

“COMO HACER...”

APRENDE NUEVAS Y ÚTILES HERRAMIENTAS, MÉTODOS Y TÉCNICAS.

Adolfo Casilla Vargas
CMC MÉXICO, 2022



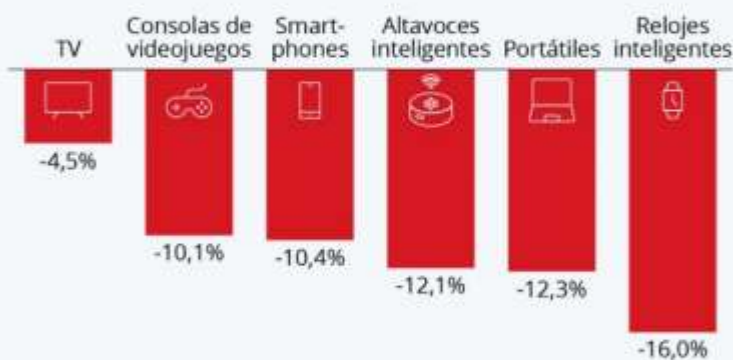
CÁLCULO DEL TIEMPO OPTIMO DE REEMPLAZO EN SISTEMAS REPARABLES APLICADO A FLOTA DE EQUIPOS

ADOLFO CASILLA VARGAS

Ing. Mecánico / cigamperu@Gmail.com

El impacto del coronavirus en la industria tecnológica

Efecto del CODIV-19 en los envíos mundiales de productos tecnológicos en el T1 2020*



* Estimación. En el caso de los smartphones se refiere a la producción.

Fuente: TrendForce



statista

Cómo está afectando a las principales empresas de la industria del automóvil la guerra



Fuente: UBS

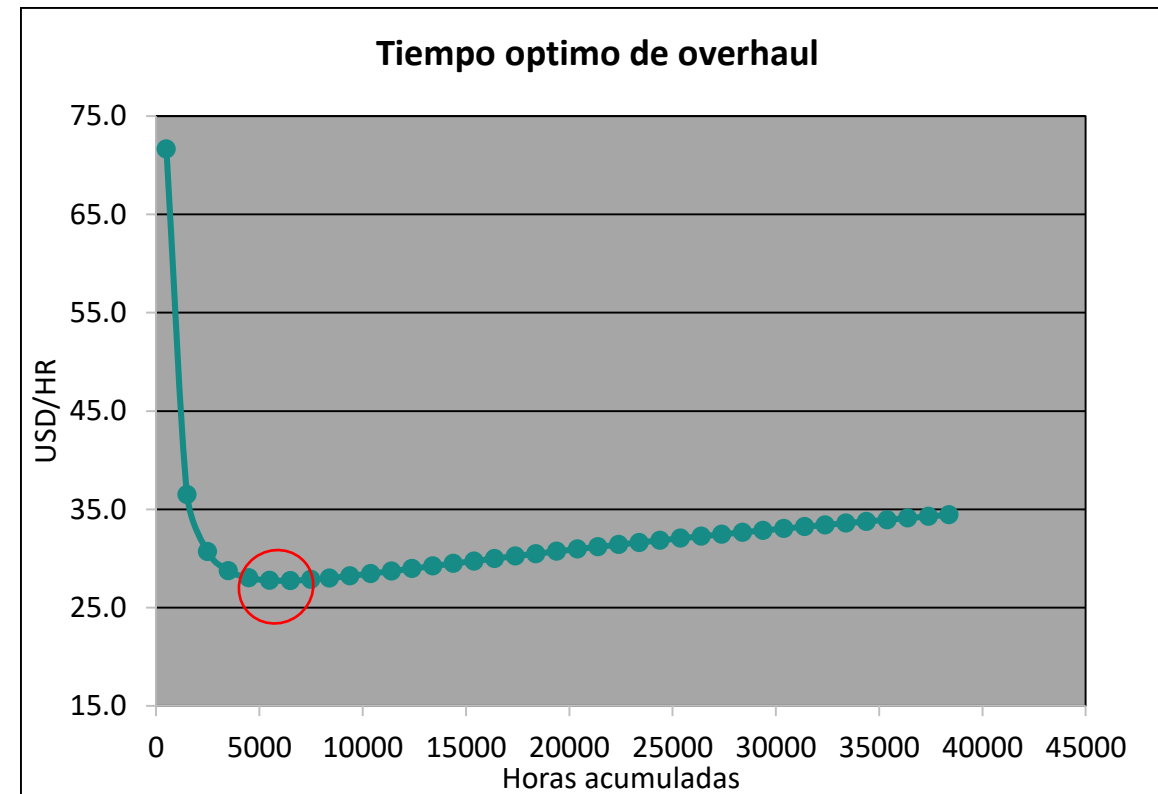
BELÉN TRINCADO / CINCO DÍAS



Fuente1: <https://es.statista.com/grafico/20910/impacto-del-codiv-19-en-los-envios-de-productos-tecnologicos/>

Fuente 2: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/03/07/companias/1646675781_887623.html



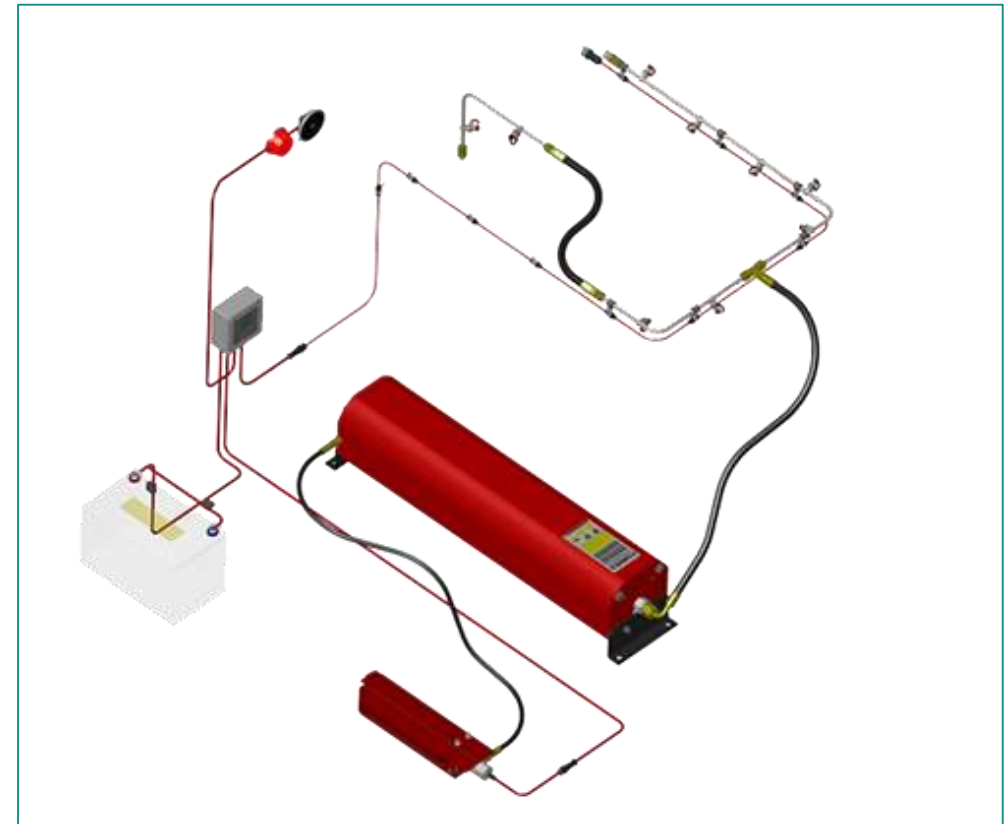




¿CÓMO CALCULAR LA FRECUENCIA OPTIMA DE OVERHAUL PARA UN SISTEMA O FLOTA DE SISTEMAS REPARABLES?

¿QUÉ ES UN SISTEMA REPARABLE?

Un sistema reparable son todos aquellos sistemas que son sometidos a reparación luego de cada falla.

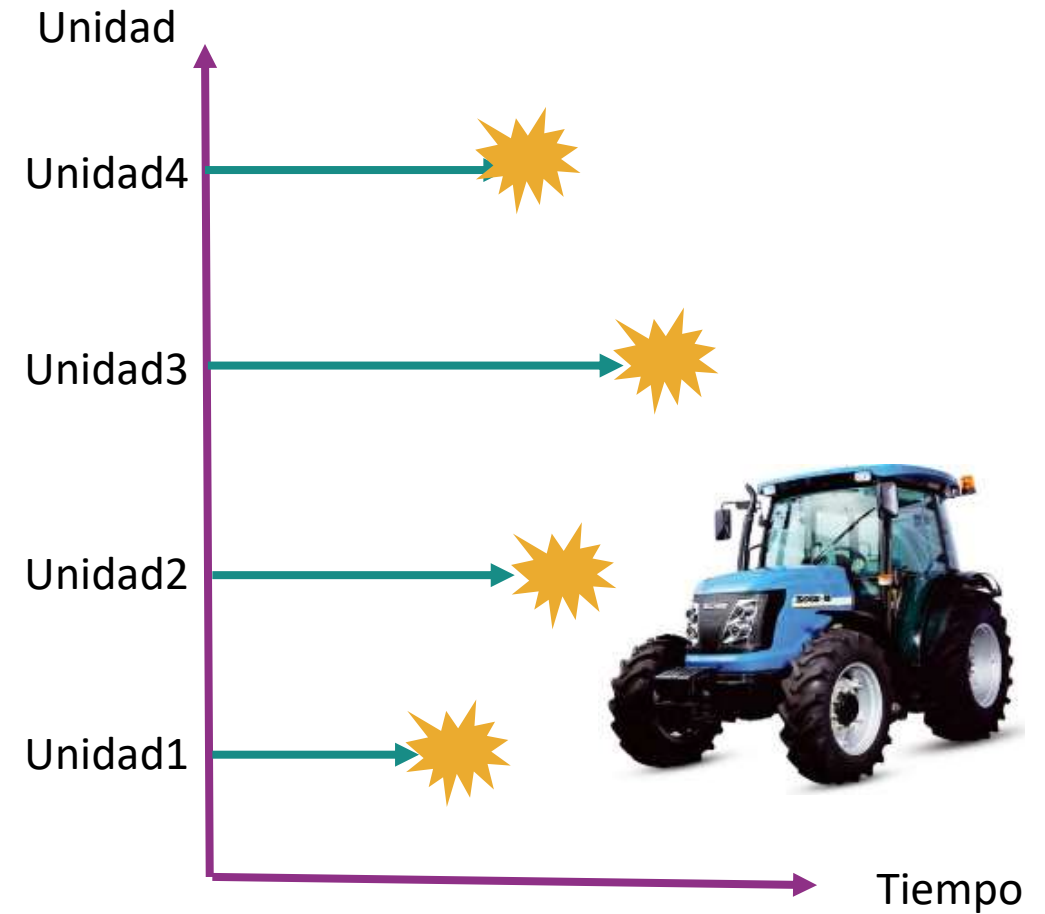


TIPOS DE INTERVENCIONES EN SISTEMAS REPARABLES

Intervenciones Perfectas

“Luego de la intervención el sistema reparable queda tan bueno como nuevo”

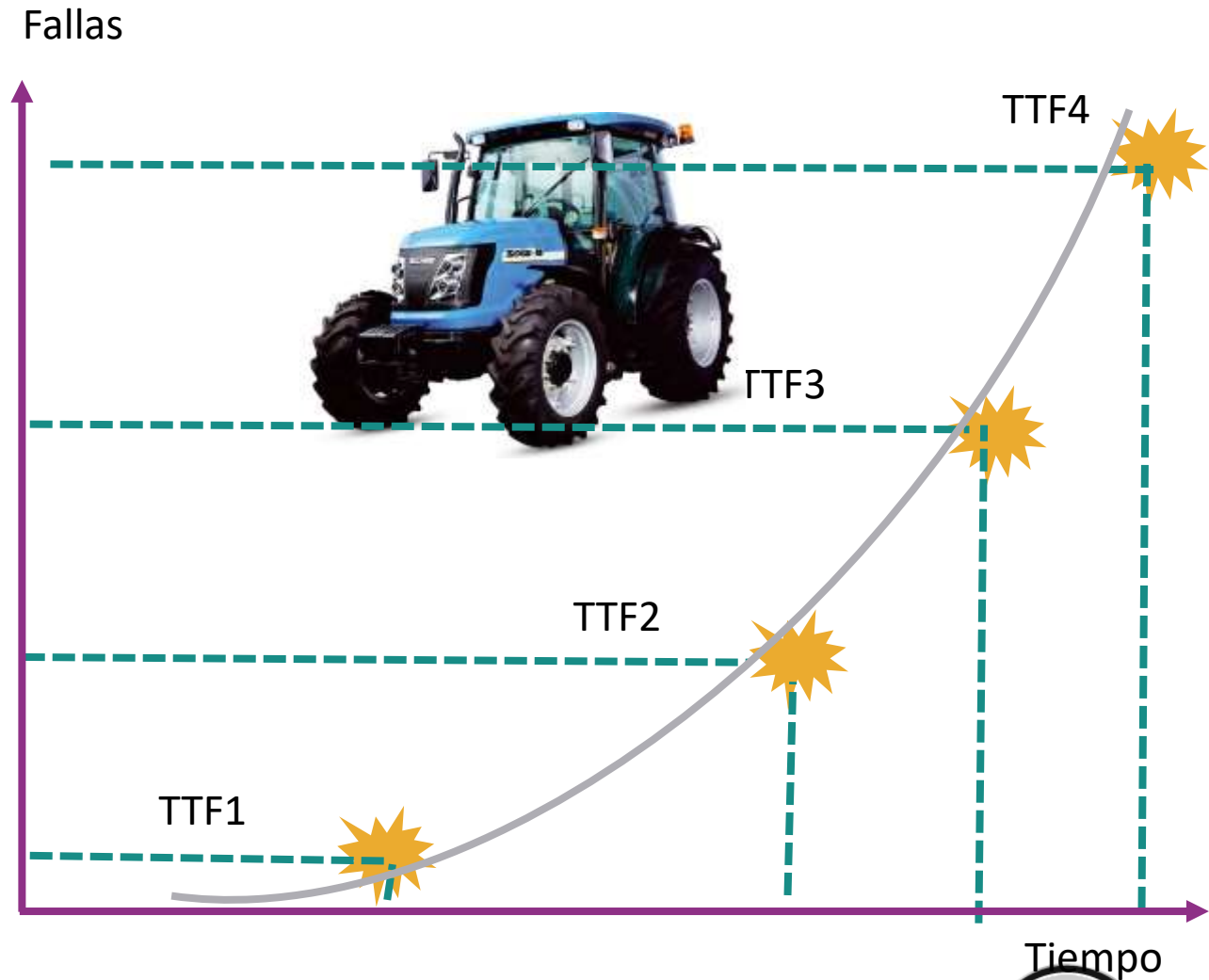
Modelo de Weibull



Intervenciones Mínimas

“Luego de la intervención el sistema reparable queda tan bueno como antes de fallar”

Modelo de Crow Amsaa



MODELO DE CROW AMSAA

Función intensidad de fallas

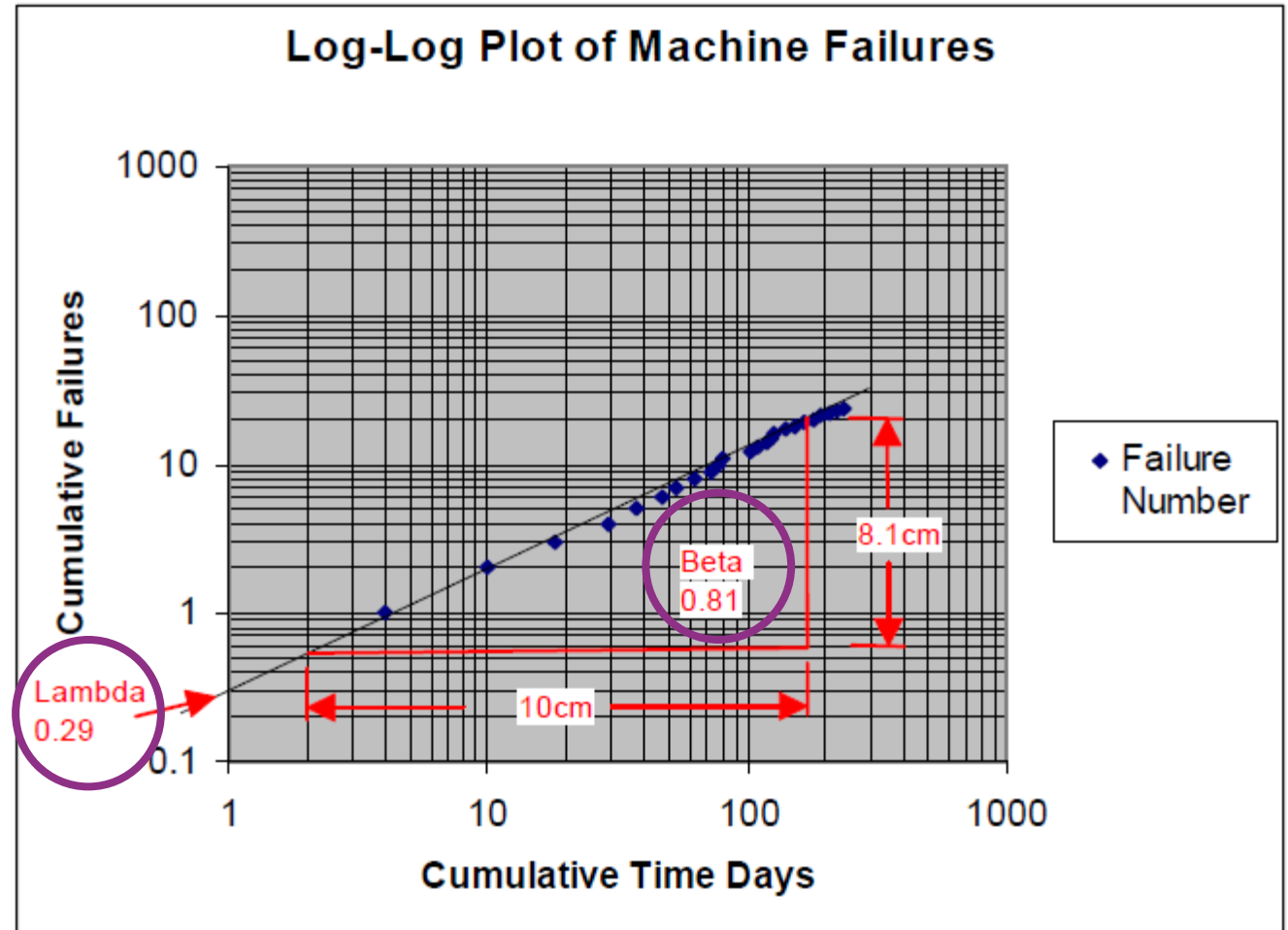
$$\rho(t) = \lambda \beta t^{\beta-1}$$

Donde $\lambda > 0, \beta > 0, t > 0$

Número esperado de fallas

$$W(t) = \lambda T^{\beta}$$

$$\ln(W(t)) = \ln\lambda + \beta \ln T$$



Cálculo de Parámetros por ML:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{j=1}^K N(T_j)}{\hat{\lambda} \sum_{j=1}^K (T_j^{\hat{\beta}} \ln T_j) - \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{N(T_j)} \ln X_{i,j}}, \quad \hat{\lambda} = \frac{\sum_{j=1}^K N(T_j)}{\sum_{j=1}^K (T_j^{\hat{\beta}})},$$

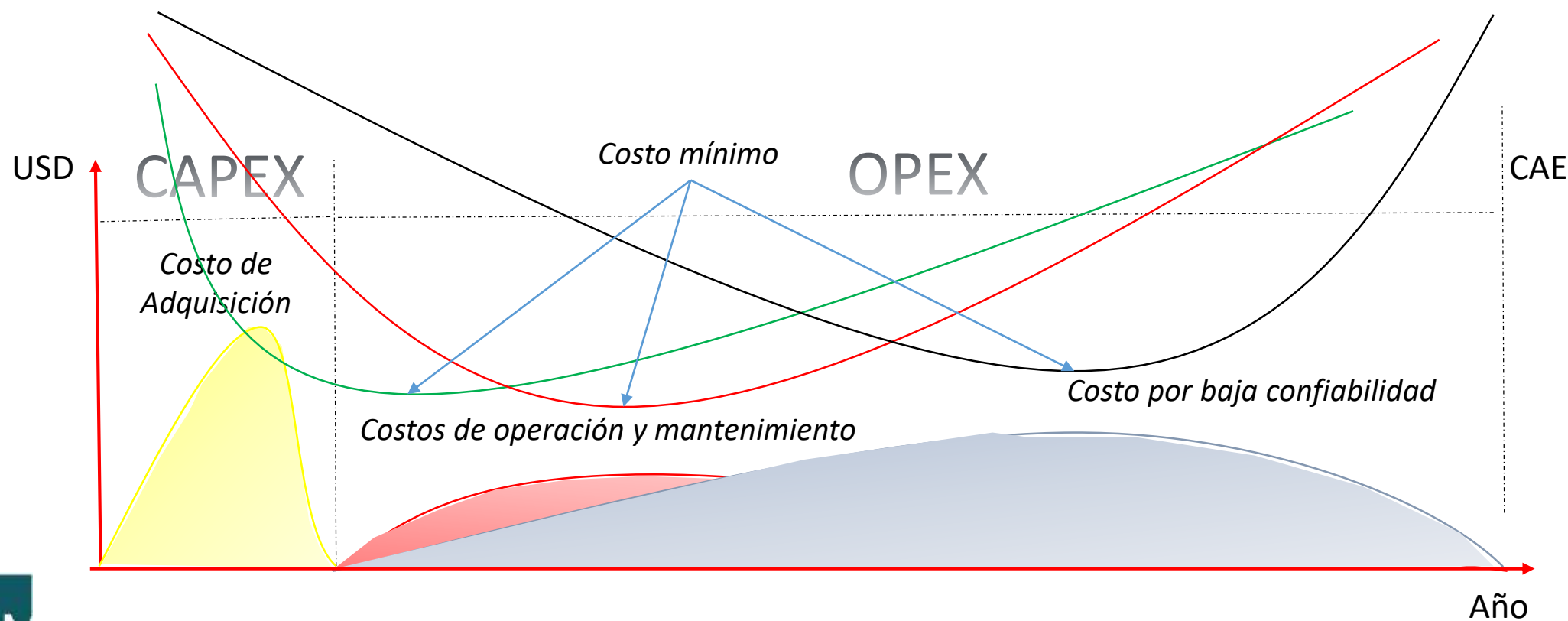
Donde :

- k : tamaño de la flota
- T_j : tiempo último de falla
- X_{ij} : tiempos acumulados de fallas
- N_j : números de fallas por sistemas

β	λ	MTBF	Confiabilidad
> 1	Creciente	Decreciente	Degradación
< 1	Decreciente	Creciente	Crecimiento
$= 1$	Constante	Constante	Ni bueno, ni malo

CÁLCULO DEL TIEMPO OPTIMO DE REEMPLAZO U OVERHAUL

CICLO DE VIDA ECONÓMICO DE UN ACTIVO FÍSICO



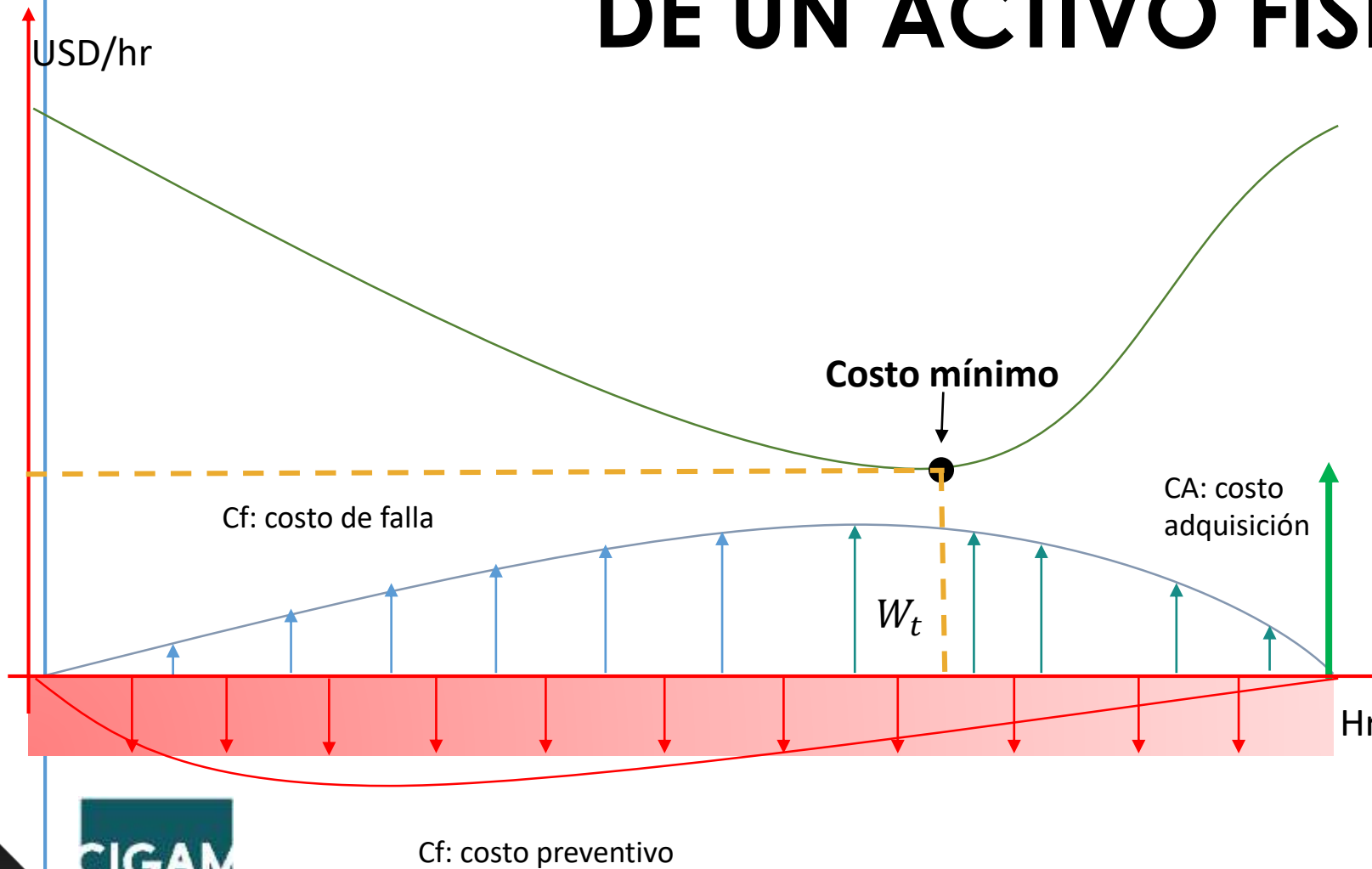
CICLO DE VIDA ECONÓMICO DE UN ACTIVO FÍSICO

W_t Número de fallas

$$C_{opt} = \frac{C_A + C_f * W_t}{t} + \frac{C_p}{S}$$

$$\Rightarrow t_{opt} = f_{t,C,\lambda,\beta}$$

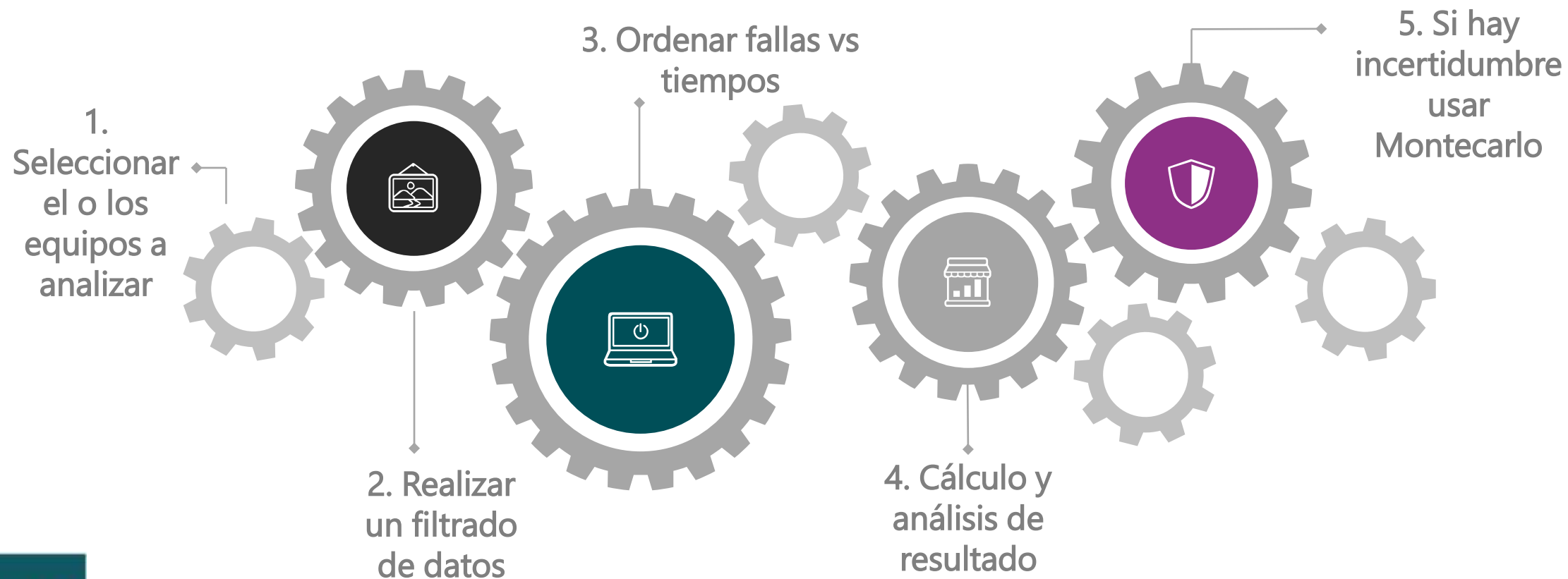
$$C_{opt} = \left[\frac{C_A}{\lambda(\beta - 1)C_f} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$



**NO NOS ENFOQUEMOS
EN EL RESULTADO SINO
EN EL PORQUE DEL
RESULTADO**

APLICACIÓN EN EL CÁLCULO DEL TIEMPO OPTIMO DE OVERHAUL DE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS DE UNA PALA HIDRÁULICA HITACHI

Pasos para realizar un análisis correcto



PASO1: SELECCIÓN DEL EQUIPO

Equipo: Pala hidráulica

Marca: Hitachi

Modelo: EX5600-6

Flota: 04

Sistema a analizar: Sistema
contraincendio

Marca: AFEX



PASO2: FILTRADO DE DATOS

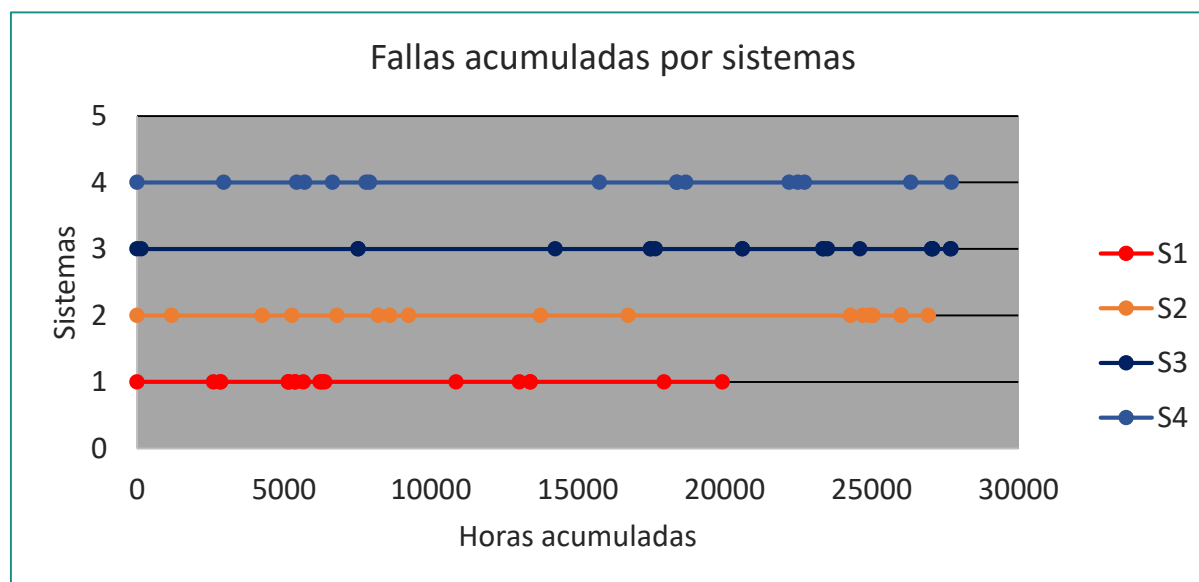
Equipo	Fecha	Hora	Duracion	Estado	Cod.	Categoria	Razon
SH005	23-Ene-19	22:31:16	01:01:14	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH005	22-May-19	19:00:00	02:16:36	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH005	24-May-19	20:23:32	01:19:27	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH005	30-May-19	22:05:30	01:05:44	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH007	27-Ene-19	20:02:42	01:43:03	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH007	13-Feb-19	22:45:23	00:13:01	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH007	2-Mar-19	08:50:16	01:43:56	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH007	1-Jun-19	22:02:21	00:02:58	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH007	22-Jun-19	13:58:55	00:12:34	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH008	22-Ene-19	19:00:00	00:24:41	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH008	1-May-19	18:53:12	02:11:25	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH008	7-May-19	05:05:52	03:55:09	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH008	21-Jul-19	09:08:51	00:32:40	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH008	21-Jul-19	09:42:50	00:41:33	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH009	29-Ene-19	18:32:14	01:58:43	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH009	17-Jun-19	22:13:52	00:20:11	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH009	14-Jul-19	03:54:39	01:50:24	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH009	15-Jul-19	19:02:55	01:17:17	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA
SH010	11-Ago-19	10:41:14	00:10:17	Det.Equi	901	Det. Equipo No Program	MANTENIMIENTO NO PROGRAMA

PASO3: ORDENAR FALLAS VS TIEMPOS

It	S1	S2	S3	S4
1	2599	1173	138	2944
2	2828	4255	7521	5428
3	2851	5266	7521	5704
4	5151	6807	14237	6647
5	5150	8210	17480	7797
6	5173	8601	17480	7912
7	5380	9245	17641	15731
8	5380	13730	20608	18376
9	5656	16720	20607	18376
10	6231	24287	23343	18675
11	6300	24700	23366	22194
12	6392	24953	23504	22493
13	10854	24999	24608	22723
14	13016	25045	27045	26334
15	13384	26011	27068	27714
16	13384	26011	27090	
17	17937	26011	27688	
18	19915	26930	27711	

PASO 4: Cálculo de los parámetros usando el programa de cálculo y cálculo de los costos por falla:

β	1.21
λ	8.1761E-05



Costo overhaul	\$	29,000.0
----------------	----	----------

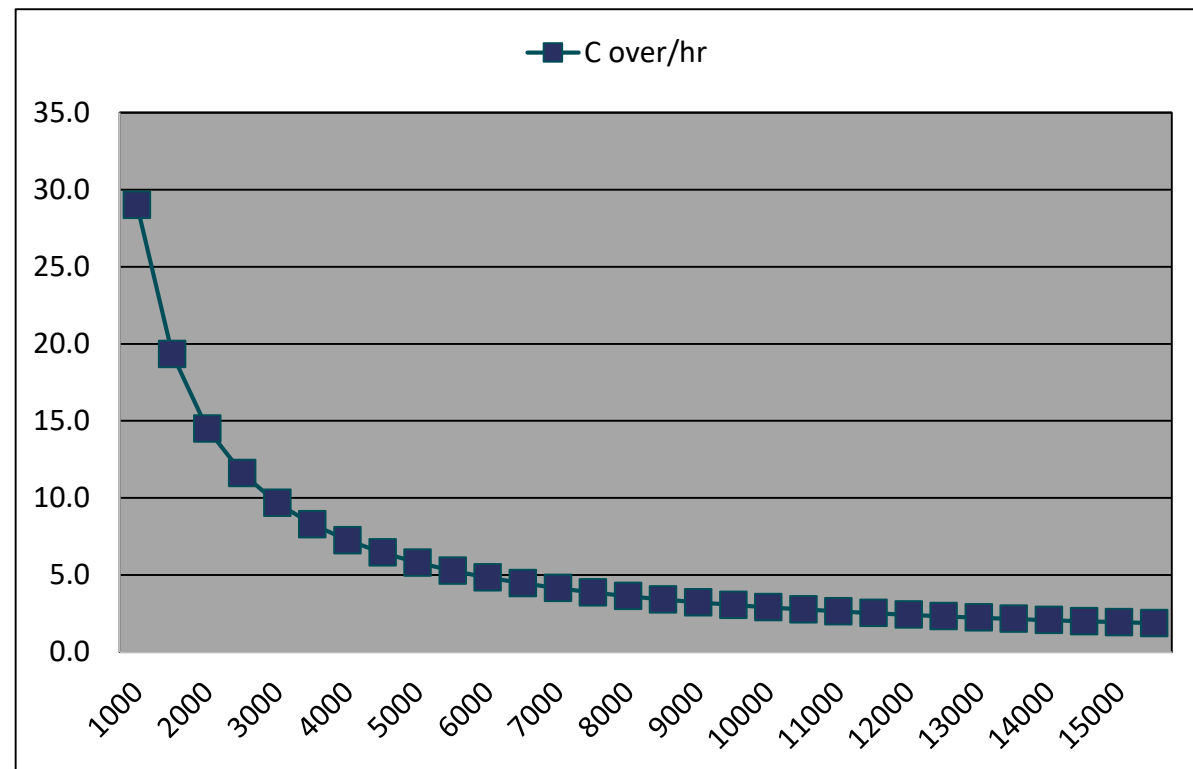
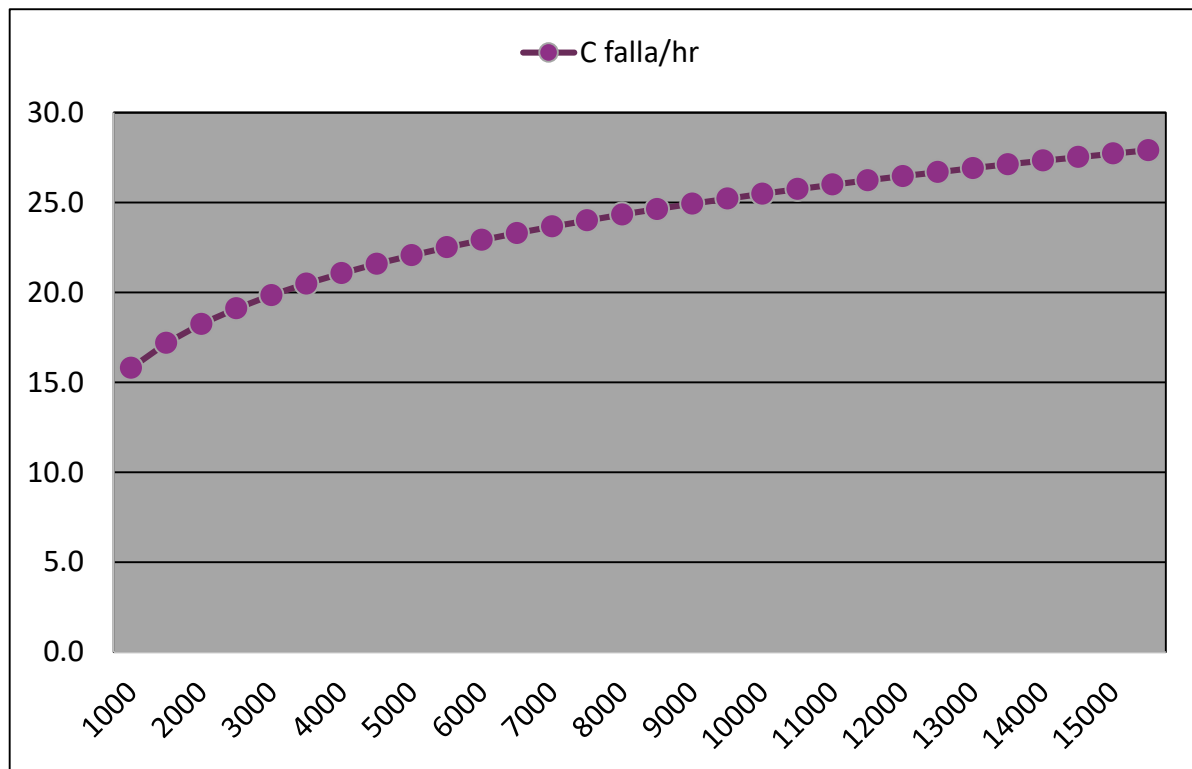
Tiempo para reparar hr		
TTR		3.19

Costo por falla usd/hr		
Cf usd/hr		300

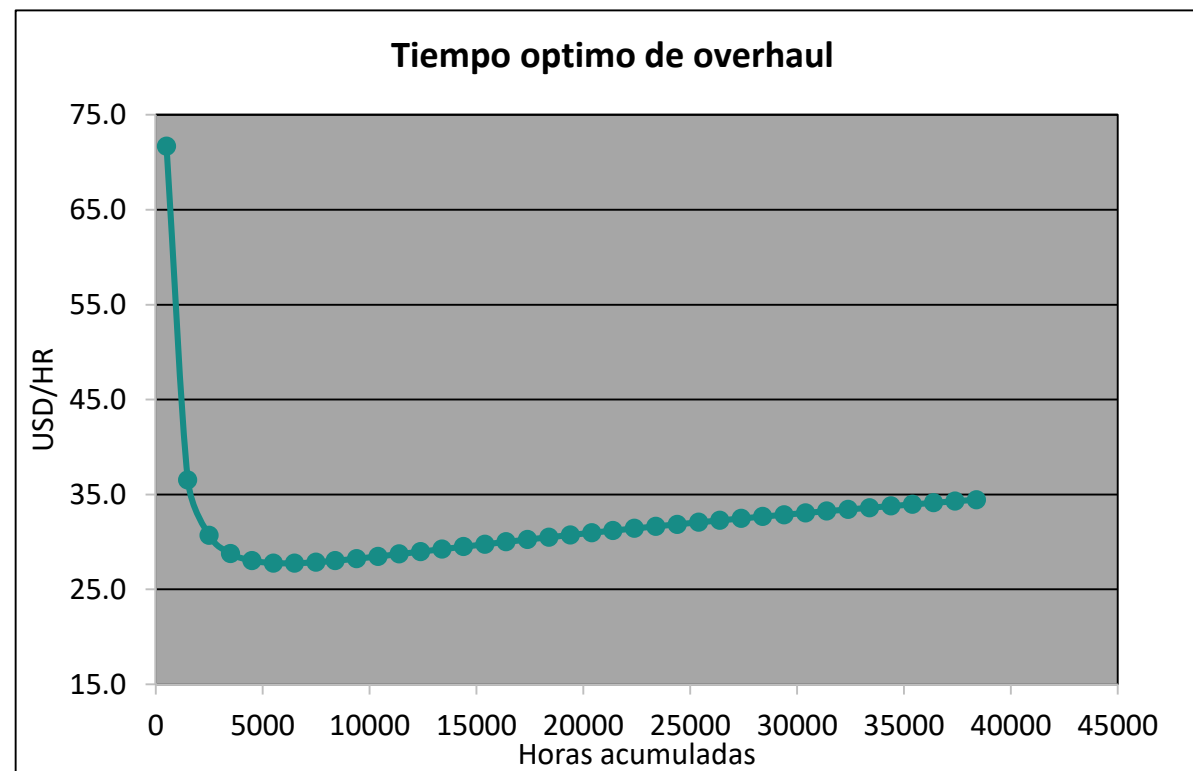
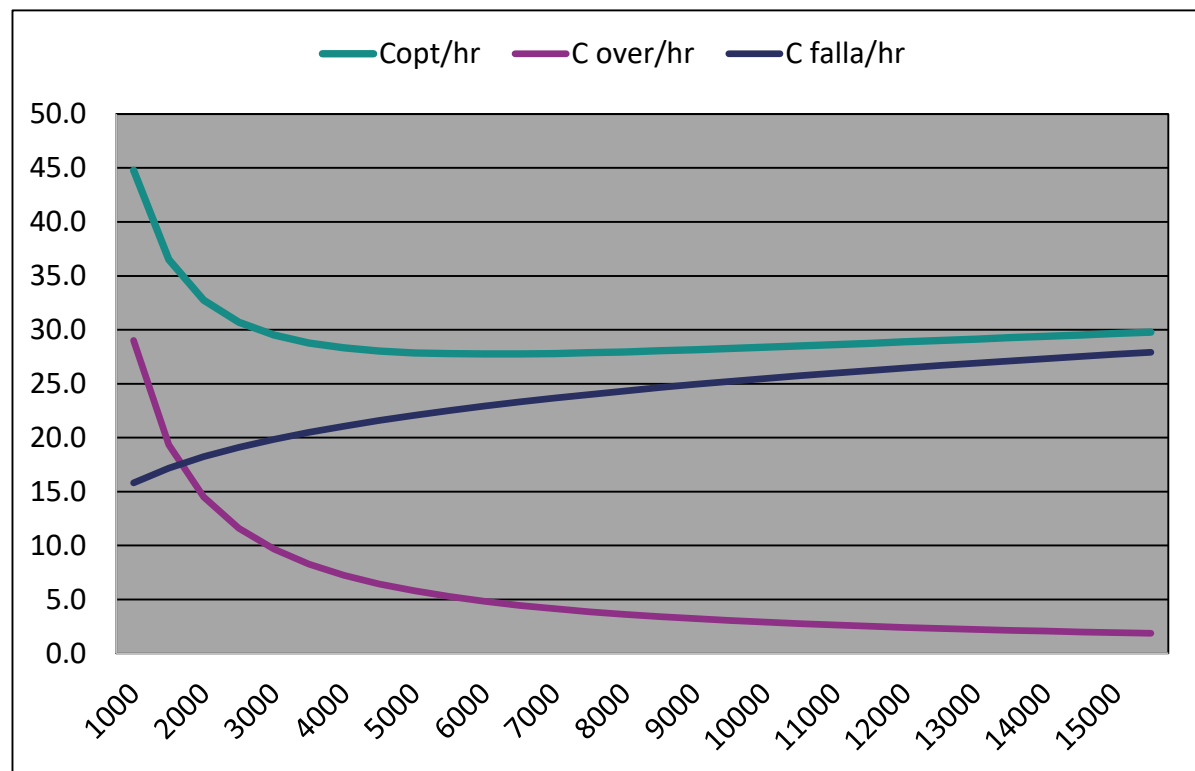
Costo por consecuencia usd/hr		
CC usd/hr	\$	14,121.00

Cost total por falla USD/f		
Cr/f	\$	957.00
Cc/f	\$	45,045.99
C total/f	\$	46,002.99

Cálculo del tiempo optimo de overhaul



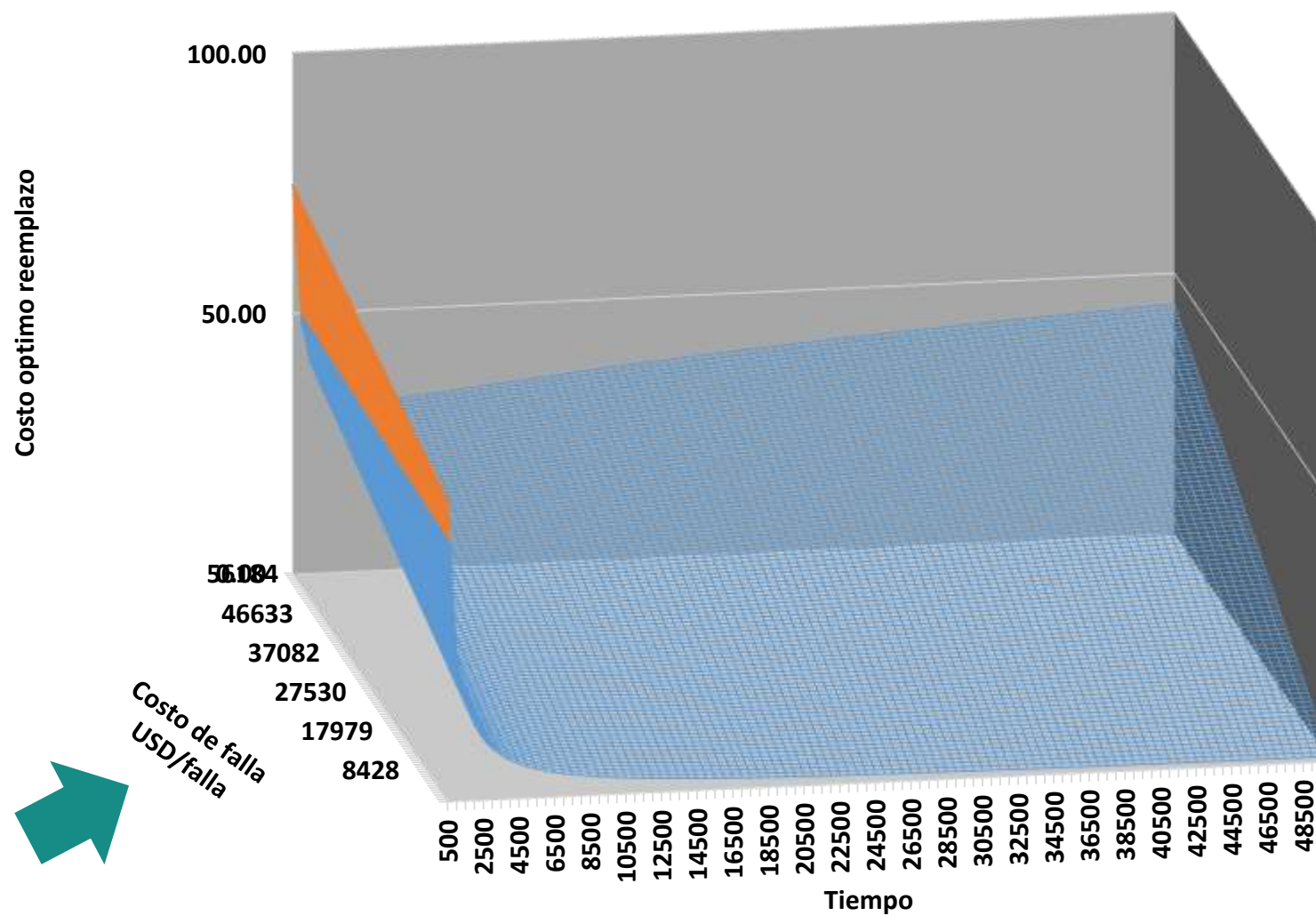
Cálculo del tiempo optimo de overhaul





1. Desgaste 2. Personal 3. Gestión

¿QUÉ HACER SI EXISTE INCERTIDUMBRE?



Análisis de Incertidumbre por el método de Montecarlo

Costo overhaul	\$	29,000.0
----------------	----	----------

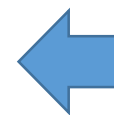
β	1.21
λ	8.1761E-05

Tiempo para reparar hr	
Mín	1.00
Med	3.19
Máx	5.00
TTR	V.E

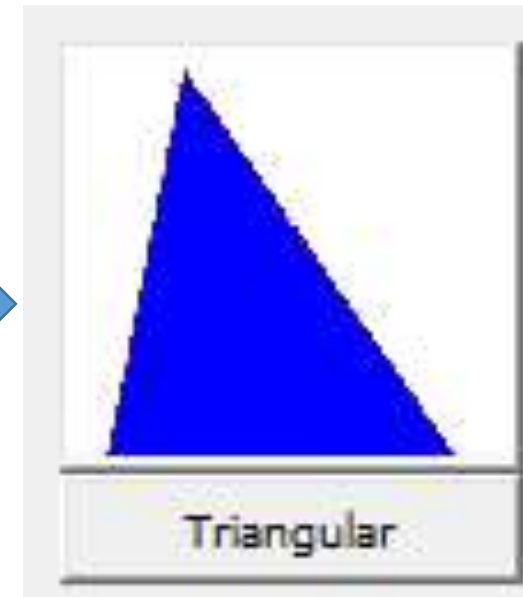
Costo por falla usd/hr	
Cf usd/hr	300

Costo por consecuencia usd/hr	
CC usd/hr	\$ 14,121.00

Cost total por falla USD/f	
Cr/f	Aleatorio
Cc/f	Aleatorio
C total/f	Aleatorio



Variable de
entrada

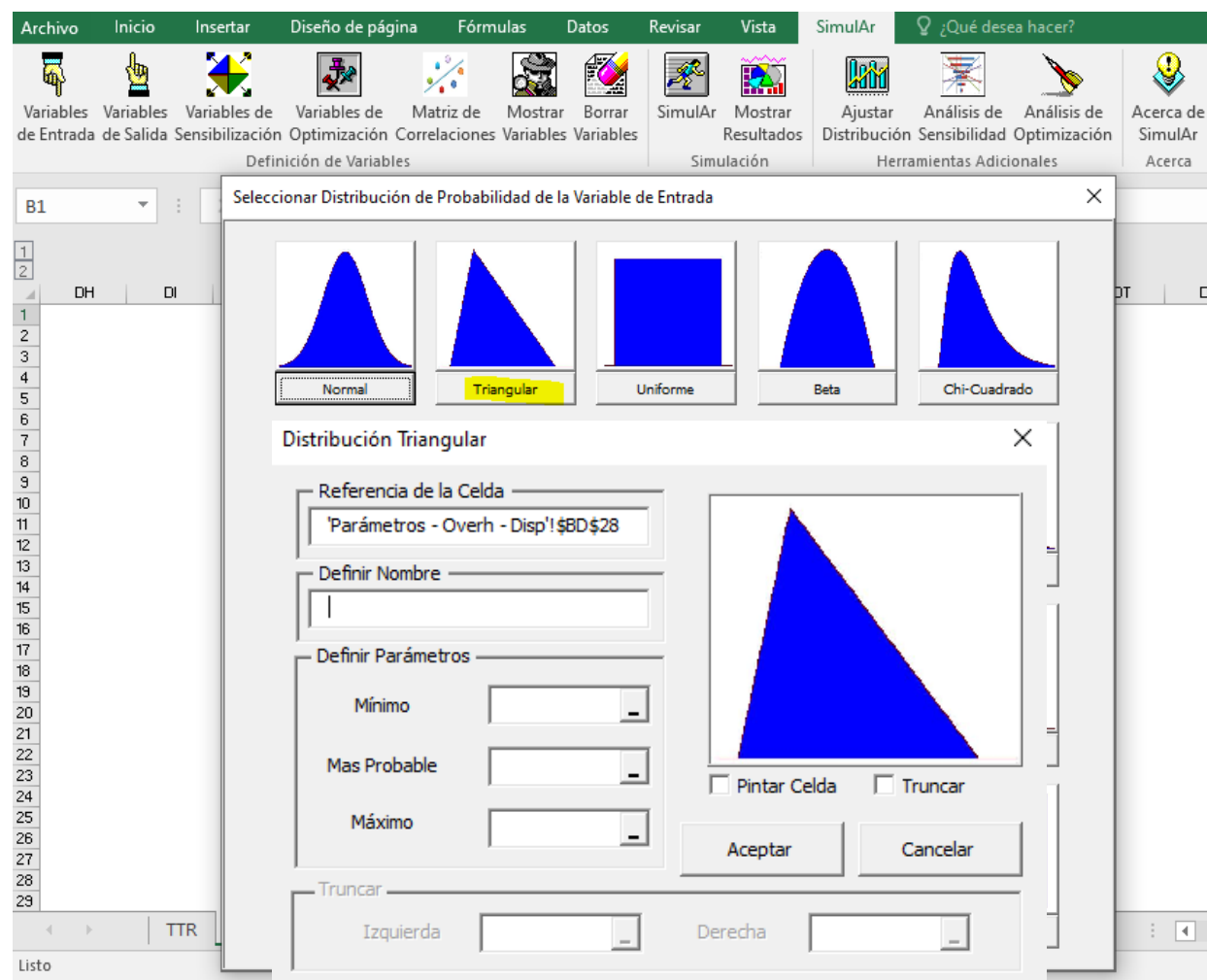


Tiempo optimo de overhaul	V.S Variable de Salida
------------------------------	---------------------------



*“Instalar programa
Simular”*

Análisis de Incertidumbre por el método de Montecarlo



<http://www.simularsoft.com.ar/SimulAr1.htm>

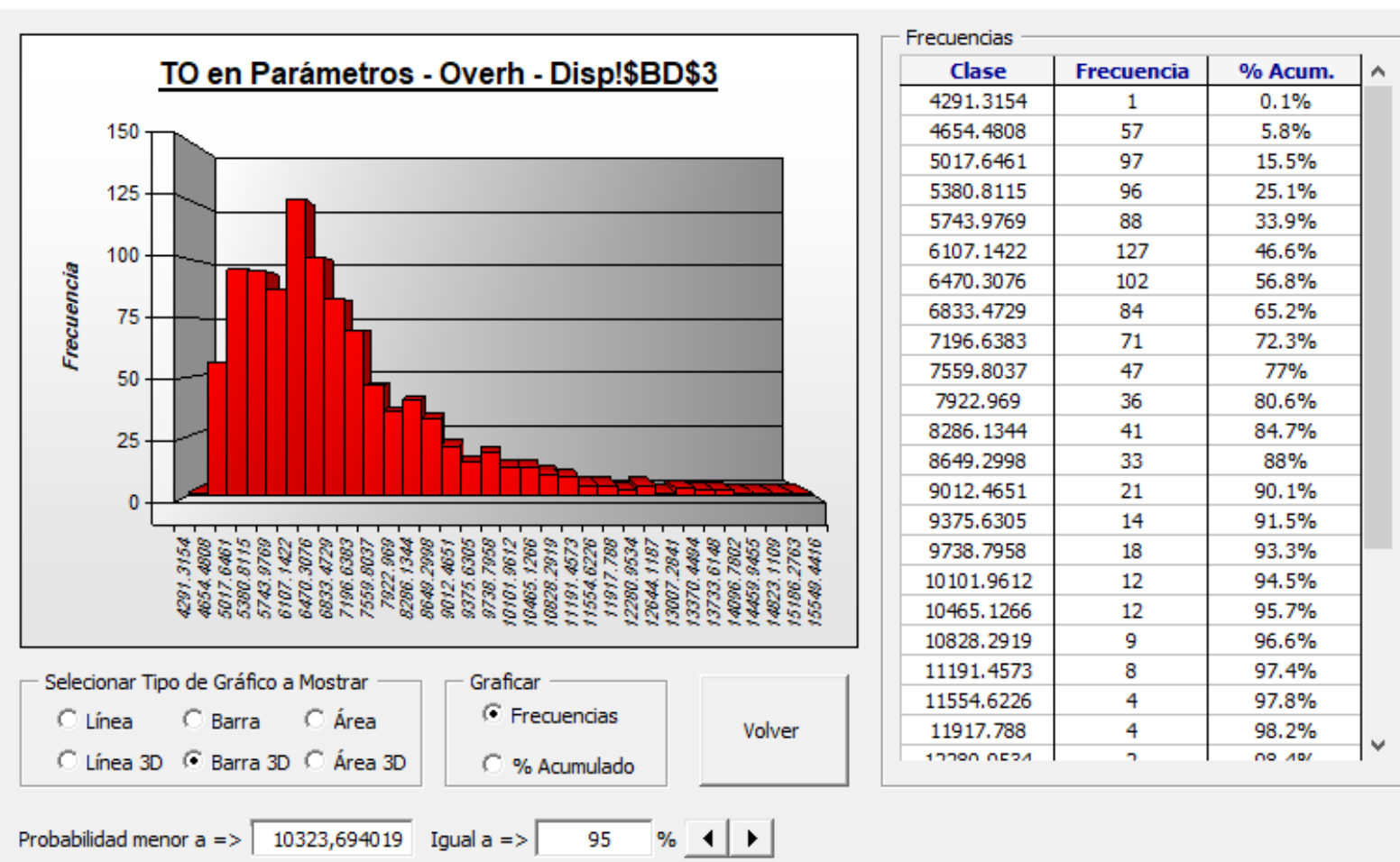
Análisis de Incertidumbre por el método de Montecarlo

Mín 05% 4597,9 hr
Med 50% 6203.2 hr
Máx. 95% 10323.7 hr

Tiempo optimo
de overhaul

V.S Variable de
Salida

Resultados de la Simulación



**ES MEJOR TENER UN
NORTE QUE NO
TENER NINGUNO**

CONCLUSIONES

- Se recomienda realizar el overhaul al sistema contraincendio a la brevedad posible.
- Se estima un retorno sobre la inversión de hasta 4 veces la inversión
- En caso de contar con incertidumbre en algún dato recolectado se deberá aplicar Montecarlo para disminuir los riesgos.
- El análisis de cambio u overhaul se realiza cuando no tenga sentido implementar una política de mantenimiento.
- Se considera que las intervenciones preventivas son realizadas en intervalos específicos y constantes de tiempo.
- Se considera que las intervenciones correctivas son mas costosas que una intervención preventiva.

BIBLIOGRAFÍA

- CROW, Larry. Reliability Analysis for Complex, Repairable Systems. Maryland: [s.n.], 1975.
- Coetzee, Jasper. The Role of NHPP models in the practical analysis of maintenance failure data. South Africa: University of Pretoria, 1997.
- GONZALES, Vicente [et al]. Proceso de Poisson no homogéneo aplicado a la reparación en garantía de un producto. *Revista Tecnológica Industrial, España: Universidad de Sevilla*, (1):01-11, 2014.
- JARDIN, Andrew y ALBERT, Tsang. Maintenance, Replacement and Reliability, Theory and Applications. E.U.A: CRC Press, 2006.
- CROW, Larry. Methods for Reducing the Cost to Maintain a Fleet of Repairable Systems. E.U.A: Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2003.
- LOUIT, Darko “et al.”. Reliability Engineering & System Safety, E.U.A: ELSEVIER, 2009.
- PASCUAL, Rodrigo. El Arte de Mantener. 3.ª ed. Chile: Centro de Minería por la Universidad Católica de Chile, 2009.
- RIGDON, Steven. Statical Methods for the Reliability of Repairable Systems. Canada:Wiley, 2000.
- RELASIAFOT corporation. Reliability Growth & Repairable System Data Analysis Reference [en línea]. [E.U.A]: [s.n.], 2014.

POR SU ATENCIÓN

¡GRACIAS!

Ahora... ¡A implementar!

Adolfo Casilla Vargas

cigamperu@gmail.com