

# << Cambios rápidos por disponibilidad anticipada >> Informe Técnico

Jaime Eduardo Núñez Parra, Celia Fernández Vásquez, María Isabel Arias Prieto, Enrique Castillo  
Zaragoza, Julio Cesar Rodríguez López  
Mantenimiento Industrial / Industrial  
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
Cuitláhuac, Veracruz, México  
[A11188@utcv.edu.mx](mailto:A11188@utcv.edu.mx), [celia.fernandez@utcv.edu.mx](mailto:celia.fernandez@utcv.edu.mx), [maria.arias@utcv.edu.mx](mailto:maria.arias@utcv.edu.mx),  
[enrique.castillo@utcv.edu.mx](mailto:enrique.castillo@utcv.edu.mx), [julio.rodriguez@utcv.edu.mx](mailto:julio.rodriguez@utcv.edu.mx).

---

## Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

**Cuerpo Académico:** << Gestión de Calidad y Eficiencia Industrial.>>

1. **LIADT:** << Eficiencia Energética
2. Calidad, Eficiencia y Mantenimiento de los Procesos Industriales.>>

## **Resumen**

Dentro de los mantenimientos se busca eficientar la disponibilidad de sus procesos internos, con la finalidad de que se minimicen los tiempos muertos después de una actividad de mantenimiento el **objetivo** es realizar un informe técnico detallado de los cambios rápidos por disponibilidad anticipada. **Metodología**, se inició con un diagnóstico de los índices de desempeño que presentan las diferentes áreas pertenecientes a una línea de producción, de esta manera observar el área con mayor oportunidad y trabajar en ella, siguiendo a través de la matriz FODA se procede obtener una selección adicional de un equipo a tratar, basado en una clasificación y estado de relevancia, de esta manera se somete a seleccionar un elemento particular del equipo, se diseña un listado de verificación propio para el registro de una intervención al equipo y del elemento, posteriormente se realizará un formato anexo que represente y describa el comportamiento cualitativo del equipo y de la operación por ultimo un listado de defectos, para poder ubicar de manera básica los defectos típicos y los ejemplos más recurrentes, así como el método para clasificarlos. **Contribución**. Se logra alcanzar el 3% de disponibilidad adicional esperado, se ha reducido casi al 100% tras la aplicación de la metodología.

### **Palabras clave:**

Eficiencia, disponibilidad, reducción de tiempos.

## **Introducción**

El nombre de este proyecto es Cambios rápidos por disponibilidad anticipada ya que la actividad que se realiza así lo define. Por lo que describirá paso-paso la investigación realizada en donde se describe una metodología para agilizar la reactivación de equipos de empacado, con la finalidad de minimizar los tiempos muertos y aumentar la eficiencia de un equipo antes y después de una actividad de mantenimiento.

De esta manera se describen principios de investigación que dan soporte a beneficios directos sobre las actividades de mantenimiento, no realizados por la manipulación de las herramientas ni basados en la manipulación del operario, sino que se plantan en el sector de la estrategia y la clasificación, dejando una mejora en un sentido más básico y operación.

Este cambio se ha buscado implementar desde la observación y manejo de los inventarios, a través de la clasificación y análisis de las fallas, esto con el propósito de estandarizar las prácticas de planeación.

De igual manera se estarán diseñando herramientas que serán de soporte para el entendimiento y aterrizar el proyecto, ya la misma empresa cuenta con métodos específicos que han desarrollado con la intención de definir las fallas y categorizar las averías, sin embargo estos esquemas a veces están diseminados de manera no lineal, lo cual provoca un rompimiento de cadena de la información, estas herramientas pueden llegar a presentar un resultado parcial, y que tiende a ser presentado con fines de ilustrar números e índices concretos, en ocasiones dejando de lado los índices cualitativos que otorgan ventaja de historial y antecedentes a los operarios y técnicos.

A través de lo definido se busca la implementación de las herramientas que conectaran al desarrollo con la metodología, es decir encontraran los puntos de unión que haya revelado el estudio previo y las investigaciones existentes, y que puedan otorgar un panorama mayor a hacia la operación actual en planta.

Las herramientas desarrolladas obedecen a controles cualitativos que enriquezcan la metodología y puedan ilustrar información, que después sea planteada como básica para definición y clasificación de los materiales, y la planeación del inventario, se busca encontrar una relación cíclica entre el proceso y la gestión, que auxilie directamente al beneficio de la empresa, será un factor que propicie los inventarios saludables, definidos por criticidad y los artículos sean clasificados correctamente, se buscan un imagen que no sea únicamente numérica hacia el proceso, que busque impactar efectivamente y que asegure una producción constante y de calidad.

Los efectos se verán reflejados en la disponibilidad y eficiencia de los equipos, otorgando a través de las herramientas de información diseñadas, un record que adicione positivamente sobre la actividad del operario.

Se consigue a través de la implementación una mejora en el porcentaje de disponibilidad de un equipo, de esta manera la fiabilidad de la máquina impacta positivamente en el índice del área de empaque en relación con los correspondientes de la línea, sin embargo, sus posibilidades de desarrollo están unidas a la capacidad de inversión según el elemento que desee ser tomado en cuenta. De igual manera el tiempo de disposición no fue el suficiente para poder expresar la constancia de la metodología.

## **Discusión**

Se toman en cuenta las capacidades que tengan los operarios basados en el entrenamiento técnico, así como la capacitación que se proporciona con respecto a los productos es la de EGP (Especificaciones Globales de Procesos) donde se revisan o se tienen especificadas todas las condiciones operativas de calidad con las que se debe manejar el producto, se tienen el curso de TNA donde se les enseña la forma correcta de operar las máquinas empacadoras, Ishidas (pesadoras) para que puedan dar las cantidades adecuadas a los productos así como la forma de la bolsa.

Las necesidades de capacitación se evalúan de tres formas una de ellas es de las más sencillas, cuando el mismo cliente te pide reforzar sus conocimientos, la segunda manera es mediante la aplicación de exámenes, encuestas o evaluaciones, en las cuales uno detecta que las personas no tienen algunas habilidades o están teniendo problemas para realizar ciertas actividades, entonces se procede a aplicar el programa correspondiente. La tercera es cuando nosotros detectamos problemas en indicadores de negocio, cuando las personas tienen problemas en cuanto a calidad del producto o seguridad de este, del cual se procede a un plan de capacitación.

En planta Veracruz se programa el mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso, del cual se realiza una clasificación dependiendo de la línea a la que pertenecen, y se establece el tiempo de su mantenimiento dependiendo de la frecuencia en lo que la requiere, además en planta Veracruz en cada área donde se maneje un equipo que se relacione con el proceso, se programa el mantenimiento de dichos equipos.

Se debe contemplar una aprobación metódica de equipo para su uso.

Las acciones correctivas se documentan como es en el caso de que, si existen ajustes, o las inspecciones realizadas para la modificación de algunas partes para su mejoramiento o eficiencia.

Además, el diseño de las instalaciones permite hacer las operaciones de limpieza y mantenimiento apropiado de una forma práctica.

En este caso particular, ya que el proyecto se centra en el área de empaque y su producto terminado, el operario debe conocer los factores bajo los cuales se realiza la aprobación de un empaque, existe un sistema para manejar y controlar las especificaciones de empaque como es SIMAI, además de existir una documentación con referencia perteneciente al área de calidad.

Planta Veracruz establece un programa documentado de calibración de instrumentos de medición, el cual incluirá LAY OUT, bitácora por equipo e identificación en línea y establece estudios estadísticos que aseguren la confiabilidad de los instrumentos de medición y de los analistas, esto con el fin de asegurar los elementos y su funcionalidad correcta.

Se presentan también un Programa de Mantenimiento General de Edificio e Instalaciones, en este se llevan cabo actividades de mantenimiento productivo total por los equipos naturales de trabajo y se establece un Programa de Mantenimiento preventivo documentado. Además de establecer un Programa documentado de Auto inspección del mantenimiento.

Los elementos descritos serán de vital importancia para el soporte y desarrollo de los pasos a desarrollar durante el proyecto.

1. El diagnóstico inicial se obtiene de reporte confidencial manejado en planta, este es expuesto en las juntas de desempeño y presenta una relación de disponibilidad y desempeño.

Este paso se basó en un el estudio de desempeño que se realiza a las líneas de producción se define como área viable, la correspondiente a la del empackado de producto terminado, dentro de esta sección se pueden identificar 6 máquinas de empackado WUAP's, las cuales son de primera generación y que presentan un alto control de automatización, sin embargo se mantiene la existencia de un equipo de generación previa y con un funcionamiento diferente, el cual es sin embargo indispensable, basado en su estructura física así como en su funcionamiento para la producción de presentaciones específicas, de esta manera es seleccionada la maquina no. 52 de la línea CH de la planta y se miden sus características de acuerdo a los antecedentes de fiabilidad, a pesar de la brecha de funcionamiento y generación entre un equipo y el otro, se logran identificar elementos que comparten bajo los mismo esquemas y funcionalidad, la reducción de elementos se enlazo a las posibilidades de inversión y evitar un efecto contraproducente a la demanda anual del artículo seleccionado, sin rebasar el rango de solicitud e impactar solamente en la eficiencia.

CHEETOS	HRS PROG	HR TRAB	TM MTO	DISP.
TANQUE ACEITE	744	744	0	100.00
LIMPIEZA	684	684	0	100.00
EXTRUSORES	684	650	0.82	99.87
FREIDOR	684	671	0.49	99.93
SAZONADO	684	358.6	3	99.17
EMPAQUE	684	638	16.19	97.53
CONTROL	684	361.6	0	100.00
OTROS	684	361.6	0	100.00

Figura 3.1 Formato de disponibilidad por área de producción en línea

- Clasificación por la importancia, fue elemental para seleccionar la viabilidad del equipo. Su desarrollo fue básico a través de una herramienta de clasificación. Tras la selección del área se da un seguimiento de clasificación, este nos llevó a la elección de un elemento (codificador a calor de cinta sensible color negra) se presenta un estudio de fallos correspondientes a su desempeño, ya sea fallos repentinos como aquellos presentados tras actividades rutinarias de mantenimiento, y estudiar que se hizo antes y después de una avería el registro de causa raíz de la falla.

Figura 1.1 (anexos).

Elemento	Importancia de elemento	Rotacion
Codificador	100	Alta
Rango	1.0% - 100%	Alta- Media Baja

Figura 3.2 Tabla de clasificación de viabilidad

- Estudio de historial fue el soporte de la inversión, de esta manera se observó de manera sobria la inversión que se requería y la posibilidad de realizarla.

Una vez aterrizado y difundido el estudio del equipo se debe proceder a la implementación tras una actividad de mantenimiento, esto será definido por circunstancias y procedimientos básicos.

De igual manera la gestión de los stocks deberá ser indispensable para asegurar la constancia del ciclo de anticipación.

Esto se respalda tras la gestión del inventario.

Artículo	Demanda anual (piezas por línea)	En costo	Porcentaje de la inversión total	Porcentaje de valor del artículo
No. 1 Codificador	2	\$15,000	4%	2%

Figura 3.3 Tabla de porcentajes de demanda anual

- Verificación del equipo, es necesaria para declarar las condiciones del equipo antes de la manipulación, este registro alimentara directamente a observar el comportamiento de la máquina.

Se asegura esta sección a través de un simple proceso de seguimiento, bajo una herramienta de registro.

Lista de Verificación				
Departamento:			Fecha	
Línea / Sistema				
Verificar	Si	No	Responsable	Comentarios
	Se registra	Se registra		
Registrar las condiciones del "Antes"				
Registrar las condiciones del "Después"				
Causa de falla				
Acción requerida				

Figura 3.4 Lista de verificación de acción

Se propondrán medidas que eviten las fallas identificadas y las situaciones que las hayan generado, y su relación con la actividad raíz, ya sea un error del material o un error humano durante su proceso activo o posterior a una actividad de mantenimiento y/o condiciones específicas que hayan contribuido.

Se delimita auxiliado por el método AMEF, el análisis del modo y efectos de fallas, aplicado a los modos de proceso.

Tras identificar las posibles fallas y sus efectos, se documentarán los planes de acción, con una relación de gravedad, ocurrencia y detectabilidad.

Los resultados de posible falla de desempeño del personal, deben ser erradicados con capacitación.

Cuando se realice una actividad de mantenimiento, ya sea por mantenimiento correctivo (desgaste, rotura, fatiga, etc.) o programado deberá ser cambiado a la brevedad por otro en condiciones óptimas para la reactivación del equipo, y el elemento retirado deberá ser sometido a la observación y proceso de mantenimiento que requiera sin detener la producción y crear un ciclo constante de mantenimiento anticipado.

- Comportamiento, este se observará y se describirá directamente por los comentarios obtenidos por el operario, en reacción a las actividades realizadas.

Se realizará también un formato del inventariado de la tarea, para realizar una homogenización de la tarea, y agilizar los procesos posteriormente, clasificando también los riesgos y partes críticas del componente o proceso, en su primera columna se indicará el número de personas necesario para desarrollar la actividad.

En este formato se observarán las condiciones correspondientes al comportamiento durante la actividad, también será de un índice cualitativo.

PUESTOS	# PERSONAS	# TAREAS	COMPONENTE O PARTE CRÍTICA DE RIESGO	OBSERVACIONES
				Riesgos a la salud, equipo, instalaciones, proceso, ambiente, paro

Figura 3.5 Formato de comportamiento cualitativo

- Registro general será el punto de comparación con el ya existentes y adicional, la representación de este será ideal para mostrar los índices de mejora.

Se utilizarán distintos métodos de registro para la observación de las fallas para asegurar este paso.

El siguiente formato será utilizado para el registro tras el reporte de la falla, la sección correspondiente y se anexara tras la reactivación, una marca en la que se apruebe la característica de la columna “revisión de 10 bolsas en la liberación de la máquina”, este concepto será para en robustecer la información de la actividad con factores cualitativos, que pueda compartir el responsable del mantenimiento o reparación.

Será un formato adicional de soporte, que formará la imagen de la condición general que haya presentado el equipo.

línea: CHEETOS							COMENTARIOS
PRIORIDAD	EQUIPO	AREA	DEFECTO PRESENTADO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA EFECTUADA	RESPONSABLE	REVISION DE 10 BOLSAS Y LIBERACION DE MAQUINA	

Figura 3.6 Formato de registro

- Evaluación de tiempos, se tomará en cuenta para la estandarización de los tiempos, todas las actividades quedaran descritas por tipo de mantenimiento.

Se desarrolla para concluir este paso un formato para la contabilización del tiempo, se registrará la hora en que se inicie la actividad y se describirá a través de un código de color la disposición de cada tiempo.

línea: Cheetos		#####												COMETARIOS	
		#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####		
AREAS		9 HORAS													
PERSONAL EN TURNO:															

  

	TIEMPOS DE MANTENIMIENTO
	TIEMPOS DE SANITACION
	TIEMPOS DE PRUEBAS Y ARRANQUE

Figura 3.7 Formato soporte de definición de tiempos

Todos estos formatos serán de soporte para describir de manera cualitativa las características generales de los equipos, el formato de definición de tiempos sin embargo podrá ilustrar las tendencias cuantitativas que hayan sido necesarias para desempeñar las actividades de mantenimiento, pero de igual manera otorgaran comentarios afines a la realización.

Tras la obtención de la información se realizará un base de datos que resuma toda esta información, como las actividades son realizadas por diferentes técnicos se podrá encontrar diferentes perspectivas que enriquezcan la definición de los fallos y las actividades que pueden llevar a cabo su reactivación en el mejor tiempo posible.

A través de los índices que calidad haya observado se presentara una relación de criterio y clasificación.

Todos los procesos descritos anteriormente se diseñaron como soporte a los ya utilizados por el departamento de mantenimiento, ya definidos actualmente por la corporación en planta de producción.

- 8. En esta sección se desarrolla a través de los conocimientos de los operarios un listado de defectos que auxiliara de manera sencilla la descripción y causa de algunos defectos y problemáticas que se puedan hacer presente en las maquinarias.

Se busca diseñar una clasificación clara, en la cual se describirán por niveles los defectos, a través de las fallas, condiciones, lugares inaccesibles, fuentes de contaminación, defectos de calidad, componentes innecesarios y lugares inseguros, de estas clasificaciones se desglosaran problemas en específicos y las probables causas raíz que podrían afectar en la ejecución, bajo la directriz de esta tabla se podrán ubicar y clasificar de manera sencilla los defectos presentados, todo esto para homogenizar y estandarizar la generación de historial.

La tabla es el resultado de un estudio, diseñado por técnicos y para técnicos, el seguimiento debe de reflejar la experiencia que se vaya desarrollando a partir de la intervención en los equipos, la interacción con las maquinas sin seguimiento puntual, puede contribuir a cometer los mismos errores sino se conocen las condiciones bajo las cuales se haya realizado el mantenimiento.

En este formato encuentra el vínculo de defectos, clasificaciones y ejemplos típico.

Una maquina podrá tener un registro completo y un desarrollo de clasificación de fácil lectura.

Su estudio proveerá al operario una interacción veloz, enfocada y eficaz.



Figura 1.1 Formato de matriz FODA.

(Representación gráfica de la matriz FODA la cual describe los conceptos que analiza).

Defectos	Ejemplos
<b>1. Fallas Menores</b>	
Contaminación	Polvo, suciedad, talco, aceite, grasa, óxido, pintura
Daños	Agrietado, aplastado, deformado, astillado, doblado
Juego	Temboloroso, caído, excéntrico, distorsión, corrosión
Sueltos	Cadenas, cinturones
Fenómenos anormales	Ruido inusual, sobrecalentamiento, vibración, olores, decoloración, presión incorrecta
Adhesión	Bloqueo, endurecimiento, acumulación de basurilla, pelado, malfuncionamiento
<b>2. Condiciones Básicas</b>	
Lubricación	Insuficiente, sucio, no identificado, no adecuado o lubricante fugando
Suministro de Lubricante	Entradas de lubricante sucias, dañadas o deformadas, conductos de lubricante con falla
Indicadores de Nivel de Aceite	Sucio, dañado, con fuga, no hay indicación del nivel correcto
Apriete	Tuercas y tornillos sueltos, faltantes, trasroscados, largos, corroídos, aplastados, rondana no adecuada, tuercas de alas en el revés
<b>3. Lugares Inaccesibles</b>	
Limpieza	Construcción del equipo, cubiertas, distribución, espacio, estribos
Chequeo	Construcción, cubiertas, distribución, orientación y posición de instrumentos, marcación del rango operativo
Lubricación	Posición de la entrada de lubricante, altura, estribos, salida de lubricante, espacio
Apriete	Cubiertas, construcción, distribución, tamaño, estribos, espacio
Operación	Distribución del equipo, posición de válvulas, interruptores y palancas, estribos
Ajuste	Posición de medidores de presión, medidores de flujo, termómetros, sensores de vacío, sensores de humedad, etc.
<b>4. Fuentes de Contaminación</b>	
Producto	Fugas, derrames, escurrimientos, dispersiones, sobre flujo
Materias Primas	Fugas, derrames, escurrimientos, dispersiones, sobre-flujo
Lubricantes	Fugas, derrames y rezumados de fluidos hidráulicos, aceite, combustible, etc.
Gases	Fugas de aire comprimido, gases, vapores, emisiones de escapes, etc.
Líquidos	Fugas, derrames y rezumados de agua caliente o fría, producto semi-terminado, agua de enfriamiento, agua de desecho, etc.
Desechos	Rebabas, cortes, materiales de empaque, y producto fuera de especificaciones
Otros	Productos traídos por la gente, montacargas, etc. y que se infiltran a través de grietas en los edificios.
<b>5. Defectos de Calidad</b>	
Materias Extrañas	Inclusión y penetración de partículas de óxido, pedazos de alambre, insectos, etc.
Golpes	Goteo, sacudidas, colisiones, vibración
Humedad	Demasiado, poco, infiltración eliminación defectuosa
Tamaño del Grano	Defectos en fallas, separadores centrífugos, separadores de aire comprimido, etc.
Concentración	Calentamiento inadecuado, calentamiento, combinación, mezclado agitación, evaporación, etc.
Viscosidad	Calentamiento inadecuado, calentamiento, combinación, mezclado agitación, evaporación, etc.
<b>6. Componentes Innecesarios</b>	
Maquinaria	Bombas, ventiladores, compresores, columnas, tanques, etc.
Tubería	Tuberías, mangueras, ductos, válvulas, humidificadores, etc.
Instrumentos de Medición	Medidores de temperatura, presión, vacío, etc.
Equipo Eléctrico	Cableado, entubado, interruptores, fuentes de poder, enchufes, etc.
Cuños y Herramientas	Herramientas generales, herramientas de corte, cuños, moldes, troqueles, marcos,
Refacciones	Equipo en espera, refacciones, materiales auxiliares, material de stock, etc.
Reparaciones 'hechizas'	Cintas adhesiva, alambres, placas de metal, etc.
<b>7. Lugares Inseguros</b>	
Pisos	Disparejos, rampas, proyecciones, agrietado, pelado, usado (placas de acero)
Escalones	Demasiado inclinados, cubierta anti-derrapante pelada, corroído, sin barandal
Alumbrado	Oscuro, fuera de posición, cubiertas sucias ó rotas, no apropiadamente a pruebas de explosión.
Maquinaria Rotativa	Cubiertas movidas, caídas ó rotas, falta de equipo de paro de emergencia o de seguridad.
Equipo de Alzado	Cables, ganchos, frenos y otras partes de grúas y polipastos
Otros	Sustancias especiales, solventes, gases tóxicos, materiales aislantes, señales de peligro, ropa de protección, etc.

Figura 1.2 Formato de Tipos de defectos, clasificación y ejemplos.

## **Resultados**

Se logra alcanzar el 3% de disponibilidad adicional esperado tras la implementación del proyecto, tras la última revisión de junta de desempeño se realiza la comparación con el mes pasado, estos procesos son confidenciales pero están centrados en un estudio de comportamiento enfocado en la fiabilidad que presento el equipo, en la reducción de tiempos muertos y la calidad y servicio del producto entregado, se había observado un problemas de codificación al arranque del equipo por cuestiones de ajuste en el bloque de ejecución (codificador), sin embargo se ha reducido casi al 100% tras la aplicación de la metodología.

## **Conclusión y Trabajos Futuros**

Tomando en cuenta esta máquina y este equipo de codificación, se logra entregar un avance y un resultado visible, que, al estar al alcance de las expectativas inicialmente propuesta, se logra crear un enlace para su aplicación en otros elementos de la máquina y en su momento comprobar si es viable a otras máquinas y proceso, más allá del empacado.

Se continuará realizando el cambio de los bloques de codificación a través de la rotación entre maquinas, ya que pueden utilizar el mismo bloque de ejecución, no se pueden compartir fotos por las políticas de confidencialidad.

El estudio para desarrollar planes futuros con esta metodología debe ser de mayor profundidad, pudiendo llegar hasta antes de la adquisición, tomando en cuenta los factores que pudieran ayudar con la viabilidad del método.

En este momento se pretende crear un organigrama de prioridad y disponibilidad para encontrar los siguientes equipos candidatos en el intento serio de no abandonar la continuidad y prueba de la metodología y su futura mejora.

## Referencias

1. Carro, R., y González, D. **Universidad Nacional de mar del Plata**. Gestión de stocks. 2013.  
[http://nulan.mdp.edu.ar/1830/1/gestion\\_stock.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1830/1/gestion_stock.pdf);
2. Juan, A., y García, R. **UOC**. Tutorial de fiabilidad y sus aplicaciones en la ingeniería de las Telecomunicaciones. 2002.
3. [https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Fiab\\_1.pdf](https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Fiab_1.pdf)
4. Moreno, A. **Instituto Militar Aeronáutico “Capitán José Edmundo Sandoval”**. Doctrina del mantenimiento, mantenibilidad, fiabilidad y aplicación en equipos aeronáuticos. 2004.  
[https://www.researchgate.net/profile/Abelardo\\_Lemos/publication/281902723\\_Escuela\\_Post\\_grados\\_FAC/links/55fd7d2708aec948c4d15e64/Escuela-Post-gradados-FAC.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Abelardo_Lemos/publication/281902723_Escuela_Post_grados_FAC/links/55fd7d2708aec948c4d15e64/Escuela-Post-gradados-FAC.pdf?origin=publication_detail)
5. Bonilla, E. **Facultad de Ingeniería**. Énfasis en logística y cadena de abastecimiento. 2010.  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>
6. Lanza, E., **Petrotecnia**. Seguridad y mantenimiento predictivo. 2007.  
<http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/2007-4/Seguridad.pdf>