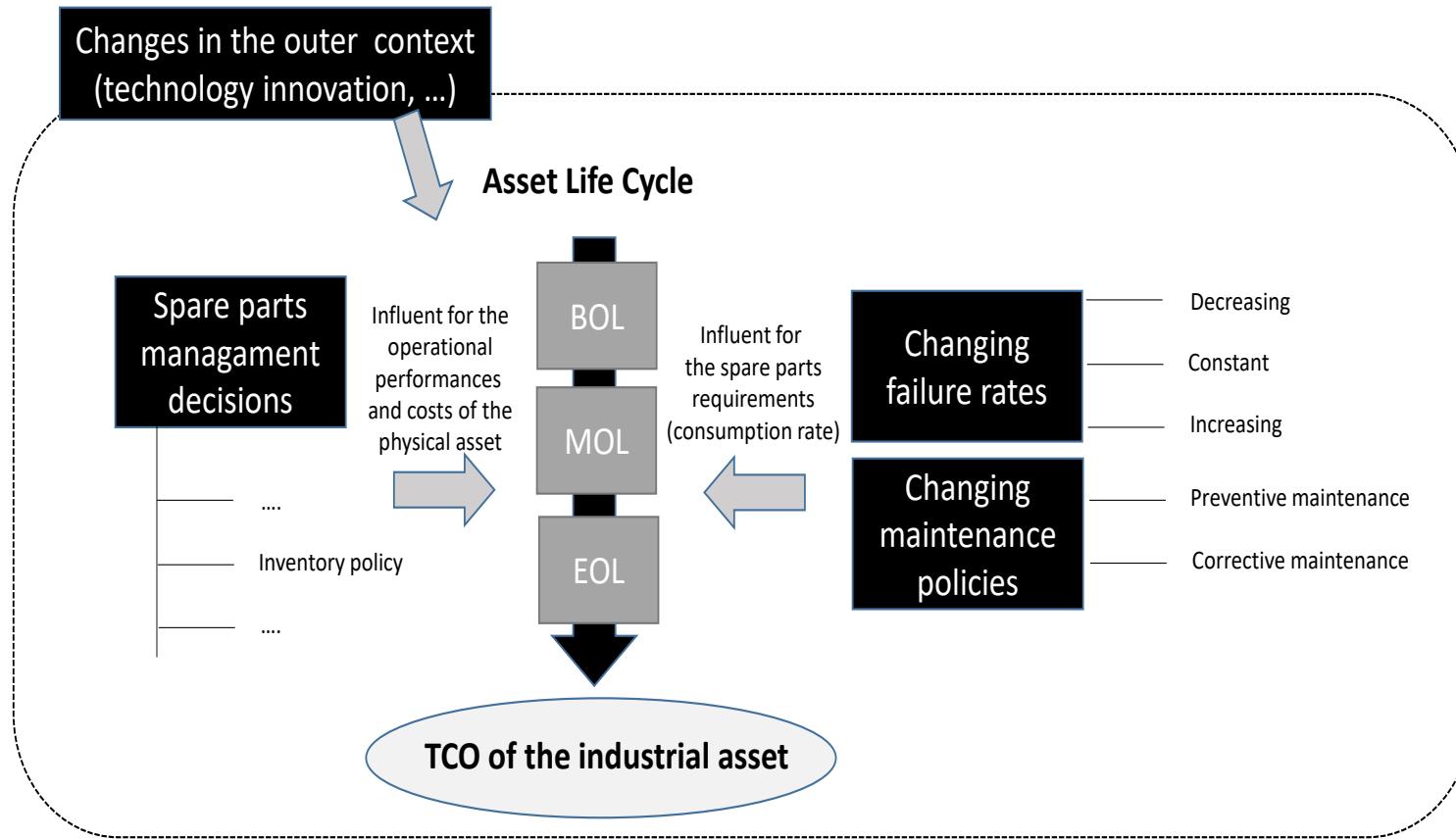
Costo de Confiabilidad

- Probabilidad de Falla
- Gravedad Falla
- Costo Ineficiencia

All Costs at Present Value Before Addition:

$$\text{Total life cycle cost (LCC)} = \text{Initial materials acquisition costs (AC)} + \text{Initial materials installation & fabrication costs (IC)} + \sum_{n=1}^N \frac{\text{Operating & maintenance costs (OC)}}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{\text{Lost production costs during down-time (LP)}}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{\text{Replacement materials costs (RC)}}{(1+i)^n}$$

Conceptual model on the relationship b/w spare parts management decisions & TCO



Desarrollo del Modelo (Costeo Basado en Actividades)

Costo Logístico

Basado en Actividades y Recursos

Matriz Recurso-Actividad

	Recurso 1	Recurso 2	Recurso j	Recurso n
Actividad 1	✓			✓
Actividad 2	✓	✓		
Actividad i				
Actividad m		✓		✓

Matriz Actividad-Repuesto

	Actividad 1	Actividad 2	Actividad i	Actividad m
Repuesto 1		✓		✓
Repuesto 2	✓	✓		
Repuesto k			✓	
Repuesto t		✓		

Desarrollo del Modelo

Costo Logístico

Costo de Actividades

$$\begin{array}{c} n \text{ Recursos} \\ | \\ m \text{ Actividades} \quad r_{ij} \quad | \quad x \quad cr_j \quad | \quad = \quad a_i \\ | \qquad \qquad \qquad | \qquad \qquad \qquad | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{Matriz Recurso-Actividad} \qquad \text{Vector Recursos} \qquad \text{Vector Actividades} \end{array}$$

Costo del Repuesto

$$\begin{array}{c} m \text{ Actividades} \\ | \\ k \text{ Repuestos} \quad a_{ki} \quad | \quad x \quad a_i \quad | \quad = \quad p_k \\ | \qquad \qquad \qquad | \qquad \qquad \qquad | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{Matriz Actividad-Repuesto} \qquad \text{Vector Actividades} \qquad \text{Vector Repuesto} \end{array}$$

Desarrollo del Modelo

Costo Logístico

Costo logístico del repuesto k

		m Actividades		n Recursos				
k Repuestos	a_{ki}	x	m Actividades	r_{ij}	x	cr_j	=	p_k

a_{ki} Proporción de la actividad i destinada al repuesto k

cr_j Monto total de costo del recurso j

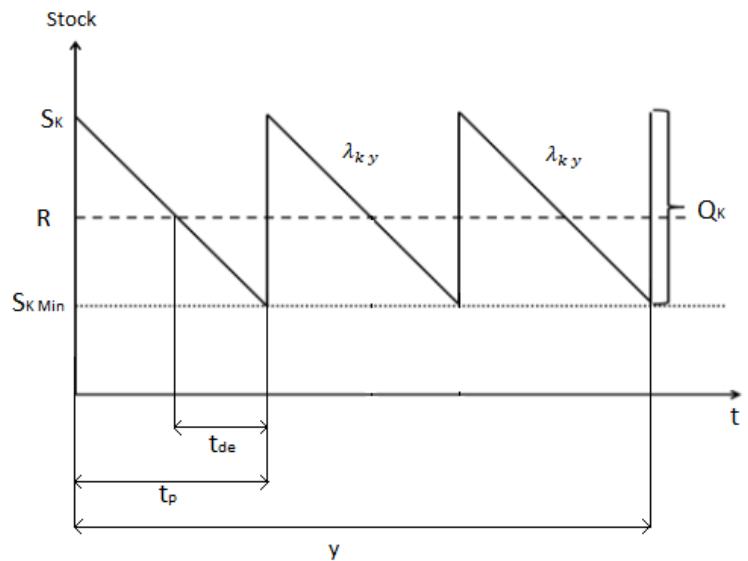
r_{ij} Proporción que la actividad i consume del recurso j

Desarrollo del Modelo

Costo Logístico

Consumo de actividades y políticas de inventario

Política de Revisión Continua



Q constante
tp variable

$$E_{ik y} = \frac{y}{t_{pk y}}$$

$$t_{pk y} = \frac{Q_k}{\lambda_{k y}}$$

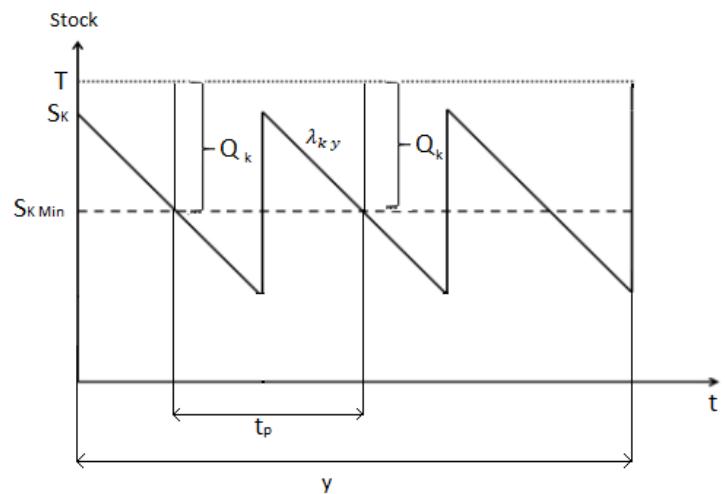
$$E_{ik y} = \frac{y}{Q_k} \quad [\text{ejecuciones}]$$

Desarrollo del Modelo

Costo Logístico

Consumo de actividades y políticas de inventario

Política de Revisión Periódica



Q variable
tp constante

$$E_{ik \text{ y}} = \frac{y}{t_{pk \text{ y}}} \text{ [ejecuciones]}$$

Desarrollo del Modelo

Costo Logístico

Formulación matemática

$$CL_{k y} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{kiy} \times r_{ijy} \times cr_{jy} \quad [\text{\$}]$$

$$CL_{k cv} = \sum_{y=1}^{cv} \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{kiy} \times r_{ijy} \times cr_{jy} \quad [\text{\$}]$$

$i = [1, m]$ Actividades

$j = [1, n]$ Recursos

$y = [1, cv]$ Años

$k = [1, t]$ Repuestos

Desarrollo del Modelo

Costo Directo

Formulación matemática (Modelo EOQ - Wilson)

$$CD_{k,y} = Pv_{k,y} \times \lambda_{k,y} \quad [\text{\$}]$$

$$CD_{k,cv} = \sum_{y=1}^{cv} \sum_{k=1}^t Pv_{k,y} \times \lambda_{k,y}$$

$Pv_{k,y}$ Precio de venta del repuesto k en el periodo y

$\lambda_{k,y}$ Tasa de falla del repuesto k durante el periodo y

$CD_{k,y}$ Costo directo del repuesto k en el periodo y

Desarrollo del Modelo

Costo de Almacenamiento

Formulación matemática (Modelo EOQ - Wilson)

$$CA_{k,y} = \frac{Q_{k,y}}{2} \times Pv_{k,y} \times ti_y \quad [\text{\$}]$$

$$CA_{k,cv} = \sum_{y=1}^{cv} \sum_{k=1}^t \frac{Q_{k,y}}{2} \times Pv_{k,y} \times ti_y \quad [\text{\$}]$$

Q_k Tamaño de lote por pedido del repuesto k

ti_y Tasa de interés exigido del año y para CA

$CA_{k,y}$ Costo de almacenamiento del repuesto k en el periodo y

Desarrollo del Modelo

Costo Global de la Gestión

Formulación matemática

$$CGG_{k,y} = CA_{k,y} + CD_{k,y} + CL_{k,y} \text{ [\$]}$$

$$CGG_{k,cv} = \sum_{y=1}^{cv} \sum_{k=1}^t \frac{CA_{k,y} + CD_{k,y} + CL_{k,y}}{(1 + ti'_y)^y} \text{ [\$]}$$

$CGG_{k,y}$ Costo Global de la Gestión del repuesto k en el periodo y

ti'_y Tasa de interés exigido del año y para CGG



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

 **IFAC** Papers
Online
CONFERENCE PAPER ARCHIVE

IFAC-PapersOnLine 49-28 (2016) 019–024

On the relationship of spare parts inventory policies with Total Cost of Ownership of industrial assets

Orlando Durán*. Marco Macchi**
Irene Roda**

*Escuela de Ingeniería Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Avda Los Carrera 01567, Quilpué, Chile; e-mail: orlando.duran@pucv.cl.

** Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano,
Piazza Leonardo da Vinci, 32, 20133, Milano, Italy (e-mail:
{marco.macchi; irene.roda}@polimi.it)



OmniaScience

Journal of Industrial Engineering and Management

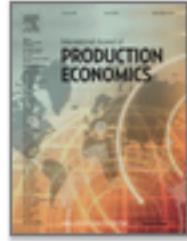
JIEM, 2016 – 9(5): 991–1002 – Online ISSN: 2013-0953 – Print ISSN: 2013-8423
<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2083>

Linking the Spare Parts Management with the Total Costs of Ownership: An Agenda for Future Research

Orlando Duran¹ , Irene Roda² , Marco Macchi² 

¹Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)

²Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano (Italy)



An activity based costing decision model for life cycle economic assessment in spare parts logistic management

Orlando Duran ^a✉, Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso ^b✉

$$GC = \sum_{y=1}^{lc} \frac{1}{(1+i_y)^y} \left[\sum_{k=1}^K C_k \cdot \lambda_{ky} + \frac{(HC_{ky} \cdot Q_{ky})}{2} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{kiy} \cdot r_{ijy} \cdot r_{jy} \right]$$



Evolutionary Optimization of Spare Parts Inventory Policies: a Life Cycle Costing Perspective

Orlando Durán *, Arturo Carrasco*
 Paulo Sérgio Afonso**, Paulo Andrés Durán***

* Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 2340025, Chile
 (e-mail: orlando.duran@pucv.cl, arturo.carrasco.espinoza@gmail.com)

** Universidade Do Minho, Campus de Azurém, 4800 - 058 Guimarães, Portugal
 (e-mail: psafonso@dps.uminho.pt)

*** INACAP Universidad Tecnológica de Chile, Valparaíso.
 (e-mail: paulo.duran02@inacapmail.cl)

$$\begin{aligned}
 G_C &= \sum_{y=1}^{cv} \frac{1}{(1 + td_y)^y} \left[\sum_{k=1}^T C_{ky} \cdot \lambda_{ky} + \frac{(H_{ky} \cdot Q_{ky})}{2} \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M a_{kiy} \cdot r_{ijy} \cdot r_{jy} \right]
 \end{aligned}$$

Article

Spare Parts Cost Management for Long-Term Economic Sustainability: Using Fuzzy Activity Based LCC

Orlando Durán ^{1,*}, Paulo Sergio Afonso ² and Paulo Andrés Durán ³

¹ Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2430000 Valparaíso, Chile

² Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho, 4704-553 Braga, Portugal;
psafonso@dps.uminho.pt

³ Área Mecánica, Universidad Tecnológica de Chile INACAP, 2430000 Valparaíso, Chile;
paulo.duran02@inacapmail.cl

* Correspondence: orlando.duran@pucv.cl

Received: 8 March 2019; Accepted: 19 March 2019; Published: 27 March 2019



$$GC = \sum_{y=1}^{cv} \frac{1}{(1 + \tilde{t}d_y)^y} \left[\sum_{k=1}^T \tilde{C}_{ky} \cdot \lambda_{ky} + \frac{(\tilde{H}_{ky} \cdot Q_{ky})}{2} + \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \tilde{a}_{kiy} \cdot \tilde{r}_{ijy} \cdot \tilde{r}_{jy} \right]$$

A TD-ABC Model for the Computation of the Total Cost of Ownership of Spare Parts

Durán O, Afonso P Orlando Durán

(✉e-mail: orlando.duran@pucv.cl). Escuela de Ingeniería Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Avda. los Carrera 01567, Quilpué. CP 2430000, Chile.

Paulo Afonso (e-mail: psafonso@dps.uminho.pt)

Dpto. of Production and Systems. School of Engineering. University of Minho, Portugal.



International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management- ABEPROM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM
(IJCIEOM 2019). Novi Sad, Serbia, July 15-17th



$$\cdot \lambda_{tp} = \left[\frac{\beta^W}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta^W - 1} \right]_p$$

$$\cdot T_{j,t} = \beta_{1,t,j} \cdot [\lambda_{t1}/L_P]_{1,t} + \beta_{2,t,j} \cdot [\lambda_{t2}/L_P]_{2,t} + \dots + \beta_{k,t,j} \cdot [\lambda_{t3}/L_P]_{k,t}$$

$$\cdot C_0 = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+\delta)^t} \left[K_1 \cdot (1+\iota)^t \cdot \sum_{n=1}^n \sum_{p=1}^P \left(\frac{\beta^W}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta^W - 1} / L_P \right) \right]$$

Conclusiones

- El cálculo del costo del ciclo de vida es un concepto útil para que los administradores de activos apoyen su proceso de toma de decisiones. Durante todo el ciclo de vida de cualquier activo físico, los gestores se enfrentan a cuestiones cruciales relacionadas con el diseño de apoyo logístico y con la gestión de repuestos.
- Sobre la base de los resultados experimentales, todo indica que vale la pena estudiar la relación cuantitativa de las decisiones de gestión de repuestos bajo el enfoque LCC
- Los trabajos futuros pueden tener como objetivo :
 - Otras políticas de inventario,
 - Efecto de la variabilidad del *lead time*
 - Consumos conjuntos de las piezas de repuesto
- Además, utilizando la metodología basada en la simulación, se pueden analizar otros tipos de decisiones y estrategias como, por ejemplo: la adquisición al final de la vida útil (considerando también los costos de decomisionamiento)

Future Agenda

Especificamente, los siguientes pasos de investigación incorporan las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo afectan las decisiones de aprovisionamiento inicial a los costos del ciclo de vida?
- ¿Causan las diferentes políticas de inventario cambios importantes en el comportamiento de los costos del ciclo de vida?
- ¿Cuál es la combinación óptima de la estrategia de mantenimiento con la política de inventario que garantiza los mejores resultados desde el punto de vista del LCC?
- ¿Afectan las condiciones y decisiones del final de la vida útil al comportamiento del LCC?
- Validación del modelo

Gracias por su
atención....

Preguntas ????