



**LA CALIDAD EN EL DISEÑO GENERA
EQUIPOS ROBUSTOS**

Vidal Ortega

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- PLANIFICACIÓN Y LANZAMIENTO DE UN PRODUCTO
- HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA DE DISEÑO
 - CÁLCULO DE LA FIABILIDAD*
 - ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)*
 - ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS*
 - MEDIDA DE INTENSIDADES*
- CONCLUSIONES
- FIGURAS
 - FIGURA 1*
 - FIGURA 2*
 - FIGURA 3*

INTRODUCCIÓN

Hasta hace bien poco se hablaba de los programas que trataban de alcanzar el "cero defectos", los cuales se centraban solamente en la fabricación, y lo que su lógica quería indicar es que mientras las inspecciones realizadas demostrasen que los componentes estaban dentro de sus tolerancias permitidas, el producto estaba correcto. Esto es claramente un error, dado que no se gana nada fabricando y expidiendo un producto que meramente satisfaga las especificaciones por muy poco. Hay que alcanzar el objetivo real de la calidad, en lugar de tratar simplemente de estar dentro de las especificaciones. Este ha sido el concepto que ha guiado siempre la estrategia del sector de protección de redes eléctricas.

Por muy estrictamente que se controlen los procesos y procedimientos de fabricación, la "robustez" de un producto es principalmente función del buen diseño. Por lo tanto, hay que dar un mayor peso específico a la planificación del proyecto. Es estrictamente necesario "perder tiempo" en las partes iniciales del mismo para reducir en lo posible las realimentaciones en la parte final del proyecto, así como los fallos potenciales que pudieran ser detectados por el cliente. De esta forma se gana en rapidez y calidad de diseño, evitando por consiguiente las posibles reclamaciones del cliente.

En la industria electrónica y en particular en el sector de las protecciones hay una serie de conceptos que tienen una gran importancia como son los de diseño, homologación, fiabilidad, y normalización con un mayor transcendencia que en otros sectores. Podemos añadir, además, la obediencia, seguridad, mantenibilidad, etc. Todos estos conceptos hay que gestionarlos, y para ello existe una serie de métodos que no dejan de ser más que herramientas de gestión de calidad pero que todos los departamento y en especial Ingeniería, deben conocerlos y aplicarlos como son: el **análisis modal de fallos y efectos (AMFE)**, árboles de fallo, ensayo de prototipos, evaluaciones independientes por entidades externas, ensayos de comportamiento, **diseño de experimentos**, etc.



Por lo tanto a continuación desarrollaremos los conceptos de planificación de proyectos así como las herramientas de análisis y verificación mas comúnmente utilizadas.

El carácter de esta nota es el de dar unas ideas básicas, sin llegar a profundizar en las mismas, ya que resultaría excesivamente extensa.

PLANIFICACIÓN Y LANZAMIENTO DE UN PRODUCTO

Las etapas correspondientes al diseño de un producto nuevo pueden diferenciarse claramente en:

- ESTUDIO PRELIMINAR
- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
- ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO
- DATOS DE PARTIDA
- DISEÑO DEL PRODUCTO
- REVISIÓN DEL DISEÑO
- PRESERIE
- CALIFICACIÓN

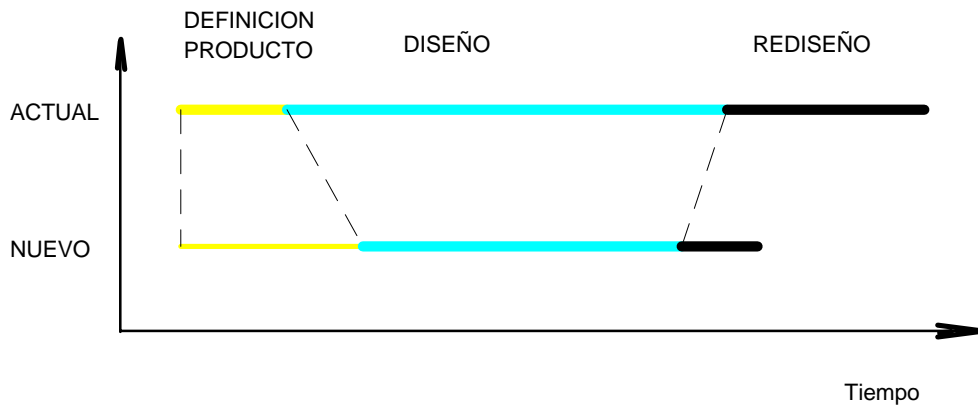
Las etapas iniciales de un proyecto suelen venir generadas fundamentalmente por dos motivos bien diferenciados, uno como consecuencia de un estudio de mercado por el cual se detectan las necesidades de un nuevo producto, y el otro como solicitud de un cliente concreto para el diseño y desarrollo del producto nuevo.

Dado que siempre el punto de partida de un nuevo proyecto es el cliente, hay que darle una importancia capital. Hay que recoger la "voz del cliente" de tal forma que después de un posterior estudio se pueda convertir sus necesidades en los requisitos del equipo, por lo cual se necesita una buena comunicación con el cliente e interpretación de sus ideas, dado que un error en esta fase puede acarrear importantes trastornos en el proceso de diseño y en posibles reclamaciones una vez servido.

Con los datos recogidos anteriormente y después de las oportunas aclaraciones y/o acercamiento de las posturas entre cliente y empresa, esta última realiza un Estudio de Factibilidad en coherencia con lo definido en la Planificación Estratégica en cuanto a producto y mercado.

Una vez aprobado el Estudio de Factibilidad, Ingeniería preparará un primera Especificación de Diseño conteniendo los aspectos mas importantes de la arquitectura (Hardware y Software) práctica de equipos, objetivo de fiabilidad, tecnología aplicable, etc., para que pueda el Jefe de Proyecto lanzar el nuevo desarrollo.

SISTEMA DE DISEÑO



AHORRO DE TIEMPO CON LOS NUEVOS METODOS DE TRABAJO

Es difícil, dentro de un proyecto, concertar que etapa es más importante que otra, pero si se podrían destacar dos, una de ellas es la de la comunicación con el cliente, que ya se ha comentado, y otra la asignación del Jefe de Proyecto.

El Jefe de Proyecto es una persona que debe aglutinar fundamentalmente las cualidades de prestigio personal, organización y liderazgo. Para conseguir la meta propuesta en el desarrollo con garantía del cien por cien, la responsabilidad del Jefe de Proyecto debe ser total, él debe planificar y dirigir el proyecto, comunicarse con clientes y suministradores, controlar los hitos, aprobar posibles modificaciones al programa e informar sobre el proyecto.

En la etapa de diseño propiamente dicha se plantearán diversas revisiones de diseño, dando lugar a reconsideraciones y cambios en la evaluación de los costes, modificaciones en la especificación y por tanto en la política de Marketing.

Por supuesto, que a lo largo del desarrollo se fabricará un primer modelo de laboratorio que servirá para detectar errores potenciales o mejoras de las características del equipo. Estos cambios se reflejarán en uno o varios modelos más. Durante estas fases se utilizarán las herramientas utilizadas en el diseño como son Fiabilidad, Diseño de experimentos y Análisis Modal de Fallos y Efectos.

Una vez realizado el prototipo, Ingeniería deberá realizar las pruebas oportunas en el para su "calificación" y que normalmente abarcaran pruebas funcionales, ambientales y paramétricas y de compatibilidad electromagnética.

Estas pruebas quedarán confirmadas con las calificaciones de la preserie a cargo de Calidad, y de las pruebas de campo realizadas por ingeniería en colaboración con Calidad y el concurso, cuando se estime oportuno, de la función Comercial. Dada la gran variedad de los tipos de productos y las problemáticas de diseño es muy difícil estimar el "timing" adecuado a las pruebas de campo.

En ciertos casos se fabrican varios prototipos, uno de los cuales se califica internamente y el resto se coloca en manos de "clientes amigos" para, en colaboración con Calidad, seguir el comportamiento de los mismos.

Un producto se desarrolla según un ciclo de vida, que comienza cuando el diseñador del producto recoge la información del cliente (mercado) para definir lo que el cliente quiere, necesita y espera de un producto en particular. Estas necesidades se traducen en unas características tales como dimensiones, tolerancias, precisiones, condiciones ambientales, aspecto, etc. Pasada esta etapa se prosigue con el diseño del producto efectuándose en último lugar su fabricación.

Un producto satisfará al cliente cuando le llegue con el conjunto de características funcionales especificadas, en la cantidad solicitada, en el tiempo establecido y a un precio adecuado. Por lo tanto, todas las metodologías y herramientas utilizadas van en caminadas a recoger y elaborar adecuadamente la información del cliente, a reducir los tiempos de desarrollo y a minimizar al máximo los posibles fallos.

En la [figura 1](#) se representa un esquema de flujo muy simplificado de lo que representa un desarrollo de un producto.

HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA DE DISEÑO

CÁLCULO DE LA FIABILIDAD

Fiabilidad es un concepto que da idea de la calidad de un equipo, de forma que si Calidad se entiende como la adecuación del equipo a los requisitos del cliente, la fiabilidad es la probabilidad de que el equipo opere sin fallo durante un periodo de tiempo dado y en unas ciertas condiciones de operación.

Cuando un cliente recibe un equipo, este puede contrastar todos los parámetros excepto la fiabilidad real, ya que esta se mide a lo largo del tiempo una vez puesto en servicio. De ahí la importancia que se debe conceder a la realización de una buena predicción de fiabilidad.

El estudio de la fiabilidad debe comenzar desde el estudio de alternativas del diseño.

En una primera aproximación de la fiabilidad y para calcular la tasa de fallos de cada equipo se supondrá que todos los elementos están colocados en serie y que el fallo de un componente implica el fallo total del equipo. Posteriormente se realizará un cálculo teniendo en cuenta los modos de fallo y como estos afectan realmente al funcionamiento del equipo.

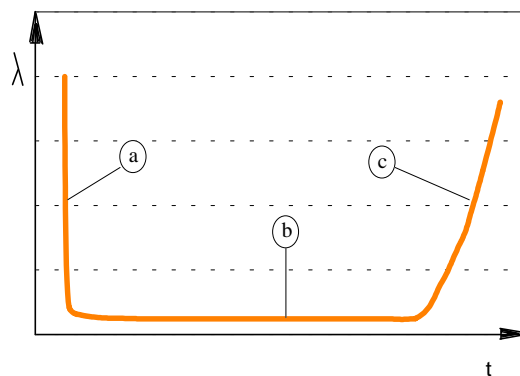
Dado que en la mayor parte la tasa de fallos total del equipos es suma de las tasas de fallo de los componentes individuales, se puede establecer una primera premisa para poder garantizar una buena fiabilidad:

- Minimizar el número de componentes en el diseño.

Tratándose de equipos electrónicos la tasa de fallos permanece constante a lo largo de su vida útil y en estas condiciones el tiempo medio entre fallos viene dado por:

$$M.T.B.F. = \frac{nT}{k} = \frac{1}{\lambda_T}$$

Siendo: $n = n^{\circ}$ de equipos en prueba
 $T =$ Tiempo
 $K =$ Fallos encontrados
 $\lambda_T =$ Tasa de fallos total del equipo



$$\lambda = \frac{1}{\theta^{\beta}} \times \frac{1}{t^{1-\beta}}$$

La variación de la tasa de fallos con el tiempo tiene tres zonas bien diferenciadas, que son:

a.- Mortalidad infantil. Siendo $\beta < 1$. En esta zona los fallos detectados sobreviven al comienzo de la vida de un componente y durante este periodo la tasa de aparición de fallos decrece rápidamente. Son debidos a desajustes iniciales, en la producción (defectos de fabricación y control de calidad mal planificado, etc.).

b.- Vida útil. Siendo $\beta = 1$. Son fallos aleatorios y aparecen con una tasa sensiblemente constante durante la vida útil del equipo.

c.- Zona de desgaste. Siendo $\beta > 1$. Son fallos que aparecen con una tasa de fallo que crece rápidamente y son debidos a procesos de degradación.

La probabilidad de supervivencia R o función fiabilidad, sigue la ley exponencial negativa:

$$R = e^{-\lambda_T t}$$

siendo t un instante cualquiera en el que se desea conocer la probabilidad de supervivencia.



La primera misión del experto de fiabilidad es calcular las tasas de fallo de los componentes utilizados. Para ello deberá acudir a documentos internacionalmente utilizados como las tablas MIL-HDBK-217F, o desarrolladas por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y normalizadas en base a las experiencias acumuladas en los equipos de defensa y aeroespaciales.

En estas tablas se indican la tasas de fallos en función principalmente de la temperatura de trabajo, del esfuerzo real que soportan los componentes y del factor de calidad del mismo, por lo tanto estos deben ser conocidos con anterioridad al cálculo.

De aquí se desprenden otras premisas importantes a tener en cuenta en el diseño como son:

- Aplicar esfuerzos no superiores al 75%.
- Utilización de componentes con características superiores a las comerciales.

La determinación real de los parámetros de fiabilidad sólo pueden ser exactamente determinados cuando se someta a prueba el lote completo, dado que esto sería inviable, se suele someter una muestra durante un tiempo determinado o hasta que se produzca un número de fallos previamente establecido.

A parte de aplicar las tablas MIL-HDBK-217F, la empresa debe ir almacenando en bases de datos, según su propia experiencia, la tasa de fallo de los componentes que utiliza, dado que serán mucho más reales que los reflejados en las tablas MIL, las cuales están basadas siempre en el caso mas desfavorable del mas pesimista.

Otras definiciones a tener en cuenta son las de Seguridad, Obediencia y Mantenibilidad.

Seguridad: Es la probabilidad de que un equipo no de una operación inadecuada durante un periodo determinado de tiempo, estando en las condiciones de trabajo para las que fue diseñado.

Obediencia: Es la probabilidad de que un equipo no tenga un fallo al operar durante un periodo determinado de tiempo, estando en las condiciones de trabajo para las que fue diseñado.

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que un equipo que ha fallado pueda ser puesto en servicio en un tiempo máximo prefijado, mediante la aplicación de unos procedimientos correctivos previamente establecidos.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

El análisis modal de fallos, sus causas, efectos y criticidades de los mismos es una técnica utilizada por los departamentos de Ingeniería y Calidad, que permite asegurar que los modos de fallo potenciales de un producto están localizados y es, por tanto, posible su prevención durante la fase de desarrollo de un producto.

Esta técnica requiere un profundo conocimiento del producto y una disección del mismo desde el nivel mas complejo hasta el mas elemental.

A grandes rasgos la metodología para la realización del AMFE es la siguiente:

- Identificar cada componente, subconjunto y conjunto.
- Obtener el modo de fallo potencial para cada elemento.
- Estudiar , para cada uno de los apartados citados, la relación causa efecto.
- Asignar puntuación a los siguientes factores:
 - Probabilidad de que se presente un fallo en el equipo (P).

Puntuación (P)	PROBABILIDAD DE FALLO		
	Frecuencia del fallo (Histórica)		
1	0	<	100 PPM
2	100	a	200 PPM
3	200	a	500 PPM
4	500	a	1000 PPM
5	1000	a	2000 PPM
6	2000	a	3000 PPM
7	5000	a	10000 PPM
8	10000	a	20000 PPM
9	20000	a	100000 PPM
10	100000	a	1000000 PPM

- Probabilidad de que se presente un determinado fallo (P1).
- Probabilidad de que aparecida la causa de fallo se produzca el modo de fallo considerado (P2/1).
- Importancia del mismo en cuanto a las consecuencias funcionales (G).

Puntuación(G)	CRITERIOS DE GRAVEDAD	
	Gravedad	Criterios de valoración
1	Cosmético	Fallo normalmente no apreciado por el cliente
2-3-4	Menor	Fallo detectado por el cliente que no afecta a la funcionalidad y predispone negativamente al cliente
5-6-7	Mayor	Fallo en degradación del producto que genera una queja del cliente
8-9	Crítico	Fallo con degradación, que genera queja, devolución del equipo y/o reparación muy costosa
10	Catastrófico	Fallo que pone en peligro la seguridad

- Probabilidad de que el fallo llegue al cliente (D).

PROBABILIDAD DE QUE LLEGUE AL CLIENTE				
Puntuación (D)	Probabilidad de no detección			
1	0	<	5	%
2	5	a	10	%
3	10	a	20	%
4	20	a	30	%
5	30	a	40	%
6	40	a	50	%
7	50	a	60	%
8	60	a	70	%
9	70	a	80	%
10	80	a	100	%

- Obtener un índice de prioridad de riesgo como producto de $P \times G \times D = IR$.
- Poner en marcha un sistema de acciones correctoras de acuerdo con los criterios que se establezcan para los valores IR.
- Para llevar a cabo este estudio y obtener el máximo beneficio del mismo es necesario crear un Grupo de Trabajo formado por personas expertas en:
 - Ingeniería de Diseño (I+D).
 - Ingeniería de Producto.
 - Fabricación.
 - Control de Calidad.
 - Aprovisionamiento.

que mantendrán reuniones periódicas hasta dar por terminado el estudio.

Un ejemplo de la aplicación del Análisis Modal de Fallo , Efectos y Criticidades puede ser el representado en la [figura 3](#), en el cual se hace referencia al ensamblaje de un jack modular:

ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS

El diseño de experimentos es un técnica o herramienta que se encuentra dentro del marco de la Calidad Total. Se trata de una herramienta que sirve para mejorar y no controlar, como es el caso del Control Estadístico. Es decir, con el diseño de experimentos vamos a poder actuar de detectives y no de policías.

Se trata de realizar experiencias para encontrar las condiciones óptimas. La palabra diseño se refiere a la forma de efectuar dichas experiencias.

Se puede definir por lo tanto el diseño de experimentos como la introducción deliberada de cambios a fin de evaluar sus efectos sobre el funcionamiento y la adecuación de un equipo.

Como se ha indicado anteriormente, el diseño de experimentos es una herramienta que nos indica como mejorar, cómo solucionar los problemas, y nos proporciona un profundo conocimiento de cómo funcionan nuestros equipos.

Dentro de los análisis de experimentos podemos establecer dos, uno es el diseño de experimentos propiamente dicho y otro es el método de Taguchi.

**DISEÑO DE EXPERIMENTOS
TRADICIONAL vs. APROXIMACIONES DE TAGUCHI**

	TRADICIONAL	TAGUCHI
Filosofía	Énfasis en las técnicas estadísticas, modelos matemáticos	Diseño de parámetros, de tolerancias y del sistema con una meta.
Objetivo	Detectar las causas para poder cambiar las especificaciones y ajustar la medida.	Busca la robustez con una reducción en el costo.
Etapa de manufactura	Posterior a la producción	Para eliminar efectos de ruido y reducir la variabilidad.
Método	Diseño de tolerancias, solución del problema, detección de la causa y análisis de fallas	Optimización del diseño de parámetros para evitar futuros problemas.
Interacciones	Trata de encontrar interacciones	Minimiza las interacciones entre los factores de control. Prefiere los efectos principales

En su concepto inicial los dos son prácticamente iguales dado que el Método de Taguchi esta fundamentado en el diseño de experimentos añadiendo la función de pérdida para evaluar y cuantificar la calidad, el concepto de **robustez**, es decir la insensibilidad al ruido (factores externos cuyos niveles no se pueden fijar, controlar ni mantener) y la simplificación del diseño de experimentos con la utilización de los arreglos ortogonales, y la pérdida, con el Método de Taguchi, del conocimiento sobre las posibles interacciones entre factores (variables y circunstancias que pueden afectar de alguna manera a la característica de Calidad que se estudia).

Desarrollaremos un ejemplo sencillo en donde se aplican los arreglos ortogonales para la solución de un problema real.

MEDIDA DE INTENSIDADES

Se pretende encontrar la solución más óptima para un circuito de medida, el cual debe de dar un valor de **1A** para una determinada entrada de intensidad. El circuito a grandes rasgos consta de un transformador de entrada con dos secundarios y una circuitería de compensación en la que el

componente de ajuste es una resistencia. Los factores y niveles seleccionados fueron los siguientes:

Se escogieron cuatro FACTORES PRINCIPALES a dos niveles y con dos interacciones entre ellos

FACTORES	NIVELES	
	1	2
- Resistencia primer bobinado (A)	45Ω	50Ω
- Resistencia segundo bobinado (B)	43Ω	46Ω
- Tolerancia del núcleo (C)	-10%	+10%
- Resistencia del circuito (D)	487Ω	511Ω
- Interacción AxB		
- Interacción AxD		

Para la realización del experimento se escogió el arreglo ortogonal L8 y se descartaron la influencia de factores de ruido.

Los resultados de los experimentos según el arreglo ortogonal escogido fueron los siguientes:

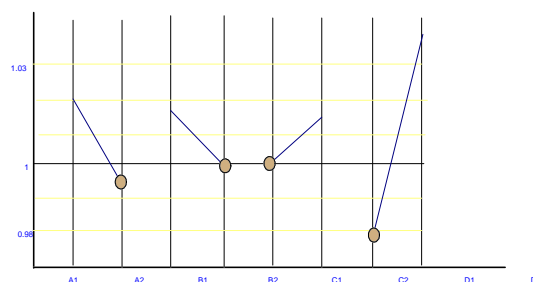
Experimentos								
	L8	A	B	AxB	C	AxD	D	Valores
1	1	1	1	1	1	1	1	0.980
2	1	1	1	2	2	2	2	1.090
3	1	2	2	1	1	2	2	1.040
4	1	2	2	2	2	1	1	0.975
5	2	1	2	1	2	1	2	1.015
6	2	1	2	2	1	2	1	0.985
7	2	2	1	1	2	2	1	0.970
8	2	2	1	2	1	1	2	1.010

Con estos resultados calculamos las variaciones de cada factor independientemente del resto de los factores.

	A	B	AxB	C	AxD	D
Nivel 1	1.021	1.017	1.012	1.001	1.003	0.995
Nivel 2	0.995	0.999	1.004	1.015	1.012	1.021
Diferencia entre niveles	0.026	0.018	0.008	-0.014	-0.009	-0.026

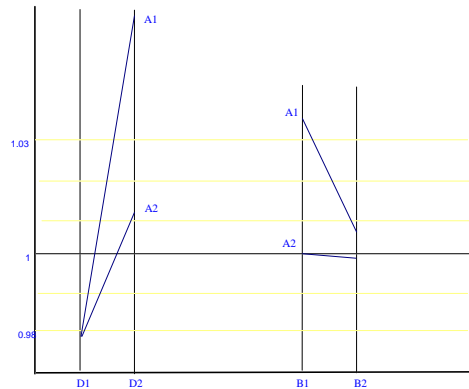
De estos resultados se destaca que el D , resistencia circuito, tiene mas influencia que el resto, dado su mayor recorrido. La representación gráfica de los resultados sería:

Para los factores principales:



Los niveles mas idóneos serían A2, B2, C1, y D1, que son los más próximos al deseado.

Para las interacciones:



En esta gráfica se puede ver que si fijamos el nivel A2 el resto de niveles serían B1 ó B2 indistintamente y D2, aunque el punto D1 es mas robusto ante los cambios de A.

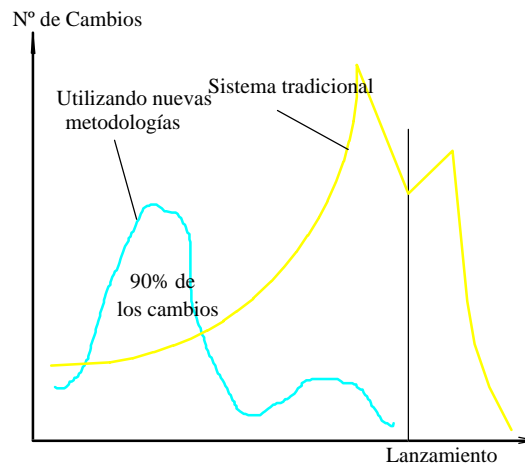
Después de estudiar los factores y sus interacciones los niveles mas óptimos serían: A2-B1-C2-D1 y A2-B2-C2-D2, dado que no hay influencia apreciable del factor B ,sería aconsejable realizar otro experimento con los niveles A2-B2-C1 y un valor intermedio entre D1 y D2 (499 Ω). El resultado obtenido del mismo fue **0.996A**.

CONCLUSIONES

Cuando un equipo falla, hay que sustituirlo y/o arreglarlo, en cualquier caso hay que buscarlo, transportarlo y excusarse por ello. Las pérdidas serán mayores que los meros costos de fabricación, y en ningún caso estos gastos resarcirán la pérdida de reputación.

Por lo tanto volvemos a remarcar la necesidad de invertir mucho más tiempo en prevenir los fallos que en solucionarlos, para ello están las herramientas que han sido explicadas en este documento, a parte de la existencia de otras.

En el siguiente gráfico se puede ver claramente la diferencia entre el sistema tradicional de diseño y el que aplica las nuevas metodologías.



DESARROLLO DEL PROYECTO

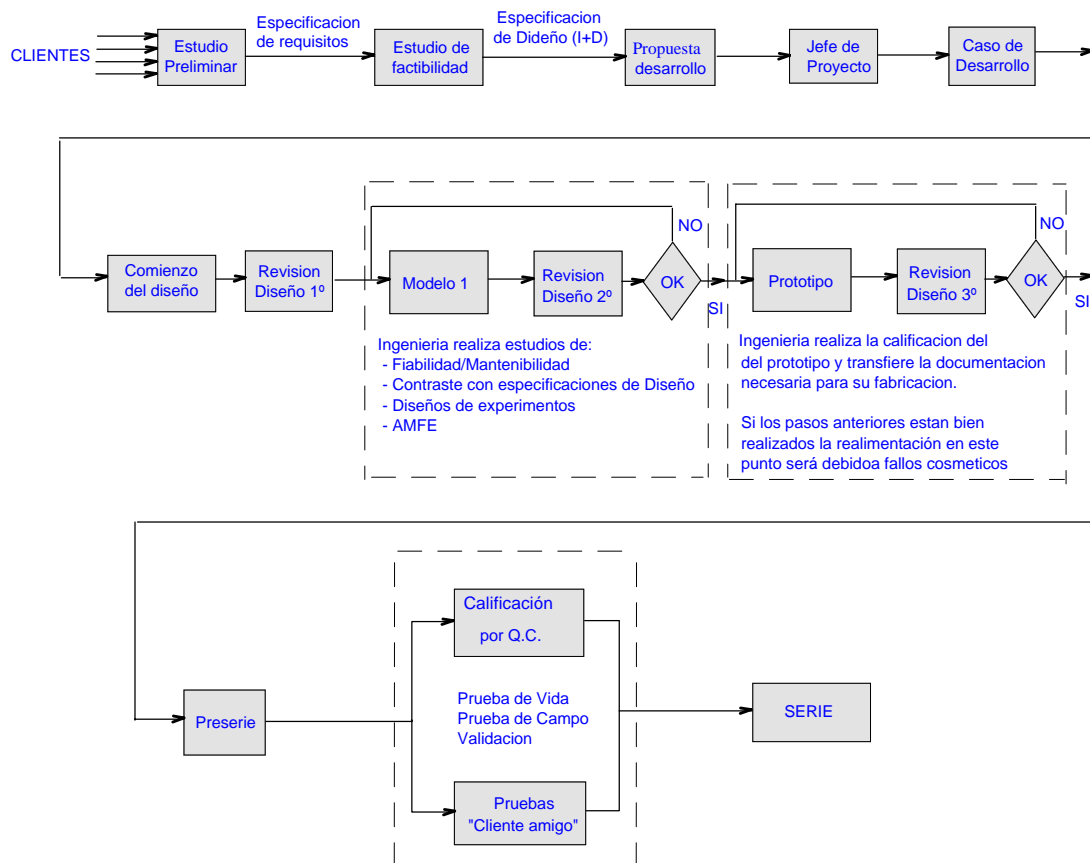


FIGURA 1

EXTRACTO DEL CALCULO DE FIABILIDAD DE UN SUBSISTEMA

Listado del cálculo con los factores de PI

Date: 14/02/94 3:13 PM

Página 1

MIL-HDBK-217F Parte Stress

Compañía: ZIV Aplicaciones y Tecnología

Item: 4TL101-1 Registros: 59

Descripción: FUENTE ENTRADAS/SALIDAS

Condiciones: Ground,Fixed T Ambiente: 25 C

$\lambda = 4.4181$ fallo/millón hrs (tasa de fallos). MTBF= 226340.9375 hrs. Componentes= 213

Número	Tipo	Cant.	Ref Diseño	Descripción
1.	4CU05060138 IC (Logic)	1	U28	DECOD 74HCT138
Total $\lambda = 0.175916$ [3.98%] $\lambda = 0.175916$ CF=1.00 T= 40C $\lambda = \text{PIQ} * ((\text{C1} * \text{PIT} * \text{PIV}) + (\text{C2} * \text{PIE})) * \text{PIL} * \text{PICF}$ 10.00 0.010000 0.278677 1.0000 0.005922 2.50 1.00 1.00				
2.	4CU05080005 IC (Linear)	1	U1	SUPERV FUENTE TL7705
Total $\lambda = 0.074701$ [1.69%] $\lambda = 0.074701$ CF=1.00 T= 35C $\lambda = \text{PIQ} * ((\text{C1} * \text{PIT} * \text{PIV}) + (\text{C2} * \text{PIE})) * \text{PIL} * \text{PICF}$ 10.00 0.010000 0.227191 1.0000 0.002079 2.50 1.00 1.00				
3.	4CU01030001 IC (Linear)	1	U3	OSCILADOR
Total $\lambda = 0.060906$ [1.38%] $\lambda = 0.060906$ CF=1.00 T= 40C $\lambda = \text{PIQ} * ((\text{C1} * \text{PIT} * \text{PIV}) + (\text{C2} * \text{PIE})) * \text{PIL} * \text{PICF}$ 10.00 0.010000 0.335775 0.265805 0.002079 2.50 1.00 1.00				
4.	4CU05072003 IC (Linear)	2	U29-30	BUFFER
Total $\lambda = 0.334772$ [7.58%] $\lambda = 0.167386$ CF=1.00 T= 50C $\lambda = \text{PIQ} * ((\text{C1} * \text{PIT} * \text{PIV}) + (\text{C2} * \text{PIE})) * \text{PIL} * \text{PICF}$ 10.00 0.010000 0.707298 0.273404 0.005922 2.50 1.00 1.00				
5.	4CQ01000001 Transistor	1	Q1	TRANS BF459
Total $\lambda = 0.019540$ [0.44%] $\lambda = 0.019540$ CF=1.00 T= 50C S= 0.8% $\lambda = \lambda_B * \text{PIE} * \text{PIA} * \text{PIQ} * \text{PIR} * \text{PIS2} * \text{PIC} * \text{PICF}$ 0.000762 5.8 0.7 12.00 1.5 0.350855 1.0 1.00				
6.	4CQ01010001 Transistor	1	Q2	TRANS BD679
Total $\lambda = 0.025199$ [0.57%] $\lambda = 0.025199$ CF=1.00 T= 50C S= 8.3% $\lambda = \lambda_B * \text{PIE} * \text{PIA} * \text{PIQ} * \text{PIR} * \text{PIS2} * \text{PIC} * \text{PICF}$ 0.000862 5.8 0.7 12.00 2.5 0.300000 0.8 1.00				
7.	4CQ01020001 Transistor	1	Q3	TRANS IRF840
Total $\lambda = 0.534617$ [12.10%] $\lambda = 0.534617$ CF=1.00 T= 50C S= 5.8% $\lambda = \lambda_B * \text{PIE} * \text{PIA} * \text{PIQ} * \text{PIR} * \text{PIS2} * \text{PIC} * \text{PICF}$ 0.015911 4.0 0.7 12.00 1.0 1.0000 1.0 1.00				
8.	4CQ01030001 Transistor	7	Q4-10	TRAN ALTA TENSION BF422
Total $\lambda = 0.008820$ [0.20%] $\lambda = 0.001260$ CF=0.10 T= 50C S= 8.3% $\lambda = \lambda_B * \text{PIE} * \text{PIA} * \text{PIQ} * \text{PIR} * \text{PIS2} * \text{PIC} * \text{PICF}$ 0.000862 5.8 0.7 12.00 1.0 0.300000 1.0 0.10				

FIGURA 2



ANÁLISIS MODAL DE FALLOS EFECTOS Y CRITICIDADES													Hoja de			
PRODUCTO JACK MODULAR			PROCESO							REALIZADO						
EDICIÓN			OPERACION							FECHA						
ESPECIFICACIÓN			ENSAMBLAR JACK MODULAR							REVISIÓN						
COMPONENTE SUBCONJUNTO CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTO DEL FALLO	CAUSA DEL FALLO	ESTADO ACTUAL	F	G	D	IR	ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE	ACCIÓN IMPLANTADA	F	G	D	IPR
Jack Modular	Ensamblar	Cortocircuito	No funciona	Resortes cruzados	Muestreo	7	8	2	112	Cambio instrucciones de Ensamblaje, incluyendo autocontrol automático	Ingeniería de Producto	Instrucciones y autocontrol	6	8	1	48
		Conexiones sin continuidad	No funciona	Mal engaste de terminales	Muestreo	6	8	3	144	Cambio instrucciones de Ensamblaje, incluyendo autocontrol	Ingeniería de Producto	Instrucciones y autocontrol	6	8	1	48
		Conexiones cambiadas	Conexionado distinto al esquema posibilidad de error en la conexión	Mal montaje	Muestreo	5	6	2	60	Nuevo dispositivo ensamblaje con autoverificación	Ingeniería de Producto	Dispositivo	5	6	1	30

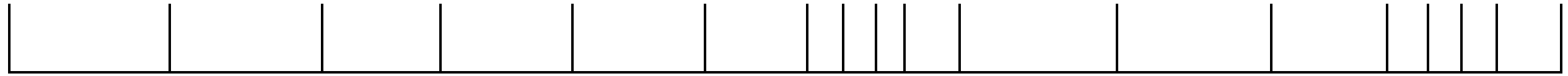


FIGURA 3

