



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS
FALLAS POTENCIALES APLICADO A UN
CASO DE ESTUDIO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

P R E S E N T A :

DAVID HERNÁNDEZ MORFÍN

TUTOR: M. en I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

COTUTOR: Dr. SAÚL SANTILLÁN GUTIÉRREZ

MÉXICO D.F. 2005





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Dorador González Jesús Manuel

Secretario: Dr. Espinoza Bautista Adrián

Vocal: M.I. Zepeda Sánchez Antonio

1^{er.} Suplente: Dr. López Parra Marcelo

2^{do.} Suplente: Dr. Saúl D. Santillán Gutiérrez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

**Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Cd. Universitaria**

TUTOR DE TESIS:

M.I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

El camino estaba marcado desde hace mucho tiempo, y no fue fácil llegar hasta este instante. Después de 5 años, se repite el acontecimiento no sin antes agradecer a todos aquellos que me apoyaron y me impulsaron a seguir adelante.

Agradezco a la UNAM y a mis profesores por guiarme más allá del conocimiento que alguna vez imaginé y que sabré ahora difundir con pasión y con honor.

Agradezco a mis padres por no perder la fe en mí en este segundo intento.

Agradezco a mi hermana y su esposo por darme la alegría de tener un nuevo sobrino; Diego, que a sus escasos meses de nacido me enseñó a pensar que todavía hay mas por delante.

Agradezco a mi hermano y su esposa por dejarme compartir felices momentos con mis sobrinos, Gaby y Fer.

Y por último pero con mucho afecto a ti Sara; por darme tu amor incondicionalmente, por impulsarme nuevamente en mis metas y por la inmensa paciencia que me das. Te amo!

Atte.

David Hdez. M.

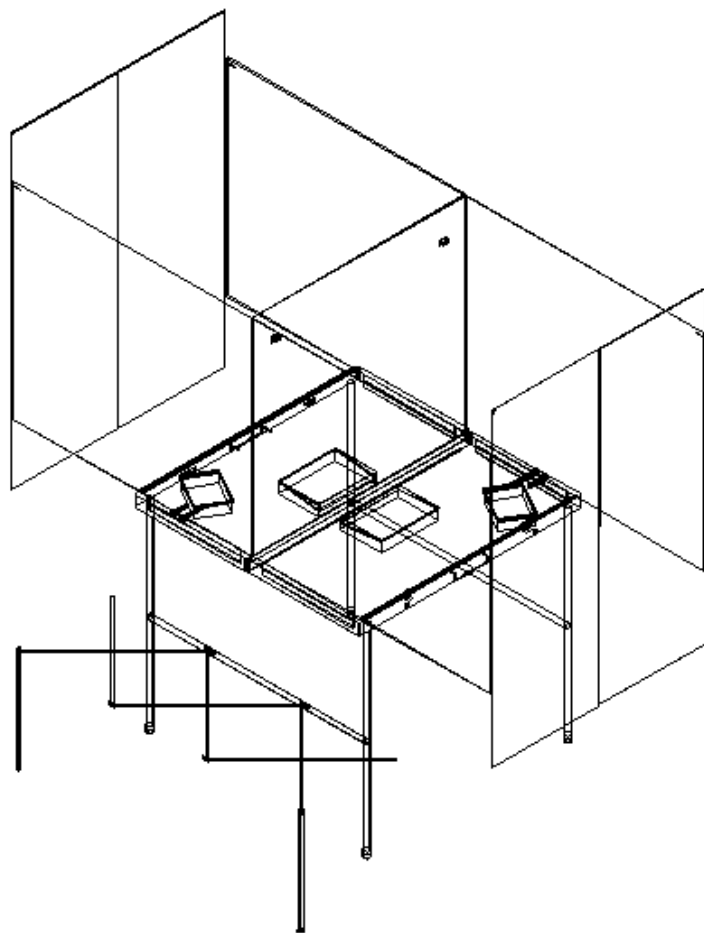
ÍNDICE.	PÁGINAS
PRÓLOGO.	5
CAPÍTULO 1.- SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	
1.1 ANTECEDENTES DEL IEDF.	7
1.2 INICIO DEL PROYECTO.	7
1.3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO.	9
1.4 ALGORITMO DEL PROYECTO.	9
1.5 SELECCIÓN DEL MÉTODO	10
CAPÍTULO 2.- DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	
2.1 ANTECEDENTES DEL MÉTODO.	12
2.2 ¿QUÉ ES EL AMEF?	13
2.3 BENEFICIOS DEL AMEF	15
2.4 REQUERIMIENTOS DEL AMEF	16
2.5 EL ENFOQUE DEL MÉTODO.	16
2.6 PLASMAR EL PRODUCTO O EL PROCESO.	18
2.7 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN.	19
2.8 IDENTIFICAR LOS MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS.	21
2.9 SEVERIDAD.	23
2.10 DESCRIBIR LAS CAUSAS Y CÓMO MEDIRLAS.	24
2.11 CONTROLES ACTUALES DE DISEÑO Y CÓMO EVALUARLOS.	25
2.12 NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO.	26
2.13 ACCIONES DE MEJORA.	28
2.14 RESPONSABILIDADES DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS.	29
CAPITULO 3.- APLICACIÓN DEL MÉTODO AL CASO DE ESTUDIO	
3.1 PRIMERA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	31
3.2 SEGUNDA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	33
3.3 TERCERA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	35
3.4 CUARTA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	37
3.5 QUINTA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	41
3.6 ULTIMA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.	43

CAPITULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
4.1 CONCLUSIONES.	48
ANEXO I. Propuesta del proyecto “Cancel tipo Maletín”	52
ANEXO II. Planos generales de ensamble del IEDF para el producto.	59
ANEXO III. Reporte del proyecto “Cancel tipo Maletín”	65
APÉNDICE A. Resultados de la cubierta de poli-estireno.	87
APÉNDICE B. Resultados de la estructura del cancel.	93
ANEXO IV. Tablas y formato del AMEF de Diseño. Acrónimos	94
APÉNDICE C. Tabla de Severidad.	98
APÉNDICE D. Tabla de Ocurrencia.	99
APÉNDICE E. Tabla de Detección.	100
APÉNDICE F. Formato del AMEF.	101
APÉNDICE G. Acrónimos.	102
BIBLIOGRAFÍA.	103

PRÓLOGO.

El presente trabajo expone la metodología del Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF) como una herramienta para la mejora de diseños a partir de las debilidades del producto; siendo ésta aplicada a un caso de estudio (Cancel tipo Maletín) cuyo proyecto fue desarrollado en el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería de la UNAM con el Instituto Electoral del Distrito Federal. Este proyecto fue desarrollado con profesores y estudiantes durante el tercer trimestre del año 2002, por lo que se entregaron los siguientes resultados: Propuesta de inicio del proyecto, Reporte del proyecto, Prototipo funcional del proyecto, Propuesta para la segunda y tercera etapa del proyecto.

CAPÍTULO 1



SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

1.1 ANTECEDENTES DEL IEDF.

El Instituto Electoral del Distrito Federal (IEDF) es el organismo público autónomo, encargado de la autoridad electoral y responsable de la función estatal en organizar las elecciones locales y los procedimientos de participación ciudadana. El IEDF es un organismo de carácter permanente, independiente en sus decisiones y autónomo en su funcionamiento, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Es por eso que *sus principales actividades son:*

- *Desarrollar programas de Capacitación y Educación Cívica.*
 - *Actualizar permanentemente la Cartografía Electoral.*
 - *Vigilar la aplicación de los derechos y prerrogativas de los partidos políticos.*
 - *Mantener actualizado el padrón y lista de electores.*
- ⇒ **Producir materiales electorales.**
- *Organización de procesos electorales y procedimientos de participación ciudadana.*
 - *Cómputo de resultados.*
 - *Declaración de validez y otorgamiento de constancias en las elecciones de Diputados, Jefe de Gobierno y Jefes Delegacionales.*
 - *Regulación de la observación electoral y de las encuestas o sondeos de opinión con fines electorales.*

1.2 INICIO DEL PROYECTO.

El día 6 de junio de 2002 el Instituto Electoral del Distrito Federal (IEDF) solicitó al Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM un análisis y evaluación para un proyecto denominado “Cancel tipo Maletín”. Ver figura 1. El cual consistía básicamente en:

- ❖ analizar un nuevo concepto de cancel para las votaciones del 2003 de la entidad federativa,
- ❖ mejorar dicho concepto o diseño original mediante la evaluación de sus **virtudes y debilidades** , como se muestra en la figura 1.1
- ❖ y construir un prototipo funcional de acuerdo a los dos puntos anteriores

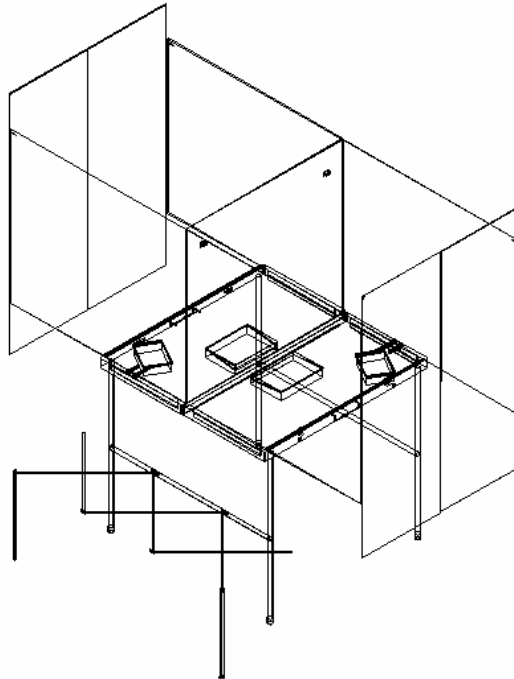


FIGURA 1.1 Bosquejo del Cancel tipo Maletín.

Por lo tanto, el CDM integró al equipo de trabajo definido por: el Dr. Saúl Santillán G. (Jefe del CDM 1999-2005), el Ing. David Hernández M. (Responsable del Proyecto), el D.I. Ángel Rodríguez S. (Colaborador), el Sr. C. Enrique Cuevas R. (Becario) y el Sr. Xamitl Cordero C. (Becario). De esta manera, el CDM generó su propuesta y el IEDF después de analizarla contestó con la asignación del proyecto teniendo de enlace a la Jefa de Diseño y Control de la Producción, la D.I. Patricia Landeta G., de la entidad federativa.

A partir de ese momento (Junio/ 2002), el equipo de trabajo del CDM definió las actividades a realizar para cumplir las especificaciones definidas por el IEDF con la documentación y el tiempo establecido¹.

¹ Ver Anexo I. Propuesta del proyecto “Cancel tipo Maletín”.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO.

El IEDF concluyó el nuevo concepto del cancel a partir de 2 versiones anteriores que fueron empleados en los años de 1999 y 2000, teniendo como resultado un Cancel que se dividía en 3 subsistemas: una estructura para la mesa y urnas, una plataforma y los separadores² como se muestra en la figura 1.2.

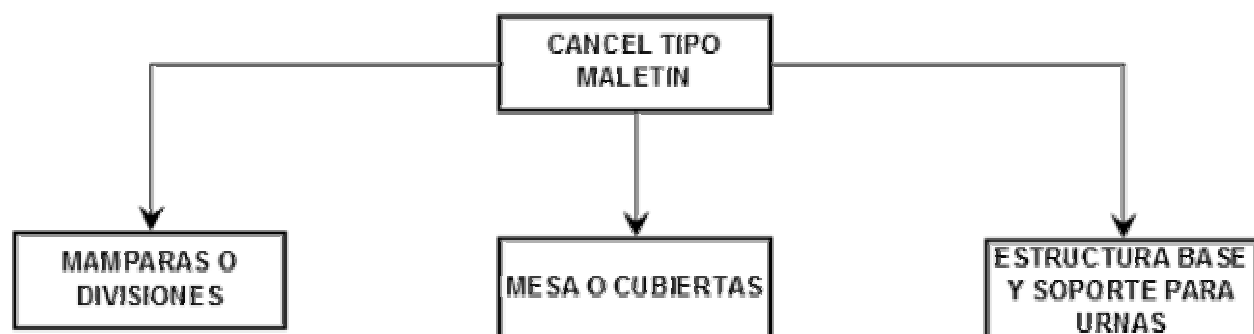


FIGURA 1.2. Diagrama de bloques de los subsistemas del Cancel.

El propósito de construir un “Cancel tipo Maletín” era para generar un material electoral que tuviera las siguientes características:

- ✓ cómodo de transportar
- ✓ factible de armar
- ✓ práctico de almacenar (estiba)
- ✓ resistente al uso y a condiciones inesperadas
- ✓ apto para electores sin discapacidades y **minusválidos**

Además del cancel, el IEDF tenía en mente implementar otros componentes como: un sello para discapacitados, una mascarilla braille y un embudo para urna; pero serían definidos para una segunda etapa según los resultados obtenidos del cancel.

1.4 ALGORITMO DEL PROYECTO.

Al ser dividido el proyecto en 3 subsistemas; se analizaron los elementos de cada ensamble para detectar los problemas que presentaban bajo los requerimientos que planteó

² Ver anexo II. Planos generales de ensamble del IEDF para el producto.

el organismo gubernamental. De esta manera, se realizaron análisis por elemento finito, pruebas funcionales y prototipos del conjunto.

Los análisis por elemento finito fueron efectuados bajo condiciones de uso, y circunstancias extremas para aquellas partes que lo requerían. Las pruebas funcionales fueron analizadas según las especificaciones del IEDF como se muestra en la tabla 1.1.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO DE MEDICIÓN
Peso total, igual o menor a	8 kg
Ancho máx. de una silla de ruedas	765 mm
Ancho para maniobras, interior del cancel	900 mm
Altura mín. del cortinero	1820 mm
Resistencia bajo carga	80 kg

TABLA 1.1 Requerimientos de desempeño del Cancel tipo Maletín

1.5 SELECCIÓN DEL MÉTODO.

Al comparar metodologías de diseño se consideró el Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF) como un algoritmo preciso para el estudio de este proyecto, debido a que, el AMEF ha sido generalmente utilizado por las industrias automotrices, en la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales de productos y procesos aunque éstos se encuentren en operación o en la fase de desarrollo. Además, es aplicable para cualquier clase de empresa.

Por tal motivo, el desarrollo de este capítulo está basado en dos documentos que están anexados al final del capítulo cuatro; es decir, la Propuesta presentada al IEDF y el Reporte del Cancel para este proyecto, por lo que es importante leer y revisar los tres primeros anexos para continuar con el siguiente capítulo³.

De esta manera, se comparan los estudios previos de este documento para confirmar que los resultados obtenidos son una herramienta de ayuda para la mejora del diseño a partir de los defectos del producto o del proceso.

³ Ver anexo I, II y III. Propuesta del proyecto, planos generales y repote del proyecto denominado “Cancel tipo Maletín”.

CAPÍTULO 2



DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

2.1 ANTECEDENTES DEL MÉTODO.

El AMEF es ampliamente utilizado dentro de un sistema de calidad que busca la mejora continua de diversas formas. Es por eso que las acciones que se realizan en muchas ocasiones son implícitas, ya que se introducen con éxito diariamente como fruto del afán por hacer cada vez mejor las cosas. También, de manera explícita se expresa en forma organizada con una planeación y metodología ajustada a las necesidades de cada organización. Ver figura 2.1.

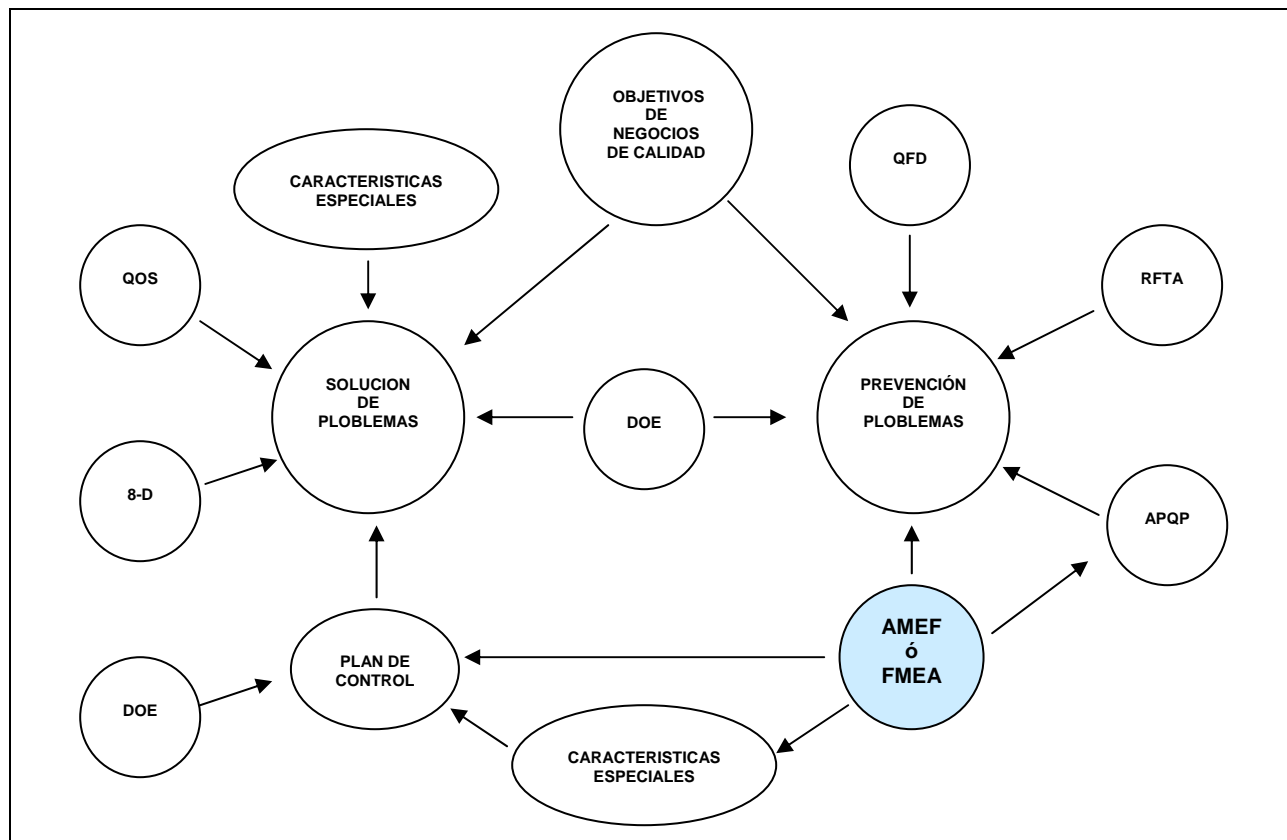


Figura 2.1 El rol del AMEF en un Sistema de Calidad.⁴

La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de los Estados Unidos de Norteamérica por los ingenieros de la National Aeronautics and Space Administration

⁴ Ver Acrónimos.

(NASA), a raíz de un procedimiento militar (MIL-P-1629) titulado como "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticidad". Este procedimiento fue elaborado el 9 de noviembre de 1949 y era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió el área automotriz QS 9000. Por lo tanto, Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation enriquecieron esta metodología en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; teniendo que emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), que necesariamente debe incluir al AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

En diciembre de 1992, el grupo acción automotriz industrial (AIAG) termina el manual de referencia y en febrero de 1993 junto con la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas de AMEF para su implementación en la industria. Estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J - 1739.

Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, Ford y General Motors; este manual proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF.

Actualmente, el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial.

2.2 ¿QUÉ ES EL AMEF?

El Análisis del modo y efectos de las fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un

proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Identificar, definir, priorizar y eliminar fallas conocidas y/o potenciales de un sistema, diseño o proceso de manufactura, antes de que lleguen al cliente.
- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

El AMEF puede estar enfocado a tres tipos de aplicaciones específicamente, como son:

- El AMEF de Concepto tiene como alcance plasmar la percepción del sistema, subsistema o componente.
- El AMEF de Diseño se usa para analizar un producto al nivel de sistema o subsistema, antes de que se libere para la producción.
- El AMEF de Proceso es utilizado para analizar las etapas en la fabricación, montaje y los planes de control resultantes.

En el 2000, la actualización del AMEF incorpora aplicaciones para el Medio Ambiente, Maquinaria, Software y de Atributos. Los cuales, no serán profundizados en el presente trabajo.

Sin embargo este método es comúnmente utilizado para evaluar diseño de productos y diseño de procesos y ambos son básicamente idénticos en su construcción. Aunque tienen objetivos muy diferentes son a la vez interdependientes; es decir, el AMEF de diseño de un producto responde a la pregunta de “Cómo podría fallar este diseño para hacer lo que la

ingeniería quiere que haga”, mientras que el AMEF de procesos responde a la pregunta de “Cómo podría fallar este proceso de producción para operar efectivamente o para fabricar productos que conscientemente cumplan con los requerimientos de ingeniería”.

2.3 BENEFICIOS DEL AMEF

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil de medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con sus percepciones de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

El AMEF apoya y refuerza el proceso de diseño ya que:

- Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño
- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas
- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de ligera protección
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias
- Facilita la comprensión de las funciones de un sistema
- Permite rastrear y documentar las acciones de reducción de riesgos
- Identifica las causas con los mecanismos asociados

- Identifica las causas de fallas potenciales del proceso de manufactura o ensamble

2.4 REQUERIMIENTOS DEL AMEF.

Para hacer un AMEF se requiere lo siguiente:

- Un equipo multidisciplinario que esté integrado por la parte fundamental y la parte de apoyo, con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
- Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde sub-ensambles hasta el sistema completo
- Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño
- Especificaciones funcionales de módulos, sub-ensambles, etc.
- Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar en caso de que se realice un AMEF de Proceso.
- Llenar el formato del AMEF con la información del proyecto. Ver figura 2.2

2.5 EL ENFOQUE DEL MÉTODO.

Existen tres casos básicos para los cuales los AMEF's son generados, cada uno con diferente enfoque o alcance:

- Caso 1: Nuevo Diseño, nueva tecnología o nuevo proceso. El alcance del AMEF es el diseño, tecnología o proceso completos.
- **Caso 2: Modificaciones al proceso o diseño actuales (asume que hay un AMEF para el proceso o diseño vigentes). El alcance del AMEF se debe enfocar a las modificaciones del diseño o el proceso, las interacciones posibles debido a la modificación y a la historia en el campo.**
- Caso 3: El uso del diseño o proceso existente en un nuevo medio ambiente, localización o aplicación (asume que hay un AMEF para el proceso o diseño existente). El Alcance del AMEF es el impacto del nuevo ambiente o la localización en el proceso o diseños existentes.

AMEF DE DISEÑO

Descripción :			No. de DFMEA :		Fecha Limite:		Revisión No.:		Fecha/Rev.:		
N° Parte:			Resp. del Diseño:				Preparado por:		Fecha/Firma:		
Fecha Dibujo:			Equipo de Trabajo :				Diseñador Resp.:		Fecha/Firma:		
Sistema:	Año Modelo:		Ref.:					Vo.Bo.del Equipo:		Fecha Actual :	

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Cla se.	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Control de Diseño Actual	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	HOJA DE					
													Resultado de Acción	Sev	Ocu	Det	NPR	
<p style="text-align: center;">Cuáles son las funciones, características o requerimientos ?</p>	<p style="text-align: center;">Cuáles son los efectos ?</p>	<p style="text-align: center;">Qué tan malos son ?</p>			<p style="text-align: center;">Cuáles son las causas ?</p>		<p style="text-align: center;">Qué tan frecuentes aparecen ?</p>			<p style="text-align: center;">Qué se puede hacer ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios en el diseño • Cambios en el proceso • Controles especiales • Cambios a los estándares, procedimientos y guías 								
	<p style="text-align: center;">Qué puede estar mal ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • No funciona • Funcionamiento parcial / total / degradado • Funcionamiento intermitente • Funcinamiento erróneo 						<p style="text-align: center;">Cómo puede prevenirse y detectarse esto ?</p>			<p style="text-align: center;">Que tan bueno es este método en detectarlos ?</p>								

Figura 2.2 Formato y diagrama de flujo para la información del AMEF.

Un AMEF potencial de Diseño es una técnica analítica utilizada como medio para asegurar que, en el grado en que sea posible, Modos de Falla Potenciales y sus Causas/Mecanismos asociados, han sido considerados y dirigidos.

2.6 PLASMAR EL PRODUCTO O EL PROCESO.

El proceso inicia desarrollando una lista de lo que se espera que el diseño haga, y de lo que no. Las necesidades y los deseos deberán ser incorporados, las cuales pueden ser determinadas de fuentes tales como Despliegue de la Función de Calidad (QFD). Entre mejor sea la definición de las características deseadas más fácil será identificar los Modos de Falla Potenciales para Acciones Correctivas/Preventivas.

Por lo tanto, una de las primeras tareas que se realizan para entender el método, es una descripción del producto o del proceso que se está analizando e indicar tan brevemente como sea posible el propósito del proceso u operación que se esté examinando. Esto se lleva a cabo mediante diagramas y matrices que facilitan el entendimiento del AMEF.

El alcance del AMEF, se define usando un Diagrama de Fronteras, ilustrando sus sistemas/componentes. Con el propósito de asegurar que todas las fuentes del Modo de Falla, la causas y los efectos son considerados. Los Diagramas de Fronteras es una forma de ilustrar gráficamente las relaciones entre subsistemas, ensambles, sub-ensambles y componentes del sistema. Ver figura 2.3.

Aunque los Diagramas de Fronteras pueden ser construidos a cualquier nivel de detalle, es importante identificar los elementos mayores, entendiendo cómo interactúan unos y otros, y cómo interactúan con los sistemas externos.

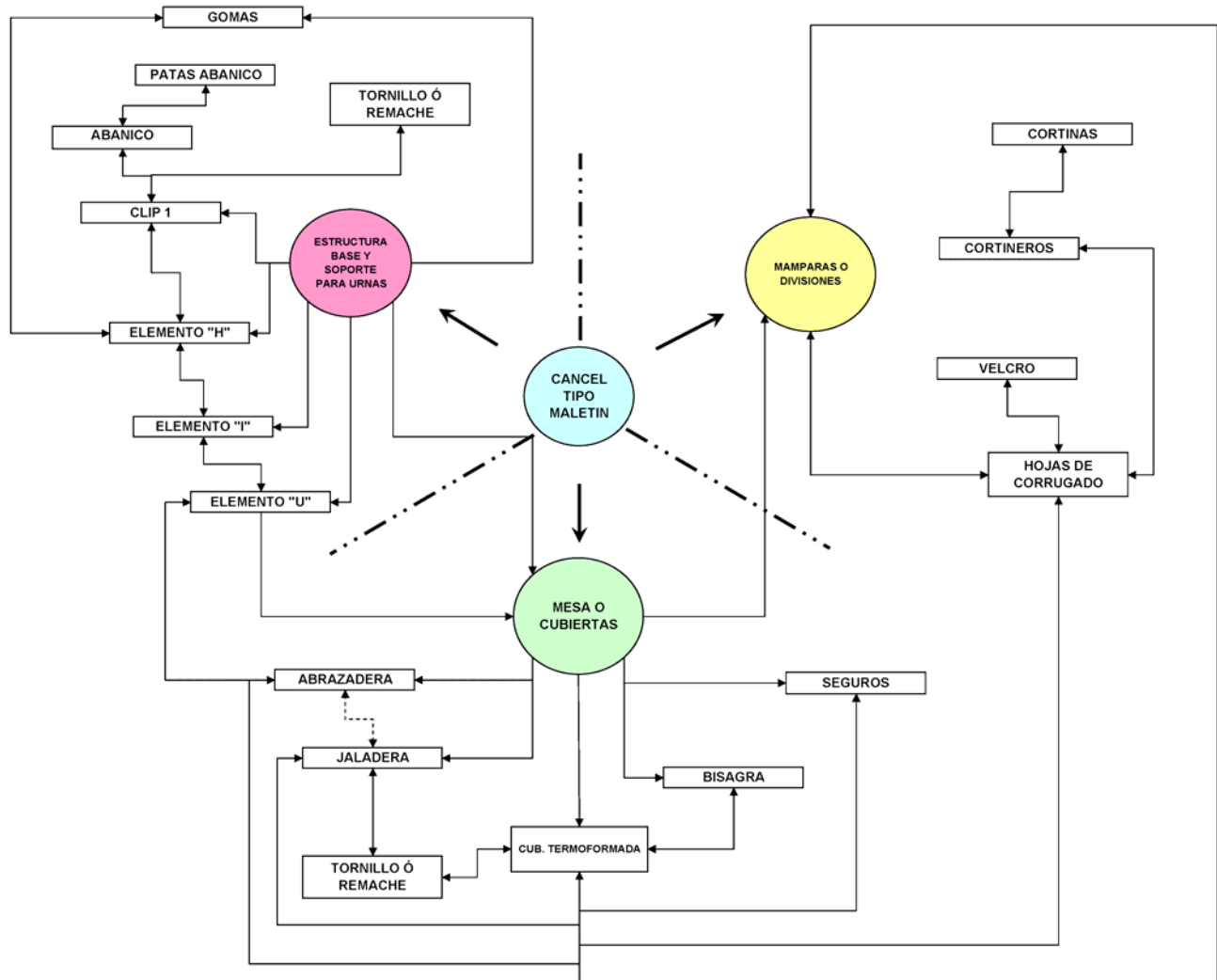


Figura 2.3. Diagrama de Fronteras del Cancel con el diseño del IEDF.

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN.

La falla es un evento donde el producto o proceso no desempeña satisfactoriamente una función deseada. El AMEF esta enfocado en definir:

- ¿Qué esperamos que haga para nosotros la operación del componente, el producto o el proceso?

- ¿Cuál es la función y/o propósito, y qué puede hacerse para prevenir el producto o el proceso de un desempeño efectivo de las funciones para las cuales fueron diseñadas?

Todos los componentes del producto o todas las operaciones del proceso están diseñados para un propósito específico, así como desempeñar satisfactoriamente las funciones deseadas y establecidas explícita o implícitamente.

De esta manera, se definen las funciones básicas que describen los atributos fundamentales del producto o el proceso; donde los clientes asumen que serán complacidos y no hablarán de ellos a menos que estén insatisfechos. Por otro lado, las funciones de desempeño describen qué tan bien cumple su tarea el producto o el proceso; por consiguiente los clientes usualmente hablan de las consecuencias del desempeño. Las funciones son escritas en verbos/nombre/medibles. Por ejemplo:

- ❖ Soportar transmisión, x kilogramos según la especificación xyz
- ❖ Almacenar fluido, x litros con cero fugas.
- ❖ Conducir corriente, x amperes.

Finalmente las funciones de excitación, son las nuevas características que satisfacen las necesidades del cliente que pudieran no haber sido reconocidas; es decir, que el cliente no sabe como mencionarlas. Hay que mencionar que cada requerimiento del cliente, define una o más funciones que deben cumplirse por lo que pueden describir requerimientos muy abiertos o muy específicos. De esta manera, se recomienda empezar con las funciones de alto nivel y posteriormente desglosarlas en funciones más detalladas considerando su lógica. Ver figura 2.4.

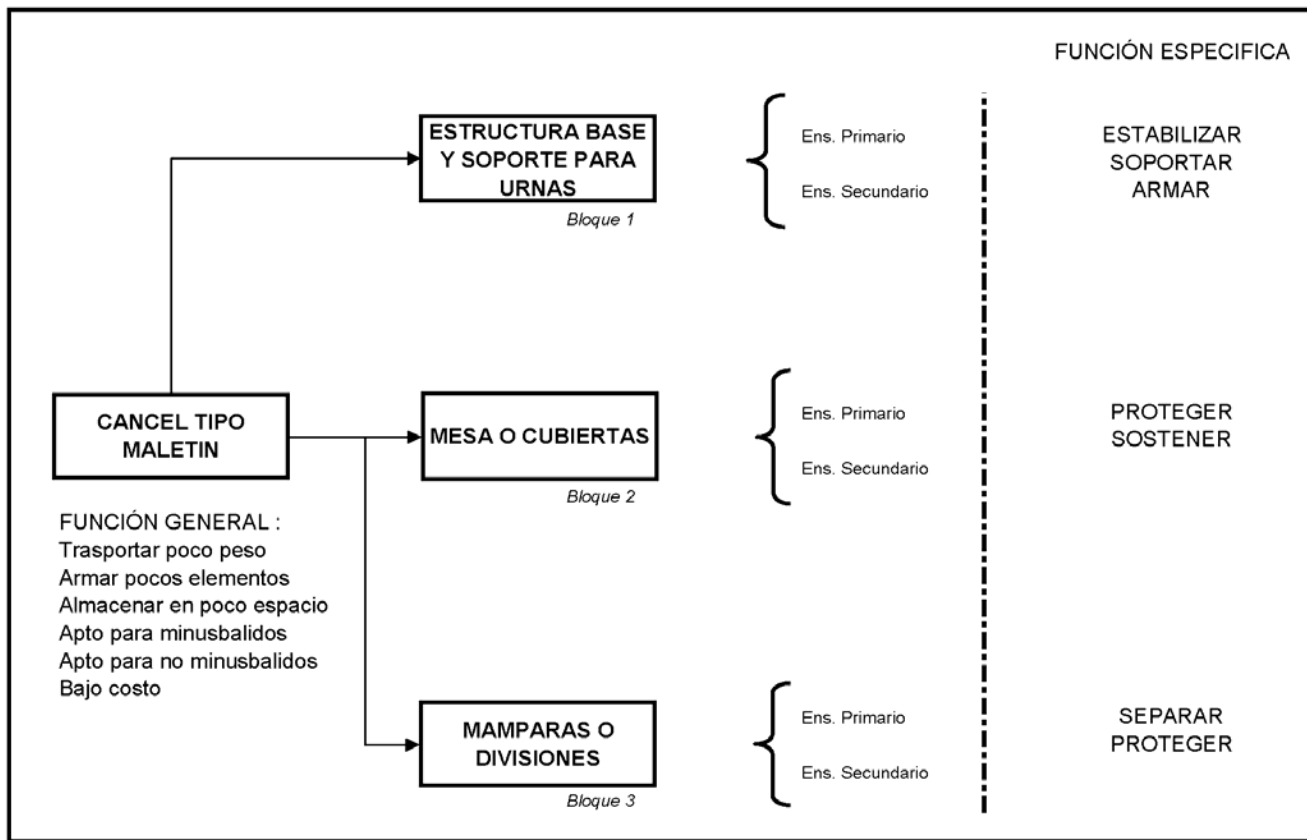


Figura 2.4. Diagrama de bloques por función.

2.8 IDENTIFICAR LOS MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS.

Un Modo de Falla Potencial se define como la manera en la cual un componente, subsistema o sistema, podrán potencialmente fallar en cumplir o entregar la función deseada. Cuatro tipos de Modos de Falla ocurren. El primero y el segundo tipos se aplican con frecuencia, por lo que son los más comunes. El tercero y el cuarto son típicamente relegados cuando se lleva a cabo el AMEF.

- ✓ *No Funciona*: el sistema o diseño es totalmente disfuncional o in-operativo.
- ✓ *Función Parcial*: Desempeño degradado; es decir, que cumple con algunas de las especificaciones o alguna combinación, pero no cumple completamente con los atributos o características. Esta categoría incluye función en demasía y función degradada con el tiempo.

- ✓ *Función intermitente*: Cumple pero se pierde algo de funcionalidad o llega a ser inoperativo frecuentemente debido a impactos externos tales como la temperatura, humedad, medio ambiente, etc.
- ✓ *Función no deseada*: Esto significa que la interacción de varios elementos cuyo desempeño independiente es correcto, pero se afecta de manera adversa al producto o el proceso cuando existe sinergia.

En el transcurso del tiempo, se ha entendido que un modo de falla viene dado por una causa y un efecto. No obstante, uno de los más confusos problemas para nuevos practicantes del AMEF es que cualquier causa por si misma tiene una causa que probablemente sea un modo de falla, y cualquier efecto por si mismo tiene un efecto que también probablemente sea un modo de falla. Por tal motivo, en ambos contextos se tiene que un simple evento puede ser una causa, un efecto y un modo de falla. Sin embargo, en sistemas más reales, no se permite el simple modelo de causa y efecto. Es decir, una causa puede tener múltiples efectos y una combinación de causas puede permitir múltiples efectos también. De esta manera la relación que existe entre una función, un modo de falla, causas potenciales y efectos se muestra en la figura 2.5.

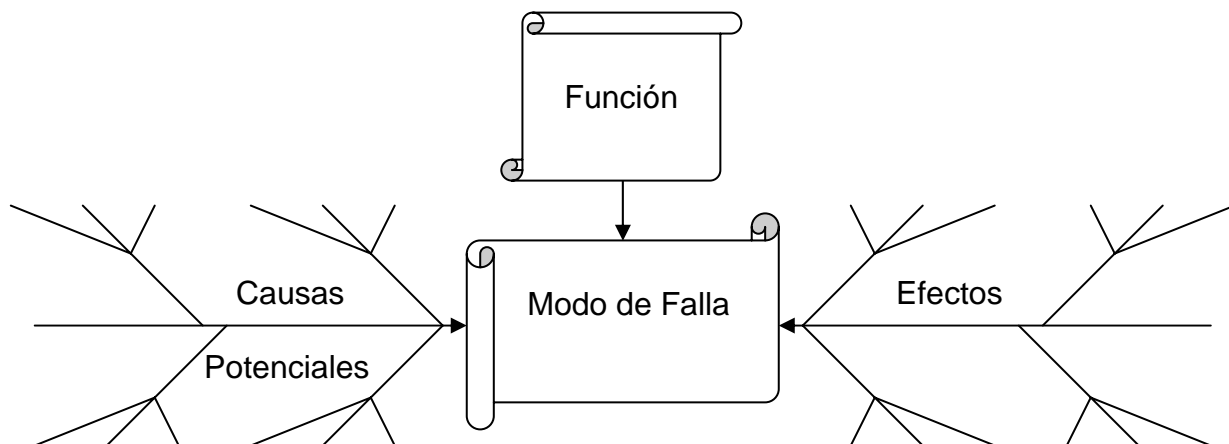


Figura 2.5. Relación entre la función, modo de falla, causas potenciales y efectos

El modo de falla potencial, está definido como la manera en la cual una parte, un ensamble o un proceso, pudiera potencialmente fallar en el cumplimiento de los requerimientos de desempeño que intenta el diseño y/o las expectativas del cliente. Es decir,

qué cosas pudieran ir mal, entonces se define un **pronóstico del suceso**. Aunque también podría ser la causa, el modo potencial de falla en un nivel mayor de ensamble, ó ser el defecto en una parte de un nivel bajo. Por lo tanto, haciendo referencia al inciso anterior, los modos de fallas potenciales del tipo uno y dos serían:

No Funciona	Función Parcial
No soporta el par de la transmisión	Soporta < X Kg.
No almacena fluido	Liquido < X Lt.
No conduce corriente	Excede > X amperes

TABLA 2.1 Modos de falla que responden a la función.

Se describe el efecto de falla en términos de lo que puede notar o experimentar el cliente (interno o externo); es decir, son las probables consecuencias al ponerse en marcha. Por lo que pueden interpretarse estas características como: ruido, inoperable, rugoso, apariencia pobre, inestabilidad, excesivo esfuerzo, etc.

2.9 SEVERIDAD.

Al identificar los modos y efectos de la falla, el primer paso para el análisis de riesgos es cuantificar la **severidad** de los efectos, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10 donde 10 es lo más severo⁵.

Si la severidad llegara a tener valores entre 9 y 10, deberá haber énfasis especial sobre las posibles acciones para eliminar los modos de falla o que cambie su efecto en el desempeño del producto.

Lo anterior es debido a que el impacto es mayor en el producto y por consiguiente esto es lo que le preocupa más al cliente. Una reducción en el índice de la graduación de la severidad se puede afectar solamente a través de un cambio del diseño.

⁵ Ver apéndice C. Tabla de Severidad.

2.10 DESCRIBIR LAS CAUSAS Y CÓMO MEDIRLA.

Luego de que los efectos y la severidad han sido listadas, se deben de identificar las causas de los modos de falla. En el AMEF de diseño, las causas de falla son las deficiencias del diseño que producen un modo de falla; es decir, que es un indicador de una debilidad diseñada como consecuencia del modo de falla. De esta manera, se debe indicar las causas de primer nivel o la inmediata de un modo de falla. *Para el AMEF de proceso, las causas son errores específicos descritos en términos de algo que puede ser corregido o controlado.*

Las causas son evaluadas en términos de **Ocurrencia**, ésta se define como la probabilidad de que una causa ó mecanismos específicos en particular ocurran durante la vida esperada del producto, es decir, representa la remota probabilidad de que el cliente experimente el efecto del modo de falla. En caso de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato, y si se desconociera totalmente la probabilidad de falla se debe asumir una ocurrencia igual a 10^6 .

Hay tres métodos que pueden ser usados para estimar la probabilidad de la ocurrencia. Los métodos más comunes son: el uso de exámenes o de datos de desempeño tales como:

- Los “Índices de falla en tiempo de vida diseñada”; que se basan en el número de fallas anticipadas al tiempo de vida diseñado del componente o de la pieza de la maquinaria, o de la parte.
- El “Cpk”; que denota la capacidad estadística de un proceso para fabricar productos dentro de los requerimientos.
- ***Un método alternativo, es el uso del mejor criterio del equipo AMEF; es decir, cuantos casos se han presentado del total que sean vistos.***

Para definir la estimación de la ocurrencia, hay que considerar preguntas tales como:

- ¿Es completamente nuevo el producto / proceso?
- ¿Qué cambios ambientales existen?

⁶ Ver apéndice D. Tabla de ocurrencia.

- ¿Cómo está el historial de servicios y/o experiencias en campo con productos o procesos similares?
- ¿Qué tan significantes son los cambios desde niveles previos del producto o proceso?

Hay dos enfoques de construcción de un AMEF. El primero de ellos es cuando toma un rumbo cuantitativo; es decir, que es un análisis de criticidad comúnmente utilizado por Ingeniería de Fiabilidad. Este método requiere de datos de coeficientes de falla específicos para cada componente u operación. El segundo enfoque funcional es de manera cualitativa, y se emplea para evaluar cada elemento de un diseño en términos de su capacidad anticipada del desempeño que se pretende. El enfoque cualitativo, enfatiza en la severidad, seguridad y en la perdurabilidad del diseño.

2.11 CONTROLES ACTUALES DE DISEÑO Y CÓMO EVALUARLOS.

Los **controles actuales**, son descripciones de los controles que previenen la ocurrencia de los modos de falla y/o detecta el modo de falla que pudiera ocurrir. Para diseños originales pueden no existir, a menos de haya un producto similar, por lo que pueden enlistarse aquellos que han sido utilizados en el pasado. No se deben incluir los controles nuevos y que no se han puesto en marcha ya que pueden confundirse con las **acciones recomendadas**. Los controles de diseño y de proceso se agrupan de acuerdo a su propósito:

- Tipo 1: Estos controles **previenen** la causa o el modo de falla de que ocurran, o reduce su ocurrencia
- Tipo 2: Estos controles **detectan** la causa del modo de falla y guían hacia una acción correctiva por medio de métodos analíticos o físicos, antes que el producto sea liberado para producción.
- Tipo 3: Estos controles **detectan** el modo de falla antes de que el producto llegue al cliente

Los controles actuales de diseño del producto son:

- memoria de cálculo (prevención)
- análisis de materiales (prevención)
- diseño de experimentos (prevención)

- simulación, CAD (detección)
- análisis por elemento finito, CAE (prevención)
- prototipos (detección)
- pruebas de confiabilidad (detección)

Al haber definido los planes de control, la **detección** es una evaluación de la probabilidad de que los controles del proceso propuestos (listados en la columna anterior) detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga a la localidad de manufactura o de ensamble⁷.

El resultado deseado de aplicar un método de Control de Diseño es para exponer una deficiencia potencial de diseño (causa). Es por eso que cuando se estima una calificación de Detección, consideré solo aquellos controles que serán usados para detectar el Modo de falla o su Causa.

El equipo de AMEF debería calificar colectivamente la capacidad de cada control de Diseño, para detectar la causa del Modo de Falla. Cuando varios Controles de Detección se enlisten, hay que registrar la calificación mas baja. Aunque si todos los controles serán usados simultáneamente, se puede determinar una calificación de detección compuesta, basada en los controles acumulados.

2.12 NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO.

Al llegar a esta etapa del AMEF, se realiza una primera evaluación de los parámetros que han sido establecidos, con el propósito de emplear uno de los siguientes criterios.

Primer criterio.- Si la Severidad es $9 \leq S \leq 10$; es necesario tomar acciones debido al gran impacto que podría tener en el producto y por consiguiente se debe modificar el diseño.

Segundo criterio.- Si la severidad es $5 \leq S \leq 8$ y la ocurrencia es $4 \leq O \leq 10$ hay que tomar acciones, debido a que se analiza según la prioridad de riesgo o su criticidad; donde la criticidad es el producto de $S \times O$. Ver figura 2.6 y 2.7.

⁷ Ver apéndice E. Tabla de Detección.

Tercer criterio.- Es utilizando el número de prioridad de riesgo (NPR) es el producto matemático de la severidad “S”, la ocurrencia “O” y la detección “D”. $NPR = S \times O \times D$

El NPR, se emplea para identificar los riesgos más serios y buscar acciones correctivas. Cuando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse primero a los problemas y puntos de mayor grado e ítems críticos. La intención de cualquier acción recomendada es reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección.

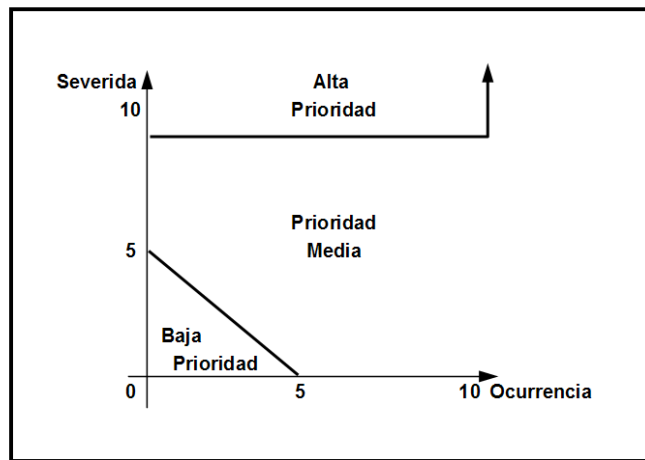


Figura 2.6. Diagrama por prioridad.

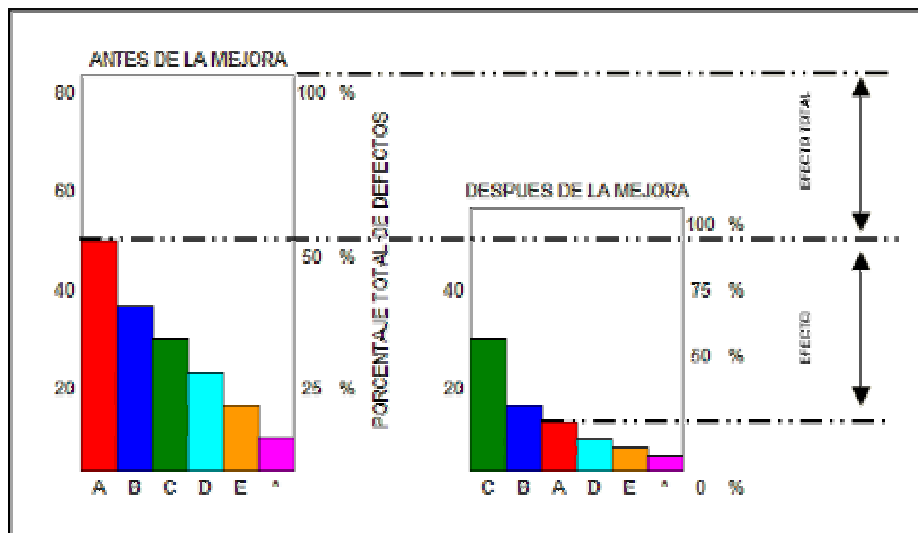


Figura 2.7. Diagrama de parapeto por el NPR ó la Criticidad

2.13 ACCIONES DE MEJORA.

En esta etapa se desarrollan las principales acciones para optimizar el producto o proceso a través del “ciclo de mejoramiento del producto / proceso”; para lo cual se deberán considerar:

- a) Revisar la geometría del diseño y/o tolerancias
- b) Revisar las especificaciones del material
- c) Diseño de experimentos (particularmente cuando múltiples causas están presentes) ó técnicas para solucionar problemas.
- d) Revisar el plan de prueba.

El objetivo primario de las acciones recomendadas es reducir el riesgo, es decir la velocidad de ocurrencia e incrementar la satisfacción del cliente con la mejora del diseño.

Solamente una revisión del diseño puede traer alrededor de una reducción en la graduación de la severidad. Además que, una reducción en la graduación de la ocurrencia puede ser efectuada solamente quitando o controlando uno o más de las causas de los mecanismos del modo de falla del diseño.

2.14 RESPONSABILIDADES DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS.

La evaluación de ingeniería para acciones correctivas deberá ser dirigida primeramente hacia la Severidad mayor, el NPR alto y otras acciones decididas por el equipo de trabajo. El propósito de cualquier Acción Recomendada es reducir calificaciones, en el siguiente orden de preferencia: Severidad, Ocurrencia y Detección.

Cuando la Severidad es de 9 ó 10, una especial atención debe darse a ese punto para asegurar que el riesgo es dirigido a través de acciones/controles existentes de diseño o acciones de procesos correctivas/preventivas, sin tomar en cuenta el NPR.

Se debe incorporar el nombre de la organización o departamento; el del individuo o responsables de cada acción recomendada y la fecha de la terminación de la acción. Después de que se haya puesto en ejecución la acción, hay que agregar una breve descripción de la acción real y de la fecha eficaz.

Después de que se haya identificado la acción de prevención y corrección; es necesario estimar y registrar nuevamente la severidad, la ocurrencia, y las graduaciones de las detecciones que resultan para ser calculado un nuevo NPR. Si no se toman ningunas acciones, se deberá dejar el espacio en blanco relacionado con las columnas de la graduación. Si la acción adicional se considera necesaria, hay que repetir el análisis. El foco siempre debe ser la mejora continua.

CAPÍTULO 3



APLICACIÓN DEL MÉTODO AL CASO DE ESTUDIO

3.1 PRIMERA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

En esta etapa del método se establece el Diagrama de Fronteras del producto mediante los elementos y sistemas que lo constituyen (*ver Figura 5 del Capítulo 2*), por lo que se enfatiza el alcance mediante el grado de análisis o las fronteras de lo que se incluye o se excluye. De esta manera, se plantean las funciones a cumplir por cada elemento, sistema o subsistema que interviene (*ver Figura 2.4 del Capítulo 2*) con la representación de verbo/nombre/medible. Por ejemplo, el producto del Cancel tipo Maletín se dividió en 3 subsistemas que son: la estructura base y soporte para urnas; mesa o cubiertas; y las mamparas o divisiones. Estas representaciones son puntualizadas en el formato del AMEF de la Figura 3.1.

El segundo paso es identificar los Modos de Falla de las funciones por medio de los tipos existentes, la negación de la función y la parcial de la función. Es decir, cuando el sistema o diseño es totalmente disfuncional o inoperativo; y cuando el desempeño se degrada ó solamente cumple con algunas de las especificaciones. En esta categoría puede incluir la función en demasía. Para el caso de estudio del Cancel, se establecieron estos parámetros de acuerdo a los requerimientos del IEDF que se estipuló al principio de este documento, siendo estos las entradas hacia el método; y estos Modos de Falla también se plantean en el formato del AMEF para la primera fase.

Posteriormente, es necesario identificar los Efectos Potenciales de la Falla según lo percibe el cliente; los cuales fueron obtenidos de las entrevistas con el cliente y de los modelos actual y anterior a este proyecto. Por lo tanto, la última parte de esta etapa fue evaluar los efectos del diseño nuevo con la tabla de severidad expuesta en los anexos del presente documento.

La columna de la Clase puede ser usada para clasificar cualquier característica especial del producto, pero también puede ser usada para destacar los Modos de Falla de alta prioridad para la evaluación de la ingeniería.

DESIGN FMEA

Descripción : CANCEL TIPO MALETIN			No. de DFMEA : 1		Fecha Limite: 09 / SEP / 2002		Revisión No. : 1		Fecha/Rev.	
N° Parte:			Resp. del Diseño: Saul Santillan		Preparado por: Saul Santillan.		Fecha/Firma:			
Fecha Dibujo: 31 / 05 / 2002			Equipo de Trabajo : David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamili Cordero		Diseñador Resp.: David Hdez.		Fecha/Firma:			
Sistema: Año Modelo: Ref.					Vo.Bo del Equipo: A.R / E. C. / X. C.		Fecha Actual :			

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Clase	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) ó (D)	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	HOJA DE			
													Resultado de Accion			
													Sev	Ocu	Det	NPR
Mesa o Cubiertas																
Opcion A. Por gravedad Resiste peso o carga 10 ± 0.5 kg	No resiste	ruptura	8													
	Solamente resiste 7 kg (70%)	pandeo	7													
Opcion B. En Operación Resiste peso o carga 2 ± 2 kg	No resiste	ruptura	9		TOMAR ACCIONES					- Revisar geometria (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala						
	Solamente resiste 12 kg (aparato electrónico)	pandeo	8													
Contener o cerrar	No cierran	apertura total de las cubiertas y difícil de cerrar	6													
	Difícil de cerrar, F > 0.5 kg	apertura parcial, y un poco de fuerza para cerrar	5													
Estructura y soporte para urnas																
Estructura. Resiste peso o carga 7 ± 1 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	8													
	Solamente resiste 30 kg (pandeo)	pandeo	7													
Soporte para urnas. Resiste peso o carga 2 ± 0.5 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	9		TOMAR ACCIONES					- Revisar geometria (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala						
	Solamente resiste 10 kg (pandeo)	pandeo	8													
Amarzajo o elementos 100 - 30 sec	No se puede armar.	interferencia con los componentes	7													
	Difícil de armar (+ de 180 seg)	se requiere de mucha fuerza y menor cantidad de piezas	6													
Mamparas o divisiones																
Distancia separación de grados < 0.45	No separan	se caen	8													
	Se doblan aprox. de 15 grados	in-estabilidad	6													
Sistema de extracción de bras - 5H	No sostienen	se caen	8													
	Fza. Extracción mayor a 2.5 N	deslizamiento	8													

Figura 3.1 Primera fase del AMEF de Diseño para el Cancel tipo Maletín.

De lo anterior, resalta que los efectos en las cubiertas y estructura de las urnas, son las características de mayor riesgo y que tienen prioridad sobre las demás, Por lo tanto estos dos modos de falla tienen que ser revisados y cambiados en el diseño para disminuir o eliminar su condición de inseguridad. Las demás funciones, modos y efectos de falla pueden seguir con la segunda fase del AMEF, a menos de que el re-diseño cambie la condición de los otros modos de falla.

3.2 SEGUNDA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

En esta fase del AMEF, las causas potenciales son el indicador de una debilidad diseñada, por lo que para cada Modo de Falla puede haber varias causas. Es decir, que para llegar a la causa raíz es necesario indagar más allá de los primeros niveles de percepción. De esta manera, las causas se evalúan con la ocurrencia que es una forma relativa de la probabilidad de que sucedan los eventos. El indicador de la tabla condiciona a designar un valor de acuerdo a la frecuencia con que aparecen los sucesos. Si no existe una historia muy extensa se relaciona con los casos examinados. Por lo que para el cancel solo se tenían hasta ese momento tres modelos de cancel.

El segundo paso para esta etapa es definir los Controles Actuales de Diseño que sirven para prevenir o detectar la causa/mecanismo ó el modo de falla. Estos controles dependen de los recursos con que se cuentan de cada institución o empresa, por lo que el Centro de Diseño y Manufactura puede realizar:

- Memoria de Cálculo (Prevención)
- Simulación (Detección)
- Análisis por Elementos Finitos (Prevención)
- Prototipos (Detección)

De los cuales, todos estos fueron aplicados para el proyecto del cancel en sus etapas correspondientes. De esta manera, al incorporar cada uno de estos controles la detección de la falla sería más visible cuando se presentase como ocurrió al utilizar los Análisis de Elemento Finito y los prototipos fabricados⁷. En base a lo anterior, se determinó el indicador para la detección del Cancel. Ver figura 3.2.

⁷ Ver anexo II, apéndices A y B.



DESIGN FMEA



Descripción : CANCEL TIPO MALETIN		
N° Parte:		
Fecha Dibujo: 31 / 05 / 2002		
Sistema:	Año Modelo:	Ref.

No. de DFMEA : 1	Fecha Limite: 09 / SEP / 2002
Resp. del Diseño: Saul Santillan	
Equipo de Trabajo : David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamili Cordero	

Revisión No. : 1	Fecha/Rev.
Preparado por: Saul Santillan.	Fecha/Firma:
Diseñador Resp.: David Hdez.	Fecha/Firma:
Vo.Bo.del Equipo: A.R / E. C. / X. C.	Fecha Actual :

Figura 3.2 Segunda fase del AMEF de Diseño para el Cancel tipo Maletín.

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Clase	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) o (D)	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	HOJA DE				
													Resultado de Acción	Sev	Ocu	Det	NPR
Mesa o Cubiertas																	
Opción A. Por gravedad Resistir peso o carga 10 ± 0.5 kg	No resiste	ruptura	8		Geometría mal diseñada sobrecarga	8	Memoria de cálculo (P)	4	256								
	Solamente resiste 7 kg (70%)	pandeo	7		Mala selección del calibre Espesores pequeños (Fisura)	7 5	Simulación (D) FEM (P) Prototipos (D)		224 112 140								
Opción B. En Operación Resistir peso o carga 20 ± 2 kg	No resiste	ruptura	9		TOMAR ACCIONES					- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala							
	Solamente resiste 12 kg (aparato electrónico)	pandeo	8		Mala selección del calibre Espesores pequeños (Fisura)	4 5											
Contener o cerrar	No cierran	apertura total de las cubiertas y difícil de cerrar	6		Mala definición de la geometría de las cubiertas	7		4	168								
	Difícil de cerrar, F > 0.5 kg	apertura parcial y un poco de fuerza para cerrar	5		Mala definición de la geometría de las mamparas	6			120								
Estructura y soporte para urnas																	
Estructura. Resistir peso o carga 37 ± 1 kg distribuido	No resiste	ruptura o deformación permanente	8		Mala selección de Material Geometría del mat. no apta	3 5	Memoria de cálculo (P) Simulación (D)	4	96 160								
	Solamente resiste 30 kg (pandeo)	pandeo	7		Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4 2	FEM (P) Prototipos (D)		112 56		- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala						
Soporte para urnas. Resistir peso o carga 12 ± 0.5 kg distribuido	No resiste	ruptura o deformación permanente	9		TOMAR ACCIONES												
	Solamente resiste 10 kg (pandeo)	pandeo	8		Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4 2											
Amar/izar o elementos/180 + 30 seg	No se puede armar	Interferencia con los componentes	7		Mala definición de la geometría uniones muy robustas	4 2		4	112 56								
	Difícil de armar (+ de 180 seg)	se requiere de mucha fuerza y menor cantidad de piezas	6		Muchos elementos Ajustes no precisos	2 3			48 72								
Mamparas o divisiones																	
Dividir espacio designado/1 x 0.45	No separan	se caen	8		Mala definición de la geometría Muy robustas	3 2	Memoria de cálculo (P) Simulación (D)	4	96 64								
	Se doblan aprox. de 15 grados	in-estabilidad	6		Ajustes no precisos Mala orientación del corrugado	3 2	FEM (P) Prototipos (D)		72 48								
Sostener/cortinero/extract. =5 N	No sostienen	se caen	8		Calibre > Diam del cortinero (holgura) Mala orientación del corrugado	3 2		4	96 64								
	Fza. Extracción mayor a 2.5 N	deslizamiento	5		Calibre > Diam del cortinero (holgura) Mala orientación del corrugado	2 2			60 40								



3.3 TERCERA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

Al llegar a este punto, es necesario definir qué criterio de prioridad de riesgo se va emplear; debido a que la Severidad, la Ocurrencia y la Detección están especificadas y por consiguiente debe seleccionarse un razonamiento constante o versátil que ayude a eliminar las fallas.

Uno de los criterios es, que si la Severidad tiene valores entre 9 y 10 hay que tomar acciones para evitar que llegue este impacto hasta el cliente, como se mostró con anterioridad.

El segundo criterio es por posición de la Severidad y la Ocurrencia, donde se atacan en conjunto los valores más altos de ambos parámetros. Ver figura 3.3.

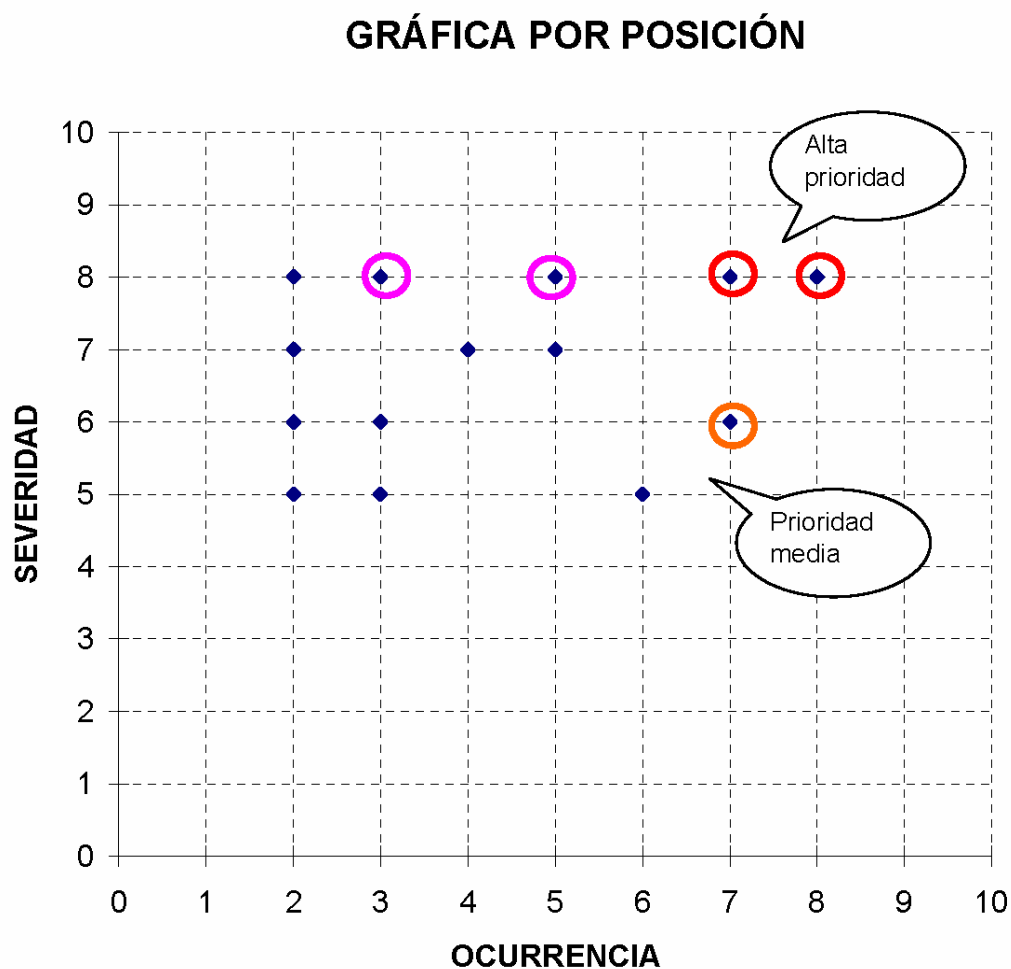


Figura 3.3 Selección del modo de falla por medio de la posición.

Sin embargo, el criterio de la criticidad manifiesta que si el valor de la multiplicación de la severidad y la ocurrencia ($S \times O = C$) es mayor a 20, debe enfocarse a los parámetros que hacen del diseño inestable e inseguro. Ver figura 3.4.

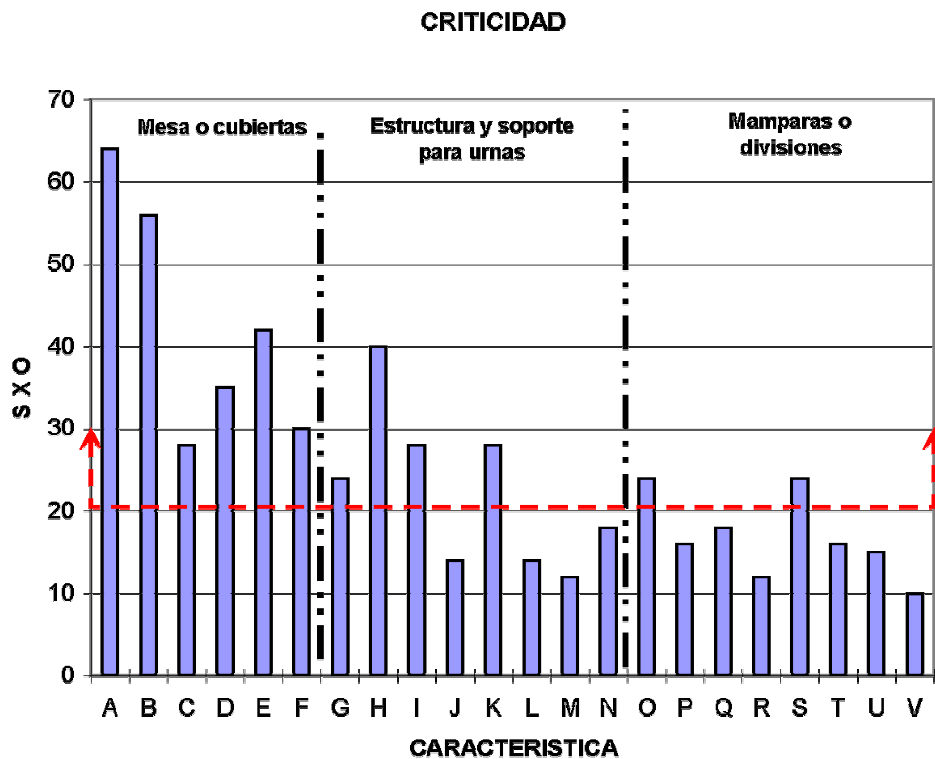


Figura 3.4 Selección del modo de falla por medio de la criticidad.

Este criterio de la criticidad es muy parecido al Número de Prioridad de Riesgo, sin embargo el NPR se calcula con la multiplicación de la severidad, la ocurrencia y la detección. La diferencia está en que aun tratando de emplear los medios de control que sean reales, evidenciables y disponibles debe manifestarse el modo de falla que resalta de los demás. Ver figura 3.5.

No hay valores límites para NPRs; es decir, no hay valores por encima de los cuales sean mandatorios para tomar Acciones Recomendadas, donde el equipo sea automáticamente liberado de una acción.

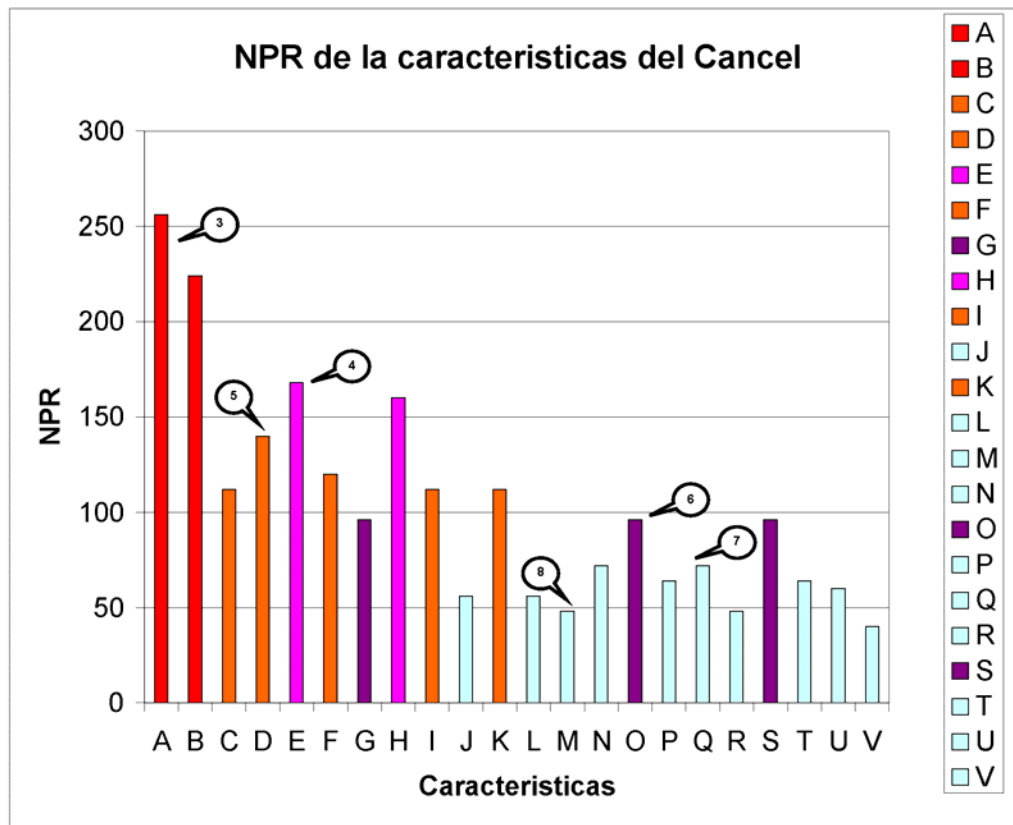


Figura 3.5 Selección del modo de falla por medio de la criticidad.

3.4 CUARTA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

Al identificar los modos de falla más severos, se aplicaron los criterios de acuerdo al inconveniente más sensible y crucial del Cancel. Por ejemplo, al saber que uno de los modos de falla críticos es la resistencia de las cubiertas y la estructura, era necesario cambiar el diseño porque se manifestaba a través de la ruptura. Figura 14. Por lo que se tomó en cuenta las restricciones y las especificaciones del cliente.

Esto fue revelado por los Análisis de Elementos Finitos de la cubierta y la estructura base; y así como también un prototipo a escala. El problema se presentaba en deformaciones mayores a lo esperado, debidas a las cargas aplicadas. Los controles de diseño hicieron su función y por lo tanto se puso en un principio mayor énfasis para tratar de eliminar la falla. Así, en esta primera revisión, se atacaron los modos de fallas 1, 2, 3 y 5 de las clasificaciones por prioridad que se muestran en la figura 3.6.

DESIGN FMEA

Descripción : CANCEL TIPO MALETIN			No. de DFMEA : 1			Fecha Limite: 09 / SEP / 2002			Revisión No. : 1			Fecha/Rev.					
N° Parte:			Resp. del Diseño: Saul Santillan			Preparado por: Saul Santillan			Fecha/Firma:								
Fecha Dibujo: 31 / 05 / 2002			Equipo de Trabajo : David Hdez. / Angel Rodriguez /			Diseñador Resp.: David Hdez.			Fecha/Firma:								
Sistema:			Año Modelo:			Ref.			Enrique Cuevas / Xamill Cordero			Vo.Bo.del Equipo: A.R / E. C. / X. C.			Fecha Actual :		

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	C a s a.	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) o (D)	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	HOJA DE							
													Resultado de Acción	Sev	Ocu	Det	NPR			
Mesa o Cubiertas																				
Opcion A. Por gravedad Resistepeso o carga 10 ± 0.5 kg	No resiste	ruptura	8		Geometría mal diseñada sobrecarga	8	Memoria de cálculo (P)	4	256	3	1									
	Solamente resiste 7 kg (70%)	pandeo	7		Mala selección del calibre Espesores pequeños (Fisura)	7	Simulación (D)	4	112											
Opcion B. En Operación Resistepeso o carga 20 ± 2 kg	No resiste	ruptura	9		TOMAR ACCIONES				140	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala										
	Solamente resiste 12 kg (aparato electrónico)	pandeo	8		Mala selección del calibre Espesores pequeños (Fisura)	4			56	4										
Contener o cerrar	No cierran	apertura total de las cubiertas y difícil de cerrar	6		Mala definición de la geometría de las cubiertas	7			168	4										
	Difícil de cerrar, F > 0.5 kg	apertura parcial y un poco de fuerza para cerrar	5		Mala definición de la geometría de las mamparas	6			120											
Estructura y soporte para urnas																				
Estructura. Resistepeso o carga 07 ± 1 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	8		Mala selección de Material Geometría del mat. no apta	3	Memoria de cálculo (P)	4	96	5	2									
	Solamente resiste 30 kg (pandeo)	pandeo	7		Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	5	Simulación (D)	4	160											
Soporte para urnas. Resistepeso o carga 12 ± 0.5 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	9		TOMAR ACCIONES				56	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala										
	Solamente resiste 10 kg (pandeo)	pandeo	8		Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4			56	6										
armar piezas o elementos 100 + 30 seg	No se pudo armar	interferencia con los componentes	7		Mala definición de la geometría uniones muy robustas	4			112	6										
	Difícil de armar (+ de 180 seg)	se requiere de mucha fuerza y menor cantidad de piezas	6		Muchos elementos Ajustes no precisos	2			56											
Mamparas o divisiones																				
Dividir espacio designado 7 ± 0.45	No separan	se caen	8		Mala definición de la geometría Muy robustas	3	Memoria de cálculo (P)	4	96	7										
	Se doblan aprox. de 15 grados	in-estabilidad	6		Ajustes no precisos Mala orientación del corrugado	2	Simulación (D)	4	64											
Sostener contenedor 500cc - 5N	No sostienen	se caen	8		Calibre > Diam del cortinero (holgura)	3			96	8										
	Pza. Extracción mayor a 2.5 N	deslizamiento	6		Mala orientación del corrugado Calibre > Diam del cortinero (holgura) Mala orientación del corrugado	2			64											
									60											
									40											

Figura 3.6 Selección de criterios para disminuir el riesgo.

A
B
C
D

E
F

G
H
I
J

K
L
M
N

O
P
Q
R
S
T
U
V

De esta manera, se atacaron primero los modos de falla para la cubierta, después para el soporte de urnas y la estructura; y al final las mamparas. Sin embargo, los modos de falla para las funciones de contener y armar serían los siguientes en reducir su intensidad de riesgo. Por lo que la Acciones Recomendadas serían:

- Analizar la relación que existe entre mamparas y cubiertas, debido a que el volumen de las mamparas deberá ser el mínimo considerado para ocupar el espacio interno de las cubiertas; es decir, que el número de dobleces por cada mampara incrementaría el espacio designado.
- Inspeccionar la interferencia entre elementos del ensamble y cuando están comprimidos, debido a que podrían presentar obstrucción al introducirse en el maletín.

Así mismo, las acciones recomendadas para disminuir los modos de falla de las funciones de las mamparas (dividir y sostener) serían:

- ❖ Delimitar la longitud permisible de la mampara para separar las zonas de los ocupantes cuando el cancel este en operación.
- ❖ Examinar la alineación del corrugado para sujetar los elementos de inserción.

Es necesario que las acciones recomendadas sean llevadas a cabo por los responsables designados del proyecto en el tiempo establecido, con el propósito de asegurar sean implementadas ó dirigidas adecuadamente. En el proyecto del Cancel, las fechas fueron cumplidas con respecto a la agenda que se estableció en la propuesta del proyecto y las modificaciones del calendario de actividades. El responsable del proyecto se encargó de coordinar las acciones con los integrantes del equipo que se llevaron a cabo. Ver figura 3.7.



DESIGN FMEA



Descripción : CANCEL TIPO MALETIN			No. de DFMEA : 1			Fecha Limite: 09 / SEP / 2002			Revisión No. : 1			Fecha/Rev.		
N° Parte:			Resp. del Diseño: Saul Santillan			Preparado por: Saul Santillan			Fecha/Firma:					
Fecha Dibujo: 31 / 05 / 2002			Equipo de Trabajo : David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamill Cordero			Diseñador Resp.: David Hdez.			Fecha/Firma:					
Sistema:			Año Modelo:			Ref.			Vo.Bo.del Equipo:A.R./E. C./X. C.			Fecha Actual :		

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Clas. se.	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) o (D)	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	Resultado de Acción				
													Sev	Ocu	Det	NPR	
HOJA DE																	
A B C D																	
E F																	
G H I J																	
K L M N																	
O P Q R																	
S T U V																	
CAPÍTULO 3																	
Mesa o Cubiertas	Opcion A. Por gravedad Resistible a carga 10 _± 0.5kg	No resiste	ruptura	8	Geometría mal diseñada sobrecarga	8	Memoria de cálculo (P) Simulación (D)	4	296 224	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala	D. Hernandez D. Hernandez A. Rodriguez 29-Jul-02						
		Solamente resiste 7 kg (70%)	pandeo	7	Malá selección del calibre Espesores pequeños (Fiatura)	4 5	PEM (P) Prototipos (D)	112 140									
	Opcion B. En Operación Resistible a carga 00 _± 2 kg	No resiste	ruptura	9	TOMAR ACCIONES →												
		Solamente resiste 12 kg (aparato electrónico)	pandeo	8	Malá selección del calibre Espesores pequeños (Fiatura)	4 5											
	Contenedor o cerrar	No cierran	apertura total de las cubiertas y difícil de cerrar	6	Malá definición de la geometría de las cubiertas	7		7	100			- Analizar relación de volumen entre cubiertas y mamparas	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02				
		Difícil de cerrar, F > 0.5 kg	apertura parcial y un poco de fuerza para cerrar	5	Malá definición de la geometría de las mamparas	6		6	120								
Estructura y soporte para urnas																	
Estructura. Resistible a carga 07 _± 1 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	8	Malá selección de Material Geometría del mat. no apta	3 5	Memoria de cálculo (P) Simulación (D)	4	36 160	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala	D. Hernandez D. Hernandez A. Rodriguez 29-Jul-02							
	Solamente resiste 30 kg (pandeo)	pandeo	7	Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4 2	PEM (P) Prototipos (D)	112 56										
Soporte para urnas. Resistible a carga 12 _± 0.5kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	9	TOMAR ACCIONES →													
	Solamente resiste 10 kg (pandeo)	pandeo	8	Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4 2												
Armar (para elementos) 130 ± 30 seg	No se puede armar	interferencia con los componentes	7	Malá definición de la geometría uniones muy robustas	4 2		4	72 56			- Inspeccionar interferencias entre elementos del ensamble y cuando están comprimidos	D. Hernandez A. Rodriguez E. Cuevas / X. Cordero 02-Sep-02					
	Difícil de armar (+ de 180 seg)	se requiere de mucha fuerza y menor cantidad de piezas	6	Muchos elementos Ajustes no precisos	2 3		2 3	48 72									
Mamparas o divisiones																	
Divid/respecto deo grados ± 0.45	No separan	se caen	8	Malá definición de la geometría Muy robustas	3	Memoria de cálculo (P) Simulación (D)	4	36 64	- Delimitar la longitud de las mamparas para separar las zonas de los ocupantes	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02							
	Se doblan aprox. de 15 grados	in-estabilidad	6	Ajustes no precisos Malá orientación del corrugado	3 2	PEM (P) Prototipos (D)	72 48										
Sobresocortinero/ extrac. < 5N	No sostienen	se caen	8	Calibre > Diam. del cortinero (holgura) Malá orientación del corrugado	3 2		3	36 64	- Examinar la alineación del corrugado	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02							
	Fza. Extracción mayor a 2.5 N	deslizamiento	5	Calibre > Diam. del cortinero (holgura) Malá orientación del corrugado	3 2		3 2	36 64									

Figura 3.7 Acciones recomendadas para el Cancel tipo Maletín.



3.5 QUINTA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

Las acciones recomendadas se establecen junto con los responsables y las fechas compromiso en el formato del AMEF. Por lo tanto, un nuevo concepto aparecerá con los cambios sugeridos al diseño (Acciones tomadas). Ver figura 3.8 y 3.9, por ejemplo:

- Las cubiertas fueron reforzadas con una pestaña alrededor para evitar la deformación.
- Al mismo tiempo se redujo la ranura de ensamble con las mamparas porque propiciaba un principio de fisura y deformación en estado de reposo.
- También, se incorporó un elemento de refuerzo para cuando las cubiertas estuviesen abiertas y motadas sobre la estructura.
- El soporte para urnas fue modificado; de un abanico plegable, pasó a ser unas extensiones de la estructura principal.
- Los elementos de la estructura fueron recortados para ser introducidos en el interior del maletín sin alguna interferencia.
- Se definieron nueva ubicación de los dobleces de las mamparas.

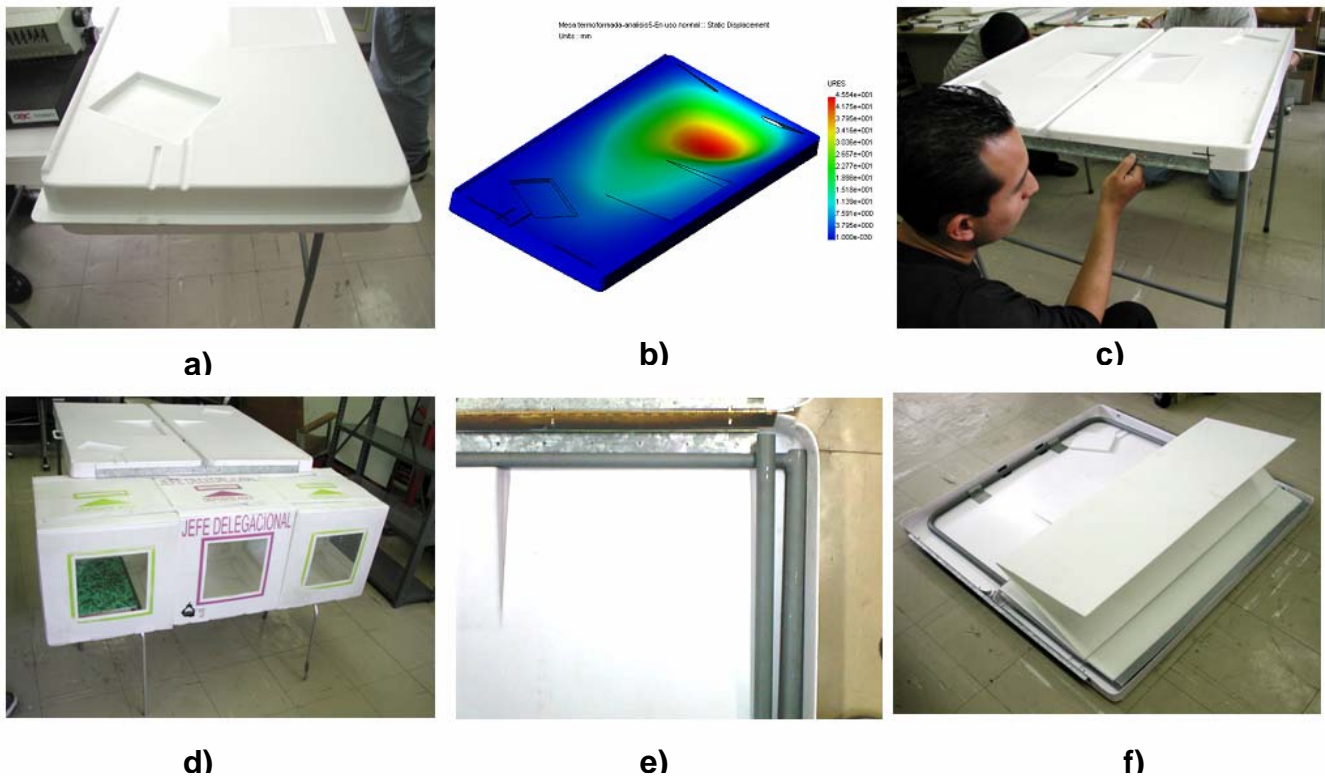


Figura 3.8 Cambios sugeridos al Cancel tipo Maletín.



DESIGN FMEA



No. de DFMEA: 1		Fecha Limite: 09 / SEP / 2002		Revisión No.: 1		FechaRev:									
Resp. del Diseño: Saul Samillán		Resp. del Diseño: Saul Samillán		Preparado por: Saul Samillán		FechaFirma									
Equipo de Trabajo: David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamill Cordero		Equipo de Trabajo: David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamill Cordero		Diseñador Resp.: David Hdez.		FechaFirma									
Año Modelo:		Año Modelo:		No.Bo del Eqp.: A.R / E. / C. / X. C.		Fecha Actual:									
Ref:		Ref:		H O J A D E		H O J A D E									
Características	Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Cla se.	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) o (D)	D E P T R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	Resultado de Acción Sev (Ocu) Det (NER)		
Mesa o Cubiertas															
Opción A. Por gravedad Resistencia cargada: 0.34g	No resiste	Solamente resiste 7 kg (70%)	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Geometría mal diseñada sobrecarga	3	4	256	-	-	Se hizo una prueba sereador de la cubierta para evitar deformación y por consiguiente ruptura	-		
														7	112
														5	140
Opción B. En Operación Resistencia cargada: 1kg	No resiste	Solamente resiste 12 kg (aparatado electrónico)	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Mala selección del calibre	4	4	-	-	-	Se definió la ranura de la cubierta para el ensamblaje con las manijas	-		
														7	112
														5	140
Opción C. Control de carga	No resiste	Difícil de cargar, F = 0.6 kg	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Mala definición de la geometría de las cubiertas	7	4	-	-	-	Se definió la ranura de la cubierta para el ensamblaje con las manijas	-		
														7	112
														5	140
Estructura y soporte para urnas	No resiste	Solamente resiste 30 kg (parados)	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Mala selección de Material	3	4	96	-	-	Se empujaron nuevos troques para el desdoblaje de las cubiertas en uso	-		
														7	112
														5	140
Soporte para urnas Resistencia cargada: 0.64g	No resiste	Solamente resiste 10 kg (parados)	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Claros entre apoyos muy grandes	4	4	-	-	-	Se definió el soporte para urnas en forma de abanico y se incorporaron nuevos elementos a la estructura	-		
														7	112
														5	140
Mamparas o divisiones	No separan	Se doblan aprox. de 15 grados	rupura pandero	8	Memoria de cálculo (P)	Mala definición de la geometría	3	4	96	-	-	Se redujo altura del elemento "H" de la estructura	-		
														7	112
														5	140

Figura 3.9 Acciones tomadas para el Cancel tipo Maletín.



3.6 ULTIMA FASE DEL AMEF PARA EL CANCEL.

La última etapa del AMEF para el Cancel, consiste en evaluar las modificaciones hechas al diseño del producto, con el propósito de corroborar que los modos de falla fueron eliminados o disminuidos. Por lo tanto, el diagrama de fronteras cambia su esquema hacia el nuevo concepto generado, pero las funciones permanecen debido a los requerimientos del cliente. De esta manera se tiene el siguiente diagrama que se muestra en la figura 3.10.

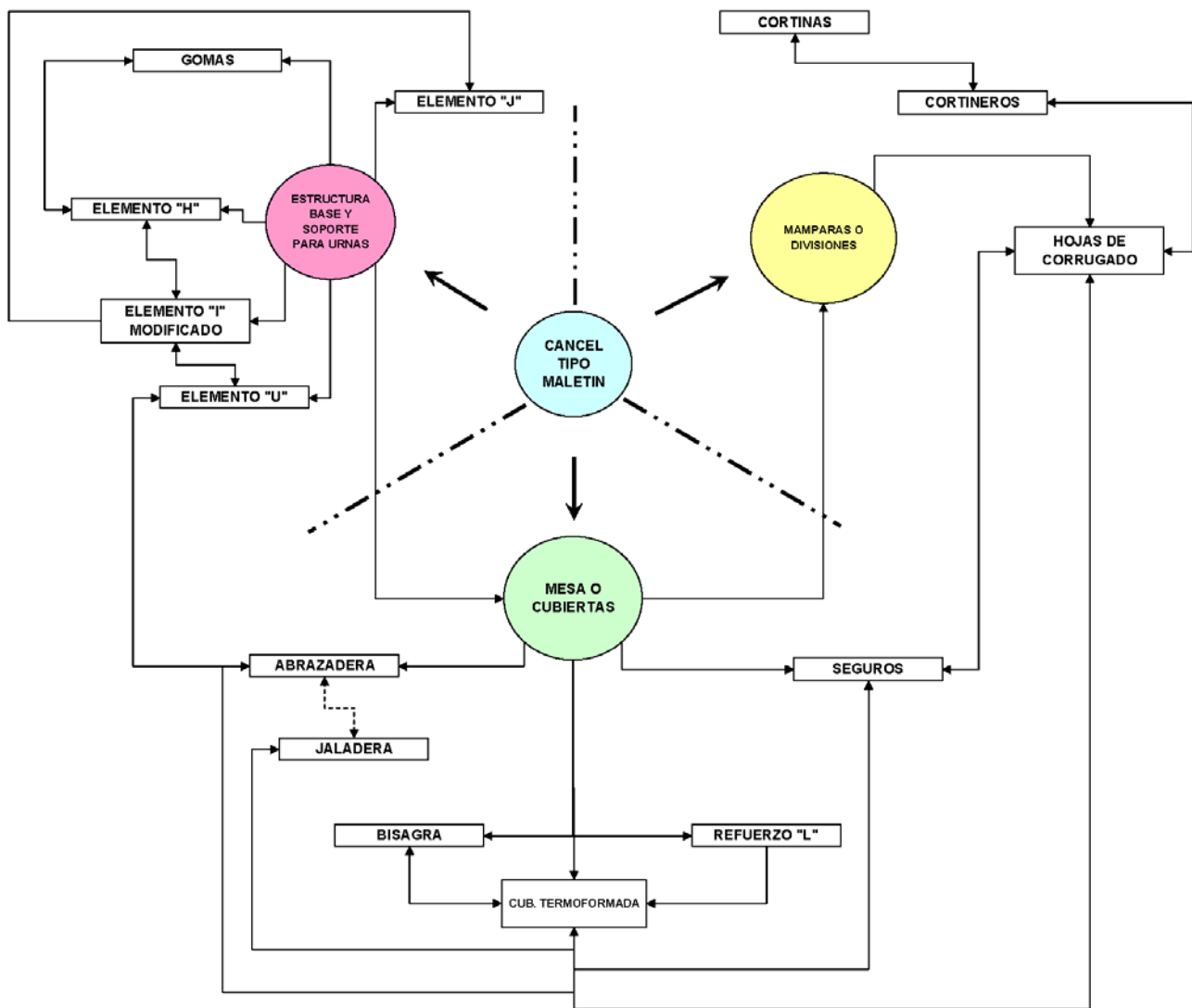


Figura 3.10 Diagrama de Fronteras del Cancel con el diseño del CDM.

La evaluación empieza nuevamente con la valoración de la severidad para la nueva propuesta de diseño; además los Modos de Falla siguen siendo los mismos porque la esencia del concepto no cambia, solo la forma en que se presenta.

De esta manera, al reforzar las cubiertas con una pestaña alrededor y disminuir la ranura para el ensamble con las mamparas, se disminuye el riesgo de los modos de falla que intervienen en estos puntos. De igual forma, la incorporación de un elemento de refuerzo y la sustitución del soporte para urnas, cambia la condición insegura de la severidad. Por lo tanto, las mayores puntuaciones se están atacando.

Las siguientes prioridades fueron enfocadas en aquellos modos de falla que causaban un impacto de segundo nivel; es decir, los elementos que tenían interferencia al ser introducidos en el maletín fueron redefinidos, así como también los dobleces de las mamparas y por lo tanto su calificación cambio.

Del mismo modo, la ocurrencia se ve alterada debido a que el diseño cambio y las especificaciones de ingeniería se mejoraron, teniendo como objetivo prevenir las causas. Por ultimo, los controles de diseño siguen siendo los mismos por lo que el valor no cambia debido a que detectarían el mismo efecto a menos de que se eliminara un medio de control. Ver figura 3.11.

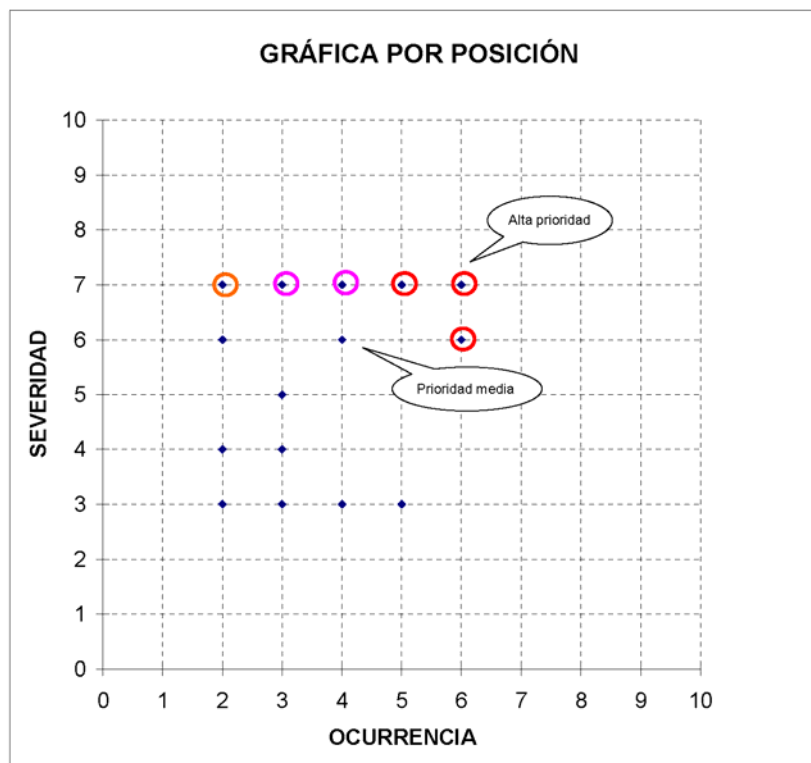


Figura 3.11 Posición de la Severidad y la Ocurrencia del segundo análisis.

Asimismo, la criticidad se ve minimizada debido a los cambios generados en el diseño del cancel. De esta manera se ve que se redujeron los modos de falla para la estructura y las mamparas, aunque siguen persistiendo. Ver figura 3.12.

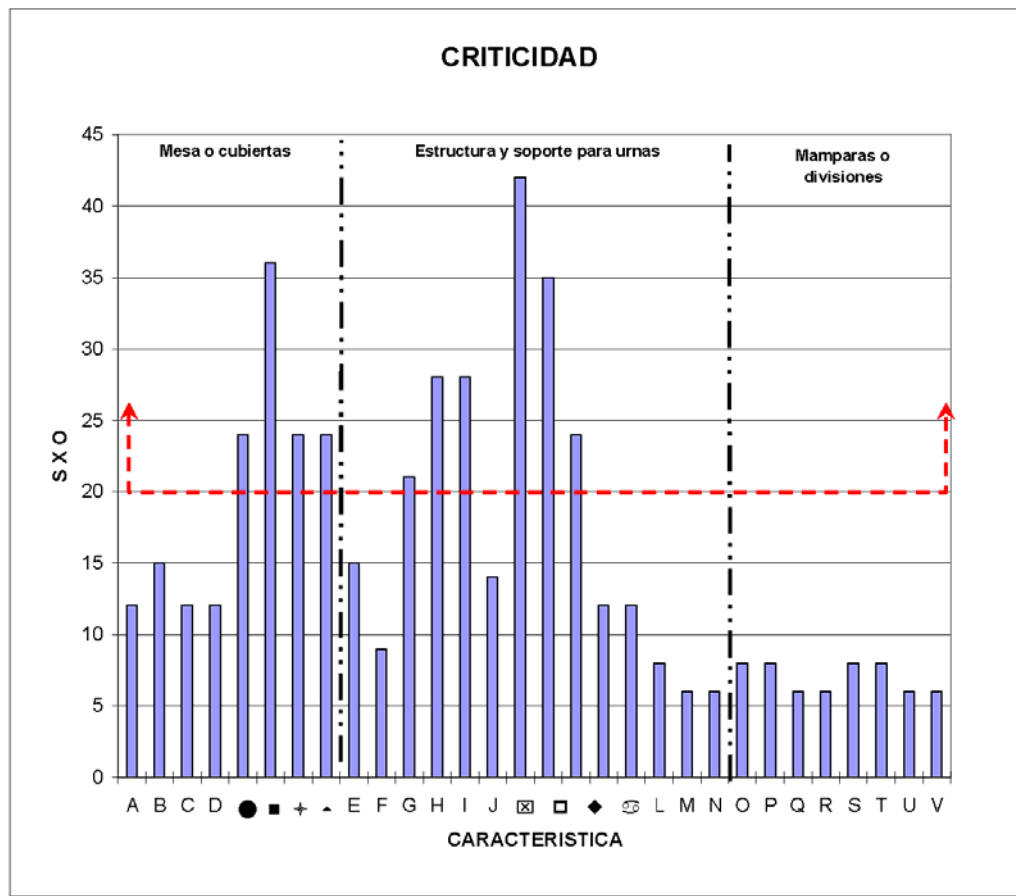


Figura 3.12 Criticidad debida a los resultados de las acciones tomadas.

Los valores de la Severidad, la Ocurrencia y la Detección para la segunda revisión; están plasmados en el formato del AMEF de diseño, por lo que se hace un comparativo de los valores antes y después de las modificaciones al diseño en la figura 3.13.

En este formato ya aparecen valores para aquellas características críticas que aparecieron al principio del análisis.

Descripción : CANCEL TIPO MALETIN			No. de DFMEA : 1	Fecha Límite: 09 / SEP / 02	Revisión No. : 1	Fecha/Rev.
N° Parte:			Resp. del Diseño: Saul Santillan		Preparado por: Saul Santillan	
Fecha Dibujo: 31 / 05 / 2002			Equipo de Trabajo: David Hdez. / Angel Rodriguez / Enrique Cuevas / Xamili Cordero		Fecha/Firma:	
Sistema:			Año Modelo:		Ref.	
					Vo.Bo del Equipo: A.R./E.C./X.C.	
					Fecha Actual :	

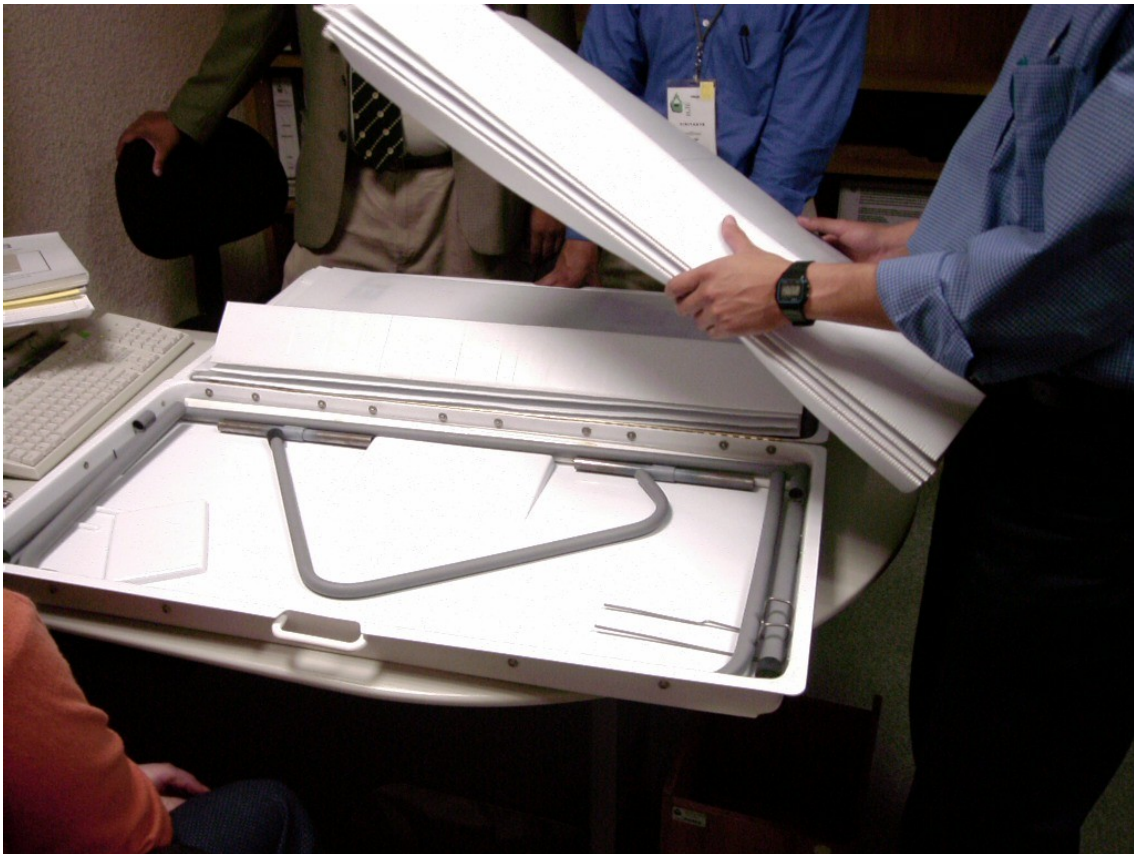
Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Cia se.	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Controles actuales de Diseño (P) o (D)	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	Resultado de Acción				A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V
													Sev	Ocu	Del	NPR	
Mesa o Cubiertas																	
Opción A. Por gravedad Resistibeso o carga 102_0.5kg	No resiste	ruptura	8		Geometría mal diseñada sobrecarga	8	Memoria de cálculo (P)	4	256	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala	D. Hernandez D. Hernandez A. Rodriguez 29-Jul-02	Se deja una pestaña alrededor de la cubierta para evitar deformación y por consiguiente ruptura	3	4	48	A B C D	
	Solamente resiste 7 kg (70%)	pandeo	7		Mala selección del calibre Espesores pequeños (fisura)	7	Simulación (D)	4	224				112	140	5		4
Opción B. En Operación Resistibeso o carga 102_2 kg	No resiste	ruptura	9		TOMAR ACCIONES							Se disminuye la ramara de la cubierta para el ensamble con las mamparas	6	4	96	E F	
	Solamente resiste 12 kg (aparato electrónico)	pandeo	8		Mala selección del calibre Espesores pequeños (fisura)	4							6	4	144		
Contener o cerrar	No cierran	apertura total de las cubiertas y difícil de cerrar	6		Mala definición de la geometría de las cubiertas	7			168	- Analizar relación de volumen entre cubiertas y mamparas	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02	Se eliminan las mamparas	5	3	60	E F	
	Difícil de cerrar, F > 0.5 kg	apertura parcial y un poco de fuerza para cerrar	5		Mala definición de la geometría de las mamparas	6			120				3	3	36		
Estructura y soporte para umas																	
Estructura Resistibeso o carga 102_1 kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	8		Mala selección de Material	3	Memoria de cálculo (P)	4	96	- Revisar geometría (Diseño) - Hacer memoria de cálculo - Generar prototipo a escala	D. Hernandez D. Hernandez A. Rodriguez 29-Jul-02	Se implementan nuevos soportes para el despliegue de las cubiertas en uso	7	3	84	G H I J	
	Solamente resiste 30 kg (pandeo)	pandeo	7		Geometría del mat no apta Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	5	Simulación (D)	4	160				112	56	2		2
Soporte para umas Resistibeso o carga 102_0.5kg distribuida	No resiste	ruptura o deformación permanente	9		TOMAR ACCIONES							Se elimina el soporte para umas en forma de abanico y se incorporan nuevos elementos a la estructura	7	5	168	K L M N	
	Solamente resiste 10 kg (pandeo)	pandeo	8		Claros entre apoyos muy grandes Memoria de cálculo dudosa	4							7	4	140		
Amarrazo o elemento 100 x 30	No se puede amarrar	Interferencia con los componentes	7		Mala definición de la geometría	4			112	- Inspeccionar interferencias entre elementos del ensamble y cuando están comprimidos	D. Hernandez A. Rodriguez E. Cuevas / X. Cordero 02-Sep-02	Se reduce altura del elemento "H" de la estructura	4	3	48	K L M N	
	Difícil de amarrar (+ de 160 seg)	se requiere de mucha fuerza y menor cantidad de piezas	6		uniones muy robustas Muchos elementos Ajustes no precisos	2			56				48	3	2		24
Mamparas o divisiones																	
División espacio designada 1 x 0.45	No separan	se caen	8		Mala definición de la geometría	3	Memoria de cálculo (P)	4	96	- Delimitar la longitud de las mamparas para separar las zonas de los ocupantes	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02	Se definen nuevos dobles de las mamparas	4	2	32	O P Q R	
	Se doblan aprox. de 15 grados	in-estabilidad	6		Muy robustas Ajustes no precisos Mala orientación del corrugado	2	Simulación (D)	4	64				72	48	3		2
Sostener contenedor estac. < 10 N	No sostienen	se caen	8		Calibre > Diam del contenedor (hojura)	3			96	- Examinar la alineación del corrugado	D. Hernandez A. Rodriguez 02-Sep-02		4	2	32	S T U V	
	Fza. Extracción mayor a 2.5 N	destrozamiento	5		Mala orientación del corrugado	2			64				60	48	3		2

PROPUESTA IEDF

PROPUESTA CDM

Figura 3.13 AMEF de Diseño para el Cancel Tipo Maletín.

CAPÍTULO 4



CONCLUSIONES.

El caso de estudio del Cancel tipo Maletín, es un claro ejemplo que muestra la metodología del AMEF como una herramienta confiable para reconocer y evaluar los modos de falla de un producto ó un proceso, a través de actividades sistematizadas. Por lo tanto, el método ayudó a identificar, priorizar y eliminar las fallas conocidas o potenciales, antes de que éstas ocurrieran; con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas, mejorando la satisfacción del cliente.

Las debilidades del producto fueron analizadas para identificar las acciones, que podrían eliminar o reducir la oportunidad de que ocurran las fallas potenciales. De esta manera, el AMEF identifica las características críticas y significativas que asemejan los cambios de diseño. Además, de valorar la adecuación de los controles propuestos y la necesidad de mitigar el riesgo.

El caso de estudio del Cancel tipo Maletín, permitió una evaluación objetiva de los requisitos y alternativas del proyecto, por lo que el presente análisis ayudó al diseño inicial con los requerimientos de manufactura y de ensamble. De esta manera, se aumentó la probabilidad de que hayan sido considerados los modos y efectos de fallas durante la fase del diseño. Del mismo modo, el método auxilió en el desarrollo de planes control y verificación para diseños robustos, así como también documentación y el rastreo de acciones consideradas para reducir el riesgo, tiempo y costo.

A través del método implementado, el caso de estudio sirvió de premisa para la producción en serie de este producto; por lo que las recomendaciones hechas al IEDF por parte del CDM fueron tomadas para fabricación, como fueron:

a) Modificaciones a las cubiertas.

El producto final del IEDF implementa una ceja alrededor de la mampara, con el propósito de evitar deformaciones excesivas. Además, un aumento del ancho de cara del portafolio para contener los componentes sin ninguna presión dentro del maletín. Ver figura 4.1.



Figura 4.1 Ceja alrededor de las cubiertas

b) Refuerzo de las cubiertas.

El Cancel del IEDF añade un refuerzo tubular para el ensamble de las cubiertas y la estructura cuando esta en operación. Del mismo modo, se modifica la geometría de los revestimientos a través de un corrugado en la periferia de la mesa. Ver figura 4.2.



Figura 4.2 Refuerzo de las cubiertas

c) Modificaciones a la estructura y soporte para urnas.

Los elementos que forman la estructura fueron corregidos en sus dimensiones. Por lo tanto, al ver la inestabilidad del soporte para urnas, el IEDF decidió sacarlo del sistema para evitar algún conflicto en la contienda electoral. Ver figura 4.3.



Figura 4.3 Estructura modificada

d) *Modificaciones a las mamparas.*

Las mamparas fueron reducidas sus dimensiones y por lo tanto los dobleces que poseían fueron redefinidos para evitar la presión ejercida en el portafolio. Ver figura 4.4.



Figura 4.4 Refuerzo de las cubierta

De esta manera, la morfología del cancel para votaciones electorales del Distrito Federal pasó a ser:

del modelo que fue empleado en los años 1999 y 2000; de una mesa plegadiza y de reducidas dimensiones en el área de trabajo, además de una altura superior a los 1.1 m y una excesiva inestabilidad (ver figura 4.5) a ...



Figura 4.5 Cancel 1999/2000

una mesa de mayor área de trabajo, una altura de 0.8 m, con una estabilidad aceptable, y con mayor versatilidad; es decir, para electores sin discapacidades físicas y minusválidos. Ver figura 4.6.

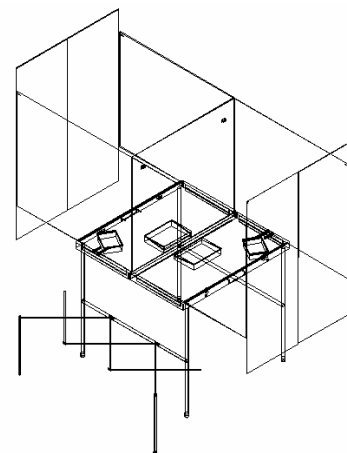


Figura 4.6 Propuesta IEDF

Finalmente la propuesta del Centro de Diseño y Manufactura implementa los cambios que se mencionaron en los incisos a, b, c y d como se muestran en la figura 4.7



Figura 4.7 Propuesta del CDM del Cancel tipo Maletín.

Concisamente, el AMEF ahorro dinero al reducir cambios tardíos en el ciclo de desarrollo del producto; sin embargo, como es un documento vivo puede ser actualizado su información cuando se realice un cambio de diseño debido a un nuevo requerimiento del cliente. Por lo tanto, las consideraciones hechas para identificar las fallas potenciales serán menores que al principio del proyecto.

ANEXO I

PROPUESTA DEL PROYECTO “CANCEL TIPO MALETÍN”



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELECTRICA
CENTRO DE DISEÑO Y MANUFACTURA

*PROPUESTA DE PROYECTO DE UN
CANCEL TIPO MALETIN PARA EL
INSTITUTO ELECTORAL DEL D.F.*

**Elaborado por: Ing. David Hernández M.
Revisado por: D.I. Angel Rodríguez S.
Vo. Bo. por: Dr. Saúl D. Santillán G.**

Laboratorio y Talleres de Ingeniería Mecánica e Industrial, Circuito exterior. Cd. Universitaria
C.P. 04510, México D.F. , Tels. : 56-22-80-50 / 51 Fax : 56-22-80-55

PROPUESTA DE PROYECTO DE UN CANCEL TIPO MALETÍN

ANTECEDENTES.

El día 6 de Junio de 2002 se realizó la entrevista entre la D.I. Patricia Landeta del Instituto electoral del Distrito Federal (IEDF) y los responsables de proyecto David Hernández M y Ángel Rodríguez S. del Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Por consiguiente se planteó la necesidad de analizar y evaluar el “Diseño de un Cancel tipo Maletín”. De esta manera, el solicitante del servicio proporcionó dos modelos de cancel y documentación correspondiente al nuevo diseño. En base a lo anterior, se acordó generar una propuesta técnica y económica del proyecto; la cual, se presenta a continuación.

INTRODUCCIÓN

El IEDF es un organismo gubernamental que se encarga de coordinar la documentación legal y auxiliar para elecciones del Distrito Federal. De esta manera, una de las áreas de la institución (Jefatura de Diseño y Control de la Producción) es quien define la documentación y materiales electorales que se emplean en la jornada de elecciones.

OBJETIVO DEL PROYECTO

El principal interés del IEDF es que el CDM analice, evalúe y construya un Cancel tipo maletín con la elaboración de un ficha técnica; así como también recomendar los cambios sobre el diseño por cuestiones de fallas potenciales, costo y procesos de manufactura.

Además, asesoría de licitación y estimaciones de costos de producción para:

- Sello “ X “
- Clip sujeta boletas

ACTIVIDADES A REALIZAR

Actividad 1.- Analizar la información proporcionada por el IEDF.

- Condiciones de operación
- Cargas involucradas
- Condiciones críticas
- Materiales

Actividad 2.- Obtención de la información de los elementos y del dispositivo en cuestión.

- Documentación del uso y procedencia de los elementos a examinar
- Medir las partes
- Elaborar croquis o bocetos
- Realizar pruebas para obtener propiedades del material
- Evaluación de resultados

Actividad 3.- Modelar el sólido por computadora y realizar modelos a escala por funcionalidad.

- Modelar partes
- Ensamblado de partes
- Detallar modelado para elemento finito
- Modelos a escala de configuraciones por funcionalidad

Actividad 4.- Analizar por elemento finito.

- La estructura metálica
 - Carga muerta
 - Carga muerta más carga viva
 - Condición crítica
- Mesa termo-formada
 - Carga muerta en ensamble
 - Carga muerta más carga viva en ensamble
 - Carga muerta en forma maletín

- Asa
 - Carga muerta
 - Condición crítica

Actividad 5.- Interpretar y comentar los resultados de elemento finito

Actividad 6.- Inicio para la construcción del modelo y prototipo

Actividad 7.- Elaborar planos de piezas faltantes

Actividad 8.- Propuesta de mejoras o rediseño (si fuese necesario)

Actividad 9.- Elaborar reporte final.

- Imágenes del sólido
- Imágenes de los resultados obtenidos
- Rediseño (si fuese necesario)
- Planos (si fuese necesario)
- Conclusiones y comentario

RESULTADOS A ENTREGAR

- Los resultados a entregar al finalizar el proyecto son :
 - ✓ Un reporte técnico de los resultados de elemento finito y su interpretación.
 - ✓ Esfuerzos y deformaciones del modelo.
 - ✓ Cálculo de factores de seguridad y concentraciones de esfuerzo.
 - ✓ Identificación de zonas de posibles mejoras o correcciones en su caso.
 - ✓ Recomendaciones.
- La propuesta de rediseño, en su caso.
- Especificaciones del rediseño, en su caso.
- El prototipo del cancel tipo maletín
- Ficha técnica

ESPECIFICACIONES

Peso total \leq	8 kg.
Ancho máx. de una silla de ruedas	765 mm
Ancho para maniobras, interior del cancel	900 mm
Carga máx. del soporte de urnas	14 kg.
Altura mín. del cortinero	1820 mm
La estructura (base-patas) debe soportar :	
- Una persona recargada de peso prom.	80 kg.
- Peso aprox. de un aparato para voto electrónico	12 kg.

DURACIÓN.

El tiempo para realizar el proyecto se estima de 9 semanas hábiles, a partir de la fecha de inicio que se menciona en base al siguiente plan de actividades:

ACTIVIDAD	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
1	■								
2		■							
3			■	■					
4					■	■			
5						■			
6					■	■	■	■	■
7						■	■		
8								■	
9									■
Inicio	24-Jun	01-Jul	08-Jul	15-Jul	22-Jul	29-Jul	26-Ago	02-Sep	09-Sep

COSTO.

El costo para la realización del proyecto es de \$ 74,000.00 M.N. (Setenta y cuatro mil pesos M.N.)

FORMA DE PAGO.

La forma de pago es de la siguiente forma : Un primer pago del 55 % del costo total y un segundo pago de 45% restante a la entrega del reporte final.

RESPONSABILIDAD

Por parte del CDM se hará responsable de la supervisión del proyecto el Dr. Saúl D. Santillán Gutiérrez , quien nombra al D.I. Ángel Rodríguez Sánchez como responsable de la ejecución y comunicación entre CDM y la parte contratante. De esta manera, entre el responsable del CDM y el IEDF se mantendrá una comunicación continua para realizar el intercambio de información y llevar a un buen término el proyecto.

CONFIDENCIALIDAD.

Toda la información que proporcione la parte contratante para hacer posible la realización del proyecto, será manejada con carácter de estricta confidencialidad.

VIGENCIA.

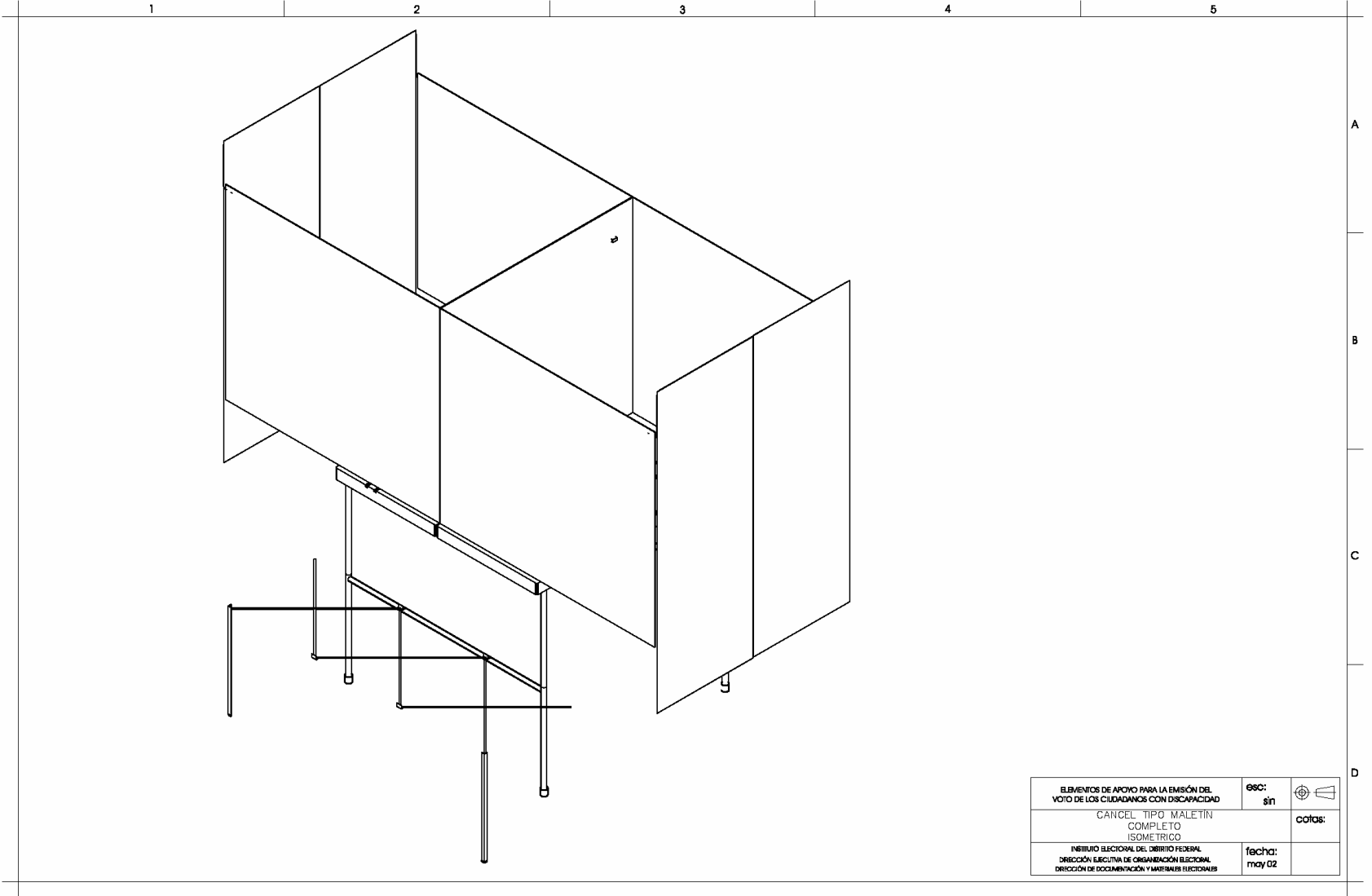
La vigencia de la presente propuesta será de quince días a partir de la fecha en que es recibida.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 19 de junio de 2001

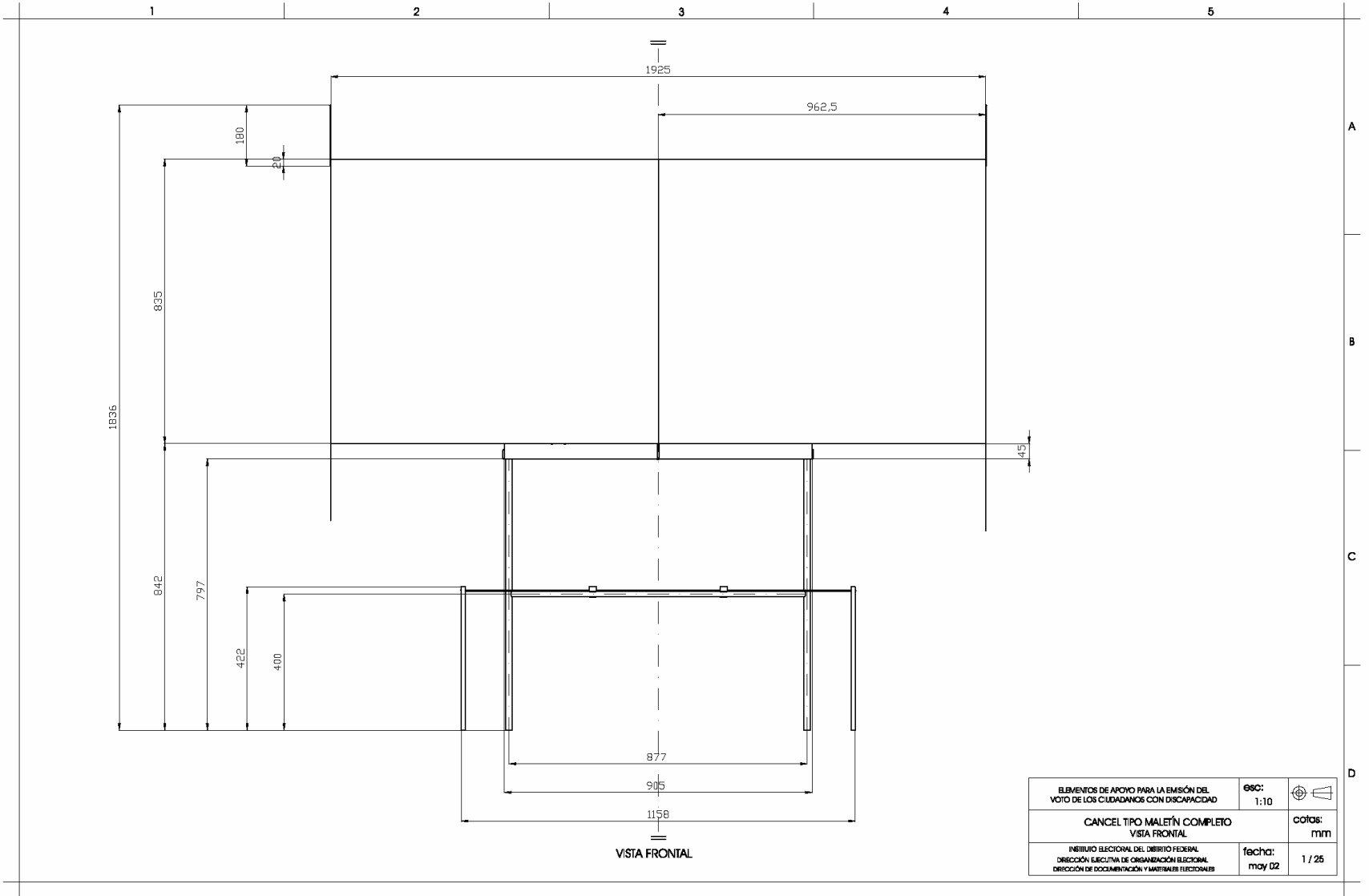
Dr. Saúl D. Santillán Gutiérrez
Jefe del Centro de Diseño y Manufactura

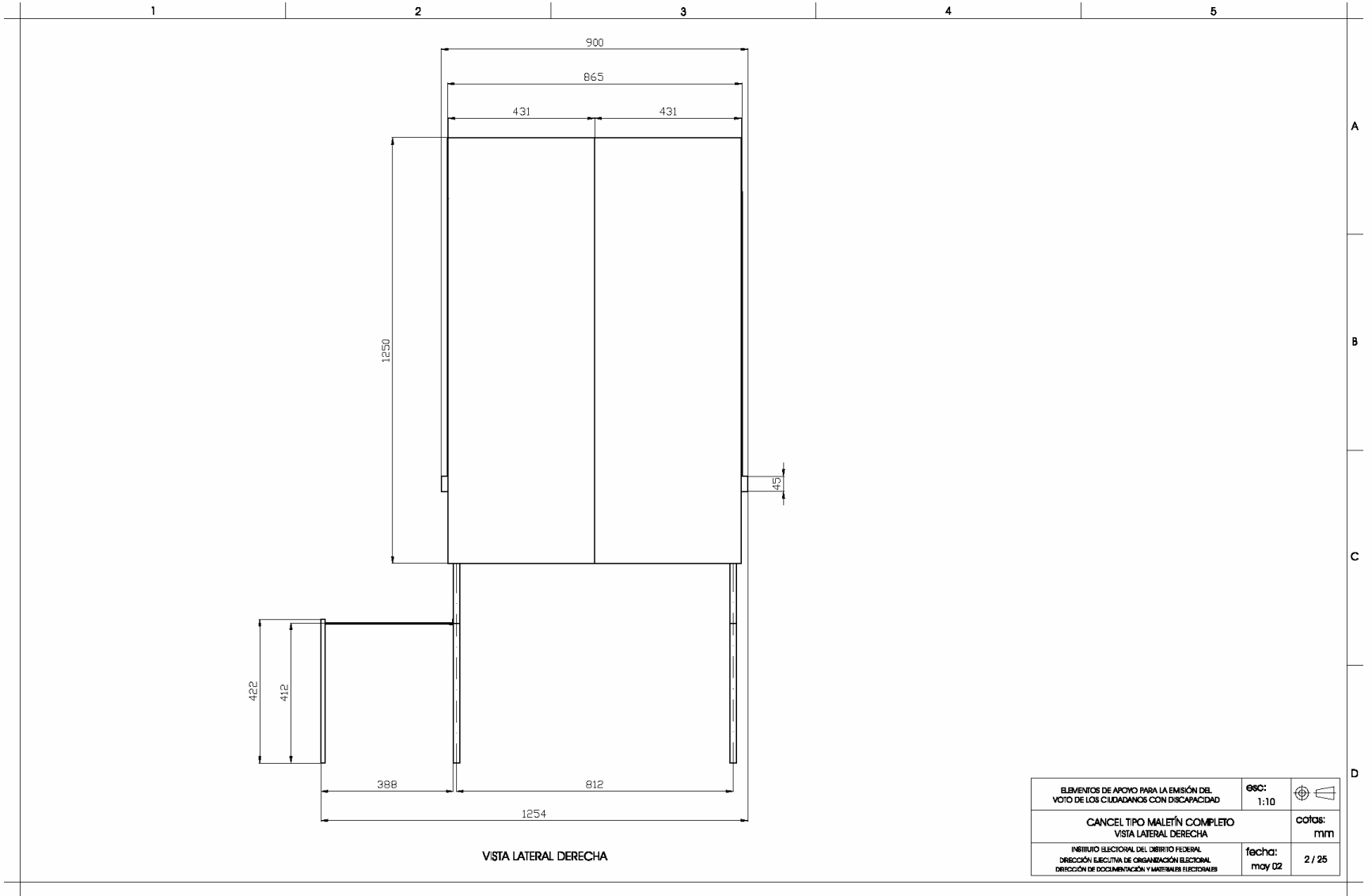
ANEXO II

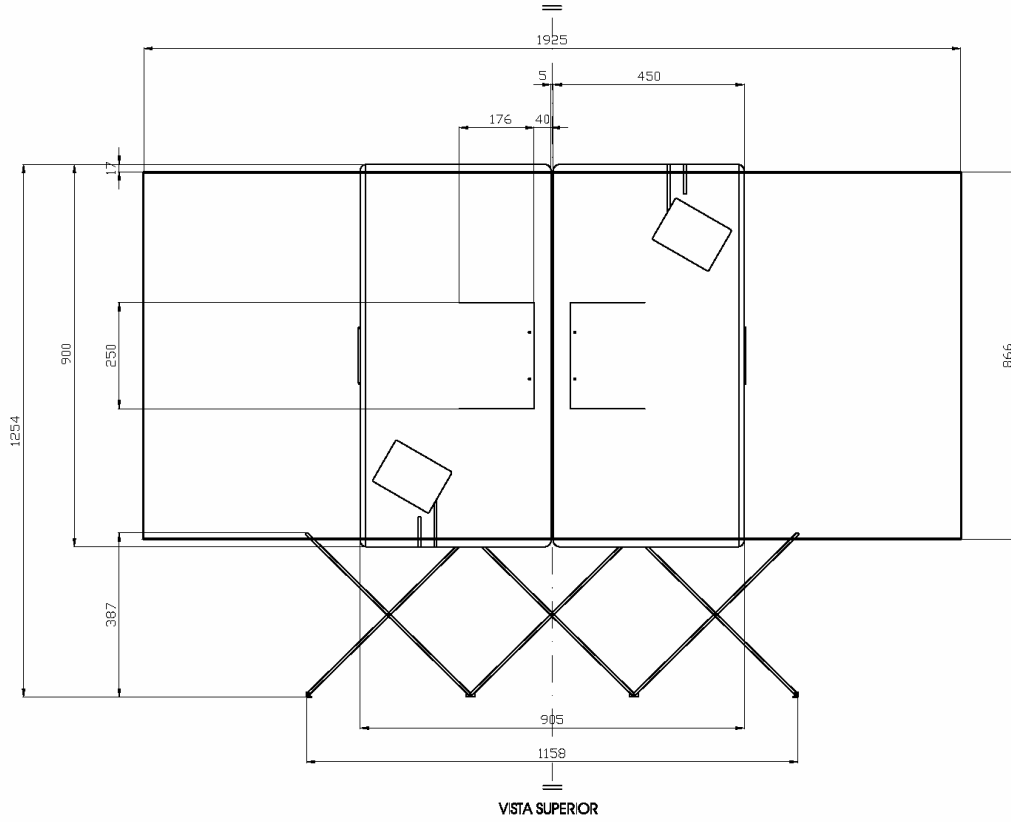
**PLANOS GENERALES DEL ENSAMBLE DEL IEDF
PARA EL PRODUCTO**



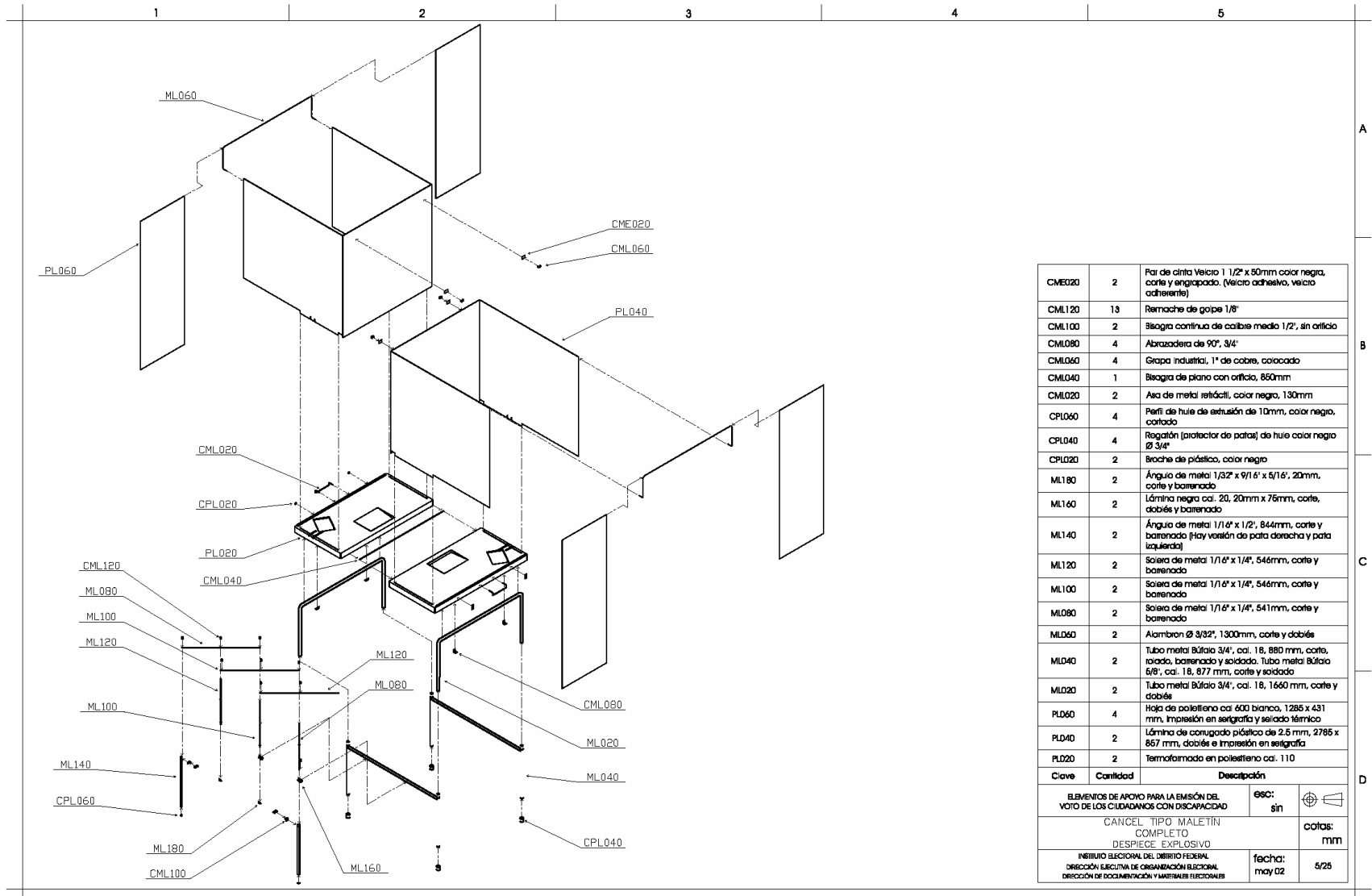
ELEMENTOS DE APOYO PARA LA EMISIÓN DEL VOTO DE LOS CIUDADANOS CON DISCAPACIDAD	esc: <i>sin</i>	
CANCEL TIPO MALETIN COMPLETO ISOMETRICO		catas:
INSTITUTO ELECTORAL DEL DISTRITO FEDERAL DIRECCIÓN EJECUTIVA DE ORGANIZACIÓN ELECTORAL DIRECCIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y MATERIALES ELECTORALES	fecha: may 02	







ELEMENTOS DE APOYO PARA LA EMISIÓN DEL VOTO DE LOS CIUDADANOS CON DISCAPACIDAD	esc: 1:10	
CANCEL TIPO MALETÍN COMPLETO VISTA SUPERIOR	cotas: mm	
INSTITUTO ELECTORAL DEL DISTRITO FEDERAL DIRECCIÓN EJECUTIVA DE ORGANIZACIÓN ELECTORAL DIRECCIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y MATERIALES ELECTORALES	fecha: may 02	3 / 25



Clave	Cantidad	Descripción
CME020	2	Par de cinta Velcro 1 1/2" x 50mm color negro, corte y engapado. (Velcro adhesivo, velcro adherente)
CML120	13	Remache de golpe 1/8"
CML100	2	Sierra continua de calibre medio 1/2", sin orificio
CML080	4	Abrazadera de 90°, 3/4"
CML060	4	Grapa industrial, 1" de cobre, colocada
CML040	1	Sierra de plano con orificio, 850mm
CML020	2	Asa de metal estándar, color negro, 130mm
CPL060	4	Perfi de hule de extrusión de 10mm, color negro, cortado
CPL040	4	Regatón [protector de patas] de hule color negro Ø 3/4"
CPL020	2	Broche de plástico, color negro
ML180	2	Ángulo de metal 1/32" x 9/16" x 5/16", 20mm, corte y barrenado
ML160	2	Lámina negra cal. 20, 20mm x 76mm, corte, doblés y barrenado
ML140	2	Ángulo de metal 1/16" x 1/2", 84mm, corte y barrenado [hay versión de pata derecha y pata izquierda]
ML120	2	Soleta de metal 1/16" x 1/4", 54mm, corte y barrenado
ML100	2	Soleta de metal 1/16" x 1/4", 54mm, corte y barrenado
ML080	2	Soleta de metal 1/16" x 1/4", 54mm, corte y barrenado
ML060	2	Alambres Ø 3/32", 1300mm, corte y doblés
ML040	2	Tubo metal Búfalo 3/4", cal. 18, 880 mm, corte, soldado, barrenado y soldado, Tubo metal Búfalo 5/8", cal. 18, 877 mm, corte y soldado
ML020	2	Tubo metal Búfalo 3/4", cal. 18, 1660 mm, corte y doblés
PL060	4	Hoja de polietileno cal 600 blanco, 1285 x 431 mm, Impresión en serigrafía y sellado térmico
PL040	2	Lámina de corugado plástico de 2.5 mm, 2785 x 857 mm, doblés e Impresión en serigrafía
PL020	2	Termoformado en poliestireno cal. 110

Elmentos de Apoyo para la Emisión del Voto de los Ciudadanos con Discapacidad		ESC:	
CANCEL TIPO MALETÍN COMPLETO DESPIECE EXPLOSIVO		sin	
INSTITUTO ELECTORAL DEL SERVIDO FEDERAL DIRECCIÓN EJECUTIVA DE ORGANIZACIÓN ELECTORAL DIRECCIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y MATERIALES ELECTORALES		fecha:	5/25

ANEXO III

REPORTE DEL PROYECTO “CANCEL TIPO MALETÍN”



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELECTRICA
CENTRO DE DISEÑO Y MANUFACTURA

*REPORTE FINAL DEL PROYECTO DENOMINADO
CANCEL TIPO MALETIN PARA EL
INSTITUTO ELECTORAL DEL D.F.*

**Elaborado por: Ing. David Hernández M.
Revisado por: D.I. Angel Rodríguez S.
Vo. Bo. por: Dr. Saúl D. Santillán G.**

Laboratorio y Talleres de Ingeniería Mecánica e Industrial, Circuito exterior. Cd. Universitaria
C.P. 04510, México D.F. , Tels. : 56-22-80-50 / 51 Fax : 56-22-80-55

CONTENIDO.

ANTECEDENTES.	...
OBJETIVO DEL PROYECTO.	...
INTRODUCCIÓN.	...
1.- ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO.	...
1.1 CUBIERTA DE POLIESTIRENO.	...
1.2 ESTRUCTURA DEL CANCEL.	...
2. MANUFACTURA Y ENSAMBLE.	...
2.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA CUBIERTA DE POLIESTIRENO.	...
2.2 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA CUBIERTA.	...
2.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA ESTRUCTURA DEL CANCEL.	...
2.4 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA ESTRUCTURA.	...
2.5 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LAS MAMPARAS DEL CANCEL.	...
2.6 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS POR LAS MAMPARAS.	...
3. RECOMENDACIONES.	...
4. CONCLUSIONES.	...
APÉNDICE “A”. RESULTADOS DE LA CUBIERTA DE POLIESTIRENO	...
APÉNDICE “B”. RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA DEL CANCEL	...

REPORTE FINAL DEL “CANCEL TIPO MALETÍN”

ANTECEDENTES.

El día 6 de Junio de 2002 se realizó la solicitud para analizar y evaluar el “Diseño de un Cancel tipo Maletín”. De esta manera, el Instituto Electoral del Distrito Federal (IEDF) proporcionó dos modelos de cancel que se manejaron con anterioridad y la documentación correspondiente para un nuevo diseño (planos). En base a lo anterior se elaboró la propuesta técnica y económica del proyecto, la cual fue aceptada por el IEDF en el mes de julio del presente año.

OBJETIVO DEL PROYECTO.

El principal interés del IEDF es que el CDM analice, evalúe y construya un Cancel tipo Maletín en base a la información del diseño original; así como también recomendar las modificaciones sobre el diseño, debido a fallas potenciales, procesos de manufactura y costo.

INTRODUCCIÓN.

El presente reporte contiene los resultados obtenidos del “Cancel tipo Maletín”, en base a los requerimientos hechos por el IEDF y a las especificaciones planteadas en la propuesta del CDM como:

- Resultados de la mesa y la estructura por el método de elemento finito
- Puntos de mejora hallados en el diseño original
- Modificaciones preliminares y recomendaciones
- Ficha técnica del mismo

Algunas de las actividades ya fueron concluidas en fechas anteriores a este documento, como son :

- ✓ Propuesta del Cancel tipo Maletín.
- ✓ Calendario de Actividades del proyecto.
- ✓ Cotización preliminar del Cancel.
- ✓ Prototipo del Cancel tipo Maletín.
- ✓ Propuesta de Rediseño (Segunda etapa).
- ✓ Propuesta de Consultoría (Tercer etapa).
- ✓ Cotización preliminar del Sello.

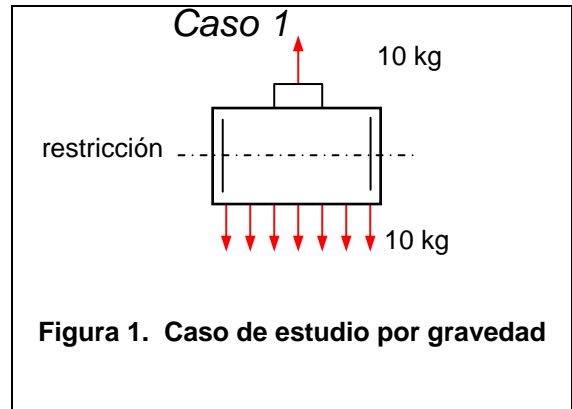
De acuerdo al calendario de actividades del proyecto, se desarrolló una evaluación funcional para determinar los principales componentes del cancel y poderlos modelar por el método de elemento finito. En base a estos estudios, se realizaron algunas modificaciones al diseño original para que posteriormente se construyera el modelo a escala real (prototipo).

1. ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO.

1.1 CUBIERTA DE POLIESTIRENO.

Los análisis de la cubierta del maletín se llevaron a cabo mediante los siguientes casos de estudio:

- 1) Por gravedad
- 2) En operación
 - Opción “A”
 - Opción “B”
 - Opción “C”



El material considerado para los análisis fue una hoja de Poliestireno de alto impacto laminada y de calibre 100. Por consiguiente, las propiedades empleadas del material fueron : modulo de flexión, esfuerzo de cedencia y densidad según el fabricante¹. Sin embargo, no se tiene información de estos valores después del proceso de termo-formado.

El caso de estudio No. 1 (Por gravedad) fue planteado de la siguiente manera : se consideró una carga de 10 kg para una de las cubiertas del maletín. Esto se ve reflejado en la base de la pieza y en la reacción ejercida debida por el asa. Véase Figura 1 y anexo A.

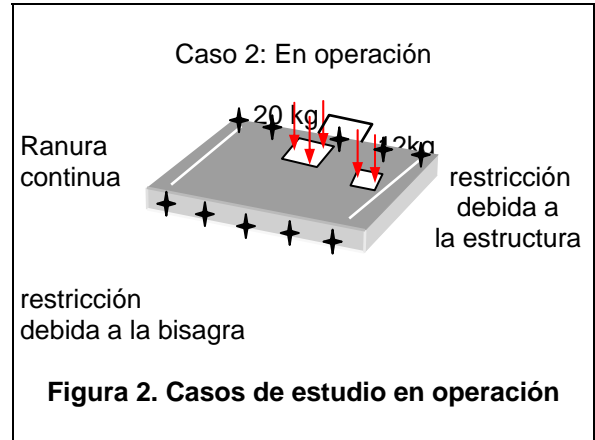
Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

- La mesa presenta un esfuerzo máximo de aproximadamente 18 MPa en la zona crítica, es decir, que esta por debajo del limite de cedencia del material y por lo tanto resiste la carga aplicada por casi el doble. Véase anexo A.
- Sin embargo, los desplazamientos máximos encontrados en la pieza fueron de 7 mm en la zona critica. Lo cual indica que tiene un comportamiento elástico excesivo, que repercute en el ensamble y transportación del maletín. Véase anexo A.
- El análisis para este caso no considera altas velocidades en la ejecución de la prueba, por lo que no esta sujeta al caso extremo de un arrastre precipitado.
- El análisis no considera el proceso de termo-formado, debido a que las propiedades del material pueden variar.

¹ Chevron Phillips Chemical Co. Poliestireno (PS EA 3300).

- El análisis fue aplicado para las dimensiones que se describen en los planos del diseño; sin embargo, la pieza entregada en el prototipo sufrió ciertas modificaciones debido al comportamiento de ésta, después del proceso de termo-formado.

El caso de estudio No. 2 (En operación) fue elaborado de la siguiente manera : se consideró una primer carga de 20 kg en un área reducida simulando el apoyo de una persona recargada o un niño de aproximadamente 3 años; de manera similar fue considerada una segunda carga de 12 kg con el objeto de representar un aparato electrónico para la votación en un área de 20 x 25 cm. Véase figura 2 y anexo A.

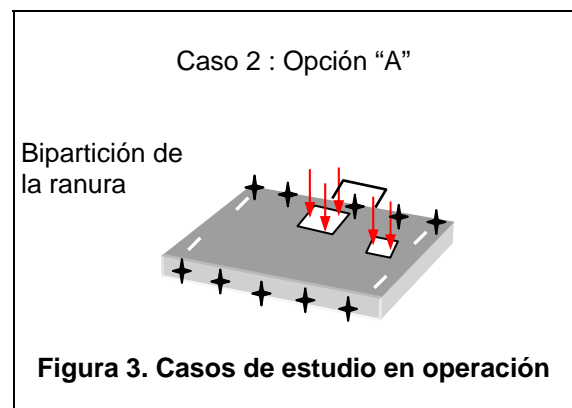


La importancia de este análisis, fue evaluar el comportamiento de la mesa en presencia de la ranura que se utiliza para la alineación y ensamble de las mamparas del cancel.

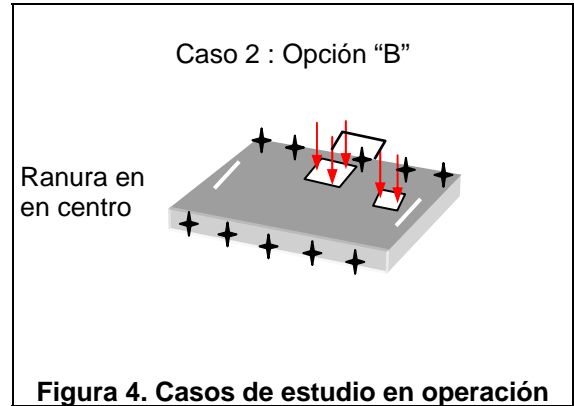
Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

- La mesa presenta un esfuerzo máximo de aproximadamente 231 MPa en la zona crítica, es decir, que está por arriba del límite de cedencia del material y por lo tanto, no resiste la carga aplicada. Presenta falla total. Véase anexo A.
- El desplazamiento máximo encontrado en la pieza, fue de 125 mm en la zona de carga, lo cual indica que tiene un comportamiento elástico excesivo. Por lo tanto, se plantearon y llevaron a cabo opciones para solucionar este problema. Esto se describe en los casos de estudio No. 2 opciones A, B y C.

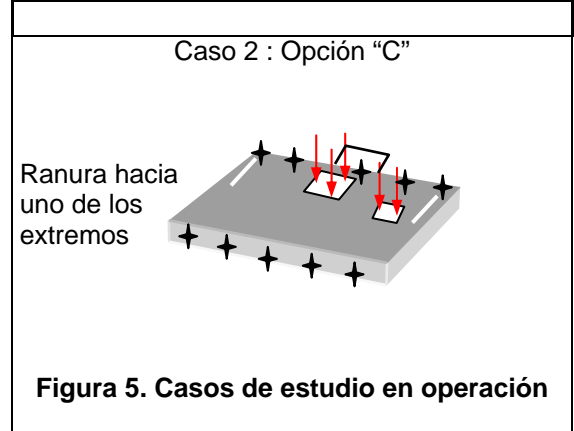
El caso de estudio No. 2 opción "A" : sugiere la bipartición de la ranura en la misma línea de aplicación, con dimensiones de 120 mm de longitud y con una distribución uniforme en todo el ancho de la mesa. Véase figura 3 y anexo A.



El caso de estudio No. 2 opción "B" : sugiere la ranura en la misma línea de aplicación y en el centro del ancho de la mesa, con una longitud de 200 mm. Véase figura 4 y anexo A.



El caso de estudio No. 2 opción "C" : sugiere la ranura en la misma línea de aplicación pero colocada hacia el extremo del asa del maletín con una longitud de 200 mm. Véase figura 5 y anexo A.



Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

- Para el caso No. 2 opción "A" hay inicio de fisura, pero puede ser eliminada por la longitud de las ranuras y su distribución.
- Para el caso No. 2 opción "B" existe falla total.
- Para el caso No. 2 opción "C" existe falla potencial. La fisura es moderada y puede ser controlada al minimizar su longitud.

Conclusión : Se recomienda rediseñar las ranuras para las mamparas del cancel y reforzar la zona del asa del maletín, utilizando el mismo material u otro que brinde las mismas propiedades o mejores al que está especificado.

1.2 ESTRUCTURA DEL CANCEL.

La estructura del Cancel está compuesta por dos armazones. El primer bastidor lo conforman 2 grupos de piezas que se denominaron como “U” y “H” (ML020 y ML040). El segundo bastidor está constituido por un grupo de elementos que se nombraron como acordeón (ML080, ML100, ML120, ML140, ML160 y ML180). Véase figura 6.

El material considerado para los análisis del primer bastidor fue tubo mofle calibre 18 de bajo contenido de carbono (1020), respetando los diámetros designados por los planos. El material considerado para el segundo bastidor fue lamina

negra calibre 16 en bajo contenido de carbono (1020). Por consiguiente las propiedades empleadas del material fueron : modulo de flexión, esfuerzo de cedencia y densidad según el distribuidor².

El caso de estudio No. 3 (Bajo carga), fue elaborado de la siguiente manera : se consideraron en la pieza denominada como “U”, dos cargas distribuidas por cada lado de la estructura (5 y 32 kg). A los elementos que comprenden el grupo del acordeón se les aplicó una carga distribuida de 12 kg y las restricciones fueron establecidas en cada uno de los apoyos de la estructura del Cancel. Véase Figura 7 y Anexo B.

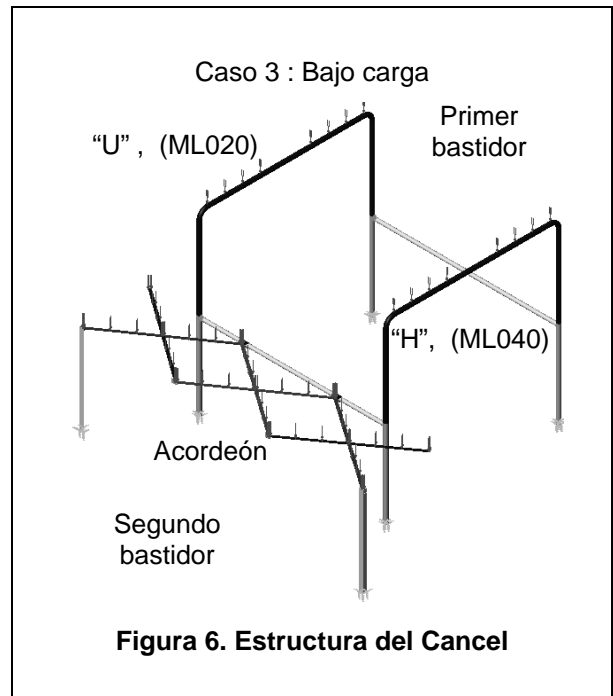


Figura 6. Estructura del Cancel

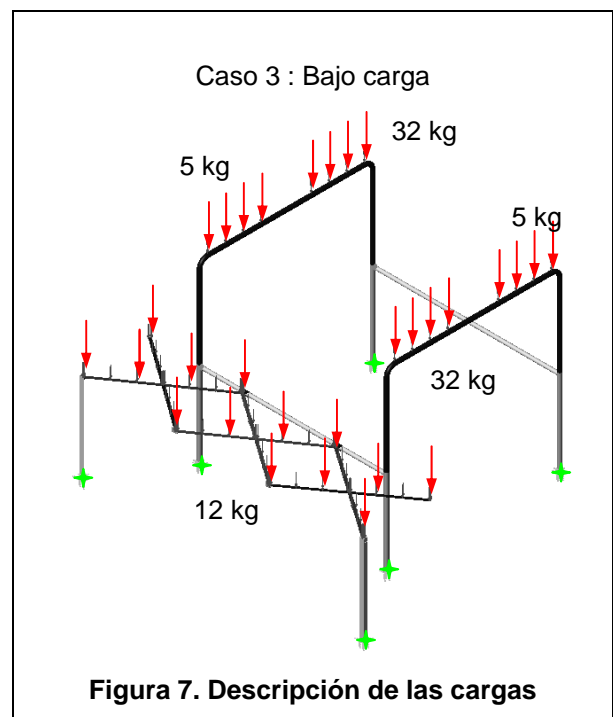


Figura 7. Descripción de las cargas

² Casa Ortiz.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes :

- El primer bastidor (estructura de la mesa) cumple con los valores permisibles de esfuerzo y desplazamiento.
- El bastidor denominado como acordeón sufre desplazamientos excesivos (53 cm) en la mayoría de sus componentes (ML080, ML100, ML120, ML160 y ML180) , tiene además la existencia de falla potencial. Por lo tanto, se plantearon opciones para solucionar este problema. Estos se describen en los casos de estudio No 3 opción “A” y “B”.

Para el caso de estudio No. 3 opción “A”, se consideró el modelado mencionado anteriormente; sin embargo, el material fue cambiado por aluminio para los elementos que comprenden el acordeón (ML080, ML100, ML120, ML140, ML160 y ML180). El resultado obtenido fue el mismo (desplazamientos excesivos y falla potencial). Véase anexo B.

Para el caso de estudio No. 3 opción “B”, se consideró el mismo modelado que se mencionó con anterioridad, en este caso fue cambiado el espesor (a 1/8 plg) y el material en aluminio para algunos elementos (ML080, ML100 y ML120). El resultado persistió, desplazamientos excesivos y falla potencial solamente en las piezas ML160 y ML180. Véase anexo B.

Conclusión : Se recomienda rediseñar el segundo bastidor de la estructura del Cancel (soporte de las urnas) por cuestiones de funcionalidad y proceso de manufactura.

2. MANUFACTURA Y ENSAMBLE.

2.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA CUBIERTA DE POLIESTIRENO.

Las tapas del maletín fueron termo-formadas de acuerdo al material y a las dimensiones especificadas por los planos proporcionados. Sin embargo, al obtener la pieza termo-formada presentaba un comportamiento de esfuerzos residuales (Torsión), fragilidad y problemas de ensamble en ambas tapas debido a las aristas. Figura 8.

Un problema importante que presentaron las tapas del maletín fue que al ser unidas por medio de la bisagra y colocadas sobre la estructura, tendían a colgarse por la mitad. El claro que existe entre los apoyos es grande y no existe algún elemento de soporte. Fue difícil producir este compartimiento en el diseño original. Figura 9.

Cuando la pieza fue sometida a carga sobre la estructura, presentó un comportamiento ondulatorio en las paredes laterales de la cubierta, debido a que en esta zona también requeriría un refuerzo para evitar el inicio de una fisura y deformación permanente. Figura 10.



Figura 8. Pieza termo-formada.



Figura 9. Pandeo al momento del ensamble.



Figura 10. Ondulación en la pieza bajo carga.

2.2 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA CUBIERTA.

Como se mencionó en la sección de análisis por elemento finito, la zona que une el asa, la estructura y la cubierta del maletín, se reforzó con dos abrazaderas de lamina galvanizada calibre 18. Estas sustituyen a las propuestas originalmente, las cuales se enganchan a la estructura y ésta a su vez a la cubierta para uniformizar la carga aplicada debida a el asa.

Figura 11.

La solución preliminar sugerida al problema del pandeo de la mesa, se llevó a cabo mediante dos ángulos de aluminio para cada uno de los lados de la mesa como refuerzo externo. Este refuerzo es acoplado a las cubiertas mediante broches, por lo tanto es removible y ligero.

Figura 12.

La ondulación que presenta la pieza al ser sometida a carga, fue eliminada mediante el empleo de una ceja que reforzó la estructura y las abrazaderas que se mencionaron con anterioridad. Ver figura 11 y 13.



El problema de la mesa bajo carga en presencia de las ranuras, fue solucionado con una redistribución de éstas y la disminución de su longitud, lo cual brinda estabilidad a la mampara y minimiza la falla potencial.

2.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA ESTRUCTURA DEL CANCEL.

La estructura del Cancel, presentó problemas con la pieza denominada como “H” (ML040) debido a que la información proporcionada por el plano es general y se trabajo en hacerlo más específica. Esta pieza está compuesta por cinco elementos; dos postes, un travesaño y dos insertos, los cuales impedían guardar la pieza dentro del maletín. Ver figura 15 y plano 19.

La pieza denominada como “U” (ML020) generaba espacio muerto al traslaparse con la pieza “H” (ML040) debido a la longitud de sus extremos; es decir , la “H” no asentaba en la base del maletín y por consiguiente quedaban espacios vacíos que no podían ser ocupados. Ver figura 16.



Figura 14. Configuración de la ranura.

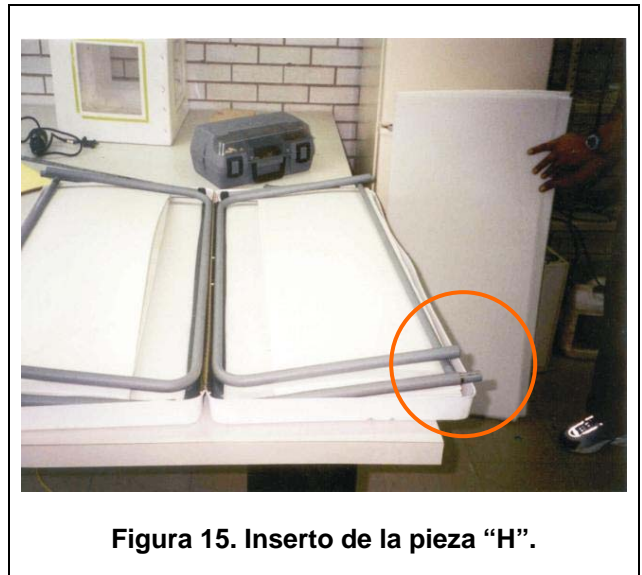


Figura 15. Inserto de la pieza “H”.



Figura 16. Espacio muerto debido a la estructura

2.4 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA ESTRUCTURA.

El problema del espacio muerto que genera la “U” (ML020) y el inserto de la pieza “H” (ML040) tuvo que ser considerado como un componente independiente; es decir, este nuevo inserto une la parte superior e inferior de la estructura compensando la altura recortada de las piezas “U” y “H”. Ver figura 17.

Debido a que de manera expuesta se concluyo que el soporte original no cumpliría con las reglas funcionales y de costo, se hizo una propuesta de mejora. Se soldó una guía en cada uno de los extremos de la pieza “H” (ML040) que sirve de apoyo para el soporte propuesto de las urnas. Figura 17. Estos apoyos se denominaron como “J”; los cuales son fáciles de ensamblar, pueden girar y cumplen la función de soportar el peso de las urnas con el máximo de boletas. Ver figura 18 y 19.

Para el caso en el cual se utilizan dos o tres urnas, es necesario que estas sean prensadas por dos resortes elásticos. El travesaño que se requiere para el apoyo sobre los nuevos elementos es proporcionado por el bloque que conforman las urnas. Figuras 18, 19 y 20.

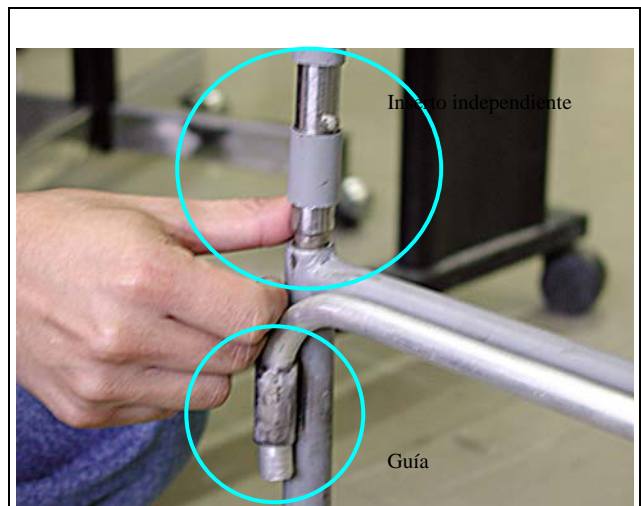


Figura 17. Modificación del inserto.



Figura 18. Soportes para las urnas (una urna).



Figura 19. Soportes para las urnas (tres urnas).

El resorte elástico (de 1 pulgada de grosor) tiene el propósito de sujetar y no lastimar el corrugado de las urnas debido a la presión que éste ejerce. El resorte también es utilizado para comprimir las mamparas del cancel cuando están en el interior del maletín.

2.5 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LAS MAMPARAS DEL CANCEL.

Las mamparas del Cancel deben ser dobladas para guardarse dentro del Maletín. Sin embargo, la distribución de los dobleces no es uniforme; por lo tanto, la presión que ejerce la mampara dentro del maletín hace que el portafolio tienda a abrirse. *Se sugiere una nueva distribución de dobleces para reducir la presión.* Ver figura 21 y 22.

Debido a la presión que ejercen las mamparas, se sugiere el uso de un broche diferente al propuesto originalmente. Ver figura 22.



Figura 20. Resorte elástico para formar el bloque de las tres urnas.



Figura 21. Dobleces de las mamparas.

2.6 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LAS MAMPARAS.

Los dobleces de las mamparas tuvieron que ser redistribuidos de manera uniforme; pero se sugiere que la altura de cada una de las tapas debe ser aumentada medio centímetro más con el propósito de garantizar el cierre natural del portafolio. Ver figura 23.



Figura 22. Presión ejercida por las mamparas

El broche provisional que se empleó en el maletín está compuesto por una parte que presiona la ceja y otra que se adhiere a la pared de la cubierta. Este broche, tiene la finalidad de cerrar el maletín a través de la pestaña y asegurar su fijación. Además, el broche es utilizado para la sujeción de las mamparas cuando esta colocado el Cancel. Ver figura 24.

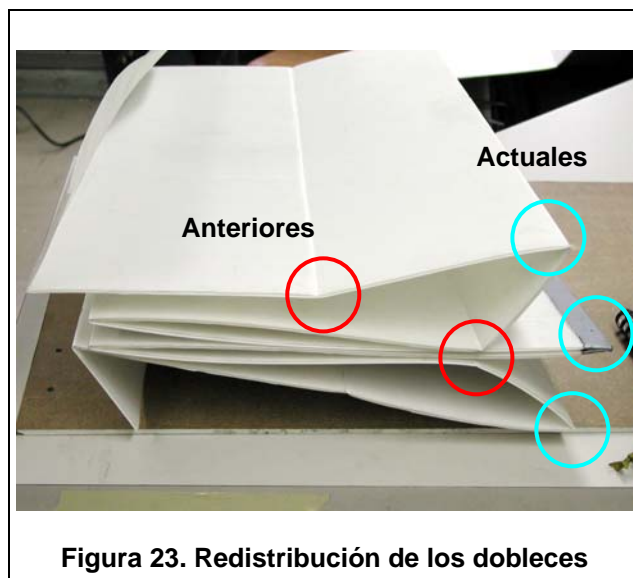


Figura 23. Redistribución de los dobleces

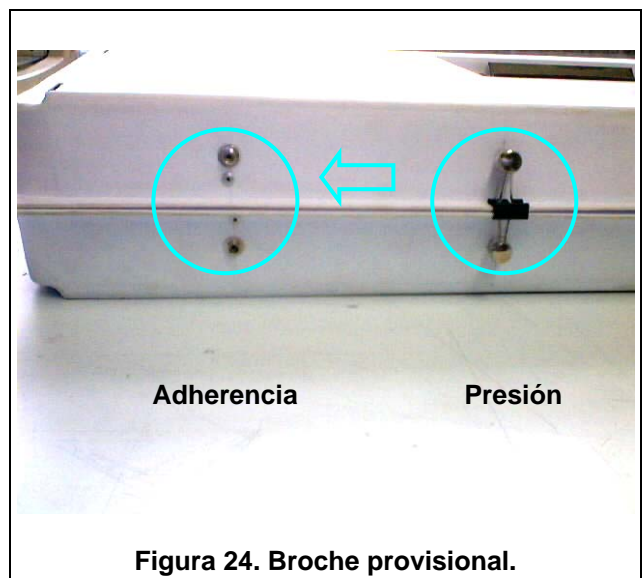


Figura 24. Broche provisional.

Los porta-sellos descritos en el diseño original, tuvieron que ser reconfigurados, se les cambiaron las dimensiones debido a las modificaciones preliminares que se realizaron para el maletín. Ver figura 25.

Los cortineros no presentaron problemas por alguna falla potencial; sin embargo, tiene que ser modificado el ángulo entre cada lado para lograr el cierre total de la cortina, esto se corrigió en el modelo. Ver figura 26.

Finalmente, el Cancel tipo Maletín fue entregado el 30 de Septiembre de 2002 en las instalaciones del IEDF a la Jefatura de Diseño y Control de la Producción. Se entregó la lista general de partes. Figuras 25, 26, 27 y 28.



Figura 25. Porta-sello.



Figura 26. Cortinas del cancel.



Figura 27. Descripción de las piezas.



Figura 28. Descripción de las piezas.

3. RECOMENDACIONES.

- 1) Al ser modificado el diseño original de la cubierta, los resultados por elemento finito tienen una variación apreciable en la producción del comportamiento de la pieza, por tal motivo se sugiere volver a usar esta técnica para verificar el comportamiento de las mejoras sugeridas.
- 2) La estimación preliminar del costo total del Maletín fue entregada el día 2 de Octubre de 2002; se enfatizó el rediseño de los tres bloques que comprenden al Cancel (estructura, mesa termo-formada y mamparas) para reducir los costos de producción.
- 3) Se sugiere la reducción de las uniones soldadas y cambios en el material de la estructura con el propósito de reducir el costo para este bloque del Cancel.
- 4) Dado que se realizó una estimación de los materiales sugeridos, estos están sujetos a prueba para ser validados como la mejor opción para el rediseño propuesto.
- 5) En el prototipo se hicieron diferentes mejoras, las cuales resuelven diferentes aspectos de funcionalidad, estos aún pudieran ser mejorados para la producción en serie, optimizando los estimados iniciales en costo que se han entregado anteriormente.

4. CONCLUSIONES.

- 1) Es fundamental que el rediseño del Cancel vuelva a ser revisado antes de que sea fabricado; de no realizarse lo anterior, los errores y costos mencionados pueden ser arrastrados en la producción.
- 2) La información que brindan los planos de las piezas en el diseño original, presentado por el IEDF es general, por lo que se tiene que adicionar información para que puedan ser utilizados durante la producción. La conclusión es, para este problema corregir los planos de detalle para cada pieza del cancel con la información correspondiente (tolerancias dimensionales y geométricas, proceso de manufactura, acabados superficiales, etc). Además, deben especificarse las piezas comerciales para que no exista ambigüedad en la información proporcionada.
- 3) Los análisis por elemento finito son una herramienta preliminar en la evaluación de las piezas, por tal motivo para validar y completar los resultados obtenidos, es necesario realizar pruebas mecánicas de tensión, tracción e impacto; así como también las de composición del material. Esta recomendación ya fue entregada en la propuesta para la “Segunda Etapa del Proyecto”.
- 4) Se enfatiza hacer un esfuerzo especial en el rediseño de la mesa del Cancel; debido a los problemas encontrados de manufactura y costo de ésta, que tienen un gran peso específico para el diseño.
- 5) Es necesaria la participación de especialistas en diseño y manufactura para la supervisión durante la producción. El CDM puede otorgar dicha supervisión en caso de que esta sea requerida y acordada.
- 6) Durante la producción debe realizarse el muestreo de las piezas y solicitar un certificado de los materiales empleados.
- 7) El expediente del proyecto queda abierto para el desarrollo de las siguientes etapas.

ESPECIFICACIONES DEL CANCEL.

Requerimiento	Descripción
Configuración	Tipo Maletín, plegable y estibable
Peso total	10 kg
Largo máximo del Maletín	935 mm
Ancho máximo del Maletín	577 mm
Altura máxima del Maletín	106 mm
Ancho para maniobras interiores	900 mm
Carga máxima aplicada a urnas	12 kg
Altura mínima para el cortinero	1820 mm
Carga máxima aplicada a la cubierta del maletín	30 kg

FICHA TÉCNICA

Bloque	Pieza	Cantidad	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Diámetro (mm, in)	Espesor (mm)	Material	Acabados	Referencia
ESTRUCTURA	"U"	2	850		400	3/4 (19.05)	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	"H"	2	896	-	410	3/4 , 5/8	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	"I"	2	30	-	-	3/4 (19.05)	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	"J"	2	440	-	400	5/8 (15.87)	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	Insertos	4	170	-	-	3/4, 5/8	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	Guías	2	30	-	-	3/4 (19.05)	Cal. 18 (1.21)	Tubo mofle (acero de bajo carbono 1020)	Pintura	-
	Regatón	6	-	-	25	3/4 (19.05)	3	Hule	-	-
MESA	Cubierta	2	900	450	53	-	Cal. 100 (2.2)	Hoja de Poliestireno de alto impacto	Termo-formado	-
	"L"	2	860	25.4	25.4	-	1/16 (1.58)	Ángulo de Aluminio	Natural	-
	Abrazadera	8	50.8	25.4	-	3/4 (19.05)	Cal. 16 (1.52)	Lamina lisa	Galvanizada	-
	Broche	20	-	-	-	10	-	PX - L - 9	Niquelado	-
	Asa	2	200	-	30	10	3.5	Nylón	Blanco	Mod. MZ A1103
	Pija	4	3/4 (19.05)	-	-	1/8 (3.17)	-	Pija para tablarroca	Negro	-
	Bisagra	1	915	50	-	-	1/16 (1.58)	Acero de bajo carbono 1020	Latonado	Home Mart
	Sujeta boletas	2	150	450	14	-	Cal. 22	Lamina negra	Laqueado	-
	Rodillos	4	60	-	-	5/16	-	Varilla lisa	Laqueado	-
	Porta-sello	2				1/8 (3.17)	-	Alambre recocido	Pintura	-
	Remache pop	28	-	-	5/16 (7.93)	1/8 (3.17)	-	Remache pop de aluminio	Natural	-
MAMPARAS	Laterales	2	2785	-	860	-	3	Corrugado de polipropileno	Blanco	-
	Cortineros	2	865	40	180	3/32 (2.38)		Alambrón	Recocido	-
	Cortinas	4	-	216	1285	-	Cal. 600	Hoja de polietileno	Blanco	-
	Resorte	2	1400	25.4	-	-	-	Resorte elástico	Blanco	-
	Clip	4	55	19	-	-	-	Sujetador a presión	Niquelado	-

Responsable del Proyecto
Ing. David Hernández Morfín

El proyecto denominado “Cancel tipo Maletín” fue llevado a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México. Laboratorios y Talleres de Ingeniería Mecánica e Industrial, Circuito exterior. Cd. Universitaria. CP 04510, México D.F. Octubre de 2002.

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

Vista superior

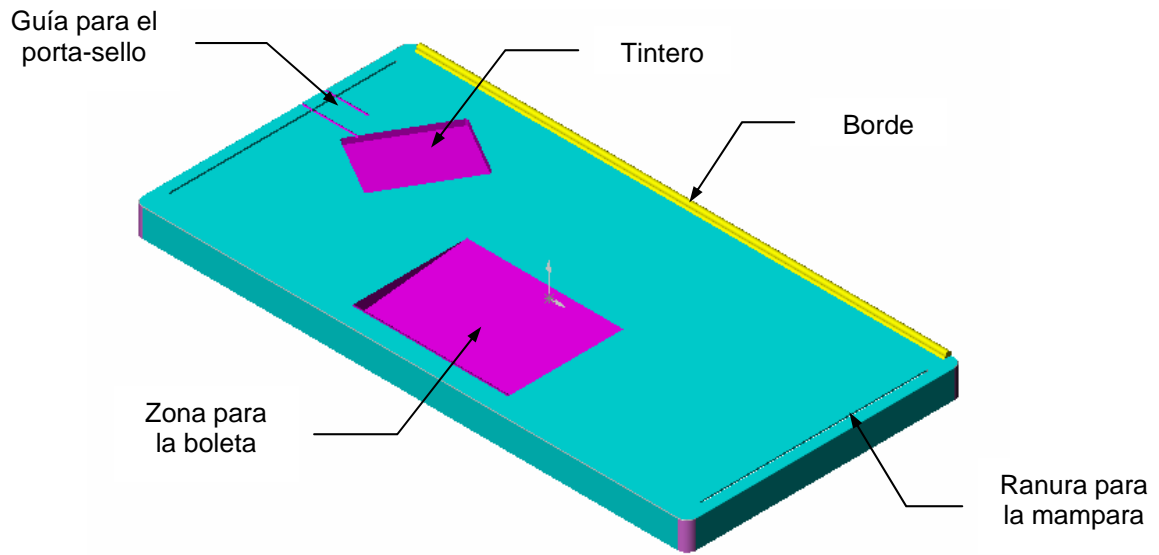


Figura A1. Descripción de la cubierta del maletín.

Vista inferior

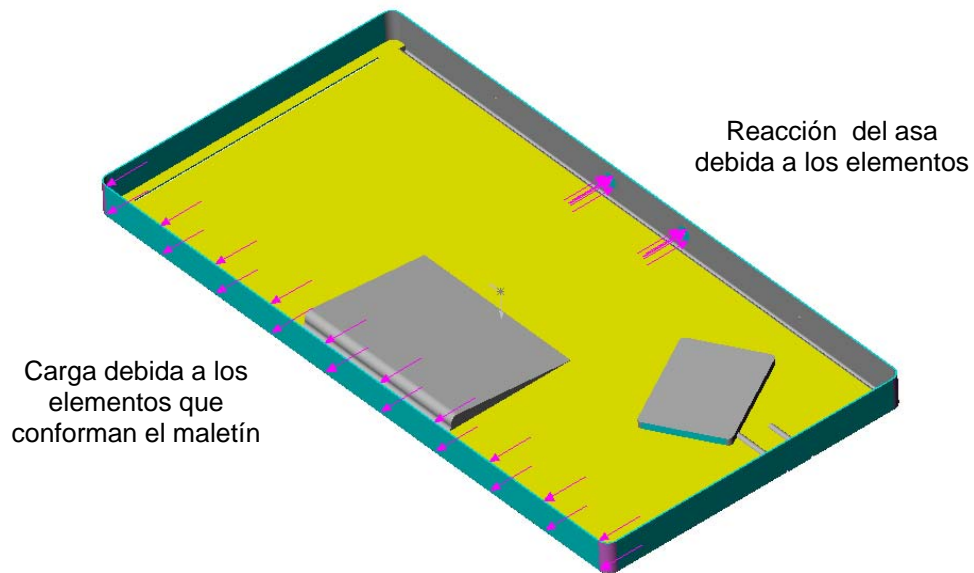
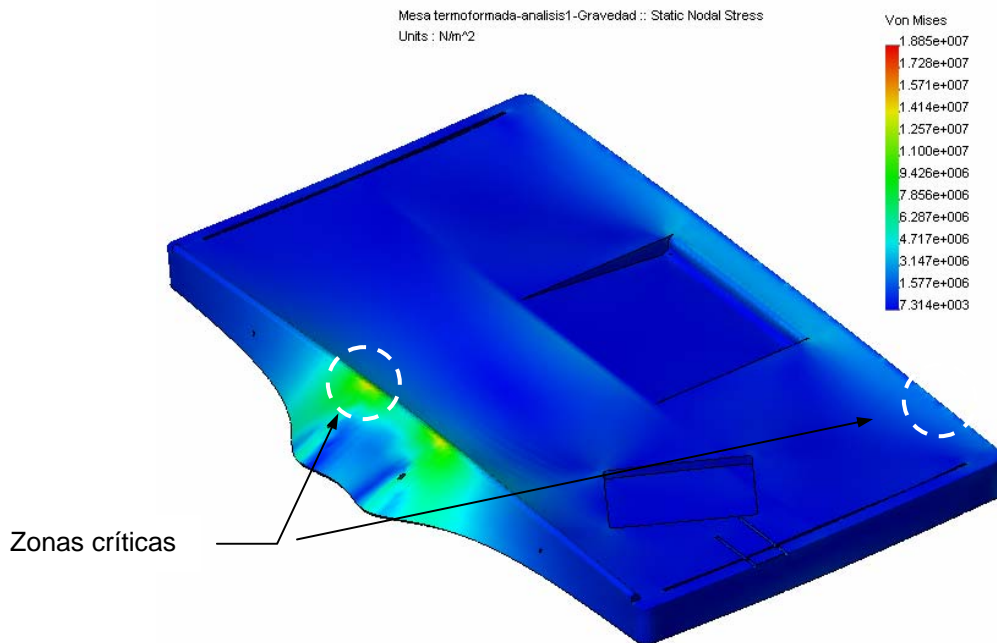


Figura A2. Zonas de carga para la cubierta (Caso 1).

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

Vista superior



Vista inferior

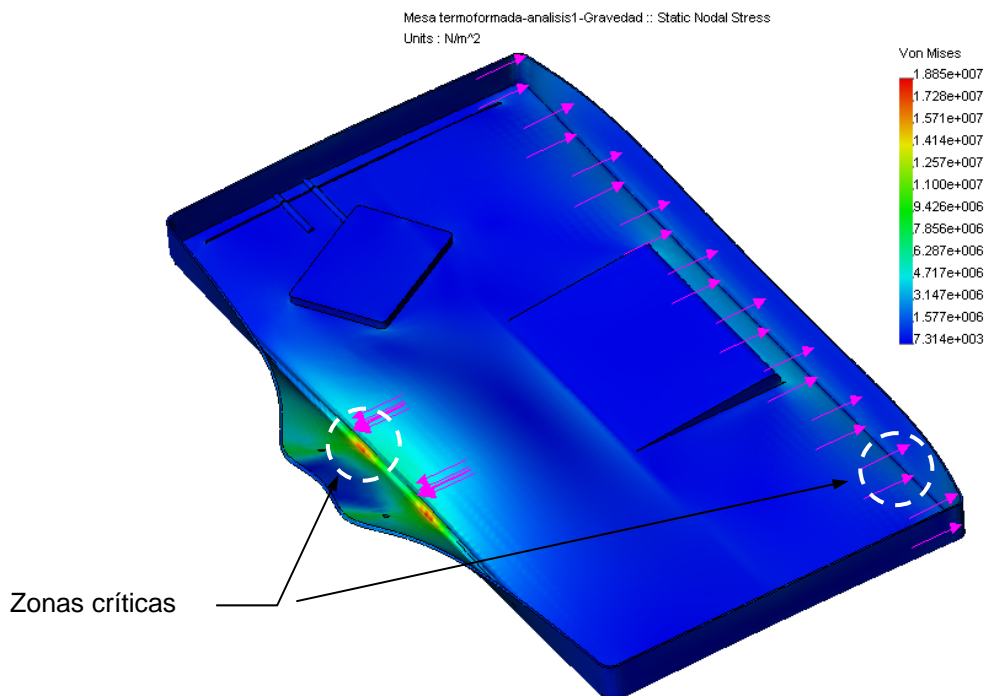
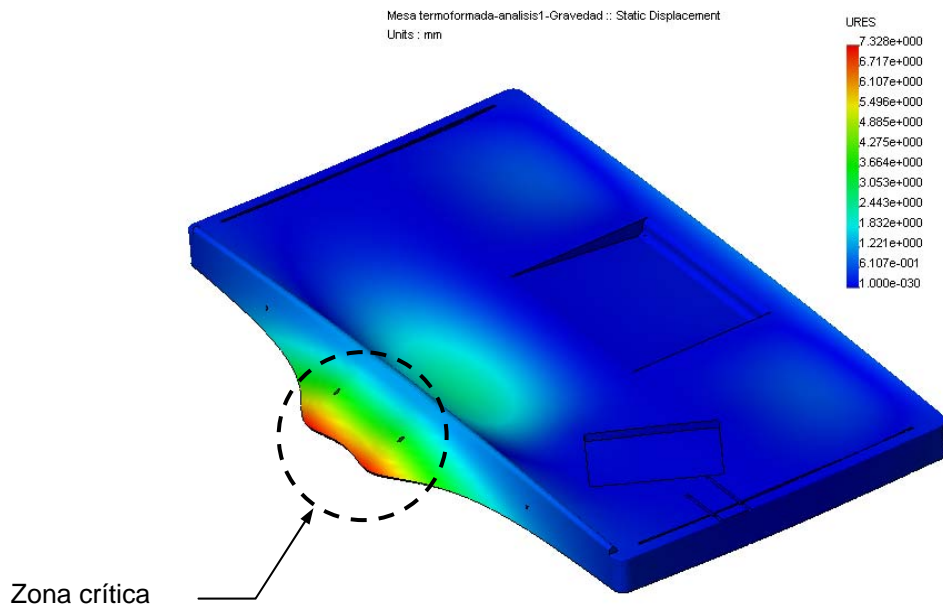


Figura A3. Resultados del análisis de esfuerzos (Caso 1).

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

Parte delantera



Parte posterior

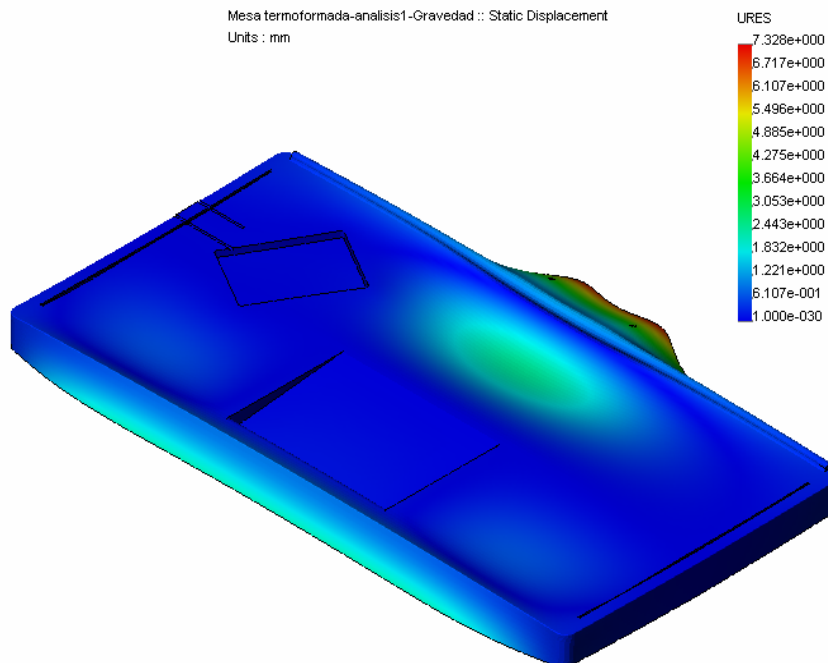


Figura A4. Resultados del análisis de desplazamientos (Caso 1).

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

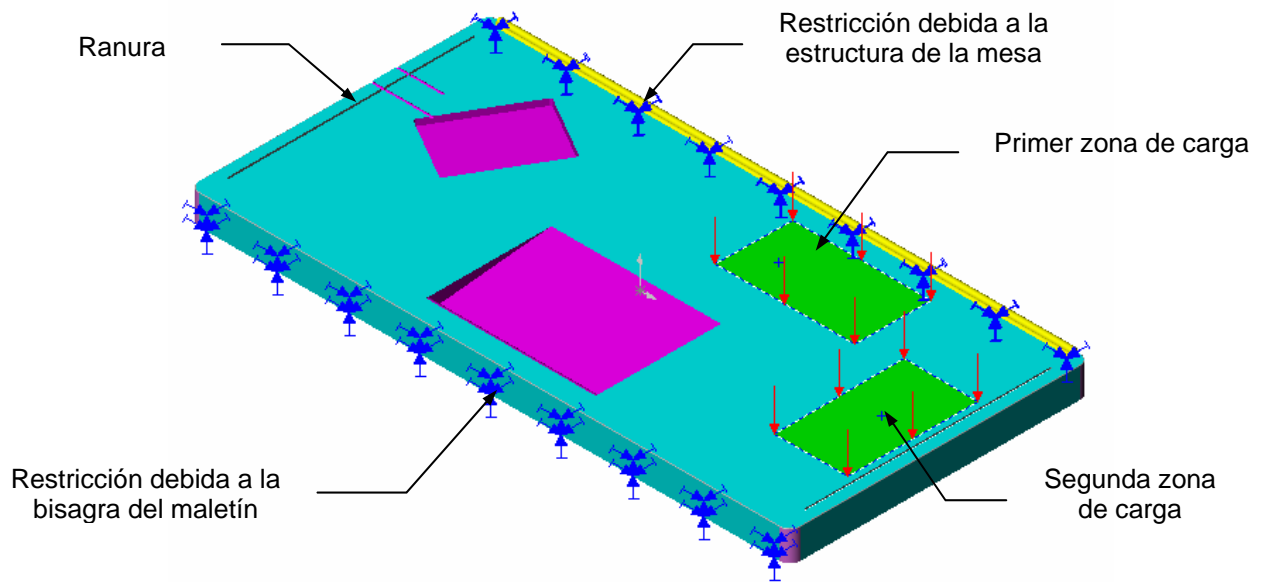


Figura A5. Descripción de las cargas y restricciones (Caso 2).

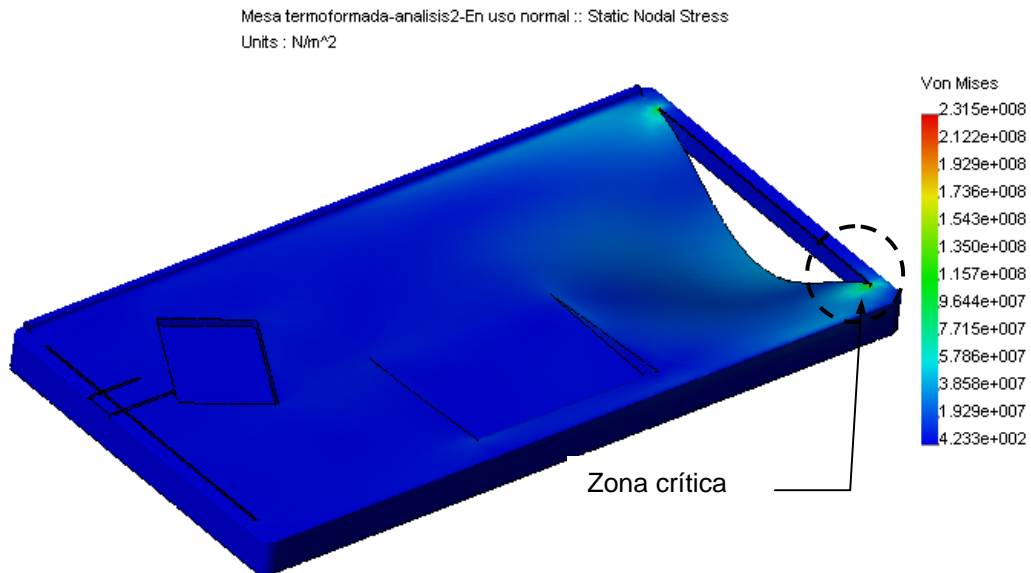


Figura A6. Resultados del análisis de esfuerzos (Caso 2).

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

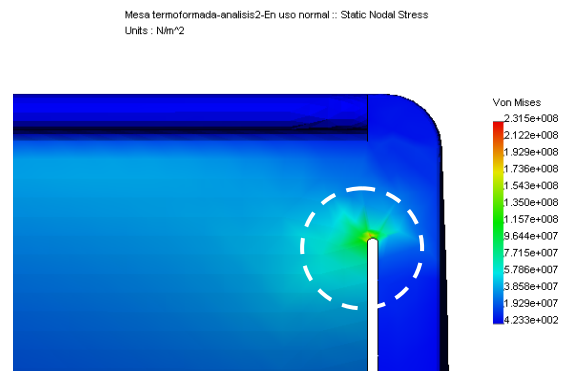


Figura A7. Detalle de la zona crítica (Caso 2).

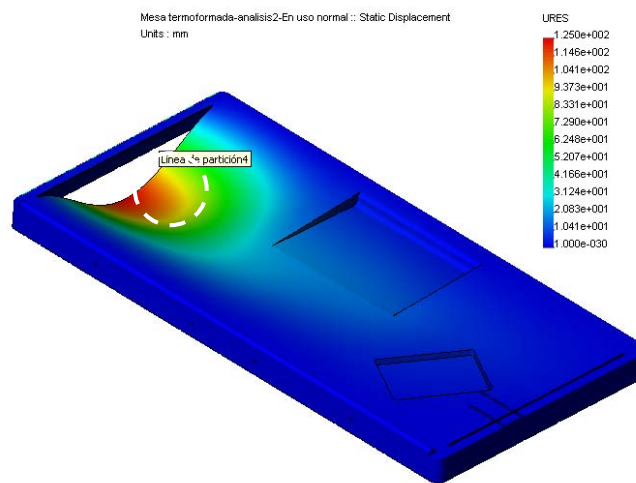


Figura A8. Resultados del análisis de desplazamientos (Caso 2).

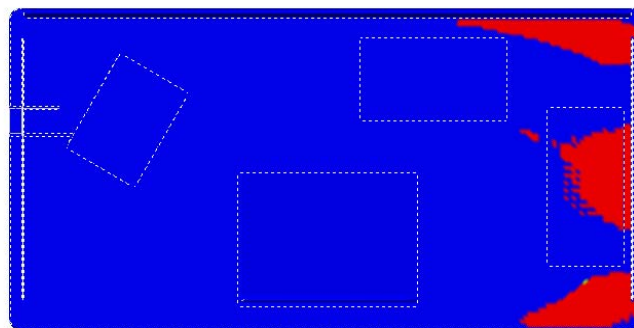


Figura A9. Falla potencial de la cubierta (Caso 2).

APÉNDICE A: Resultados de la cubierta de poliestireno

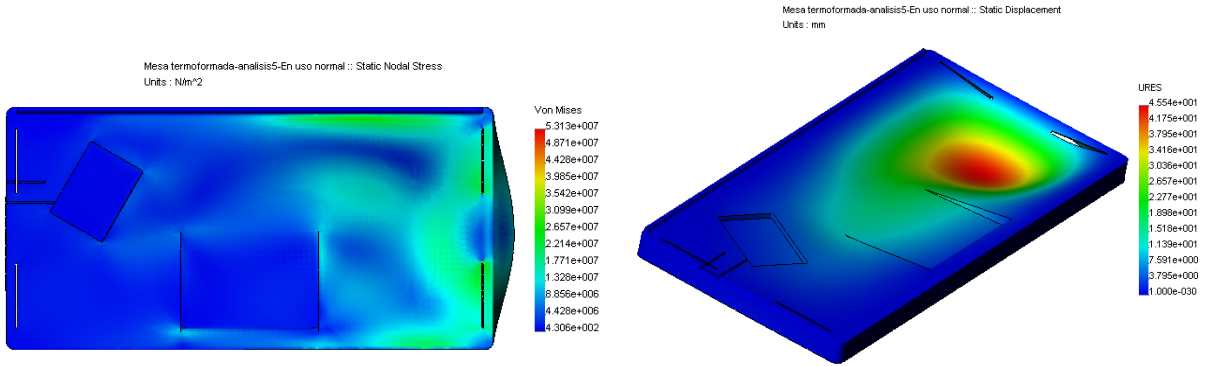


Figura A10. Resultados del análisis de esfuerzos y desplazamientos (Caso 2 opción “A”).

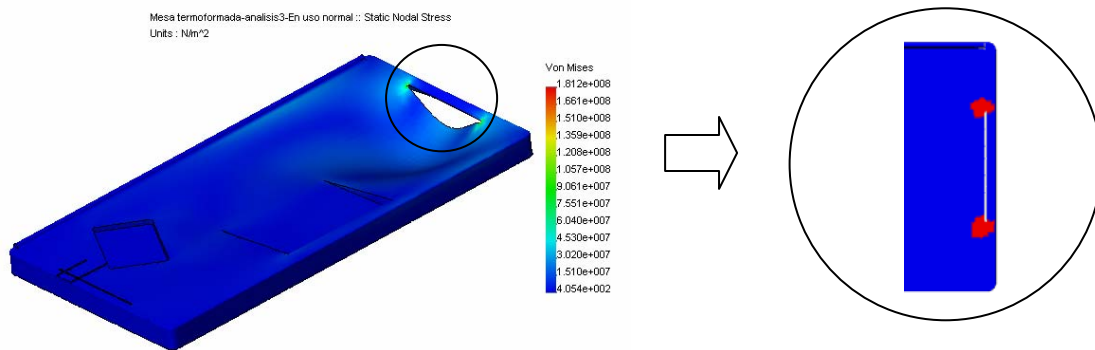


Figura A11. Resultados del análisis de esfuerzos y falla potencial (Caso 2 opción “B”).

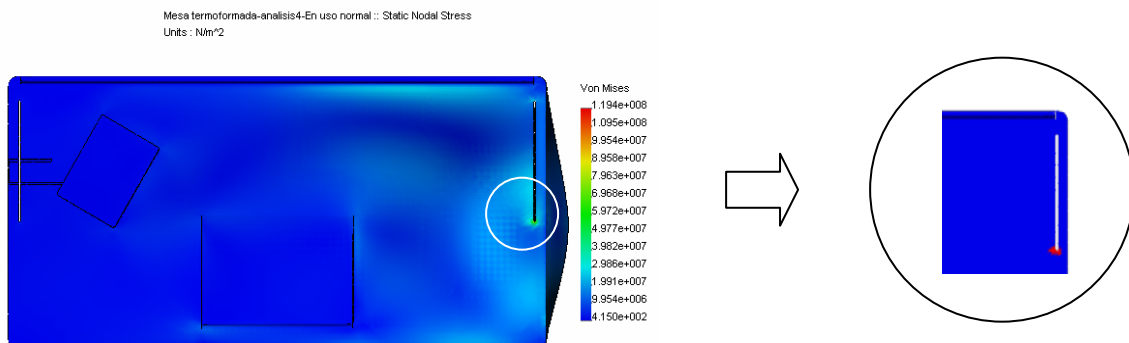


Figura A12. Resultados del análisis de esfuerzos y falla potencial (Caso 2 opción “C”).

APÉNDICE B: Resultados de la estructura del Cancel

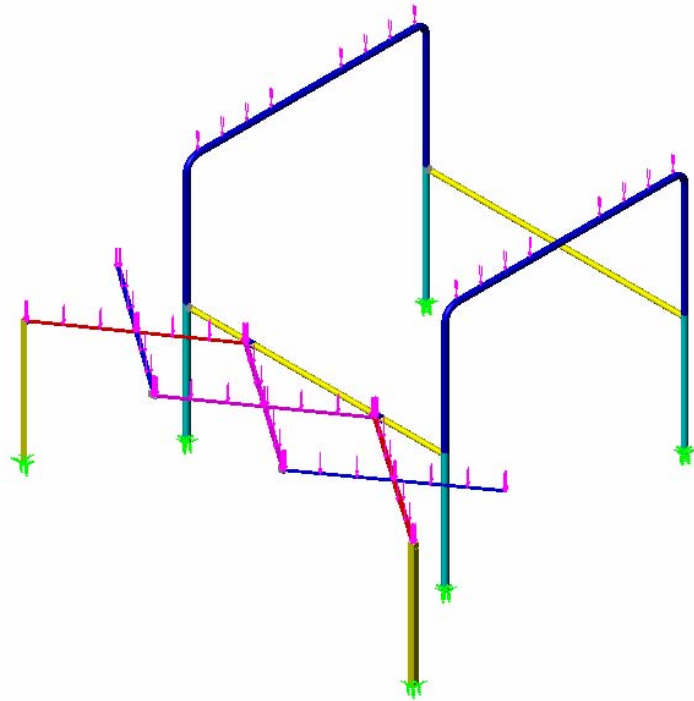


Figura B1. Restricciones y cargas aplicadas (Caso 3).

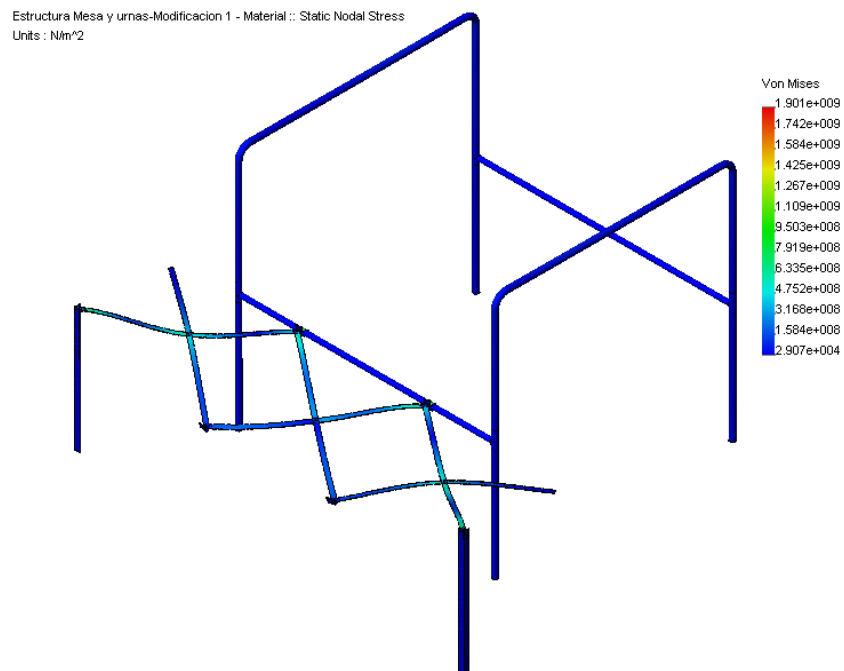


Figura B2. Resultado del análisis de esfuerzos (Caso 3).

APÉNDICE B: Resultados de la estructura del Cancel

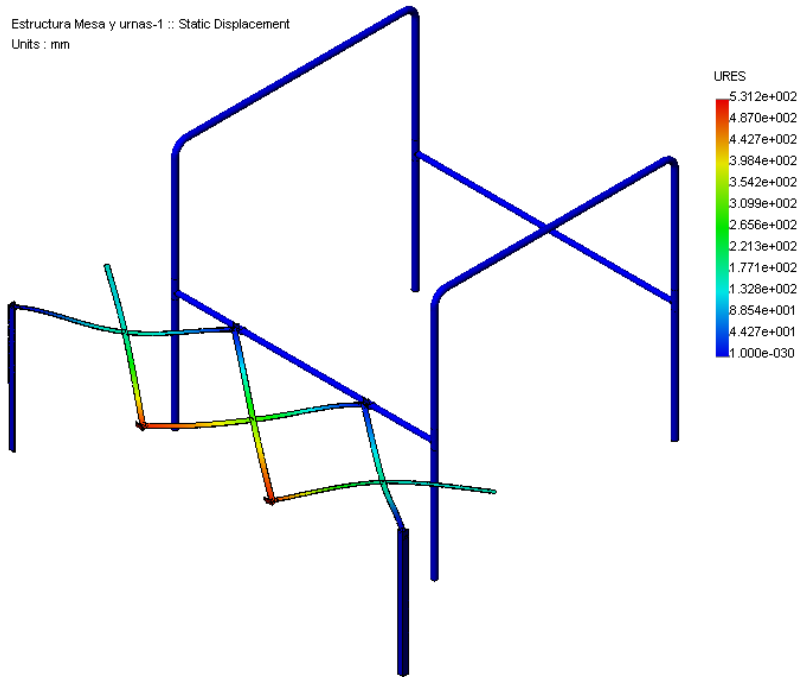


Figura A3. Resultado del análisis de deformaciones (Caso 3).

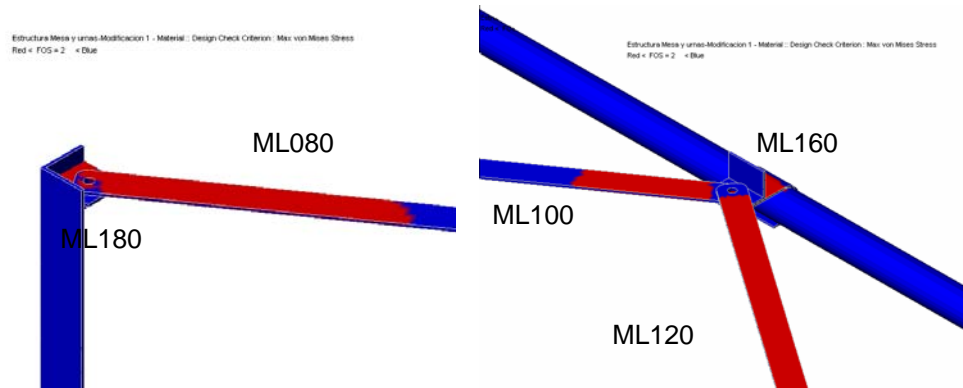


Figura A4. Falla potencial de los elementos del acordeón (Caso 3).

APÉNDICE B: Resultados de la estructura del Cancel

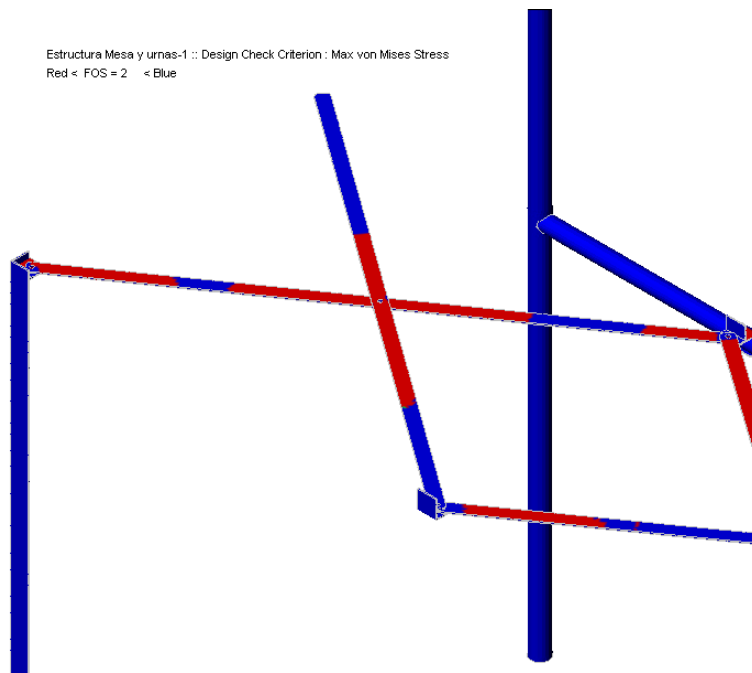


Figura A5. Persiste la falla potencial con el cambio de material (Caso 3 Opción "A").

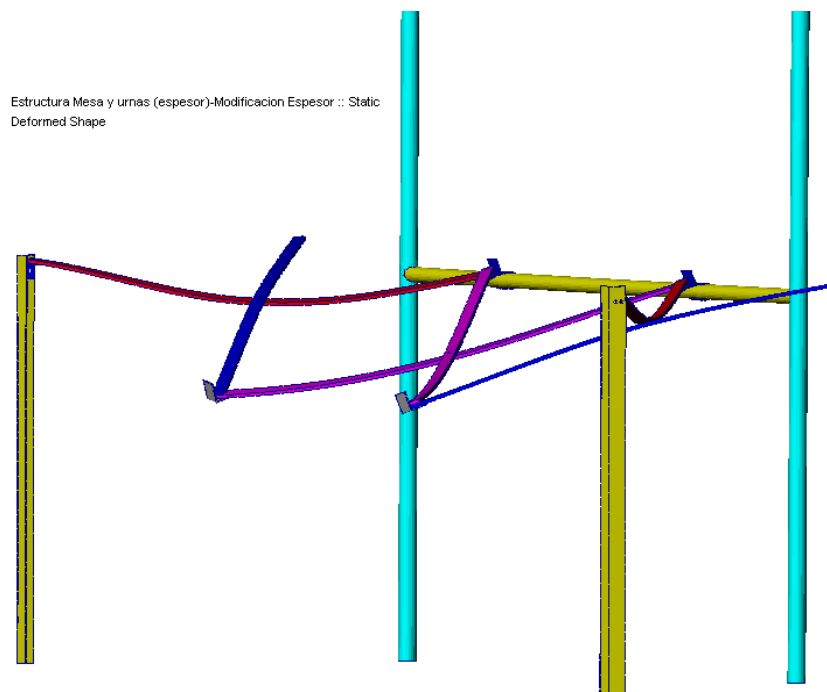


Figura A6. Cambio de material y espesor (Caso 3 Opción "B").

APÉNDICE B: Resultados de la estructura del Cancel

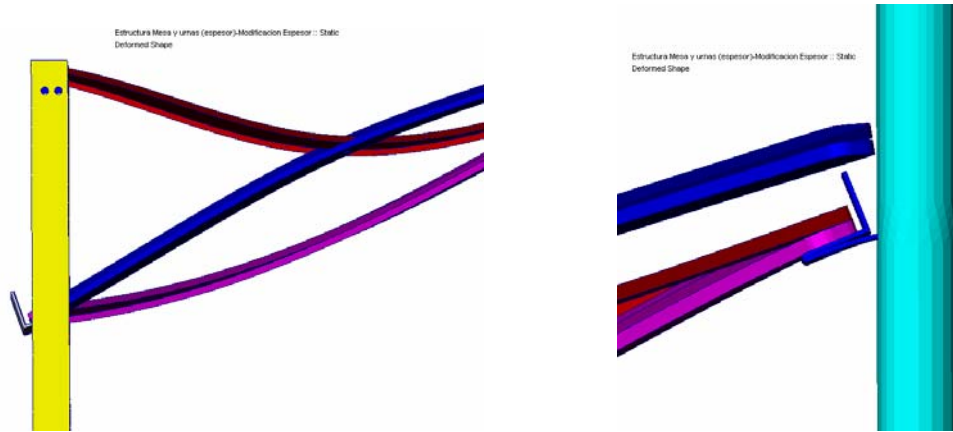


Figura A7. Comportamiento de los desplazamientos (Caso 3 Opción “B”).

ANEXO IV

TABLAS, FORMATO DEL AMEF Y ACRÓNIMOS

APENDICE C

TABLA DE SEVERIDAD

Efecto	Criterios: Severidad del efecto para AMEF	Fila
Alerta peligrosa sin aviso	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad con la regulación del gobierno sin alarma.	10
Peligroso con alarma	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad con la regulación del gobierno con la alarma.	9
Muy Arriba	El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	El producto es operable, pero en el nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	El producto es operable, pero el ítem(s) de la comodidad o de la conveniencia es inoperable.	6
Bajo	El producto es operable a un nivel reducido de funcionamiento.	5
Muy Bajo	La mayoría de los clientes notan los defectos.	4
De menor importancia	Los clientes medios notan los defectos.	3
Muy De menor importancia	El ajuste y el final o el chirrido y el ítem del traqueteo no se conforma. Los clientes exigentes notan los defectos.	2
Ninguno	Ningún efecto	1

Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de los efectos para un diseño AMEF

APENDICE D

TABLA DE OCURRENCIA

Probabilidad del incidente	Porcentajes de averías	Calificación
Muy Alto: El incidente es casi inevitable	1 en 2 <input type="checkbox"/>	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 de 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15.000	3
	1 en 150.000	2
Remota: El incidente es improbable	1 en 1.500.000 <input type="checkbox"/>	1

Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un diseño AMEF

APENDICE E

TABLA DE DETECCIÓN

DetECCIÓN	Criterios: Probabilidad de la detección por control del diseño	Calificación
Incertidumbre Absoluta	El control del diseño no detecta una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente; o no hay control del diseño	10
Muy Remota	La probabilidad muy remota de que el control del diseño detecte una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	9
Remota	La probabilidad remota de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	8
Muy Baja	La probabilidad muy baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	7
Baja	La probabilidad baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	6
Moderada	La probabilidad moderada de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	5
Moderadamente Alta	La probabilidad moderadamente alta de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	4
Alta	La alta probabilidad de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	3
Muy Alta	La probabilidad muy alta de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	2
Casi Seguro	El control del diseño detectará casi ciertamente una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	1

Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en un diseño AMEF.



DESIGN FMEA



Descripción :			No. de DFMEA :	Fecha Limite:	Revisión No. :	Fecha/Rev.:	
N° Parte:			Resp. del Diseño:		Preparado por:		
Fecha Dibujo:			Equipo de Trabajo :		Diseñador Resp.:		
Sistema:	Año Modelo:	Ref.			Vo.Bo.del Equipo:		
						HOJA DE .	

Características Función	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Clase	Causas Potenciales de Falla del Mecanismo	O C U	Control de Diseño Actual	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsabilidad y Fecha objetivo de cumplimiento	Acciones Tomadas	Resultado de Acción					
													Sev	Ocu	Det	NPR		
<p style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block;">Cuáles son las funciones, características o requerimientos ?</p>	<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Cuáles son los efectos ?</p>	<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Qué tan malos son ?</p>			<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Cuáles son las causas ?</p>		<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Qué tan frecuentes aparecen ?</p>		<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Qué se puede hacer ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios en el diseño • Cambios en el proceso • Controles especiales • Cambios a los estándares, procedimientos y guías 									
	<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Qué puede estar mal ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • No funciona • Funcionamiento parcial / total / degradado • Funcionamiento intermitente • Funcionamiento erróneo 				<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Cómo puede prevenirse y detectarse esto ?</p>		<p style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Que tan bueno es este método en detectarlos ?</p>											

FORMATO DEL AMEF APENDICE F

APENDICE G

ACRÓNIMOS

- 8-D** Eight Disciplines of Problem Solving
- AIAG** Automotive Industry Action Group
- APQP** Advanced Product Quality Planning
- ASQC** American Society for Quality Control
- DOE** Design of Experiments
- FMEA** Potential Failure Mode and Effects Analysis
- FTA** Fault Tree Analysis
- ISO** International Organization for Standardization
- QFD** Quality Function Deployment
- QOS** Quality Operating System
- RFTA** Reverse Fault Tree Analysis
- RPN** Risk Priority Number
- SPC** Statistical Process Control

BIBLIOGRAFÍA

Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation
“POTENCIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA), REFERENCE MANUAL”
Third Edition, July 2001.

American Supplier Institute, Inc. Dearborn Michigan.
“ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF), MANUAL”
Copyright, 1993

Ford Supplier Learning Institute Mexico
Curso: Análisis del Modo y Efecto de la Falla
Septiembre de 2005

David Hdez. Morfín, Ángel Rodríguez, Saúl Santillán.
Reporte final del proyecto denominado Cancel tipo Maletín.
Octubre de 2002

Ángel Rodríguez, Saúl Santillán.
Reporte final de la supervisión para la producción de los materiales electorales del I.E.D.F.
Julio de 2003