



## MODELO DE CONTRATACIÓN POR INCENTIVOS DE ACUERDO AL DESEMPEÑO

**Ing. William Murillo,**  
**rcmingeneria@rcmingeneria.com**

### OBJETIVO

El objetivo del modelo fue un caso de negocio Contratista-Cliente, para migrar de un sistema de contratación de costos fijos a un sistema de contratación variable, bajo un esquema de incentivos de acuerdo al desempeño, gestionado por sistemas funcionales (ABCosting) y asegurando el mejoramiento del desempeño de los sistemas funcionales.

- Centros de Generación y transmisión eléctrica
- Sistemas tratamiento e Inyección de agua
- Sistemas de compresión de gas
- Sistemas de procesos de fluidos en baterías
- Sistemas de levantamiento de fluidos
- Sistemas de transporte de fluidos (de pozos a baterías, de transferencia)

### FASES DEL PROYECTO

Para el proyecto se plantearon 7 fases de trabajo :

1. Conformación y alineación del equipo de trabajo.
2. Definición de los alcances de los sistemas productivos.
3. Identificación de las fuentes de información.
4. Análisis de desempeño histórico y levantamiento de la información.
5. Elaboración de un modelo operacional financiero.
6. Aspectos contractuales.
7. Aprobación por parte del cliente.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

#### **FASE 1: Conformar el equipo de trabajo y alinearlos con los objetivos del proyecto**

- Conformación de equipos independientes de la operación.
- Definición y divulgación de objetivos de cada fase del proyecto.
- Presentación de equipos y asignación de funciones.
- Presentación de estrategia al CLIENTE y otros del equipo de trabajo.
- Lograr compromiso y alinear expectativas con el CLIENTE.

#### **FASE 2 Definir el sistema en estudio, detallando los procesos que lo componen y las fronteras de los mismos:**

- Modelar los procesos que componen el sistema productivo.
- Realizar un inventario completo del sistema productivo, con el fin de determinar las capacidades del mismo.
- Análisis de los procesos puntuales de alto impacto (alta criticidad).
- Determinación de GAPS, alcance (fronteras) y limitaciones del proyecto.

**FASE 3: Identificar las fuentes y recopilar la información que permitan entender el comportamiento histórico de los sistemas productivos de Hocol.**

- Determinar el comportamiento histórico de las entradas y salidas de los sistemas.
- Determinar el comportamiento histórico en cuanto a la disponibilidad de los sistemas.
- Determinar las causas de las fallas y sus respectivas frecuencias de acuerdo al comportamiento histórico de los sistemas.
- Determinar las pérdidas históricas en producción, originadas a partir de las fallas en los sistemas.
- Determinar los costos totales de O&M en cada uno de los sistemas.
- Analizar el desempeño histórico en cuanto a la confiabilidad de los sistemas.

**FASE 4: Determinar, de acuerdo a su comportamiento histórico, el consumo / uso de aquellos recursos cuyas cuantías se pueden globalizar para un periodo determinado (mensual).**

- Determinar el consumo / uso, en un periodo determinado, de los siguientes elementos:
  - Transportes
  - Grasas y lubricantes
  - Combustibles
  - Consumibles varios
  - Repuestos y materiales para mantenimiento preventivo equipo rotativo
  - Servicios especializados predictivos CBM.
  - Reparaciones externas.
  - Activos fijos menores
- Elaborar la propuesta de operación y presentarla CLIENTE para su respectiva aprobación.

**FASE 5: Elaborar un modelo que permita migrar a un sistema de compensación variable, por incentivos.**

- Identificar las variables que intervienen en un sistema de compensación por incentivos.
- Determinar los rendimientos esperados de los sistemas, estableciendo metas reales de acuerdo a las condiciones de los mismos.
- Desarrollar un modelo financiero de costeo de los servicios.
- Desarrollar un modelo financiero de incentivos de acuerdo al desempeño de los sistemas. Se debe incluir la realización de una prueba piloto que permita validar y ajustar el modelo.

**FASE 6: Elaborar el otro sí del contrato donde se definan los aspectos contractuales relevantes para el nuevo modelo de compensación.**

- Definir el modelo del negocio y su alcance.
- Definir el alcance contractual del servicio.
- Definir las responsabilidades / obligaciones de las partes.
- Elaborar el otro sí preliminar

**FASE 7: Legalizar el otro sí al contrato que cumpla con las expectativas de las partes involucradas.**

- Presentar el otro sí a los comités internos del CLIENTE
- Realizar los ajustes necesarios en el otro sí, con el fin de satisfacer las expectativas de las partes.
- Lograr la aprobación del otro sí por parte de los comités designados por el CLIENTE.
- Legalizar el otro sí.

**CONTROL DEL PROCESO**

- Revisión avance general cronograma.
- Análisis de Desviaciones presentadas.
- Evaluación de entregables mes pasado.
- Revisión objetivos y metas mes siguiente

## DESARROLLO DEL MODELO

El modelo analizó la confiabilidad, las restricciones, los límites de los procesos funcionales, la criticidad (FMECA) de sistemas y equipos, la disponibilidad, los flujos de caja, el MTBF y las variables de proceso para cada uno de los sistemas.

Con toda esta información en periodos de 1 a 4 años de históricos se obtuvo modelos de tarifa variable con incentivos, bonificaciones, penalizaciones, participación en las pérdidas de producción, generación de energía e inyección de agua.

## PREPARACION DE UN MODELO DE COMPENSACION VARIABLE

### Alcance del sistema:

El sistema incluye la planta de inyección de agua y las líneas de inyección de agua a los pozos.

### Descripción del proceso:

El propósito del sistema de inyección de agua y líneas de inyección, es tratar las aguas de producción con el fin de reducir su contenido de aceite (crudo) y sólidos a niveles permitidos y conseguir la inyección de agua al yacimiento.

### Criticidad del sistema

Los equipos críticos para mantener la operabilidad del sistema de inyección de agua son las bombas de la Inyección Principal. La mayoría de las paradas de la planta en los 2 últimos años se presentaron por fallas en el suministro de energía eléctrica, constituyéndose éste en el evento dominante en las paradas no programadas.

El análisis de Criticidad de acuerdo con el estándar FMECA Failure Mode Effects and Criticality Analysis STD MIL 1629 A [3] ) es el siguiente:

EQUIPOS PIA Monal	PROBABILIDAD DE FALLA	EFEECTO	CRITICIDAD
B. Booster #1	REMOTA	D	1
B. Booster #2	REMOTA	D	1
B. Booster #3	REMOTA	D	1
B. Booster #4	EXTREMO	A	12
B. Booster #5	REMOTA	D	3
Bomba lny #1(motor elect 500hp)	MUY BAJA	A	6
Bomba lny #2(motor elect 500hp)	MUY BAJA	B	5
Bomba lny #3(motor elect 500hp)	MUY BAJA	B	5
Bomba lny #4(motor elect 500hp)	MUY BAJA	B	5
Bomba lny #5(motor elect 500hp)	EXTREMO	D	12
Bomba lny #6(motor elect 500hp)	BAJA	B	5
Bomba lny #7(motor elect 500hp)	MUY BAJA	B	5
Bomba lny #8(motor elect 500hp)	MUY BAJA	B	5
Bomba lny #9(motor elect 500hp)	EXTREMO	A	12
Bomba lny #10(motor elect 500hp)	MUY BAJA	C	6

**Nota:** F de S: fuera de servicio

### Disponibilidad del sistema

La disponibilidad del sistema durante el año 2003 (94.89%), la cual está basada en la disponibilidad de las bombas de inyección y se mide bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad /máquina} = \frac{\text{Horas Mes} - \text{Horas de Manto} - \text{Horas de fallas}}{\text{Horas Mes}}$$

$$\text{Disponibilidad sistema} = \frac{\sum(\text{Disponibilidad / máquina})}{\text{No de máquinas sistema}}$$

### Redundancia de equipos

A continuación se muestra la redundancia de los equipos que componen el sistema:

Servicio	Total bombas	Bombas auxiliares (Standby)	Redundancia	Capacidad bombeo (1) BPD
Bombeo a filtros	8	2	25 %	124000
Inyección de agua a pozos	10	2	20 %	135000
Retrolavado de filtros	4	2	50 %	15700

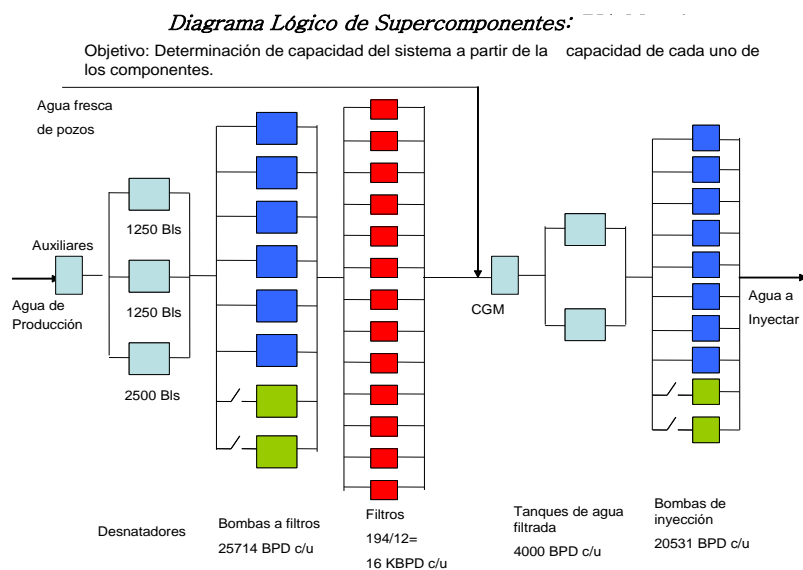
(1) Suma de la capacidad de las bombas que operan.

### Confiabilidad

Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. Matemáticamente, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas[1].

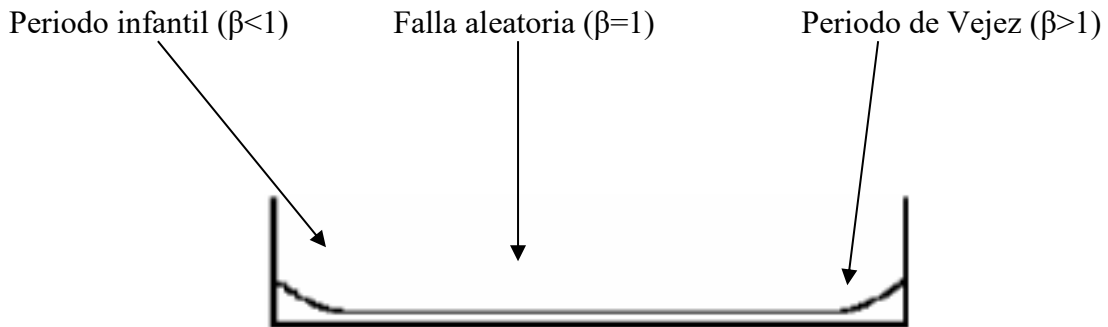
*Diagrama de Bloques de Confiabilidad:* Es una representación gráfica que muestra cómo la confiabilidad de cada componente de un sistema interactúan entre sí. Este tipo de diagramas muestra una conexión lógica donde hay entradas, salidas y varios procesos físicos identificados como bloques, los cuales conforman los componentes del sistema[2].

Para este caso, de acuerdo con el histórico de tiempos entre fallas del año 2003 y con un paquete de software (SuperSMITH Weibull) se modela la distribución de probabilidad de fallas (distribución de vida) de cada uno de los componentes del sistema, organizados como se muestra en la figura siguiente:



Con la distribución de probabilidad de fallas y la configuración del sistema, se modela la confiabilidad del sistema completo, a través de simulaciones estadísticas (Montecarlo, Crystal Ball), que dan la distribución de probabilidad de falla del sistema; ésta se caracteriza por cuatro datos claves: los parámetros de forma y escala de la distribución de vida, su valor medio (tiempo promedio entre fallas MTBF) y la tasa de fallas (failure rate= 1/ MTBF).

Al parámetro  $\beta$  se le denomina parámetro de forma y a  $\alpha$  se le denomina parámetro de escala. Si se graficara la función  $h(t)$  se tiene la conocida curva de la bañera (“Bathub curve”) que se muestra a continuación.



### Costos de Confiabilidad

Conocidos estos datos del comportamiento estadístico del sistema y con la información histórica de costos de horas-hombre y de repuestos de mantenimiento, se realiza un análisis económico de sensibilidad al número de fallas de acuerdo a los resultados técnicos de las distribuciones de vida de los sistemas y de sus componentes.

Este análisis busca mostrar el riesgo que tiene la formulación y cuantificación de los modelos históricos de operación y mantenimiento. Los resultados relacionados con este tipo de análisis, presentan un **Escenario Escogido**, el cual está protegido contra variaciones de las pérdidas o contra un aumento considerable del número de fallas.

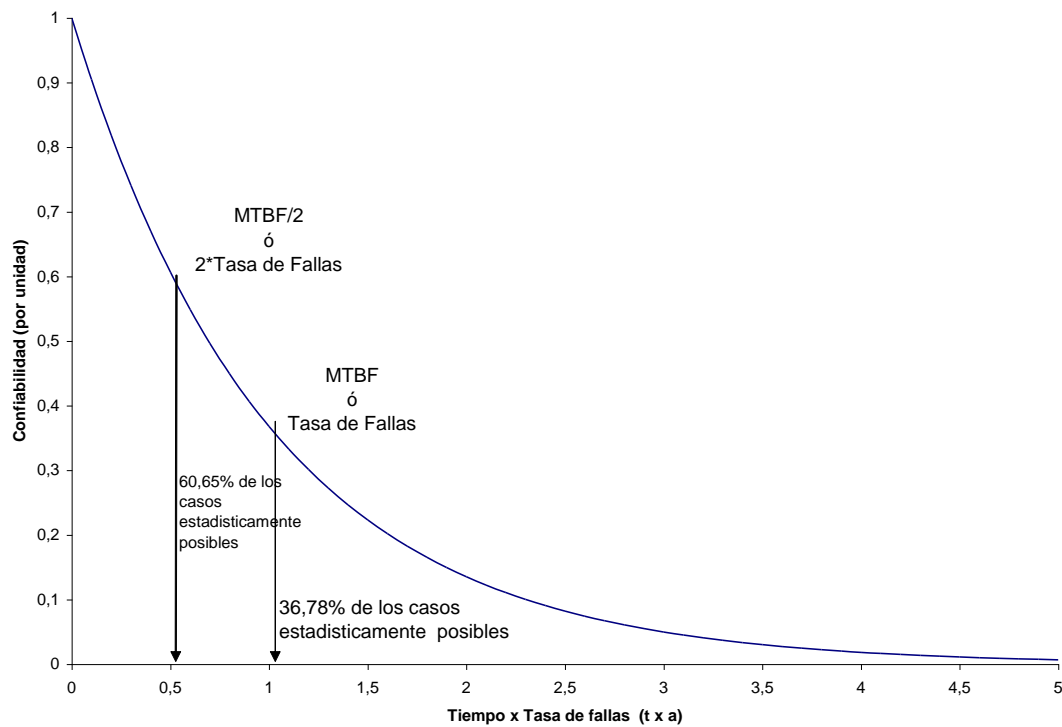
En este estudio se tomaron los componentes de mantenimiento correctivo y se calcularon por falla, así como los componentes de costos de mantenimiento preventivo y se dividieron entre el número de intervenciones hechas a cada componente del sistema.

Con el número de fallas promedio por año, se calculó un costo estimado de mantenimiento por año y por unidad de producción entregada, de la siguiente forma:

$$\text{Costo de Mantenimiento / año} = (\text{Costo de MTTO preventivo} / \# \text{intervenciones}) \times \# \text{intervenciones} / \text{año} + (\text{Costo de MTTO correctivo} / \# \text{falla}) \times \# \text{fallas} / \text{año}$$

$$\frac{(\text{Costo de Mantenimiento} / \text{año})}{(\text{Barriles de Agua inyectados} / \text{año})} = \text{Costo de Mantenimiento} / \text{Barril de agua inyectada}$$

### Cubrimiento de riesgo estadístico en los Costos de HH y Repuestos de Mantenimiento



### Modelo de costos

El modelo de los costos incluye la descripción de cada uno de los elementos que integran la estructura de costos del sistema y la cuantificación de aquellos costos relacionados con las actividades específicas.

El modelo obedece una ecuación del tipo:  $\text{Costos Totales} = M \cdot X + B$

En donde:

X = cantidad de agua inyectada

M = coeficiente de costos variables (función de la cantidad de agua inyectada).

B = costos fijos

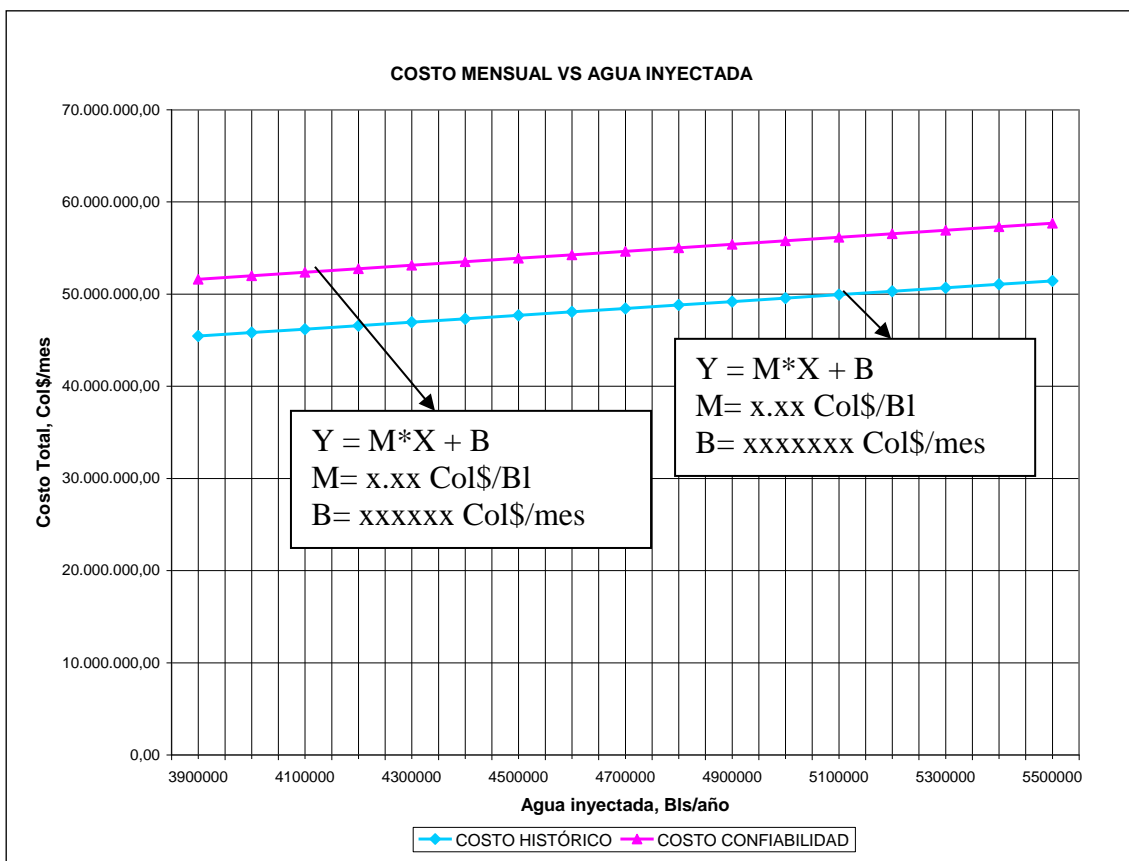
El coeficiente M es el resultante de la suma de todos los valores unitarios de los diferentes costos variables involucrados. Está constituido por el suministro de repuestos para mantenimiento correctivo, calibración de instrumentos, servicios de ingeniería, químicos y reparaciones externos.

El valor B es el resultante de la suma global de todos los costos fijos involucrados. Está constituido por el servicio básico de operación y de mantenimiento (incluye personal, herramientas y equipos), repuestos de mantenimiento preventivo, consumibles para actividades de mantenimiento, combustibles para pruebas de equipos, lubricantes, transporte pesado y servicios de mantenimiento predictivo (servicios de alineaciones, análisis de vibraciones, balanceos y SPM).

La variable X será determinada de acuerdo con los barriles inyectados en cabeza de pozo inyector de agua.

Los márgenes de confiabilidad del sistema se emplearán en caso de presentarse variaciones significativas en las actividades de mantenimiento correctivo. Este margen se calculó con base en el histórico suministrado de Horas-hombre de mantenimiento, a partir del cual se obtuvieron unas probabilidades de falla del sistema de inyección de agua y se estimaron unos márgenes de

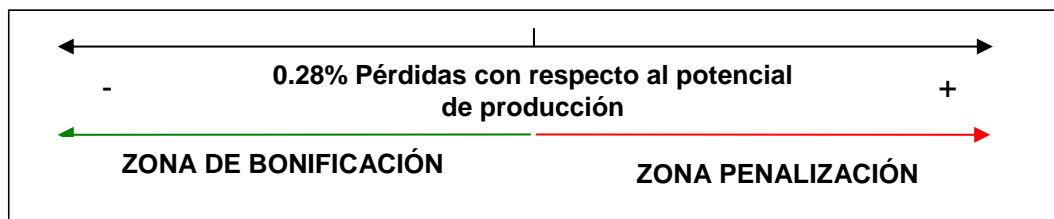
costo en los suministros de mantenimiento tales como: Consumibles, Químicos e insumos de mantenimiento, Repuestos de mantenimiento correctivo y Servicio básico de mantenimiento.



Valor Factura Mensual =  $x.xx * (\text{Barriles de Agua Inyectados en el mes}) + xxxxxxxx$

**Bonificaciones y penalizaciones**

Los Incentivos (bonificaciones y penalizaciones), el un sistema basado en desempeño consistirá en tener una participación en las pérdidas de producción a partir de un punto de referencia (ejemplo 0.28% de pérdidas con respecto al potencial de producción, el cual ha sido el promedio de pérdidas entre enero 2003 y agosto 2004).



El incentivo aplicará siempre y cuando se hayan cumplido todos y cada uno de los siguientes requerimientos de HSE y de desempeño operacional durante el semestre que se evalúa:

- LTIF <= 1 medidos semestralmente
- Cero eventos ambientales mayores a nivel 4
- Cero NQE's sociales.
- Backlog de mantenimiento menor a 10 días calendario promedio de órdenes de trabajo mensual.

La formulación del incentivo es la siguiente:

Bonificación o Penalización = Barriles ahorrados \* % Participación \* % WTI

## FACTORES DE ÉXITO

1. Entendimiento de la mecánica del nuevo contrato.
  - Conocimiento de las Fronteras de los Sistemas Funcionales.
  - Clasificación cuidadosa y precisa de la Información.
2. Optimización en el uso de recursos para lograr ahorros con respecto a las Líneas Base de Referencia.
3. Obtener el máximo beneficio a partir de las rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo, para evitar la ocurrencia de servicios correctivos. La reducción de correctivos contribuye al ahorro y a la disminución de pérdidas de producción.
4. CERO daños mayores, LTIF, eventos ambientales, NQE's sociales y manejo acertado del backlog por medio de una adecuada planeación.
5. Proactividad en la búsqueda de la máxima eficiencia operacional.
6. Participación de los empleados en las bonificaciones obtenidas a partir del desempeño de cada sistema.

## CONCLUSIONES

Esta metodología es una nueva forma de administrar una nueva mecánica de contratos y optimización en el uso de recursos para lograr ahorros en la operación y mantenimiento, obteniendo el máximo beneficio a partir de las rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo, para evitar la ocurrencia de servicios correctivos y pro actividad en la búsqueda de la máxima eficiencia operacional, basada en el desempeño de los sistemas.

Este modelo actualmente se encuentra en aplicación y tiene una revisión mensual y semestralmente se mira el comportamiento de los costos para determinar que tan desviado se encuentra o si esta ajustado al modelo real del sistema. Con la aplicación del modelo se integro al trabajador en nuevos compromisos y motivaciones de operación y mantenimiento, donde los incentivos económicos entran a ser parte fundamental de su desempeño en el rol laboral para cada uno de los sistemas donde el participa, participando en mejoramientos y nuevas formas de O&M de los sistemas para que no pierdan su función principal.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] [http://www.solomantenimiento.com/m\\_confiabilidad\\_crm.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm)
- [2] O' CONNOR, PATRICK. Practical Reliability Engineering, John Wiley & Sons
- [3] MIL-STD-1629A. Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis - Revision A.
- [4] The new Weibull handbook 4th by R. B. Abernethy. 1996.