

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**Rediseño y análisis de reducción del costo del auricular
DUOPRO**

Presenta

Alumno: Silverio Omar Pérez Morán

Asesor: Dr. Jesús Márquez González

RECONOCIMIENTO

A MIS MAESTROS

Dr. JESÚS MÁRQUEZ GONZÁLEZ
Dr. ISRAEL SAUCEDA MESA
Dr. ÁLVARO GONZÁLEZ ANGELES
M. MARIO CONTRERAS ORENDAIN

**POR EL APOYO BRINDADO EN LA REALIZACIÓN DE ESTA
MEMORIA DE TESIS DE MAESTRÍA**

A TODOS LOS MAESTROS DE LA MAESTRÍA

POR SUS ENSEÑANZAS

**Y A LA EMPRESA PLAMEX Y A LA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**POR PROMOVER Y FACILITAR ESTE TIPO DE PROGRAMAS
DE MAESTRÍA ENTRE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
BAJA CALIFORNIA Y LA EMPRESA PLAMEX.**

AGRADECIMIENTO

A DIOS

POR PERMITIRME LLEGAR HASTA ESTE MOMENTO

A MI ESPOSA Y A MI HIJA

MARÍA MAGDALENA ROMERO LÓPEZ
JENNIFER ALEJANDRA PÉREZ ROMERO

POR HABERME APOYADO Y DEJARME COMPARTIR MIS
LOGROS CON ELLOS

A MIS PADRES

SILVERIO PÉREZ MADRIGAL
JUANA MORÁN NORIEGA

QUE HAN HECHO POSIBLE ESTE MOMENTO EN BASE A SUS
SACRIFICIOS, INFINITA CONFIANZA Y A SU APOYO
INCONDICIONAL.

A MIS HERMANOS

POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO

JUAN CARLOS PÉREZ MORÁN
GUILLERMO PÉREZ MORÁN
DANIEL PÉREZ MORÁN

Y A TODOS MIS SERES QUERIDOS, QUE ME HAN APOYADO Y
QUE HAN ESTADO SIEMPRE CERCA DE MI.

MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE

Índice	I
Simbología	IV
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VII
Abreviaturas	VIII
Planteamiento del problema	IX
Objetivos	X
Justificación	XI
Introducción	XII
Resumen	XIII
ABSTRACT	XIV

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

1.1 Materiales.....	2
1.1.1. Polímeros.....	2
1.1.1.1 Polimerización y estructura.....	2
1.1.1.2 Clasificación según su origen.....	2
1.1.1.3 Clasificación según su aplicación.....	2
1.1.1.4 Clasificación según su comportamiento.....	3
1.1.1.5 Polímeros comunes.....	3
1.1.1.6 Polímeros de ingeniería.....	4
1.1.2 Elastómeros.....	4
1.1.3 Plásticos.....	4
1.1.4 Materiales usados en el proyecto del Earhook.....	5
1.1.4.1 Los Uretanos.....	5
1.1.4.2 Nylon.....	5
1.1.5 Aceros.....	6
1.1.5.1 Composición del acero.....	6
1.1.5.2 Fases de equilibrio.....	6
1.1.6 Aleaciones.....	8
1.2 Procesos de fabricación.....	8
1.2.1 Tecnología mecánica.....	9
1.2.2 Moldeo por inyección.....	10
1.2.3 El principio del moldeo.....	11
1.2.4 Molde.....	12
1.2.5 Ciclo de moldeo.....	13
1.3 Tipos de tratamientos térmicos.....	14
1.3.1 Tipos de tratamientos térmicos.....	14
1.3.2 Tipos de tratamientos termoquímicos.....	14
1.4 Resistencia de materiales.....	15
1.4.1 Fuerza.....	15
1.4.1.1 Fuerza mecánica Newtoniana.....	15
1.4.2 Esfuerzo.....	15
1.4.3 Esfuerzo de compresión.....	17
1.4.3.1 Ensayo.....	17
1.4.4 Esfuerzo cortante.....	18
1.4.5 Momento flector.....	18
1.4.6 Fluencia.....	20
1.4.6.1 Límite de fluencia.....	21

1.4.7 Límite elástico.....	21
1.4.8 Determinación del límite elástico.....	21
1.4.9 Dureza.....	24
1.5 Diseño	25
1.5.1 Definición.....	25
1.5.2 Diseño mecánico.....	26
1.5.3 Fases del proceso.....	26
1.6 Análisis estructural.....	26
1.6.1 Análisis de elemento finito.....	27
1.7 Diseño de producto.....	28
1.7.1 Concepto del producto.....	29
1.7.2 Elementos que caracterizan la personalidad de un producto.....	29
1.7.3 Factores de éxito de un producto.....	29
1.7.4 Ciclo de vida de un producto.....	29
1.8 Estrategias para la introducción de nuevos productos.....	31
1.9 Proceso de desarrollo de nuevos productos.....	32
1.10 Generación de ideas.....	33
1.10.1 Técnica para la generación de ideas.....	33
1.10.2 Selección del producto.....	34
1.10.3 Diseño preliminar del producto.....	34
1.10.4 Construcción de prototipo.....	35
1.10.5 Pruebas de desempeño técnico y comercial.....	35
1.10.6 Diseño definitivo del producto.....	36
1.11 Estudio del proceso de desarrollo de nuevos productos.....	36
1.11.1 Filtrado de ideas.....	36
1.11.2 Desarrollo y prueba de concepto.....	37
1.11.3 Análisis de negocios.....	37
1.11.4 Desarrollo del producto.....	37
1.11.5 Mercado de prueba.....	38
1.11.6 Comercialización.....	38
1.12 Interacción entre el diseño del producto y el diseño del proceso.....	38
1.12.1 Análisis de valor.....	40

CAPITULO II: ANTECEDENTES TEORICOS

2.1 Introducción.....	43
2.2 Material del producto actual.....	45
2.3 Especificaciones mecánicas del producto.....	47
2.4 Proceso de manufactura.....	48
2.5 Costos.....	50
2.5.1 Costo de material del producto.....	51
2.5.2 Costo de proceso.....	51

CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Introducción.....	53
3.1.1 Consideraciones de diseño.....	53
3.2 Ideas y propuestas de diseño.....	55
3.3 Diseño preliminar.....	57
3.3.1 Construcción de prototipos.....	60

3.4 Revisión de Diseño.....	62
3.4.1 Asignación de números de parte.....	63
3.4.2 Asignación de materiales.....	63
3.5 Análisis de elemento finito.....	64
3.6 Resultados de Análisis de elemento finito.....	76
3.7 Costeo de moldes prototipo.....	77

CAPITULO IV: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados.....	79
4.2 Propuesta de materiales a utilizar.....	79
4.3 Propuesta de inversión.....	80
4.4 Propuesta de calendario de actividades.....	81
4.5 Análisis del retorno de la inversión.....	83

Conclusiones

Referencias bibliográficas

Anexos

SIMBOLOGÍA

F; Fuerza

m; masa

a; aceleración

Σ ; símbolo de sumatoria

N_x ; esfuerzo normal en el eje x

V; esfuerzo cortante

T; torsión

σ ; esfuerzo

A; área

M_x, M_y, M_z ; momento

I ; momento de inercia

ϵ ; deformación

u; vector desplazamiento

W; módulo resistente

Lb; Libras

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 Diagrama de fases hierro carbono.....	6
1.2 Máquina de moldeo.....	9
1.3 Principio de moldeo.....	10
1.4 Partes principales de un Molde.....	11
1.5 Ciclo de llenado de moldeo por inyección.....	12
1.6 Estado de esfuerzo triaxial.....	15
1.7 Vigas a flexión.....	18
1.8 Diagrama tensión-alargamiento.....	19
1.9 Diagrama deformación plástica.....	21
1.10 Ciclo de vida de un producto.....	28
1.11 Desarrollo de producto.....	31
2.2 Auricular DUOPRO.....	41
2.2 Auricular DUOPRO, corte seccional.....	41
2.3 Ensamble de CAPSULA y BOOM.....	42
2.4 Materiales a) Cubierta de capsula exterior, b) Cubierta de capsula interior, c) Cubierta de Boom exterior....	43
2.5 Materiales a) Cubierta de Boom interior, b) Ensamble de pivote para el Boom, c) Ensamble de pivote Earloop, d) Earloop.....	44
2.6 Ensamblados explotados del auricular.....	45
2.7 Ensamblados a) Ensamble de la capsula, b) Ensamble del receptor, c) Ensamble del Boom....	46
2.8 Ensamble pivote de Earloop.....	48
2.9 Ensamble pivote de Boom.....	48
3.1 Organigrama del desarrollo experimental del rediseño del EARHOOK.....	53
3.2 Propuesta 1 de diseño.....	54
3.3 Propuesta 2 de diseño.....	55
3.4 Máquina para fabricación de prototipos.....	57
3.5 Máquina de secado de prototipos.....	57
3.6 Prototipos.....	58
3.7 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje largo utilizando el Material POM RTP800 TFE20.....	62
3.8 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje corto utilizando el Material POM RTP800 TFE20.....	63
3.9 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje largo utilizando el Material ABS CyCOLAC T.....	64
3.10 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje corto utilizando el Material ABS CyCOLAC T.....	65
3.11 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje largo utilizando el Material POM Delrin 500P.....	66
3.12 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje corto utilizando el Material POM Delrin 500P.....	67
3.13 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje largo utilizando el Material ABS-PC Cycloy C1200.....	68
3.14 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del eje corto utilizando el Material ABS-PC Cycloy C1200.....	69

3.15 Posicionamiento de empotramientos y fuerzas aplicadas en los ejes	
Del elemento de fricción.....	70
3.16 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del elemento de fricción utilizando el Material	
TPE Santoprene 101-50.....	71
3.17 Graficas de esfuerzo Desplazamiento del elemento de fricción utilizando el Material	
TPE Santoprene 101-73.....	72
4.1 Gráfica de calendario de actividades.....	78

ABREVIATURAS

DFM: Abreviatura en ingles de Diseño para manufactura

FEM: Abreviatura en ingles de Análisis de elemento finito

THK: Abreviatura en ingles de espesor

BOOM: Ensamble de micrófono

EARLOOP: Sujetador de oreja

PROMECHANICAL: Programa utilizado para análisis de esfuerzos

ANSYS: programa utilizado para análisis de esfuerzos

ProE: Programa para modelar en tres dimensiones

SLA: Estereolitografía

Est: Estimado

FE-C: Hierro Carbono

ÍNDICE DE TABLAS

2.1 Especificaciones del producto.....	45
2.2 Tablas de costos de producto.....	49
3.1 Números de parte.....	60
3.2 Propiedades de materiales.....	60
4.1 Materiales propuestos y sus propiedades.....	73
4.1 Materiales propuestos.....	75
4.2 Propuesta de inversión.....	76
4.3 Calendario de actividades.....	77

NECESIDAD

Reducir el costo del modelo DUOPRO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el modelo DUOPRO y sus variantes están compuestos por diferentes ensambles y partes obtenidas a través de proveedores externos, como es el caso del ensamble EARHOOK PIVOT en el cual se usan materiales con un alto costo, lo que genera que estos ensambles también eleven su costo de fabricación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Generar una propuesta para reducir el costo del Auricular DUOPRO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar y proponer alternativas para reducir el costo del Auricular DUOPRO usando materiales de más bajo costo.
- Proponer el menor número de partes en el rediseño.
- Proponer un método de ensamble y manufacturabilidad mejor al actual.
- Proponer un re-diseño que cumpla con las especificaciones del modelo actual así como también con la calidad requerida.

JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este trabajo es satisfacer la necesidad de reducir el costo del auricular DUOPRO, mediante el uso de materiales económicos, como las resinas plásticas, y modificando en parte o en su totalidad el diseño de los ensambles metálicos provenientes de proveedores externos, además, tomando en cuenta la naturaleza de los materiales y su manufacturabilidad la búsqueda de alternativas de materiales económicos y diseños de los ensambles que nos permitan las mismas especificaciones con las que cuenta el producto actual, nos ayudara a la reducción de costos.

Por tanto esta alternativa será fácilmente medible en los siguientes indicadores.

- Costo del producto
- Calidad del producto
- Tiempos de proceso

INTRODUCCIÓN

Algunos modelos actuales de auriculares cuentan con partes metálicas e inclusive ensambles metálicos los cuales son manufacturadas por proveedores externos bajo un costo muy elevado de venta.

La característica de funcionalidad de los ensambles es el de una rotula con amplio grado de movilidad permitiendo al usuario ajustar la posición del auricular, particularmente el ensamble en donde se localiza el micrófono, el cual nos da una flexibilidad para las diferentes necesidades del usuario dependiendo de las características físicas del usuario.

Particularmente en el modelo DUOPRO se encuentra algunos ensambles a base de materiales metálicos con un costo actual elevado, la cual al ser analizada, se encontró que se pueden eliminar cambiándolos por un diseño equivalente usando resinas plásticas con el cual se reduciría en un 70 % el costo de ese ensamble. Actualmente se encuentran 2 ensambles muy similares en su construcción los cuales fueron identificados como posibles casos de reducción de costos, teniendo un costo total de reducción por pieza de 2.5 dólares. Con esta reducción de costos de acuerdo a la demanda se puede llegar a tener una reducción de costos de mayor a los 100,000 dólares anuales.

RESUMEN

La Empresa Plantronics, líder mundial en el desarrollo de auriculares actualmente desarrolla y produce diferentes tipos de modelos, los cuales se distribuyen en diferentes mercados, como equipos multimedia, equipos de oficina y centros de llamadas, así como también auriculares para las nuevas tecnologías de telefonía celular.

Después de que un producto se lanza al mercado y siguiendo la curva de vida de dicho producto, es necesario hacer una reducción de costos para obtener un mayor margen de ganancias después de que el producto ha madurado en el mercado. El desarrollo y lanzamiento de nuevos auriculares usando nuevas tecnologías, obsoletizan tanto la tecnología usada anteriormente para el desarrollo, así como también materiales y procesos de manufactura. Es entonces cuando surge la problemática de reducir el costo de los productos que han madurado en el mercado. Por consiguiente la reducción de costos de un auricular se vuelve muy importante para desarrollo de un proyecto de tema de tesis.

El análisis de diferentes productos, mostró que el modelo DUOPRO contaba con diferentes ensambles que se obtenidos de proveedores externos, y que el precio es muy elevado debido a su construcción, procesos de fabricación y tipo de material en la manufactura de sus ensambles con el que fue diseñado. Por esta razón en esta tesis se desarrolló un rediseño de estos ensambles con el propósito de reducir su costo total de manufactura.

El rediseño nos muestra la posibilidad de usar otros materiales, como son los plásticos que actualmente cuentan con una gama muy grande de aplicaciones y que pueden alcanzar las especificaciones deseadas en los productos de. Tomando en cuenta todas estas especificaciones del producto, se rediseñaron dos ensambles estimando los recursos y el tiempo necesarios para implementar esta reducción de costos, mostrando un ahorro considerable del 70%, al ser analizado bajo un pronóstico de ventas de dicho producto.

ABSTRACT

The Plantronics company, world-wide leader in the development of headsets currently develops and produces different models of headsets which are used in different markets as equipment for multimedia, equipment for office and call centers, as well as headsets for the new technologies of the cellular telephony.

After a product is launched to the market and following the curve of life of this product is necessary to make cost reductions after the product has matured in the market in order to obtain more margin of profit while new products are launched to the market, the development and launch of new headsets using new technologies obsolete the old technologies used previously in the development. It is then when the problematic arises to reduce the cost in the products that already have matured in the market. For this reason the cost reduction of a headset becomes very important and subject to be developed like thesis project.

The analysis of different products showed that the headset model DUOPRO had different joints which are obtained from external suppliers and the price is very high due to its construction, processes that are used to make them and to the type of material used to manufacture this joints. For this reason in this thesis a redesign of these two joints was developed in order to reduce its total cost of manufacturing.

This redesign shows the possibility to use other materials like the plastics that at the moment have a very great range of applications and can reach the specifications that must have consumer products. taking in all these specifications of the product, these assemblies were redesigned estimating resources budget and time necessary to implement a cost reduction, showing a considerable saving of 70% after be analyzed under a forecast of sales of this product.

CAPITULO I

ESTADO DEL ARTE



CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

1.1 MATERIALES

1.1.1 Polímeros

Los polímeros son macromoléculas (generalmente orgánicas), cuyo principal compuesto es el carbono e hidrógeno, formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeras. [1]

1.1.1.1 Polimerización y estructura

La reacción por la cual se sintetiza un polímero a partir de sus monómeros se denomina polimerización. Según el mecanismo por el cual se produce la reacción de polimerización para dar lugar al polímero, ésta se clasifica como *polimerización por pasos* o como *polimerización en cadena*. En cualquier caso, el tamaño de la cadena dependerá de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y, por tanto, un peso molecular distinto, por lo que se habla de peso promedio para el polímero. [1]

1.1.1.2 Clasificación según su origen

- **Polímeros naturales.** Existen en la naturaleza muchos polímeros y las biomoléculas que forman los seres vivos son macromoléculas de polímeros. Por ejemplo, las proteínas, la celulosa, el hule o caucho natural, la quitina, lignina, etc.
- **Polímeros semisintéticos.** Se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado, etc.
- **Polímeros sintéticos.** Muchos polímeros se obtienen industrialmente a partir de los monómeros. Por ejemplo, el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc.

1.1.1.3 Clasificación según sus aplicaciones

Atendiendo a sus propiedades y usos finales, los polímeros pueden clasificarse en:

- **Elastómeros.** Son materiales con muy bajo módulo de elasticidad y alta extensibilidad; es decir, se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo pero recuperan su forma inicial al eliminar el esfuerzo. En cada ciclo de extensión y contracción los elastómeros absorben energía, una propiedad denominada resiliencia.

- **Plásticos.** Son aquellos polímeros que, ante un esfuerzo suficientemente intenso, se deforman irreversiblemente, no pudiendo volver a su forma original. Hay que resaltar que el término *plástico* se aplica a veces incorrectamente para referirse a la totalidad de los polímeros.
- **Fibras.** Presentan alto módulo de elasticidad y baja extensibilidad, lo que permite confeccionar tejidos cuyas dimensiones permanecen estables.
- **Recubrimientos.** Son sustancias, normalmente líquidas, que se adhieren a la superficie de otros materiales para otorgarles alguna propiedad, por ejemplo resistencia a la abrasión.
- **Adhesivos.** Son sustancias que combinan una alta adhesión y una alta cohesión, lo que les permite unir dos o más cuerpos por contacto superficial.

1.1.1.4 Clasificación según su comportamiento a alta temperatura.

Para clasificar polímeros, una de las formas empíricas más sencillas consiste en calentarlos por encima de cierta temperatura. Según si el material funde y fluye o por el contrario se descompone se diferencian dos tipos de polímeros:

- **Termoplásticos,** que fluyen al calentarlos y se vuelven a endurecer al enfriarlos. Su estructura molecular presenta pocos (o ninguno) entrecruzamientos.
- **Termoestables,** que se descomponen químicamente al calentarlos, en vez de fluir. Este comportamiento se debe a una estructura con muchos entrecruzamientos, que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas. La clasificación termoplástica, termoestable es independiente de la clasificación de elastómeros, plásticos y fibras. Existen plásticos que presentan un comportamiento termoplástico y otros que se comportan como termoestables. Esto constituye de hecho la principal subdivisión del grupo de los plásticos y hace que a menudo cuando se habla de "los termoestables" en realidad se haga referencia sólo a "los plásticos termoestables". Pero ello no debe hacer olvidar que los elastómeros también se dividen en termoestables (la gran mayoría) y termoplásticos (una minoría pero con aplicaciones muy interesantes). [1]

1.1.1.5 Polímeros comunes

- Polietileno (HDPE o LDPE, alta o baja densidad)
- Polipropileno (PP)
- Poliuretano (PUR)
- Poli cloruro de vinilo (PVC)
- Poli estireno (PS)
- Politereftalato de etileno (PET)
- Poli(etilenglicol)

1.1.1.6 Polímeros de ingeniería

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| - Politereftalato de etileno | - Policarbonato |
| - Nylon | - Polisulfonas |
| - Polilactona | - Poliacrilonitrilo |
| - Policaprolactona | - ABS |
| - Polieter | - Poli óxido de etileno |
| - Polisiloxanos | - Policicloctano |
| - Poli anhídrido | - Poli(n-butyl acrilato) |
| - Poliurea | - Poliéster |

1.1.2 ELASTOMEROS.

Los **elastómeros** son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico, es decir, se deforman al someterlos a una fuerza pero recuperan su forma inicial al suprimir la fuerza. [1]

El más antiguo de los polímeros al que se reconocieron propiedades elastoméricas fue el PVC plastificado (Waldo Semon, 1926). Siguió en 1938 el desarrollo de los poliuretanos por Otto Bayer (**I.G.Farben**, luego **Bayer**) y algunos polímeros con propiedades elastoméricas fueron desarrollados luego en **ICI** y **DuPont**. En 1950, **Bayer**, **DuPont** y **Goodrich** ofrecían PUR (poliuretano) que carecían de suficiente concentración de segmentos duros en su molécula para tener buenas propiedades a menos que se vulcanizasen. Los primeros elastómeros termoplásticos fueron los copoliésteres lineales elásticos desarrollados por Snyder, de **DuPont**, en 1950, copolimerizando bajo fusión ácido tereftálico y etilén glicol y realizando una reacción de intercambio cuidadosamente controlado de esteres entre ambos polímeros. De este copolímero se obtenían fibras mediante extrusión o hilado desde solución, con mayor resistencia y módulo de estirado que el caucho natural y presentaban la propiedad de las mechas de caucho: una recuperación elástica muy rápida. El desarrollo continuó con especial énfasis en la obtención de polímeros aplicables al fibrado. En 1959, **DuPont** inició la comercialización de la fibra *Lycra*, un uretano poliéter segmentado de metilén bis (4-fenil isocianato) al tiempo que Charch y Shivers publicaban un documento sobre copolímeros de bloque de condensación que tenían distintas cantidades de bloques cristalinos duros y blandos de bajo punto de fusión en la misma cadena molecular. [1]

1.1.3 PLÁSTICOS.

El término Plástico, en su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales. [1]

Son propiedades características de la mayoría de los plásticos, aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales:

- Son baratos.
- Tienen una baja densidad.
- Son impermeables.
- Son aislantes eléctricos.
- Son aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas elevadas.
- Su quema es muy contaminante.
- Son resistentes a la corrosión y al estar a la intemperie.
- Resisten muchos factores químicos.
- Algunos se reciclan mejor que otros, que no son biodegradables ni fáciles de reciclar.
- Son fáciles de trabajar.

1.1.4 MATERIALES USADOS EN EL PROYECTO DEL EARHOOK.

1.1.4.1 Los uretanos

Son una clase de compuestos que tienen en común el grupo carbamidato $R-NH-C(=O)-O-R'$ y son, por lo tanto, formalmente derivados del ácido carbónico. Se forman fácilmente en la reacción del cianato ($R-N=C=O$) correspondiente con el alcohol $R'OH$. Utilizando cianatos y alcoholes bi- o poli funcionales se obtienen los poliuretanos. [1]

1.1.4.2 Nylon

El **Nylon** (de la marca comercial registrada: *nylon*®) es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera formalmente por poli condensación de un diácido con una diamina. La cantidad de átomos de carbono en las cadenas de la amina y del ácido se puede indicar detrás de los iniciales de poliamida. El más conocido, el PA6.6 es por lo tanto el producto formal del ácido butandicarboxílico (ácido adipínico) y la hexametildiamina. Por razones prácticas no se utiliza el ácido y la amina sino soluciones de la amina y del cloruro del diácido. Entre las dos capas se forma el polímero que puede ser expandido para dar el hilo de nylon. [1]

Un polímero parecido es el perlon que se forma por apertura y polimerización de una lactama, generalmente la caprolactama. La diferencia reside en que en el nylon las cadenas están formadas por polímeros de la fórmula de general ($\dots\text{-NH-C(=O)-(CH}_2\text{)}_n\text{-C(=O)-NH-(CH}_2\text{)}_m\text{-}\dots$) mientras que en el perlon las cadenas tienen la secuencia ($\dots\text{-NH-C(=O)-(CH}_2\text{)}_n\text{-NH-C(=O)-O-(CH}_2\text{)}_n\text{-}\dots$). [1]

1.1.5 ACEROS

Los **aceros** son aleaciones de hierro-carbono forjables, con porcentajes de carbono variables entre 0,008 y 2,14%. Se distinguen de las fundiciones, también aleaciones de hierro y carbono, en que éstas tienen una proporción de carbono que puede variar entre 0.5% y 2.0%, aunque la mayoría de las fundiciones comerciales no superan el 1.8% de carbono. A partir del 2 % y hasta el 6% de carbono la aleación se denomina arrabio o fundición. La diferencia fundamental entre ambos materiales es que los aceros son, por su ductilidad, fácilmente deformables en caliente utilizando forjado, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones son frágiles y se fabrican generalmente por fundición. Además de los componentes principales indicados, los aceros incorporan otros elementos químicos. Algunos son perjudiciales (Impurezas) y provienen de la chatarra, el mineral o el combustible empleado en el proceso de fabricación; es el caso del azufre y el fósforo. Otros se añaden intencionalmente para la mejora de alguna de las características del acero (Aleantes); pueden utilizarse para incrementar la resistencia, la ductilidad, la dureza, etcétera, o para facilitar algún proceso de fabricación como puede ser el mecanizado. Elementos habituales para estos fines son el níquel, el cromo, el molibdeno y otros. La densidad promedio del acero es 7850 kg/m³. [2]

1.1.5.1 Composición del acero

La estructura del acero se compone de una mezcla de fases, con diversas propiedades mecánicas. Las proporciones de estas fases y sus composiciones serán determinantes del comportamiento de este material. [3]

1.1.5.2 Fases de equilibrio

La figura 1.1 muestra las fases de equilibrio que se obtienen a temperatura ambiente mediante el enfriamiento lento de un acero [2]. Las principales son:

- La Ferrita (α) es blanda y dúctil. Su estructura es cúbica centrada en el cuerpo, es estable hasta los 721 °C
- La Austenita (γ) es la más dúctil de las fases del diagrama Fe-Fe₃C.
- La cementita (Fe₃C) es un compuesto inter metálico de fórmula Fe₃C, con un contenido de carbono de 6,67%, es dura y frágil.
- La Perlita es el micro constituyente eutectoide que se forma a los 727 °C a partir de austenita con 0.77 % de carbono.

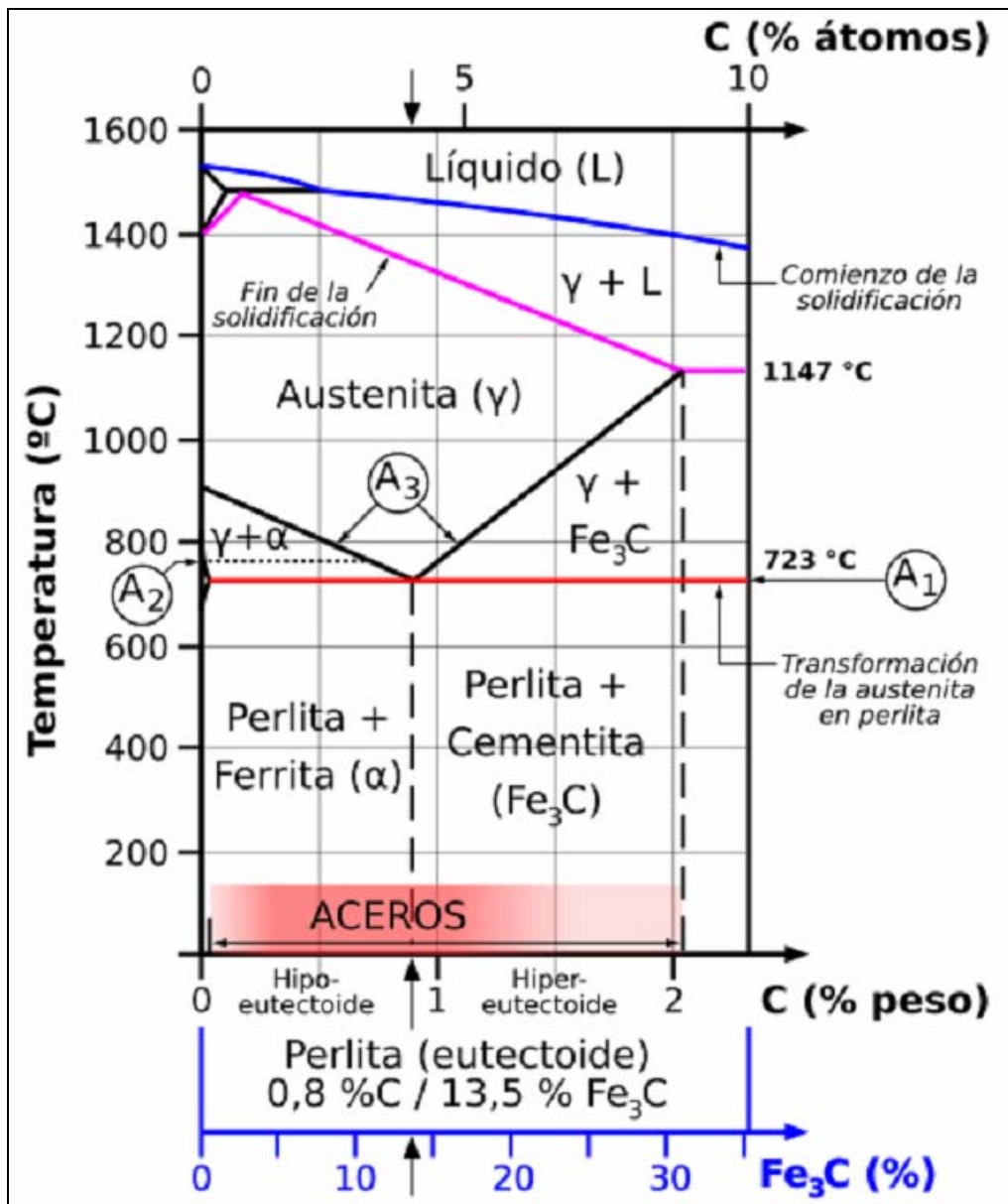


Figura 1.1 Diagrama de fases hierro carbono

1.1.6 ALEACIONES

Por aleación se entiende la unión íntima de dos o más metales en mezclas homogéneas. Es muy raro encontrar aleaciones al estado natural; se las obtienen por fusión, mediante el aumento de la temperatura, al estado sólido. Cuando interviene el mercurio (Hg) queda al estado líquido, en cuyo caso se denomina amalgama. Cuando se obtiene una aleación homogénea y bien definida se denomina eutéctica. Existen tres formas por las que se puede formar una aleación: - Aleación de sustitución - Aleación Intersticial – Aleación Intersticial "sustitución derivada de otra red". [2]

Las aleaciones más comunes utilizadas en la industria son:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| • Acero | • Latón |
| • Álnico | • Magal |
| • Alpaca | • Magnam |
| • Bronce | • Magzinc |
| • Carburo de titanio | • Nicrom |
| • Constantán | • Nitinol |
| • Cuproníquel | • Oro blanco (electro) |
| • Duraluminio | • Plata de ley |
| • Elgiloy | • Zamak |
| • invar. | |

1.2 Procesos de fabricación

Un **proceso de fabricación**, también denominado *manufactura* o *producción*, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. En la inmensa mayoría de los casos, para la obtención de un determinado producto serán necesarias multitud de operaciones individuales de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse *proceso* tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina-herramienta. Sin embargo, en el ámbito industrial se suelen considerar convencionalmente los procesos elementales que se indican, agrupados en dos grandes familias; [4]

Tecnología química:

Algunos de los procesos químicos más comunes en la industria, como la aplicación de tratamientos superficiales para texturas superficiales y cambio de dureza superficial en metales.

- Procesos físicos
- Procesos químicos
- Tratamientos superficiales
- Pasivado

Enseguida se muestra una lista de los procesos de fabricación más comunes en la industria los cuales nos sirven para crear un sin fin de formas y materiales para las diferentes aplicaciones del producto. [4]

1.2.1 Tecnología mecánica:

- Moldeo
- Fundición
- Pulvimetalurgia
- Moldeo por inyección
- Conformado o deformación plástica
- Laminación
- Forja
- Extrusión
- Estirado
- Conformado de Chap.
- Encogimiento
- Procesos con arranque de material
- Mecanizado
- Torneado
- Fresadora
- Taladrado
- Electro erosión
- Procesos con aporte de material (*rapid prototyping*)
- Soldadura
- Tratamiento térmico
- Templado
- Revenido
- Recocido
- Normalizado
- Cementación
- Nitruración
- Tratamientos superficiales; Acabado
- Eléctricos
- Electro pulido
- Abrasivos
- Pulido

1.2.2- MOLDEO POR INYECCIÓN.

En ingeniería, el **moldeo por inyección**, figura 1.2, es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada. El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes. Sólo en los Estados Unidos, la industria del plástico ha crecido a una tasa de 12% anual durante los últimos 25 años, y el principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica son los famosos bloques interconectables LEGO y juguetes Playmobil, así como una gran cantidad de componentes de automóviles, componentes para aviones y naves espaciales. Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños a la ecología. La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores. [6]-[17]



Figura 1.2 máquina de Moldeo

1.2.3 El principio del moldeo

El moldeo por inyección figura 1.3, es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma y tamaño son idénticos a las de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada. Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por debajo de su Temperatura Solidificación y, por tanto, también de su temperatura de transición vítrea para polímeros semicristalinos. Los polímeros amorfos, cuya temperatura útil es inferior a su Temperatura Solidificación, se encuentran en un estado termodinámico de pseudo equilibrio. En ese estado, los movimientos de rotación y de relajación (desenredo de las cadenas) del polímero están altamente impedidos. Es por esta causa que, en ausencia de esfuerzos, se retiene la forma tridimensional. Los polímeros semicristalinos poseen, además, la característica de formar cristales. Estos cristales proporcionan estabilidad dimensional a la molécula, la cual también está en la región cristalina termodinámicamente estable. La entropía de las moléculas del plástico disminuye drásticamente debido al orden de las moléculas en los cristales. [6]-[17]

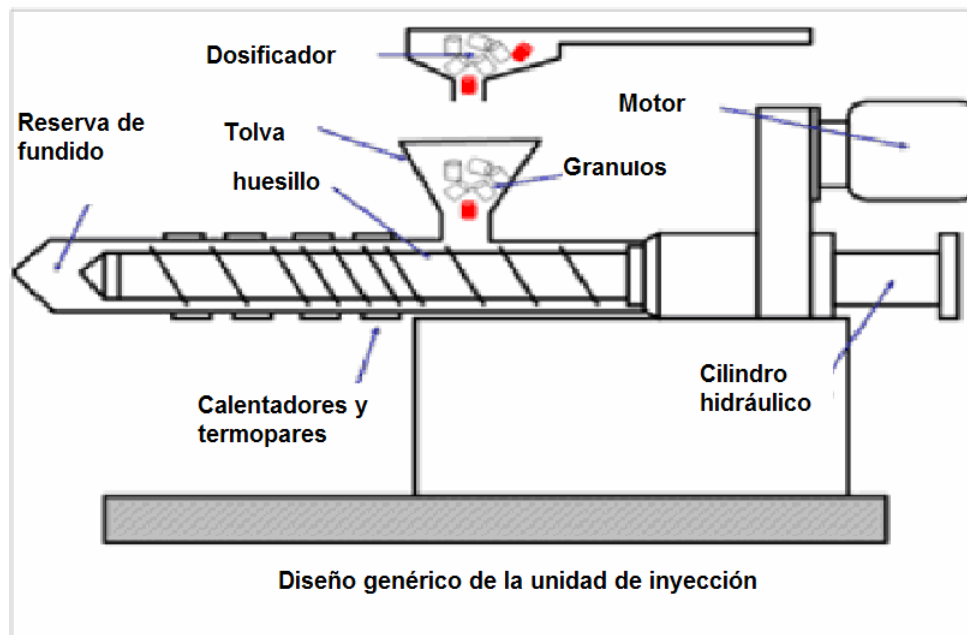


Figura 1.3 Principio de Moldeo

1.2.4 Molde

El molde (también llamado herramienta, figura 1.4) es la parte más importante de la máquina de inyección, es el espacio donde se genera la pieza; para la unidad de inyección de moldeo por inyección, si se requiere producir un producto diferente simplemente se cambia el molde al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre. [6]-[17]

Las partes del molde son:

- **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
- **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la *boquilla*, los siguientes canales son los denominados *bebederos* y finalmente se encuentra la *compuerta*.
- **Canales de enfriamiento:** Son canales por los cuales circula agua para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, ya que de un correcto enfriamiento depende que la pieza no se deforme debido a contracciones irregulares.
- **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

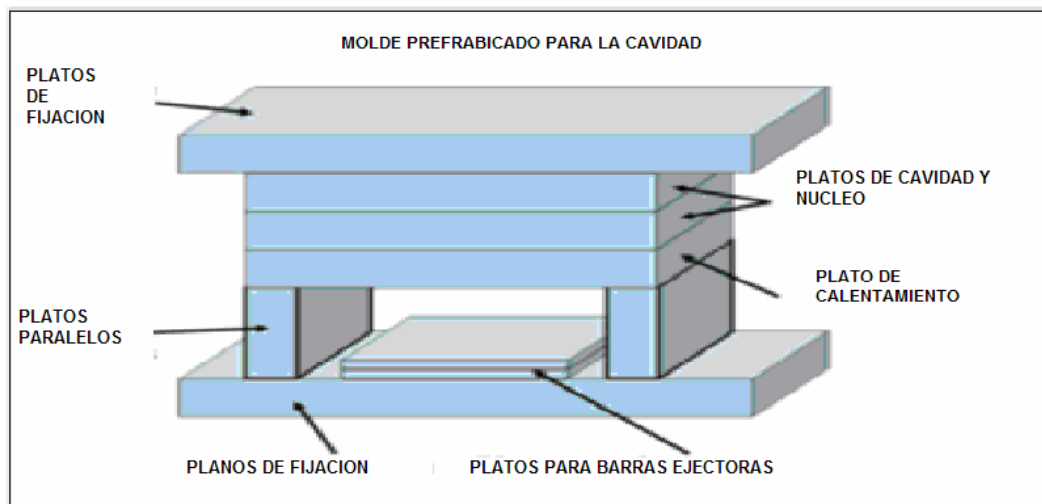


Figura 1.4 Partes principales de un Molde

1.2.5 Ciclo de moldeo

En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales (aunque algunos autores llegan a distinguir hasta 9 pasos). La figura 1.5 muestra el ciclo de llenado de moldeo por inyección. [6]-[17]

Pasos del ciclo de moldeo:

1. Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polímero fundido.
2. Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y, con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
3. La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.
4. La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.
5. La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo), la prensa libera la presión y el molde se abre; las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.
6. La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

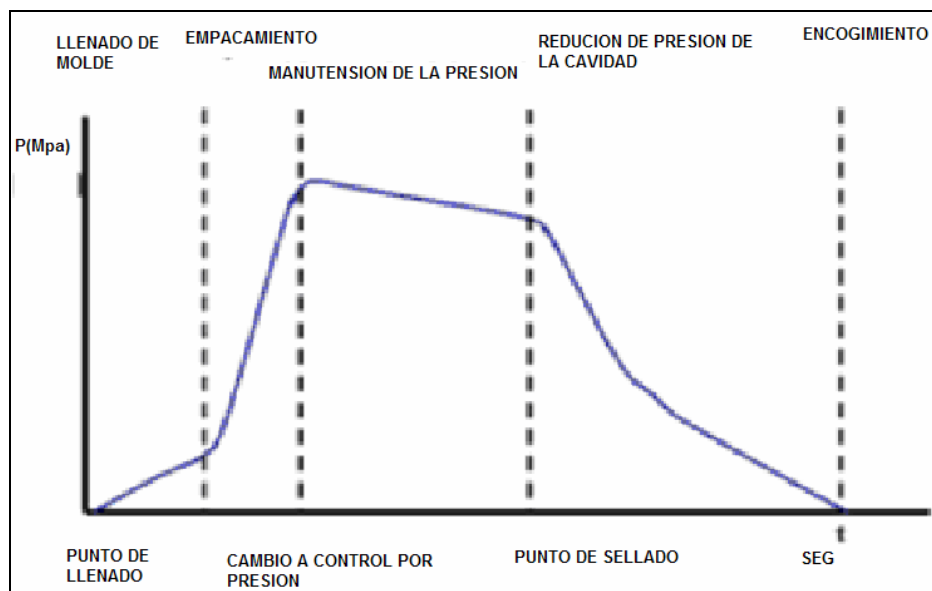


Figura 1.5 Ciclo de llenado de moldeo por inyección

1.3 Tipos de tratamientos térmicos

El polimorfismo es la capacidad de algunos materiales de presentar distintas estructuras cristalinas, con una única composición química, el diamante y el grafito son polimorfismos del carbono. La α -ferrita, la austenita y la δ -ferrita son polimorfismos del hierro. Esta propiedad en un elemento químico puro se denomina alotropía. Las características mecánicas de un material dependen tanto de su composición química como de la estructura cristalina que tenga. Los tratamientos térmicos modifican esa estructura cristalina, sin modificar la composición química, dando a los materiales unas características mecánicas concretas, mediante un proceso de calentamiento y enfriamientos sucesivos hasta conseguir la estructura cristalina deseada. A los elementos químicos que forman una aleación se les llama componentes, y a las distintas estructuras cristalinas o combinación de ellas constituyentes. Aquí nos referiremos específicamente al tratamiento térmico del acero y la fundición, formado por hierro y carbono básicamente dado que industrialmente es el de mayor peso e importancia. [18], [19]

1.3.1 Tipos de tratamientos térmicos.

- Templado: su finalidad es aumentar la dureza y la resistencia del acero.
- Revenido: sólo se aplica a los aceros templados, para disminuir ligeramente los efectos del temple, conservando parte de la dureza y aumentar la tenacidad.
- Recocido: es empleado para suprimir los efectos del temple, haciendo desaparecer la dureza.
- Normalizado: tiene por objeto dejar un material en estado normal, es decir, ausencia de tensiones internas y con una distribución uniforme del carbono. Se suele emplear como tratamiento previo al temple y al revenido.

1.3.2 Tipos de tratamientos termoquímicos.

Los tratamientos termoquímicos modifican las características del material por medio del calentamiento y enfriamiento, pero cambiando también la composición química del material:

- Cementación: aumenta la dureza superficial de una pieza de acero dulce, aumentando la concentración de carbono en la superficie.
- Nitruración: al igual que la cementación, aumenta la dureza superficial, aunque lo hace en mayor medida, incorporando nitrógeno en la composición de la superficie de la pieza.
- Sulfinización: aumenta la resistencia al desgaste por acción del azufre. El azufre se incorpora al metal por calentamiento a baja temperatura (565 °C) en un baño de sales.
- Cianuración: endurecimiento superficial de pequeñas piezas de acero. Se utilizan baños con cianuro, carbonato y cianato sódico. Se aplican temperaturas entre 760 y 950 °C.

1.4 Resistencia de materiales

1.4.1 Fuerza

Se denomina **fuerza** a cualquier acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo, es decir, de imprimirle una aceleración modificando su velocidad. [18], [19]

1.4.1.1 Fuerza Mecánica Newtoniana

1. La aceleración que experimenta un cuerpo es, por definición, proporcional a la fuerza que actúan sobre él.
2. La constante de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración se denomina masa inercial del cuerpo. Estas dos afirmaciones se resumen en la Ley Fundamental de la Dinámica o Segunda Ley de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad 1.1$$

Donde representa la fuerza que actúan sobre el cuerpo, su masa y su aceleración. Medidas sobre un sistema inercial de La fuerza, al igual que la aceleración, es una magnitud vectorial, y se representa matemáticamente mediante un vector.

La fuerza de la Segunda Ley de Newton es, por tanto, una suma vectorial.

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \quad 1.2$$

A la fuerza resultante de la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se le denomina fuerza neta. Por lo que la Segunda Ley de Newton la podríamos expresar así:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a} \quad 1.3$$

Un cuerpo en movimiento sobre el que no actúa ninguna fuerza neta seguirá moviéndose en línea recta y a velocidad constante indefinidamente.

1.4.2 Esfuerzo

En ingeniería el **esfuerzo** se define como la fuerza resultante de una distribución de tensiones internas sobre un área específica. El esfuerzo cortante sobre una superficie plana Σ es igual a la integral de las tensiones t sobre ése área plana. Fijado un punto y un plano imaginario que pasa por ese punto, existen dos tipos de esfuerzos sobre el plano como se muestra en la figura 1.6. [20]-[23]

- Esfuerzo normal (normal o perpendicular al plano considerado), es el que viene dado por la resultante de tensiones normales σ , es decir, perpendiculares, al área para la cual pretendemos determinar el esfuerzo normal.
- Esfuerzo cortante (tangencial al plano considerado), es el que viene dado por la resultante de tensiones cortantes τ , es decir, tangenciales, al área para la cual pretendemos determinar el esfuerzo cortante.

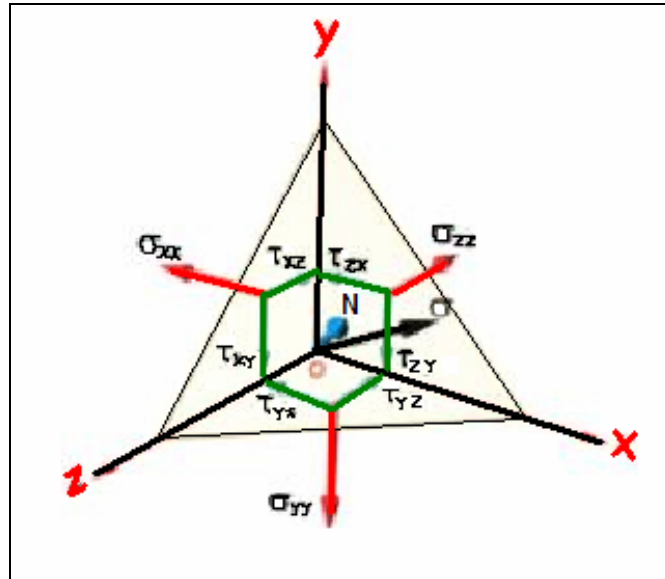


Figura 1.6 Estado de esfuerzo triaxial

Para poder explicar mejor el concepto de esfuerzo es necesario tomar un elemento diferencial de un cuerpo. Debido a que las fuerzas internas pueden presentarse en las tres direcciones posibles (x,y,z), el elemento diferencial será un elemento diferencial volumétrico.

Cada una de las caras tiene un diferencial de área, las fuerzas que son normales a esa cara generan un esfuerzo normal.

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad 1.4$$

y las fuerzas que son tangentes al elemento diferencial generan esfuerzos cortantes.

$$\tau = \frac{V}{A} \quad 1.5$$

Solicitaciones que producen esfuerzos

Para un prisma mecánico los esfuerzos se designan como:

- Esfuerzo normal N_x
- Esfuerzo cortante total V, T o Q
- Esfuerzo cortante según Y V_y
- Esfuerzo cortante según Z V_z

En un abuso de lenguaje es común también que se hable de esfuerzos para hablar de:

- Momento torsor M_x
- Momento flector según Z M_z
- Momento flector según Y M_y

Cada uno de estos esfuerzos van asociados a cierto tipo de tensión:

- El esfuerzo normal (tracción o compresión) implica la existencia de **tensiones normales** σ , pero estas tensiones normales también pueden estar producidas por un momento flector, de acuerdo con la ley de Navier.
- Por otro lado los esfuerzos cortantes y el momento torsor implican la existencia de **tensiones tangenciales** τ .

1.4.3 Esfuerzo de compresión

El **esfuerzo de compresión** es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete un material a una fuerza de flexión, cizalladora o torsión actúan simultáneamente fuerzas de torsión y compresión. Es la fuerza que actúa sobre un material de construcción, suponiendo que esté compuesto de planos paralelos, lo que hace la fuerza es intentar aproximar estos planos, manteniendo su paralelismo (propio de los materiales pétreos). [20]-[23]

1.4.3.1 Ensayo

Los ensayos practicados para medir el esfuerzo de compresión son contrarios a los aplicados al de tensión, con respecto a la dirección y sentido de la fuerza aplicada. [20]-[23]

Tiene varias limitaciones:

- Dificultad de aplicar una carga concéntrica o axial
- Una probeta de sección circular es preferible a otras formas. El ensayo se realiza en materiales: duros, semiduros, blandos.

Resistencia

Para determinar la resistencia se utiliza el valor de la resistencia a rotura, esto es, el cociente entre la carga máxima que ha provocado la rotura del sólido por tracción y la superficie de la sección transversal inicial del mismo. [20]-[23]

Comportamiento de los materiales

Son muchos los materiales que se ven sometidos a tracción en los diversos procesos mecánicos. Especial interés tienen los que se utilizan en obras de arquitectura o de ingeniería, tales como la roca, el hormigón, el acero, la madera, metales, etc. [20]-[23]

Cada material posee cualidades propias que definen su comportamiento ante la tracción. Algunas de ellas son:

- la elasticidad o plasticidad
- módulo de elasticidad
- ductilidad
- fragilidad

Catalogados los materiales conforme a tales cualidades, puede decirse que los de textura pétreo, bien sean naturales o artificiales como el hormigón, se comportan mal frente a esfuerzos de tracción, hasta el punto que la resistencia que poseen no se considera en el cálculo. Por el contrario, el acero soporta perfectamente la tracción y se considera uno de los materiales idóneos para ello. El acero en barras corrugadas se suele emplear en conjunción con el hormigón para prestarle a éste la capacidad resistente de la que carece, dando lugar al hormigón armado.

1.4.4 Esfuerzo cortante

La **fuerza de cortante** o **esfuerzo cortante** es la resultante total de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar. Este tipo de sollicitación formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la tensión cortante. [20]-[23]

1.4.5 Momento flector

Se denomina **momento flector** a la sollicitación resultante de una distribución de tensiones sobre una sección de un elemento flexionado constructivo o un sólido deformable. Es una sollicitación típica en vigas y losas, las cuales se deforman flexionándose. El momento flector puede aparecer cuando se someten estos elementos a la acción un momento (torque) o también de fuerzas puntuales o distribuidas. [20]-[23]

Construcción del diagrama de momento flector

Debido a que un elemento, figura 1.7, puede estar sujeto a varias fuerzas, cargas distribuidas y momentos, el diagrama de momento flector varía a lo largo del mismo.

El primer método que se usa para la construcción de diagramas de momentos es el método de secciones, el cual consiste en realizar cortes imaginarios a lo largo de un elemento y aplicar las ecuaciones del equilibrio.

Supóngase que se realiza un corte imaginario sobre una viga, como la pieza continúa en su lugar, se puede considerar que se encuentra empotrado a la otra parte de la viga, por lo que existen reacciones que impiden el desplazamiento. En el caso del momento, es posible realizar una suma de momentos en el punto en el que se realizó el “corte”. Se debe contar cada fuerza, carga distribuida y momento hasta donde se realizó el corte. En el método de secciones es necesario realizar un corte por cada factor que cambie la distribución del diagrama de momentos.

Otro método usado para la construcción de diagramas de momentos son las funciones discontinuas. En el caso de que un elemento estuviera sometido a varias fuerzas, cargas y momentos la cantidad de cortes que serían necesarios vuelve al procedimiento tedioso y repetitivo. Si se observa con cuidado, la ecuación de momento aumenta un término por cada corte que se realiza debido a la nueva fuerza, carga distribuida o momento que se agrega.

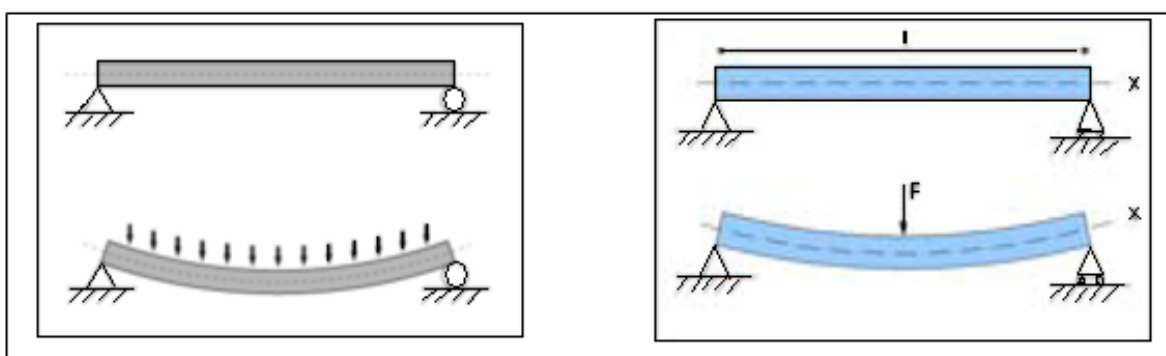


Figura. 1.7 Vigas a flexión

Fórmula de flexión

En un elemento constructivo sometido a flexión se generan tensiones normales, de sentido opuesto en la zona comprimida y en la zona fraccionada, que generan un momento interior que equilibra el momento exterior aplicado. [20]-[23]

Para calcular la tensión o esfuerzo normal que se produce en una viga o elemento análogo al aplicar un momento flector se usa la fórmula de Navier:

$$\sigma = -\frac{My}{I} \quad 1.6$$

Donde M es el momento aplicado, y es la distancia desde el baricentro (centro de gravedad de la sección) a la fibra considerada, e I es el segundo momento de inercia de la sección con respecto al eje de flexión.

Para mayor practicidad, suele utilizarse el módulo resistente, calculado como:

$$W = \frac{I}{y_0} \quad 1.7$$

Donde y_0 es la distancia del baricentro al cordón superior o al cordón inferior, según se quiera calcular compresiones o tracciones máximas.

Para piezas simétricas respecto del baricentro, el cálculo de la tensión máxima, en valor absoluto, se reduce al cálculo de

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad 1.8$$

1.4.6 Fluencia

La **Fluencia** o **Cedencia** es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada que se puede llegar a producir en el ensayo de tracción (depende del material, algunos experimentan fluencia, otros no). El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente. La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones (bandas de Luders). No todos los materiales presentan este fenómeno en cuyo caso la transición entre la deformación elástica y plástica del material no se aprecia de forma clara. Se aprecia gráficamente en la curva tensión-deformación, figura 1.8, obtenida tras el ensayo de tracción: el periodo de fluencia se sitúa en el 2. [20]-[23]

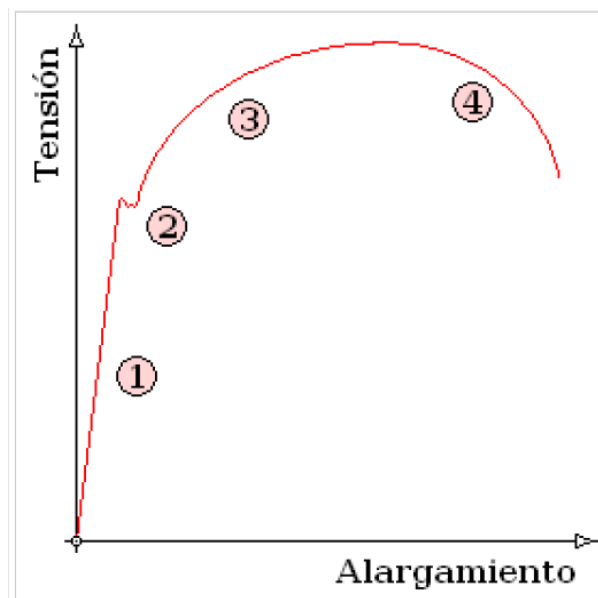


Figura. 1.8 Diagrama tensión-alargamiento

1.4.6.1 Limite de Fluencia

El **límite de fluencia** es la zona máxima en la cual el módulo de Young es constante. También es la zona límite a partir de la cual el material se deforma plásticamente. Igualmente denominado **límite elástico aparente**, indica la tensión que soporta una probeta del ensayo de tracción en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada. [20]-[23]

1.4.7 Límite elástico

El **límite elástico**, también denominado **límite de elasticidad**, es la tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Si se aplican tensiones superiores a este límite, el material experimenta deformaciones permanentes y no recupera su forma original al retirar las cargas. En general, un material sometido a tensiones inferiores a su límite de elasticidad es deformado temporalmente de acuerdo con la ley de Hooke. Los materiales sometidos a tensiones superiores a su límite de elasticidad tienen un comportamiento plástico. Si las tensiones ejercidas continúan aumentando el material alcanza su punto de fractura. [20]-[23]

1.4.8 Determinación del límite elástico

Si se disponen las tensiones en función de las deformaciones en un gráfico se observa que, en un principio y para la mayoría de los materiales (los elastómeros no lo cumplen, por ejemplo), aparece una zona que sigue una distribución casi lineal, donde la pendiente es el módulo de elasticidad E . Esta zona se corresponde a las deformaciones elásticas del material hasta un punto donde la función cambia de régimen y empieza a curvarse, zona que se corresponde al inicio del régimen plástico. Ese punto es el punto de límite elástico. Debido a la dificultad para localizarlo exactamente y con total fidelidad, ya que en los gráficos experimentales la recta es difícil de determinar y existe una banda donde podría situarse el límite elástico, en ingeniería se adopta un criterio convencional y se considera como límite elástico la tensión a la cual el material tiene una deformación plástica, del 0.02%. Figura 1.9. [20]-[23]

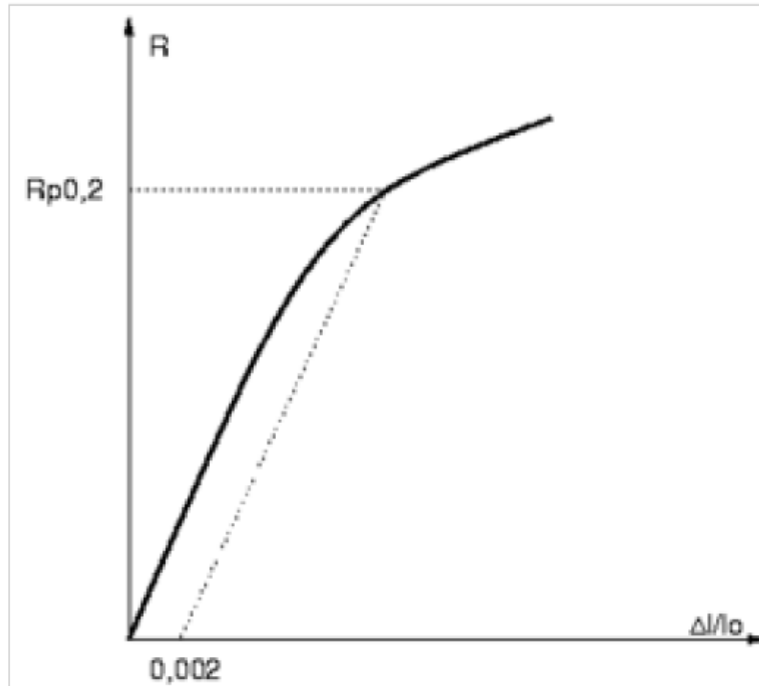


Figura 1.9 Diagrama deformación plástica

La **deformación** es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica. [20]-[23]

Medidas de la deformación La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama **deformación axial** o **deformación unitaria** se define como el cambio de longitud por unidad de longitud:

$$E = (L_f - L_i) / L_i \quad 1.9$$

Donde L_i es la longitud inicial de la zona en estudio y L_f es la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo, en esas condiciones la deformación de un cuerpo se puede caracterizar por tensor (más exactamente un campo tensorial) de la forma:

$$[D] = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} \end{pmatrix} \quad 1.10$$

Donde cada una de las componentes de la matriz anterior, llamada tensor deformación representa una función definida sobre las coordenadas del cuerpo que se obtiene como combinación de derivadas del campo de desplazamientos de los puntos del cuerpo.

Deformaciones elástica y plástica

Tanto para la *deformación unitaria* como el *tensor deformación* se puede descomponer el valor de la deformación en:

- **Deformación plástica o irreversible.** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque la deformación plástica el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles y al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible. [20]-[23]
- **Deformación (visco) elástica o reversible** el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que la provoca la deformación. En este tipo de deformación el sólido al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de *energía potencial elástica* solo pasa por cambios termodinámicos reversibles. Aunque comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y en general cualquier material presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen. Al valor máximo de la fuerza aplicada para el que la deformación es elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos. [20]-[23]

Desplazamientos

Cuando un medio continuo se deforma la posición de sus partículas materiales cambia de ubicación en el espacio, este cambio de posición se representa por el llamado **vector desplazamiento**, $u = (u_x, u_y, u_z)$. No debe confundirse desplazamiento con deformación, porque son conceptos diferentes aunque guardan una relación matemática entre ellos:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \sum_k \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \right) \quad 1.11$$

Por ejemplo en un voladizo o ménsula empotrada en un extremo y libre en el otro, las deformaciones son máximas en el extremo empotrado y cero en el extremo libre, mientras que los desplazamientos son cero en el extremo empotrado y máximo en el extremo libre.

Energía de deformación

La deformación es un proceso termodinámico en el que la energía interna del cuerpo acumula energía potencial elástica. A partir unos ciertos valores de la deformación se pueden producir transformaciones del material y parte de la energía se disipa en forma de plastificado, endurecimiento, fractura o fatiga del material. [20]-[23]

1.4.9 Dureza

La dureza es la capacidad que tiene un material de soportar esfuerzos sin deformarse permanentemente. No debe confundirse con la tenacidad. Hay diversas formas de medir la dureza, si bien la mayoría consiste en utilizar un pequeño indentador, dispositivo que trata de penetrar el material y que puede ser un pequeño balón o una aguja. [20]-[23]

Escalas de uso industrial

En metalurgia la dureza se mide utilizando un durómetro para el ensayo de penetración. Dependiendo del tipo de punta empleada y del rango de cargas aplicadas, existen diferentes escalas, adecuadas para distintos rangos de dureza. El interés de la determinación de la dureza en los aceros estriba en la correlación existente entre la dureza y la resistencia mecánica, siendo un método de ensayo más económico y rápido que el ensayo de tracción, por lo que su uso está muy extendido. [20]-[23]

Hasta la aparición de la primera máquina Brinell para la determinación de la dureza, ésta se medía de forma cualitativa empleando una lima de acero templado que era el material más duro que se empleaba en los talleres.

Las escalas de uso industrial actuales son las siguientes:

- **Dureza Brinell:** Emplea como punta una bola de acero templado o carburo de W . Para materiales duros, es poco exacta pero fácil de aplicar. Poco precisa con chapas de menos de 6mm de espesor. Estima resistencia a tracción.
- **Dureza Rockwell:** Se utiliza como punta un cono de diamante (en algunos casos bola de acero). Es la más extendida, ya que la dureza se obtiene por medición directa y es apto para todo tipo de materiales. Se suele considerar un ensayo no destructivo por el pequeño tamaño de la huella.
- **Rockwell superficial:** Existe una variante del ensayo, llamada Rockwell superficial, para la caracterización de piezas muy delgadas, como cuchillas de afeitar o capas de materiales que han recibido algún tratamiento de endurecimiento superficial.

- **Dureza Webster:** Emplea máquinas manuales en la medición, siendo apto para piezas de difícil manejo como perfiles largos extruidos. El valor obtenido se suele convertir a valores Rockwell.
- **Dureza Vickers:** Emplea como penetrador un diamante con forma de pirámide cuadrangular. Para materiales blandos, los valores Vickers coinciden con los de la escala Brinell. Mejora del ensayo Brinell para efectuar ensayos de dureza con chapas de hasta 2mm de espesor.
- **Dureza Shore:** Emplea un escleroscopio. Se deja caer un indentador en la superficie del material y se ve el rebote. Es adimensional, pero consta de varias escalas. A mayor rebote -> mayor dureza. Aplicable para control de calidad superficial. Es un método elástico, no de penetración como los otros.

1.5 Diseño

1.5.1 Definición

El **diseño** tiene su origen en el cambio social que los países industrializados sufrieron a finales del siglo XIX y principios del XX, un fenómeno más ligado a la economía que a la expresión creativa y al arte. Lo cierto es que surgió y se desarrolló en momentos de gran avance económico e industrial. Es un fenómeno claramente relacionado con la expansión del consumo y la producción y, por tanto, un factor que contribuyó, en mayor o menor medida, a ese cambio social. Sin embargo, el **diseño**, en alguna de sus formas, también nació como un rechazo a las transformaciones radicales que había traído la revolución industrial. Supuso una última esperanza para las actividades ligadas al artesanado y a las ideas preindustriales. Así sucedió con casi todos los movimientos desde el Arts and Crafts a la Escuela de la Bauhaus que miraban con desconfianza el avance industrial al que culpaban del deterioro estético de los nuevos objetos de la vida cotidiana y de la destrucción de las formas tradicionales de creación artesanal. Las raíces del proceso de reevaluación estética se remontan a muchos de los postulados antindustriales que John Ruskin y William Morris formularon a finales del siglo XIX. El movimiento que ellos impulsaron, creía defender los valores preindustriales frente a un proceso de normalización industrial al que achacaban el importante deterioro de la belleza de los objetos de uso. El hecho de que en la artesanía una sola persona pueda realizar la totalidad del proceso oculta su complejidad confiriéndole una dimensión humana y una aparente simplicidad que permite percibir lo realizado como una unidad. Con la industria de producción en serie esta coherencia se vio fragmentada y la subdivisión del proceso en concepto y realización implicó una normalización de las soluciones formales que respondía por un lado a los procesos técnicos y, por otro, a las tensiones de un mercado ávido de nuevas ofertas. [24]

El **diseño** aparece, por tanto, ligado al desarrollo de la industrialización que cobra auge en el siglo XIX aunque la separación entre proyecto y producción hubiera aparecido anteriormente. Ya en 1773, Josiah Wedgwood en sus talleres que sólo realizaban cerámica decorativa, incorporó formas de división del trabajo que anunciaban los sistemas que décadas más tarde serían corrientes en la industria. El diseño industrial fue un proceso de creación, invención y definición separado de los medios de producción pero que exigía una síntesis de factores determinantes, a menudo antagónicos, para llegar a un concepto tridimensional, plasmado en forma material, que permitiera la múltiple reproducción mediante procedimientos mecánicos. [24]

1.5.2 Diseño mecánico

En ingeniería el **diseño mecánico** es resultado de investigaciones sobre el límite de fluencia de los materiales, valor de esfuerzo aplicado en el que el material comienza a deformarse permanentemente, adquiriendo propiedades diferentes a las que tenía antes de someterlo a una fuerza. Para lograr un diseño adecuado, se debe llegar a un cociente límite de fluencia / fuerza aplicada (en la manera más sencilla de presentarlo) mayor a la unidad. El proceso de diseño inicia con la identificación de la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también se realiza de manera iterativa el análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final. [25]

1.5.3 Fases del proceso

El proceso de diseñar, suele implicar las siguientes fases:

1. **Observar y analizar** el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
2. **Planear y proyectar** proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
3. **Construir y ejecutar** llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos. Estos tres actos, se van haciendo uno tras otro, y a veces continuamente. Algunos teóricos del **diseño**, no ven una jerarquización tan clara, ya que estos actos aparecen una y otra vez en el proceso de **diseño**. Hoy por hoy, y debido al mejoramiento del trabajo del diseñador (gracias a mejores procesos de producción y recursos informáticos), podemos destacar otro acto fundamental en el proceso:
4. **Evaluar**, ya que es necesario saber cuando el **diseño** está finalizado.

1.6 Análisis estructural

Análisis estructural se refiere al uso de las ecuaciones de equilibrio para encontrar las fuerzas que actúan sobre una estructura.

1.6.1 Análisis de elemento finito.

El método de los **elementos finitos** (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico muy general para la resolución de ecuaciones diferenciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física. El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema en una serie de subdominios no intersectantes entre sí denominados elementos finitos. El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados **nodos**. Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito, además un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos, el conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se llama *mall*a. Los cálculos se realizan sobre una mall

a o discretización creada a partir del dominio con programas especiales llamados generadores de mall

as, en una etapa previa a los cálculos que se denomina pre-proceso. De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales (o linealizadas), la matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos. Típicamente el método de los elementos finitos, se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y posteriormente a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformable o más generalmente un problema de mecánica de medios continuos. El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además el método es fácilmente adaptable a problemas de difusión del calor de mecánica de fluidos para calcular campos de velocidades y presiones de fluidos dinámicos o de campo electromagnético.

Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos, y en particular los elementos finitos se convierten en la única alternativa práctica de cálculo. Una importante propiedad del método es la convergencia, si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones.

1.7 Diseño de producto

El diseño de nuevos productos es crucial para la supervivencia de la mayoría de las empresas. Aunque existen algunas firmas que experimentan muy poco cambio en sus productos, la mayoría de las compañías deben revisarlas en forma constante. En las industrias que cambian con rapidez, la introducción de nuevos productos es una forma de vida y se han desarrollado enfoques muy sofisticados para presentar nuevos productos.

El diseño del producto casi nunca es responsabilidad única de la función de operaciones, sin embargo ésta se ve muy afectada por la introducción de nuevos productos y viceversa. La función de operaciones es el "receptor" de la introducción de nuevos productos. Al mismo tiempo, estos nuevos productos se ven limitados por las operaciones existentes y la tecnología. Por lo tanto, resulta extremadamente importante comprender el proceso de diseño de nuevos productos así como su interacción con las operaciones.

Las decisiones sobre el producto afectan a cada una de las áreas de toma de decisiones de operaciones, por lo tanto, las decisiones sobre los productos deben coordinarse de manera íntima con las operaciones para asegurarse de que esta área quede integrada con el diseño del producto. A través de una cooperación íntima entre operaciones y mercadotecnia, la estrategia del mercado y la estrategia del producto se pueden integrar con las decisiones que se relacionan con el proceso, la capacidad, inventarios, fuerza de trabajo y calidad.

La definición del producto es el resultado del desarrollo de una estrategia empresarial. Por ejemplo, la estrategia empresarial podría exigir una línea de productos completa para servir a un sector particular de los clientes. Como resultado, se definirán nuevos productos para completar la línea de productos. Estas definiciones de nuevos productos se convierten entonces en un insumo para la estrategia de operaciones y las decisiones de operaciones se ajustan para acoplarse a la estrategia de nuevos productos. Al tener una participación activa desde el comienzo, las operaciones pueden asumir un papel de apoyo externo de etapa 4 en términos de su estrategia de operaciones y toma de decisiones.

El diseño del producto es un pre requisito para la producción al igual que el pronóstico de volumen. El resultado de la decisión del diseño del producto se transmite a operaciones en forma de especificaciones del producto. En estas especificaciones se indican las características que se desea tenga el producto y así se permite que se proceda con la producción.

1.7.1 Concepto del producto.

Se puede definir al producto desde un aspecto sico-social donde a la persona le mejora su imagen, su estatus, su exclusividad y vanidad.

También se puede decir que el producto representa a la empresa donde se muestra la imagen y la calidad, siempre con el fondo de satisfacer las necesidades de los consumidores.

1.7.2 Elementos que caracterizan la personalización de un producto.

La personalidad del producto es la capacidad de darnos a cada uno lo que deseamos.

Los elementos que lo caracterizan son:

- El diseño: es aquello que hace que sea llamativo para los consumidores.
- Surtido: tiene que ver con la comercialización para cada segmento de mercado se debe elaborar un producto específico. Principalmente se enfoca en la capacidad adquisitiva que tenga el consumidor.
- La calidad: aspecto que implica modificar el diseño del producto.

1.7.3 Factores de éxito de un producto.

- Costo de Producción más bajo, nos induce a tener un mejor precio en el mercado.
- Se constata la originalidad del producto, que sea algo nuevo y no una imitación.
- La complejidad de hacer el producto.
- La flexibilidad del proceso de producción de tal forma que debemos hacer un surtido de productos.

1.7.4 Ciclo de vida de un producto.

El ciclo de vida del producto, figura 1.10 es un concepto desarrollado y discutido ampliamente por Theodore Levitt en su libro "Marketing Imagination", George Schwartz, Stanley Shapiro y otras leyendas del Mercadeo. Pareciera un tema agotado, pero siempre hay algo nuevo sobre él.



Figura 1.10 Ciclo de vida de un producto

La teoría sugiere que cada producto o servicio tiene una vida finita. Si uno va a monitorear ventas durante un periodo determinado, descubrirá que el patrón de ventas de la mayoría de los productos sigue una curva consistente de crecimiento, madurez y declinación. Es obvio que al principio las ventas son muy bajas; de forma gradual se van aumentando y luego comienzan a decrecer.

El concepto del ciclo de vida del producto es cautivador en su sencillez, pero es una noción de difícil aplicación en la práctica. La principal desventaja es que es muy difícil anticipar el ciclo de vida de un producto. Muy pocos gerentes de producto diagnostican con claridad la fase precisa del ciclo de vida en la cual se encuentran sus respectivos productos. Por medio de evidencias circunstanciales se supone que el producto se desplaza desde el crecimiento hasta la madurez. Si, por ejemplo, se observa que un competidor aumenta su presupuesto para anuncios y (o) su oferta de descuentos especiales, se infiere que la fase de crecimiento está por terminar. Todas éstas son señales de sentido común, pero de dudoso valor científico.

Otro problema que afronta el mercadólogo que busca deducir las ventas del producto en el transcurso del tiempo, es que la curva resultante es consecuencia de una mala administración del producto más que un verdadero reflejo de la realidad del mercado.

Una compañía quizá descubra que sus propias ventas declinan y, el mercadólogo está preparado para suponer que el ciclo de vida del producto está en su etapa de declinación. Por otra parte, en posteriores investigaciones se observa que las ventas del producto genérico todavía se incrementan. En el argot del ciclo de vida, el producto genérico aún está en la fase de crecimiento. Es obvio que algo anda mal. Nuestro mercadólogo está en lo correcto al percibir que en términos de su producto particular y de la manera en que fue administrado y presentado al mercado en el pasado, su producto está en declinación. Sin embargo, también debe explorar con cautela la posibilidad de que ha administrado mal una oportunidad. Así, el ciclo de vida del producto de la compañía es el resultado de una curva de mala administración más que de una tendencia universal.

A medida que se requiere entender en qué punto del ciclo de vida se encuentran los productos para propósitos de planificación, el concepto tiene un valor limitado.

La tendencia hacia ciclos de vida más cortos es una de las limitaciones al concepto. Todas las evidencias indican que los ciclos de vida de los productos se vuelven más y más cortos. Esto es particularmente verdadero en el campo de los aparatos domésticos y de productos de alta tecnología, como computadoras y cámaras fotográficas.

Es claro que estas aseveraciones intranquilizarán a cualquier mercadólogo que trabaje para las industrias mencionadas. La tendencia impone diversas implicaciones estratégicas inevitables que deben tenerse en mente cuando se planifica una nueva política de producto, en la actualidad.

Un producto que alcanzó su fase de declinación antes de que la inversión destinada a su desarrollo y explotación haya sido recuperada, es difícil que logre el éxito. Un producto debe ser capaz, de ganar suficientes fondos para recobrar la inversión completa que la compañía le dedicó. Es más, cuando hablamos de inversión debemos incluir no sólo el costo del diseño, la manufactura y el inventario, sino el costo pleno de los proyectos de mercadotecnia, previos al lanzamiento como la investigación de mercado, la promoción, el muestreo y la distribución física.

Todo esto significa que un gerente de producto debe asegurarse durante el ciclo de la planeación que el programa de la mercadotecnia esté diseñado para obtener una rápida recuperación de la inversión. Hay menor margen en el mundo de los noventa para introducirse con un plan tentativo en el mercado. El lanzamiento de un producto debe llevarse a cabo de manera enérgica y creativa, apoyada por todo el arsenal de las herramientas promocionales, con el objeto de recuperar la inversión de la manera más rápida posible. Sólo cuando la inversión se recupera es posible saborear los frutos del esfuerzo propio y hablar de resultados y éxito. [27]

1.8 Estrategias para la introducción de nuevos productos

Existen tres maneras fundamentales de enfocar el proceso de introducción de nuevos productos: se le puede considerar como un impulso del mercado, un impulso de la tecnología o uno de la naturaleza ínter funcional.

- **Impulso de mercado**

De acuerdo con este enfoque, " se debe fabricar lo que se puede vender". En este caso los nuevos productos quedan determinados por el mercado dando muy poca consideración a la tecnología existente y a los procesos de operaciones. Las necesidades del cliente son la base primordial (o única) para la introducción de nuevos productos. Se puede determinar el tipo de nuevos productos que se necesitan a través de la investigación de mercados o la retroalimentación de los consumidores. Después se producen estos productos.

- **impulso de tecnología**

Este enfoque sugiere que "se debe vender lo que se puede hacer". De acuerdo con esto, los nuevos productos deben derivarse de la tecnología de producción, con poca consideración al mercado. La tarea de mercadotecnia es la de crear un mercado y "vender" los productos que se fabrican. Este enfoque queda dominado por el uso vigoroso de la tecnología y la simplicidad en los cambios de operaciones. A través de un enfoque agresivo en investigación y desarrollo y en operaciones, se crean productos de tipo superior que tienen una ventaja "natural" en el mercado.

- **Íter funcional**

Con este enfoque, la introducción de nuevos productos tiene una naturaleza íter funcional y requiere de la cooperación entre mercadotecnia, operaciones, ingeniería y otras funciones. El proceso de desarrollo de nuevos productos no recibe ni el impulso del mercado ni el de la tecnología, sino que queda determinado por un esfuerzo coordinado entre funciones. El resultado debe ser los productos que satisfacen las necesidades del consumidor mientras que se utilizan las mayores ventajas posibles en la tecnología.

El enfoque íter funcional casi siempre produce los mejores resultados. El enfoque también resulta más difícil de implementar debido a las rivalidades y fricciones íter funcionales. En muchos casos se utilizan mecanismos organizacionales especiales como diseños de matriz o fuerza de apoyo, con el objeto de integrar distintos elementos de la organización.

1.9 Proceso de desarrollo de nuevos productos

Independientemente de cuál sea el enfoque organizacional que se utilice para el desarrollo de nuevos productos, los pasos que se siguen para el desarrollo de nuevos productos son casi siempre los mismos. La figura 1.11 es un modelo del proceso de desarrollo de nuevos productos que consta de los seis pasos que se describen también a continuación.

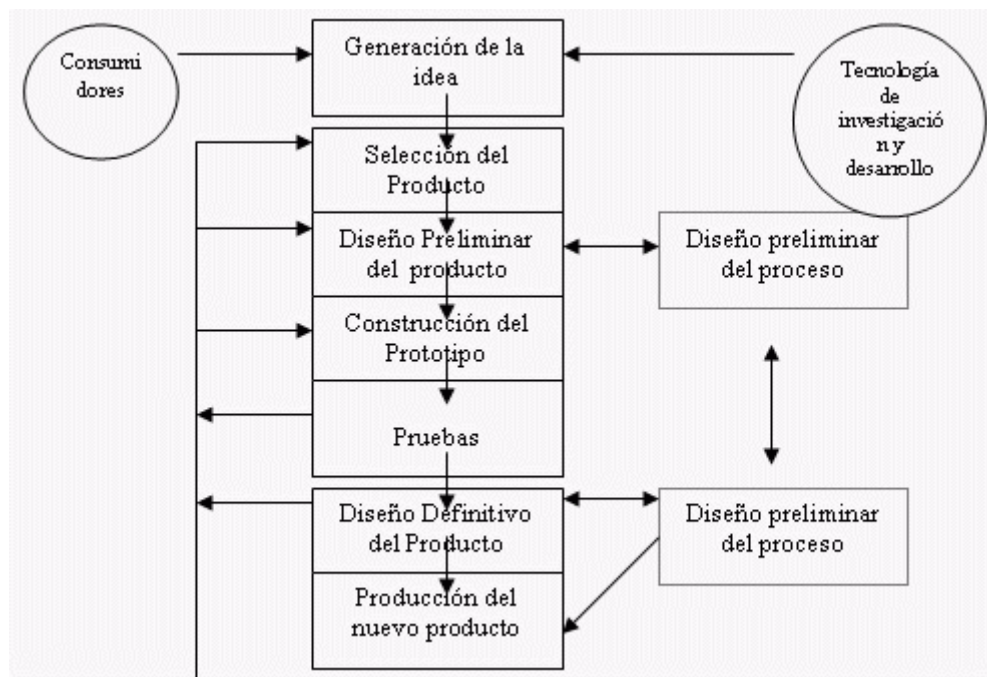


Figura 1.11 Desarrollo de producto

1.10 Generación de ideas

Las ideas se pueden generar a partir del mercado o a partir de la tecnología. Las ideas del mercado se derivan de las necesidades del consumidor. Por ejemplo, puede existir la necesidad de un nuevo alimento para desayunos que sea nutritivo y sabroso o la necesidad de un nuevo tipo de pintura doméstica que no se desprenda de la pared. La identificación de las necesidades del mercado puede llevar entonces al desarrollo de nuevas tecnologías y productos para satisfacer estas necesidades.

Por otro lado, las ideas también pueden surgir de la tecnología disponible o nueva. Cuando DUPONT inventó el nylon, se hizo posible tener una amplia gama de productos nuevos. Ejemplos de otras tecnologías que han dado origen a nuevos productos son los plásticos, semiconductores, circuitos integrados, computadoras y microondas. La explotación de la tecnología es una fuente muy rica de ideas para nuevos productos.

1.10.1 Técnica para la generación de la Idea.-

- **Relación de atributos:** Esta técnica requiere enumerar los principales atributos de un producto existente y después de modificar cada uno de ellos en la búsqueda de un producto mejorado.
- **Relaciones forzadas:** Aquí varios objetos se consideran en relación con el resto.
- **Análisis morfológico:** Este método busca identificar las dimensiones estructurales de un problema y el examen de las relaciones entre ellos, la esperanza radica en encontrar alguna combinación novedosa.
- **Identificación de necesidades y problemas:** Las anteriores técnicas creativas no requieren del consumidor para generar ideas. Los consumidores reciben una lista de problemas y dicen cuales de ellos acuden a su mente cuando se mencionan dichos problemas.
- **Tormenta de ideas:** El problema debe ser específico, el grupo común para esta técnica, consiste de seis a diez personas estimulando la creatividad del grupo por medio de la tormenta de ideas. Las ideas comienzan a fluir, una idea sigue a la otra y en una hora es probable grabar cien o más ideas. Se señalan cuatro principios para que una deliberación alcance una máximo de eficacia:
 - o No se permite la crítica (los comentarios negativos deben dejarse para después).
 - o Es bienvenida la espontaneidad (Mientras más original sea la idea mejor).
 - o Estimular la cantidad (más ideas, mayor probabilidad).
 - o Estimular la combinación y mejora de ideas (Debe sugerir la forma de integrar las ideas a otros aún más nuevos).

1.10.2 Selección del producto

No todas las ideas nuevas deben desarrollarse para convertirlas en nuevos productos. Las ideas para nuevos productos deben pasar por lo menos tres pruebas: 1) el potencial del mercado, 2) la factibilidad financiera y 3) la compatibilidad con operaciones. Antes de colocar la idea de un nuevo producto en el diseño preliminar, se le debe someter a los análisis necesarios que se organizan alrededor de estas tres pruebas.

El propósito del análisis de selección de productos es identificar cuales son las mejores ideas y no el de llegar a una decisión definitiva de comercialización y producción de un producto. Después del desarrollo inicial se pueden hacer análisis más extensos a través de pruebas de mercado y operaciones piloto antes de tomar la decisión final de introducir el producto. De esta manera, el análisis de selección de productos puede tener una naturaleza bastante subjetiva y basarse en información ciertamente limitada.

Se desarrollaron varios métodos para ayudar en el análisis del producto. Uno es un método que utiliza una lista de mercado e involucra el desarrollo de una lista de factores junto con un factor de peso específico para cada uno. Cada factor se califica de acuerdo a una escala y se calcula una calificación total balanceada. Si la calificación total queda por encima de cierto nivel mínimo, la idea del nuevo producto se puede seleccionar para su desarrollo posterior. En forma alterna, puede utilizarse el método para calificar productos en orden de prioridad para su selección.

La idea de un nuevo producto también puede someterse a un análisis financiero típico mediante el cálculo de un rendimiento aproximado sobre la inversión. Para hacer esto, es necesario estimar un flujo de efectivo de la inversión, y los ingresos y costos de las ventas del producto en el futuro. En las etapas iniciales del desarrollo del producto puede ser difícil, si es que no imposible, estimar el flujo efectivo con una exactitud razonable debido a la gran falta de seguridad que habrá sobre la aceptación en el mercado, los volúmenes, las utilidades y los costos. Sin embargo, es necesario hacer las estimaciones lo más pronto posible para poder sentir el potencial financiero de un producto. Estas estimaciones pueden actualizarse si se dispone de mayor información.

1.10.3 Diseño preliminar del producto

Esta etapa del proceso del diseño de un producto se relaciona con el desarrollo del mejor diseño para la idea del nuevo producto. Cuando se aprueba un diseño preliminar, se puede construir un prototipo o prototipos para someterlos a pruebas adicionales y análisis. En el diseño preliminar se toma en cuenta un gran número de compensaciones entre costo, calidad y rendimiento del producto. El resultado debe ser un diseño de producto que resulte competitivo en el mercado y que se pueda producir operaciones. Los objetivos de diseño son, por supuesto, difíciles de satisfacer.

Como resultado de la selección del producto, solamente se define su esqueleto. El diseño preliminar del producto entonces identifica por completo el producto. Por ejemplo, suponga que va a diseñar un nuevo radio de banda civil debido a que en la etapa de selección del producto se identificó una falla en los productos existentes en el mercado. Se considera que se puede diseñar un radio con un desempeño superior a un precio medio si se incorporan los nuevos avances en miniaturización electrónica. Si se puede construir este radio se dará una considerable importancia los esfuerzos de mercadotecnia. Esta es toda la información disponible cuando termina la fase de selección del producto.

Durante el diseño preliminar del radio, se tomaran varias decisiones de comparación. El radio contendrá muchos componentes y cada uno de los ellos influye tanto en el costo como en el rendimiento. Más aún, el tamaño podría ser un problema si se supone que el radio debe caber a larga en gabinetes pequeños. Durante el diseño preliminar todas las decisiones de compensación deben basarse en el objetivo del diseño: un radio con un precio cuyo rendimiento sea superior. Como parte del diseño preliminar es probable que se construya un laboratorio para probar la integración y desempeño de los circuitos. Si las pruebas tienen éxito, se harán dibujos de diseño preliminar.

1.10.4 Construcción de prototipo

La construcción del prototipo puede tener varias formas diferentes. Primero, se pueden fabricar a mano varios prototipos que se parezcan al producto final. Por ejemplo, en la industria automotriz es normal hacer modelos de arcilla de los automóviles nuevos.

En la industria de servicios un prototipo podría ser un solo punto en donde se pueda probar el concepto de servicio en su uso real. Se puede modificar del servicio, si es necesario, para satisfacer mejor las necesidades del consumidor. Una vez que se ha probado el prototipo con éxito, se puede terminar el diseño definitivo y dar el servicio en franquicia y desarrollarlo a gran escala.

Ray Kroc, el propietario de los restaurantes McDonalds, comenzó con un restaurante prototipo en San Bernardino, California. Se caracterizaba por tener una apariencia de mucha limpieza, con los colores rojo y blanco originales, el menú limitado, precios bajos y así sucesivamente. Ray Kroc duplicó esta instalación casi al pie de la letra cuando comenzó la expansión de la franquicia McDonalds. El restaurante original fue, en efecto, una instalación de tipo prototipo.

1.10.5 Pruebas de desempeño técnico y comercial

Las pruebas en los prototipos buscan verificar el desempeño técnico y comercial. Una manera de apreciar el desempeño comercial es construir suficientes prototipos como para apoyar una prueba de mercado para el nuevo producto. Las pruebas de mercado casi siempre duran entre seis meses y dos años y se limitan a una región geográfica pequeña. El propósito de una prueba de mercado es obtener cuantitativos sobre la aceptación que tiene el producto entre los consumidores.

También se prueba el desempeño Técnico del producto en los prototipos. Por ejemplo, todas las aeronaves militares nuevas se prueban mediante el uso de prototipos. Se pueden construir hasta seis aeronaves prototipo y se les prueba de manera extensa antes de que la administración apruebe el diseño definitivo del producto. Los cambios de ingeniería que se inician como resultado de las pruebas en los prototipos incorporan entonces al paquete de diseño final.

1.10.6 Diseño definitivo del producto

Durante la fase de diseño definitivo, se desarrollan dibujos y especificaciones para este producto. Como resultado de las pruebas en los prototipos se pueden incorporar ciertos cambios al diseño definitivo. Cuando se hacen cambios, el producto puede someterse a pruebas adicionales para asegurar el desempeño del producto final. La atención se enfoca entonces en la terminación de las especificaciones de diseño para que se pueda proceder con la producción.

Sin embargo, la investigación y desarrollo no solo debe desarrollar especificaciones de diseño para operaciones. Debe desarrollarse un paquete de información para asegurar la factibilidad de producir el producto. Este paquete de información debe contener detalles relacionados con la tecnología de proceso, datos de control de calidad, procedimientos de prueba del rendimiento del producto y otras cuestiones parecidas. Es demasiado frecuente que el diseño del producto termine con un juego de especificaciones y nada más.

1.11 Estudio del proceso de desarrollo de nuevos productos

El proceso de desarrollo de nuevos productos descrito hasta ahora, puede considerarse como un embudo o filtro. Al principio se genera un gran número de ideas, sin embargo algunas pocas se introducen con éxito en el mercado bajo la forma de productos.

1.11.1 Filtrado de ideas

El propósito de la generación de ideas es la creación de más de ellas, el objetivo de las etapas subsiguientes, es reducir el número de ideas a unas cuantas que sean atractivas y factibles, la primera etapa de la selección de ideas es el filtrado.

Al filtrar las ideas, la empresa debe evitar dos tipos de errores, ocurre un error de exclusión, cuando la empresa elimina una buena idea. La forma más fácil de hacerlo es eliminar las ideas de otras personas, si una empresa comete demasiados errores de exclusión sus normas son muy conservadoras.

1.11.2 Desarrollo y prueba de concepto

Una idea atractiva debe desarrollarse para convertirla en un concepto del producto. Es importante distinguir entre idea, concepto e imagen de un producto.

La idea de un producto es la sugerencia de un posible producto de ofrecer al mercado.

El concepto del producto es una versión detallada de la idea expuesta en términos significativos al consumidor.

La imagen del producto es la forma en la cual los consumidores perciben un producto real o potencial.

La prueba de concepto implica someter los conceptos de nuevos productos con grupos de consumidores meta, los conceptos se pueden presentar en forma simple.

1.11.3 Análisis de negocios

Esto implica una revisión de ventas, costos y proyecciones de utilidades para un producto nuevo, con la finalidad de averiguar si satisfacen los objetivos de la compañía, si lo hace el producto puede avanzar en la etapa de desarrollo del producto.

Para calcular las ventas, se debe estudiar la historia de productos similares y debe hacer una encuesta de opiniones de mercado, se deben calcular las ventas mínimas y máximas para evaluar los riesgos. Elaborado el pronóstico de ventas se deben calcular los costos y las utilidades esperadas, estos deben incluir los costos de mercadotecnia, investigación y desarrollo, fabricación, contabilidad, para luego determinar el punto de equilibrio y la rentabilidad del producto.

1.11.4 Desarrollo del producto

Luego de haber realizado la investigación y desarrollo convierte el concepto de producto en un producto terminado o un producto físico, los prototipos deben someterse a varias pruebas con la finalidad de observar el comportamiento del producto en forma segura y efectiva.

El desarrollo de un producto requiere un gran riesgo e inversión, esto revelará si la idea del producto puede transformarse en un producto factible.

1.11.5 Mercado de prueba

En esta etapa el producto y el programa de mercadotecnia se introducen en escenarios más realistas. Esto permite a la empresa llevar a la realidad toda la parte teórica, es probar el producto y todo su programa mercado lógico, es decir su estrategia de posicionamiento, publicidad, distribución, determinación de precios, marca y envasado así como los niveles de presupuesto.

1.11.6 Comercialización

La comercialización es la introducción del nuevo producto al mercado, la empresa debe decidir cual es el momento oportuno si es pionero o un fiel seguidor. En segundo debe focalizar el ámbito donde va a lanzar el producto local, regional, distrital, nacional o internacional.

Se debe tomar en cuenta la primera entrada disfruta de una ventaja de primer movimiento que es la de ganar liderazgo, caso contrario también podemos obtener una imagen defectuosa de la empresa y el producto.

Una entrada paralela con el producto competidor ambos financian los costos del lanzamiento del producto.

Un ingreso tardío al mercado supone tres ventajas, haber sufragado los costos de educar a los potenciales clientes, conocer el mercado y presentar un producto mejorado.

1.12 Interacción entre el diseño del producto y el diseño del proceso

Se ha estudiado el proceso del desarrollo de nuevos productos antes de la producción inicial. Sin embargo, los productos también se desarrollan y sufren cambios durante su ciclo de vida; esto podría llamarse **rediseño de un producto**. En esta sección se enfocarán los procesos de innovación de los productos después de su introducción inicial, con un énfasis especial en la naturaleza e la interacción entre los productos y los procesos.

Los productos se someten constantemente, en el uso, a rediseños e innovaciones. Algunos buenos ejemplos son los automóviles, teléfonos y artículos domésticos. William Abernathy estudió el fenómeno de la innovación de los productos y los procesos. Como resultado de sus estudios, Abernathy y Townsend (1975) sugieren que la innovación de productos y procesos casi siempre sigue tres etapas.

Etapas I

La vida inicial de los productos se caracteriza por un cambio constante ocasionado por la incertidumbre de las condiciones del mercado y de los avances tecnológicos. El proceso de producción casi siempre se acopia a un bajo nivel de volumen y tiene una naturaleza "poco coordinada". Casi siempre el producto se hace un equipo genérico, el cual se puede cambiar conforme cambia el producto. Se puede describir la situación tanto del producto como del proceso como una situación fluida. Las velocidades de innovación en el proceso son altas y existe una gran diversidad de productos entre los competidores. El proceso de producción mismo está muy poco coordinado entre las distintas operaciones, existen cuello de botellas y exceso de capacidad debido a la falta de un flujo estable en el producto. Las decisiones operativas se orientan hacia la flexibilidad, que es el objetivo en esta etapa.

Aunque con frecuencia se piensa en términos de los productos físicos, la situación es similar para los servicios. Por ejemplo, considérese la alta tasa de innovación inicial de las organizaciones de mantenimiento de la salud, en los seguros automotores y en las cadenas de alimentos rápidos. En estos casos, tanto el producto como el proceso pasaron inicialmente por una etapa de fluidez.

Etapas II

Conforme tiene lugar el desarrollo, la competencia en los precios se vuelve más intensa. Los administradores de operaciones responden con una mayor conciencia del costo. El resultado es una mejor integración del flujo del producto, tareas más especializadas, mayor automatización y más estricta planeación, y control de la producción. El proceso se caracteriza mejor en esta etapa mediante el término "islas de mecanización". Algunos subprocesos pueden volverse altamente automatizados con equipo de proceso muy específico, mientras que otros siguen dependiendo del equipo genérico. Dicha automatización no puede ocurrir, sin embargo, hasta que la vida de los productos sea lo bastante madura como para tener un volumen suficiente y por lo menos algunos diseños de productos estables. En esta etapa podría describirse mejor con la frase "estandarización del producto y del proceso con una automatización cada vez mayor".

Etapas III

Conforme el producto alcanza su madurez, la competencia se vuelve aun más fuerte. Se requiere una mayor estandarización y se enfatiza la reducción de costos, mientras se mantienen estándares aceptables de servicio y calidad. En este punto, el proceso se vuelve altamente integrado y automatizado. Es probable que un cambio en cualquiera de las partes tenga impacto en todo el proceso puesto que el producto y el proceso se vuelven interdependientes y es difícil separarlos. Los cambios adicionales en el producto son extremadamente difíciles y costosos. El cambio surge más lentamente pero puede también originarse en alteraciones repentinas en los insumos, reglamentos del gobierno o del mercado. Algunos ejemplos de procesos que se encuentran en esta etapa de desarrollo son las líneas de ensamble de automóviles, las plantas químicas, los procesadores de alimentos y los servicios de alto volumen como la seguridad social, la medicina social y la compañía telefónica.

1.12.1 Análisis del valor

Existe la necesidad de mejorar constantemente los productos y los servicios que se producen para seguir siendo competitivos. La innovación es una necesidad básica en todo lo que se hace. El análisis del valor o ingeniería del valor proporciona una manera conveniente de organizar la innovación, enfocada a mejorar el valor de los productos y de los servicios.

El análisis del valor es una filosofía que busca eliminar todo aquello que origine costos y no contribuya al valor ni a la función del producto o del servicio. Su objetivo es satisfacer los requisitos de rendimiento del producto y las necesidades del cliente con el menor costo posible. El análisis del valor también es un enfoque organizado para analizar los productos y servicios en que se utilizan rutinariamente varias etapas y técnicas.

Existe una diferencia importante entre el costo y el valor. El costo es un término absoluto que se expresa en pesos y centavos y que mide los recursos que se utilizan para crear un producto o servicio. El costo frecuentemente incluye la mano de obra, los materiales y los costos indirectos. El valor, por otro lado, es la percepción que tiene el cliente de la relación de utilidad del producto y servicio con su costo. La utilidad incluye la calidad, confiabilidad y rendimiento de un producto para el uso que se le busca dar. El valor es lo que busca el cliente: satisfacer sus necesidades con el menor costo. Por lo tanto el valor de un producto, su puede mejorar incrementando su utilidad con el cliente con el mismo costo o disminuyendo el costo con el mismo grado de utilidad. Esto se hace mediante la eliminación de funciones innecesarias o costosas que no contribuyan al valor.

En el análisis de valor se utilizan los siguientes términos o definiciones:

- Objetivo: El propósito por el que existe el producto o servicio.
- Función básica: Una función básica, si se elimina, haría que el producto dejara de tener utilidad en términos de su objetivo.
- Funciones secundarias: Las funciones secundarias existen para apoyar una función básica debido a la manera en que se diseñó el producto en particular.

El análisis del valor casi siempre se realiza en cinco pasos: planeación, información, diseño creativo, evaluación e implementación. La etapa de planeación comienza al orientar a la organización hacia el concepto del análisis del valor. Se informa al alta y media gerencia del potencial de análisis del valor y de los procedimientos involucrados para que puedan dar el apoyo necesario. Después se forma un equipo de análisis del valor formado por aquellos afectados por los cambios potenciales.

La fase de información del estudio empieza al identificarse al objetivo del producto o del servicio, las funciones básicas y las funciones secundarias. Las funciones se describen normalmente con dos palabras: un juego de verbo y sustantivo.

Las funciones que se consideran como esenciales para la producción del servicio que da la oficina son la recepción de reclamaciones, el procesamiento de las reclamaciones y el pago de las mismas. También se identifican las funciones secundarias pero éstas pueden cambiarse o eliminarse si se puede dar un valor mejorado.

Como una manera de iniciar el análisis se determina el costo de cada función primaria y secundaria. Después, el equipo busca la manera de consolidar funciones secundarias, revisarlas o eliminarlas mientras se mejora la relación de valor.

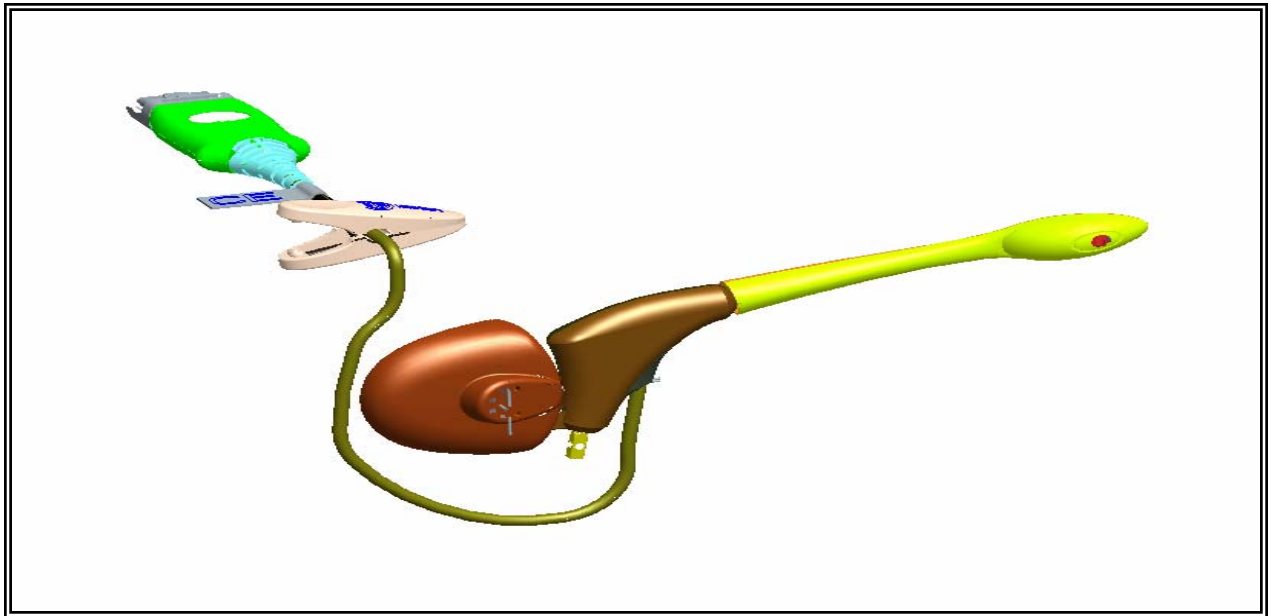
La tercera fase del análisis del valor busca generar opciones creativas. Por ejemplo, podría ser posible reorganizar la oficina de reclamaciones y reducir la necesidad de ordenar correo o puede comprarse equipo nuevo para automatizar algunas de las etapas del procesamiento. Durante esta fase debe mantenerse una atmósfera abierta y de innovación en el equipo para no asfixiar las ideas.

En la etapa de evaluación se observa la posibilidad de las ideas, su costo y la contribución que dan el valor. Se consolidan las mejores ideas en un plan para la mejora del producto o del servicio. El plan resultante lo ponen en operación los miembros del equipo con la gente que tendrá que llevar a cabo los resultados del estudio del análisis del valor. Esto genera entusiasmo y compromiso en el proceso de su implementación.

El análisis del valor es una manera organizada de mejorar la utilidad de un producto con relación a su costo. El análisis del valor como un presupuesto con base cero en el hecho de que se examina cada función del producto en busca de su posible eliminación o mejoría. No se da nada por sentado. Los resultados pueden ser bastante dramáticos: casi siempre obtiene una mejoría de valor más del 10% y en ocasiones hasta el 50% o más.

CAPITULO II

ANTECEDENTES TEORICOS



CAPÍTULO II: ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1 Introducción.

Actualmente el modelo en cuestión denominado DUOPRO, figura 2.1, consta de un ensamble en su mayoría de piezas plásticas así como partes metálicas las cuales son adquiridas con un proveedor externo siendo así estas partes metálicas un candidato fuerte para una posible reducción de costos para el producto.

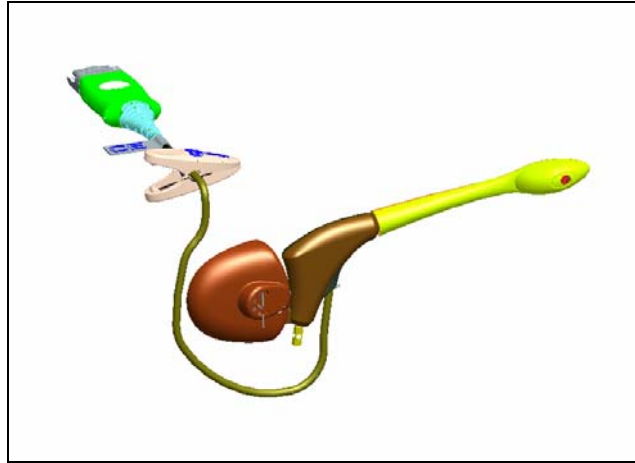


Figura 2.1 Auricular DUOPRO

La figura 2.2 muestra un corte seccional del ensamble de la capsula en el que se puede ver como son ensamblados todos sus componentes y después encapsulados por medio de un sellado ultrasónico.



Figura 2.2 Auricular DUOPRO (corte seccional)

El auricular consta de 2 ensambles principales los cuales forman la capsula que contienen partes eléctricas y mecánicas, figura 2.3, teniendo así diferentes materiales utilizados en el ensamble, un análisis de costos para identificar las posibles oportunidades de mejora en la reducción del costo del producto, esto es que las partes metálicas del objeto de estudio puedan ser remplazadas por otro material, debido al alto costo del proveedor externo.

Existen otras oportunidades para mejorar el costo como una optimización del proceso, implementación de las líneas de producción e inclusive otras partes que podrían ser rediseñadas o sujetas a estudio y pruebas de calidad, esto usando otros materiales o también con el simple hecho de un cambio de proveedores los cuales ofrezcan materiales con la misma calidad y tipo de materiales pero a precios más económicos.

El problema de las reducciones de costos es que éstas no son tan rápidas debido a que todo el proceso debe de ser aprobado y patrocinado por el departamento involucrado. Algunos departamentos han llevado a la práctica el ejercicio continuo de la reducción de costos teniendo así un equipo especializado trabajando únicamente en esta área, así como eventos en los que se reúnen diferentes personas claves de varios departamentos para intercambiar ideas y generar ideas de reducción de costos para ser implementadas en los productos ya liberados.

Aunque es lógico pensar el porqué no se pensó en esas reducciones de costos en la etapa de conceptualización del producto cabe mencionar que no siempre se pueden proponer materiales o ensambles más económicos ya que se tienen que cumplir también con las especificaciones tanto técnicas como estéticas. Siendo así que al ir cambiando el ciclo de vida de un producto se pueden ir cambiando dichas especificaciones.

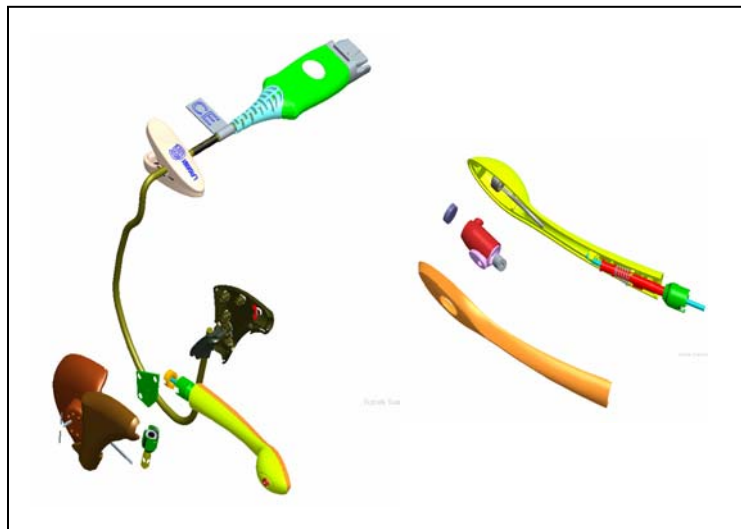


Figura. 2.3 Ensamble de CAPSULA y BOOM

2.2 Material del producto actual.

Las figuras 2.4 y 2.5 muestran el material de cada una de las partes que se relacionan a los ensambles los cuales se pretende modificar para su reducción de costos.

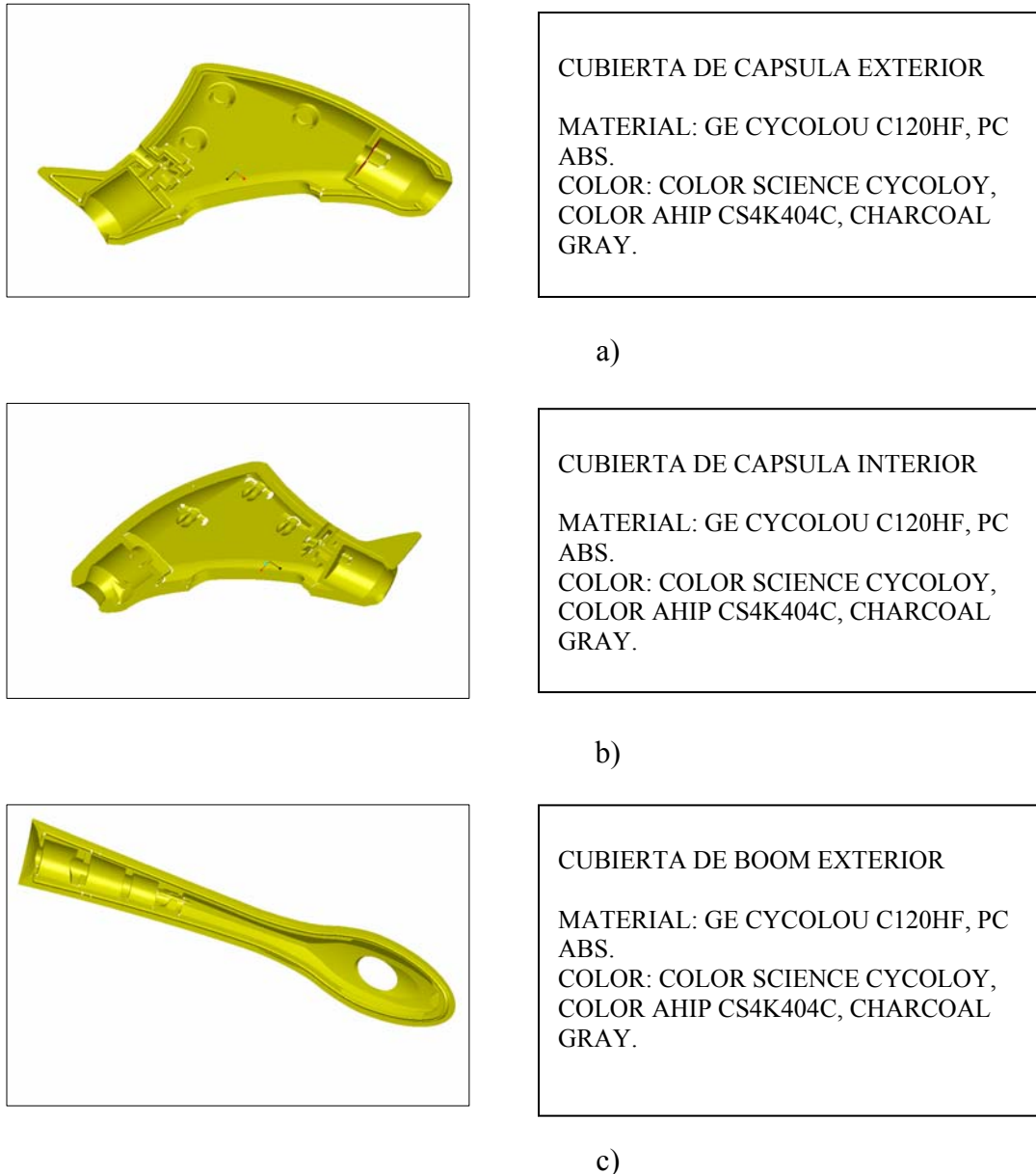
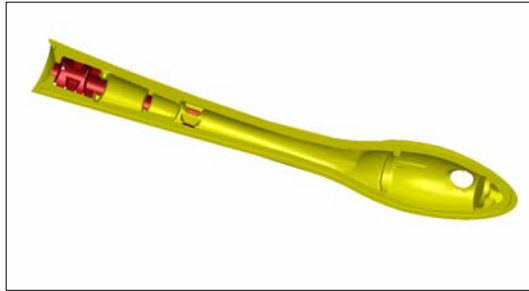


Figura 2.4 Materiales a) Cubierta de capsula exterior, b) Cubierta de capsula interior, c) Cubierta de Boom exterior



CUBIERTA DE BOOM INTEIOR

MATERIAL: GE CYCOLOU C120HF, PC
ABS.
COLOR: COLOR SCIENCE CYCOLOY,
COLOR AHIP CS4K404C, CHARCOAL
GRAY.

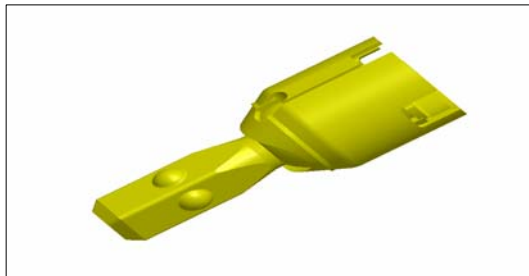
a)



ENSAMBLE DEL PIVOTE PARA EL BOOM

MATERIAL:
EJE; DIECAST FROM Z08
TAPA; 302-304 CRES, 0.15±.001 THK.
ELEMENTO DE FRICCION; URETANO
80±5 DUROMETER, SHORE A,
NONCONDUCTIVE.
CARCASA; 305 CRES, 0.10 THK.

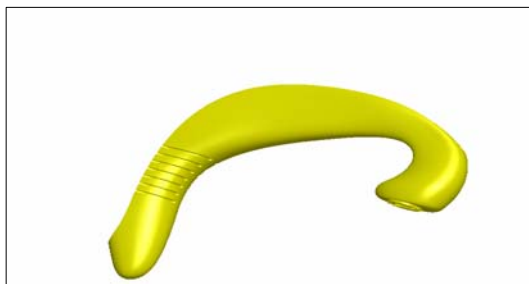
b)



ENSAMBLE DEL PIVOTE PARA EARLOOP

MATERIAL:
EJE; DIECAST FROM Z08
TAPA; 302-304 CRES, 0.15±.001 THK.
ELEMENTO DE FRICCION; URETANO
80±5 DUROMETER, SHORE A,
NONCONDUCTIVE.
CARCASA; 305 CRES, 0.10 THK.

c)



EARLOOP

MATERIAL: HUTSMAN, REXEN
PP17S20V, POLIPROPILENO

d)

Figura 2.5 Materiales a) Cubierta de Boom interior, b) Ensamble de pivote para el Boom, c) Ensamble de pivote Earloop, d) Earloop

2.3 Especificaciones mecánicas del producto.

Las especificaciones mecánicas del producto actual, figura 2.6, son muy importantes para esta reducción de costos. Los ensambles que se pretenden mejorar son ensambles mecánicos los cuales en su mayoría son partes metálicas que son sometidas a diferentes pruebas como pruebas de caída, pruebas de ciclado, pruebas de tensión. Etc.

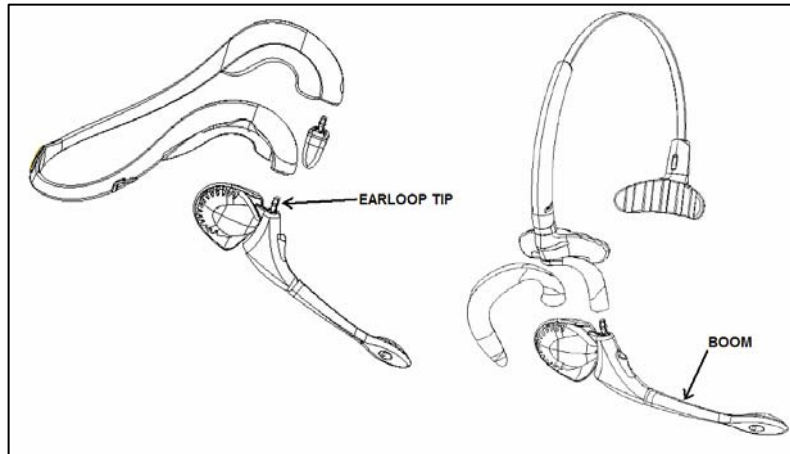


Figura 2.6 Ensamblados explotados del Auricular

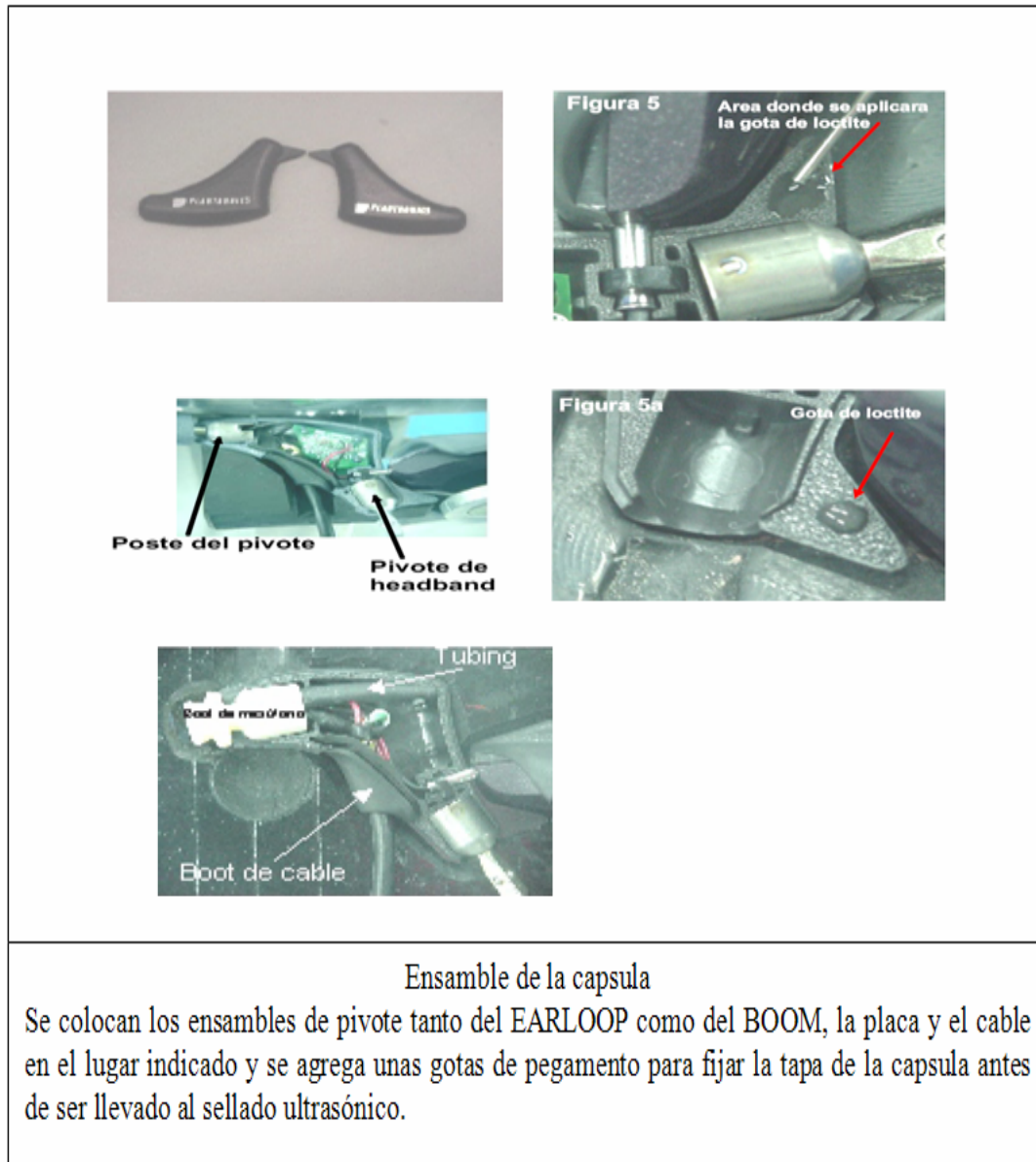
A continuación se muestran las especificaciones del producto.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	NOTAS
Fuerza aplicada para instalar o remover el EARLOOP	5 lb-f (min)	
Ciclos de vida para instalar o remover el EARLOOP	50 ciclos	
Fatiga de translación del EARLOOP TIP	1250 ciclos	
Fatiga de giro del EARLOOP	12500 ciclos	
torque en el pivote del BOOM	2 a 5 oz-in	
torque de falla en al pivote del BOOM	16 oz-in min	Máximo torque aplicado
torque de falla rotacional en al pivote del BOOM	16 oz-in min	Máximo torque aplicado
fatiga en el pivote del BOOM	10,000 ciclos	
Fatiga rotacional del BOOM	2,500 ciclos	
Fuerza necesaria para activar rotación del BOOM	2.4 oz	
Fuerza de falla de empuje y jalón	64 oz	

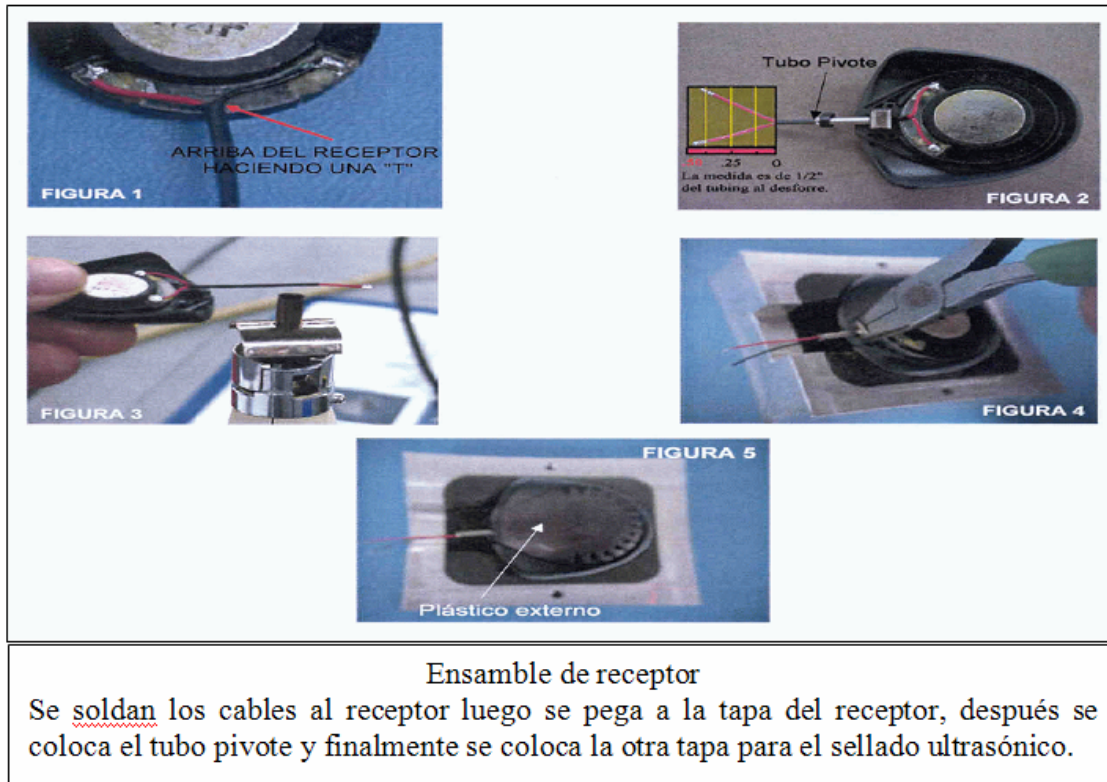
Tabla 2.1 Especificaciones del producto

2.4 Procesos de manufactura.

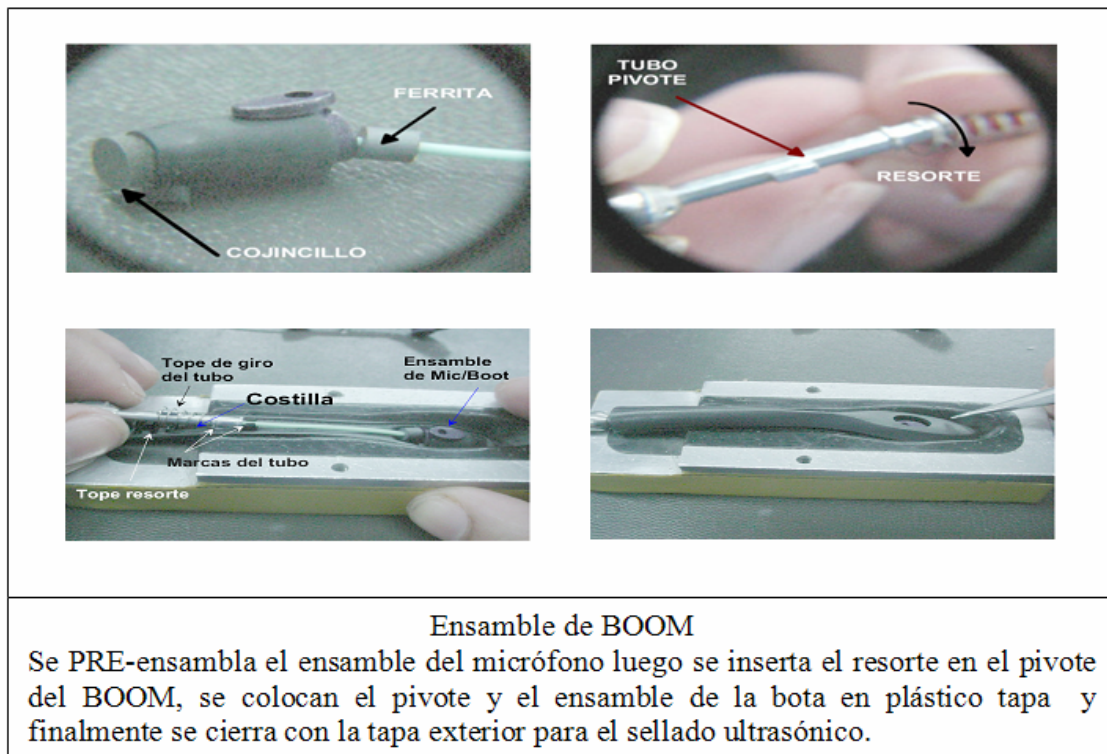
Actualmente este producto es ensamblado en la empresa bajo un esquema de línea de producción de estaciones de trabajo, figura 2.7, en las cuales se realizan cada uno de los ensambles tanto manuales como herramientas de ensamble en los que se encuentran el sellado ultrasónico de la capsula, receptor y de BOOM.



a)



b)



c) Figura 2.7 a) Ensamble de la capsula, b) Ensamble del receptor, c) Ensamble del BOOM

2.5 Costos

Concepto original: ENSAMBLE PN. 47066-01, figura 2.8

Articulo	Descripción	Articulo
47075-01	TUBE, BALL RETAINER	1
49946-01	SHAFT,SUSPEND JOINT	2
65114-01	ELEMENT, FRICTION, SILICON	3
47077-01	WASHER, SPOTWELD	4
costo		1.04758

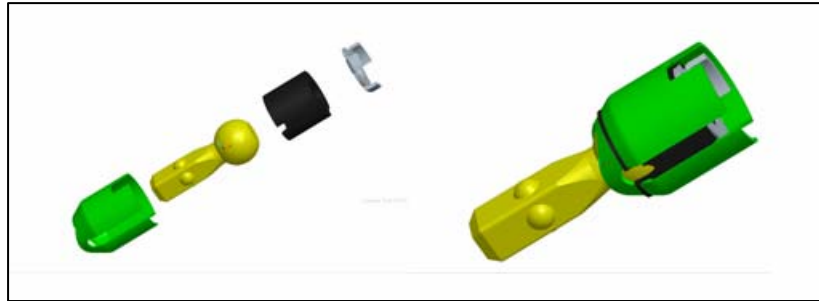


Figura 2.8 Ensamble pivote de EARLOOP

Concepto original: ENSAMBLE PN. 49945-01, figura 2.9

Articulo	Descripción	Articulo
60959-01	TUBE,BALL RETAINER,DUOPRO	1
47074-01	PIVOT, SHAFT BOOM	2
65114-01	ELEMENT, FRICTION, SILICON	3
47077-01	WASHER, SPOTWELD	4
costo		1.47489

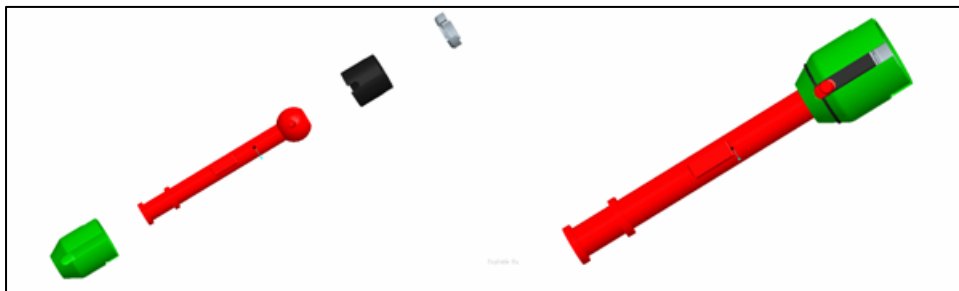


Figura 2.9 Ensamble pivote de BOOM

2.5.1 Costo de material del producto

A	B	C	E	M	N	Q	AC	AE
Nivel	Artículo	Descripción	tipo	Medida	cantidad	Cantidad Ext.	Costo unitario	Costo Ext.
2	61034-01	HOUSING,CAPSULE,INNER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.10689	0.10689
2	61035-01	HOUSING,CAPSULE,OUTER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.10487	0.10487
2	49345-01	ASSY,PIVOT EARHOOK	comprado	EA	1	1	1.04571	1.04571
2	70880-01	PCB ASSY,TRANSITION,DUOPRO,ROHS	comprado	EA	1	1	0.13613	0.13613
3	45231-01	CONTACT,QD	comprado	EA	4	4	0.03154	0.12616
3	43703-01	HOUSING,QUICK DISCONNECT	comprado	EA	1	1	0.01987	0.01987
3	47284-01	HOOD,QD,LOWER,DOM	comprado	EA	1	1	0.04639	0.04639
3	62370-101	PCB ASSY,HOT QD,DUOPRO,NC,ROHS	comprado	EA	1	1	1.25546	1.25546
3	47293-01	CABLE ASSY,DUOPRO SUB, W/SLIP ON BOOTS	comprado	EA	1	1	1.20538	1.20538
3	47283-01	HOOD,QD,UPPER,DOM	comprado	EA	1	1	0.04639	0.04639
3	61920-01	CLOTHING CLIP ASSY,LARGE CABLE,W/LOGO,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.1916	0.1916
2	49019-01	RECEIVER ASSY,DUOPRO	comprado	EA	1	1	1.22016	1.22016
3	61038-01	HOUSING,RECEIVER,OUTER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.14218	0.14218
3	49018-01	HOUSING,RECEIVER,INNER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.18645	0.18645
3	47290-101	SPEAKER,DYNAMIC,23MM,DUOPRO,ROHS	comprado	EA	1	1	0.40336	0.40336
3	42012-01	GASKET,FOAM,RX, CONVERTIBLE	comprado	EA	1	1	0.02622	0.02622
3	42798-129	WIRE,MIC,DUOPRO,RED,ROHS	comprado	EA	2	2	0.01238	0.02476
3	25214-01	TUBING,R.N.F. 100-302	comprado	FT	0.058	0.058	0.41344	0.02397952
3	47797-01	PIVOT BALL ASSY,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.22983	0.22983
2	49306-01	BOOM ASSY,DUOPRO	comprado	EA	1	1	3.52515	3.52515
3	47483-01	MIC BOOT ASSY,DUOPRO	comprado	EA	1	1	1.47882	1.47882
3	47507-01	DISC,COMPRESSION,062	comprado	EA	1	1	0.01714	0.01714
3	47066-01	ASSEMBLY,BOOM SHAFT,PIVOT	comprado	EA	1	1	1.47226	1.47226
3	61681-01	SPRING,CONICAL	comprado	EA	1	1	0.04538	0.04538
3	47790-01	FERRITE BEAD,Z=22 OHMS @ 100MHZ,3.5MM LONG X 3.25MM DIA	comprado	EA	1	1	0.03025	0.03025
3	61041-01	BOOM,INNER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.11899	0.11899
3	61040-01	BOOM,OUTER,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.11798	0.11798
2	47285-01	COVER,POT HOLE	comprado	EA	1	1	0.03449	0.03449
1	60098-01	HEADBAND ASSY,DUOPRO	comprado	EA	1	1	1.14869	1.14869
2	24205-03	HEADBAND,BARBED,INWARD,8.45	comprado	EA	1	1	0.09983	0.09983
2	65910-05	TUBING HEADBAND PRE-CUT 7 3/8	comprado	EA	1	1	0.08269	0.08269
2	43187-11	SLIDE TUBE,HEADBAND, CONVERTIBLE,CHARCOAL GRAY	comprado	EA	1	1	0.13109	0.13109
2	61044-01	SNAP TRANSITION,HEADBAND,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.05849	0.05849
2	61045-01	T-PAD,STUB END,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.10487	0.10487
2	61047-01	STUB END,HEADBAND,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.06855	0.06855
2	61048-01	ASSY,J-HOOK,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.3126	0.3126
2	70838-16	SCREW,PLASTITE,#4-20,CR PH,THREAD FORMING,BLK OX WAX CT	comprado	EA	1	1	0.03025	0.03025
2	40009-07	WASHER,FLAT NYLON,.240 X.140 X .015"	comprado	EA	1	1	0.03529	0.03529
2	61046-01	T-PAD,CAPSULE END,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.10992	0.10992
1	60826-01	ASSY,EARLOOP,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.43664	0.43664
1	49318-01	EAR MUFF,RX,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.09479	0.09479
1	64653-01	LABEL,BLANK BOX	comprado	EA	1	1	0.01129	0.01129
1	60908-01	USER GUIDE,QUICK START,DUOPRO	comprado	EA	1	1	0.03479	0.03479
1	65000-01	BOX,UNIVERSAL DISTY,PLANTRONICS	comprado	EA	1	1	0.10689	0.10689
1	40637-01	POUCH,WHITE,SHIPPING & STORAGE,10 X 12"(W/O FLAP)	comprado	EA	1	1	0.06855	0.06855
1	60910-01	CARD,REGISTRATION,H151/H151N	comprado	EA	1	1	0.02118	0.02118
1	61883-01	CARD,DUOPRO EARLOOP,H151+	comprado	EA	1	1	0.02874	0.02874
1	65187-01	BOX,48 PACK DISTY SHIPPER	comprado	EA	0.02083	0.02083	0.90151	0.01877845
1	22836-01	LABEL, 6" X 4"	comprado	EA	0.02083	0.02083	0.01331	0.00027725
								16.238

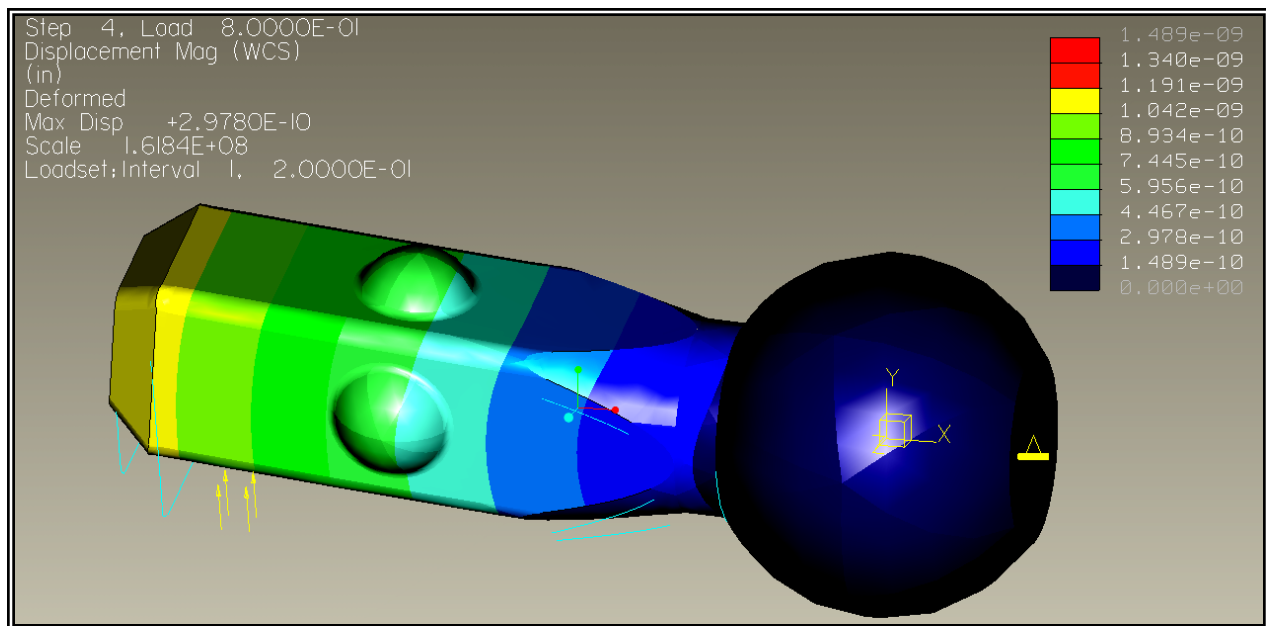
Tabla 2.2 Tabla de costos del producto

2.5.2 Costo de proceso

El costo de proceso y mano de obra se obtiene multiplicando por un factor el tiempo de ensamble desde que inicia el proceso hasta que se empaca, el factor considera el gasto por la mano de obra y otros insumos en la elaboración del producto.

CAPITULO III

ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA



CAPÍTULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 Introducción

Analizando la problemática que se tiene, se encuentran varias posibles soluciones para resolverlo, pero no significa que todas sean óptimas, hablando desde el punto de vista técnico como lo son las propiedades de materiales, las limitaciones en el diseño, las especificaciones, las diferentes formas de diseño así como las manufacturabilidad del producto. Por lo que se requiere tener un conocimiento primeramente de las especificaciones a seguir de los materiales que se pueden utilizar así como las bases teóricas del diseño.

Particularmente para este proyecto se necesita llevar al pie de la letra las especificaciones de los materiales ya que estos necesitan contar con ciertas pruebas de calidad que se deben cumplir con cualquier solución posible para la problemática

Para esto se hace primeramente un estudio y análisis de las posibles soluciones generando ideas posibles para después así pasar a la parte del diseño formal en el que se contará con el uso de paqueterías computacionales especiales para el diseño en tres dimensiones y el análisis estructural como el elemento finito en el programa computacional ANSYS y Pro E.

3.1.1 Consideraciones de diseño

Los puntos que se tienen que tener en consideración son;

Material;

- Tipo de Resina,
- Resistencia del material,
- Esfuerzos, Fatiga, Torsión, Flexión, abrasión,
- Textura del material,
- Color del material,
- Dureza del material,

Ensamble;

- Grados de movilidad,
- Standardización de partes,
- Fácil método de ensamble,
- Fácil manejo de los materiales,

Consideraciones ambientales;

- Normas ambientales,
- Materiales que cumplan con las especificaciones ambientales especificadas y aprobadas por agencias regulatorias,

Especificaciones de diseño;

- Tolerancias,
- Dibujos en 2 dimensiones,

Consideraciones de moldeo;

- Método de moldeo diseño de las partes en base al moldeo para partes plásticas,
- Posicionamiento de puntos de inyección,
- Ángulo de las paredes de las partes a moldear,
- Material de construcción de los moldes,
- Número de cavidades por molde,
- Contracción del material después del moldeo,
- Gruesos mínimo de pared,

Costos;

- Costo del material,
- Costo de mano de obra de ensamble,
- Costo de herramientas,
- Costo de producción,
- Costo de ensamble,

3.2 Ideas y propuestas de diseño.

Después de haber analizado el producto y haber encontrado las partes con un alto costo y con posibilidad a ser remplazadas usando materiales más económicos se pasó a la etapa de generación de ideas, siendo así un total de 4 ideas principales generadas en las cuales se modelaron partes y se construyeron prototipos para poder elegir la mejor opción en base a no solo los modelos en ProE si no también teniendo partes físicas que nos sirvieron como referencia física para conocer como actuarían las piezas nuevas diseñadas en el ensamble de conjunto, Fig. 3.1

1.- La primera idea generada que se tiene consta de 3 piezas de plástico:

Eje; Material plástico que soporte alto número de ciclado y esfuerzos de flexión.

Cubierta; Material de plástico que soporte esfuerzos, rotación, tensión, flexión y fuerza.

Muelle; Material de plástico que soporte abrasión.

2.- La segunda idea generada que se tiene consta de 4 piezas de plástico:

Eje; Material plástico que soporte alto número de ciclado y esfuerzos de flexión. .

Cubierta; Material de plástico que soporte esfuerzos, rotación, tensión, flexión y fuerza.

Muelle; Material de plástico que soporte abrasión.

Tapa; Material plástico diseñado para que se pueda adherir con pegamento y soporte la presión del movimiento que generara el movimiento del eje.

3.- La tercera idea generada que se tiene consta de 4 piezas, 2 de plástico y 2 de metal.

Eje; De material plástico que soporte alto número de ciclado y esfuerzos de flexión.

Cubierta; Material de metal que se pueda ensamblar dejando el muelle encerrado y soporte la presión del ensamble.

Muelle; Material de plástico que soporte abrasión.

4.- La cuarta idea generada que se tiene consta de 2 piezas de plástico.

Eje; De material plástico que soporte alto número de ciclado y esfuerzos de flexión.

Muelle; Material de plástico que soporte abrasión y de tamaño más grande que se ajuste a la cavidad en que se va a ensamblar.

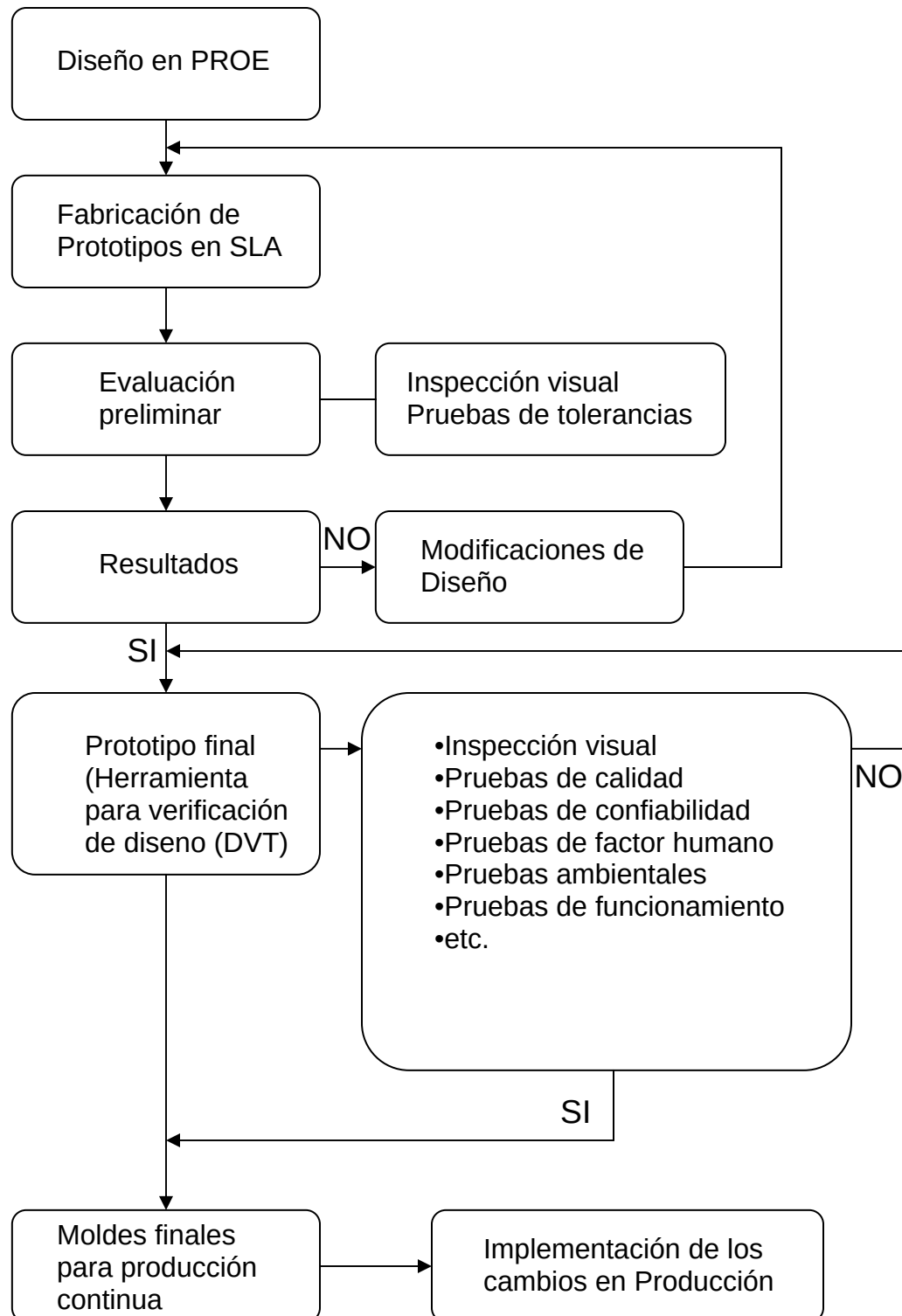


Fig. 3.1 Organigrama del desarrollo experimental del rediseño del EARHOOK

3.3 Diseño preliminar

Teniendo como alcance del proyecto la reducción de costos nos enfocamos en desarrollar partes de plástico para poder alcanzar las especificaciones que cumplan con la calidad del producto. Generar el menos costo posible y el menor número de piezas para un proceso de ensamble más eficiente. Como primer paso empezamos con la generación de prototipos y modelos en 3 dimensiones.

Propuesta 1

Una de las propuestas modeladas en el software ProE para la construcción en prototipos se muestra a continuación; Una parte de plástico rígido como retén y cubierta y un elemento de fricción de un material elastómero y los ejes en material plástico o en metal, Figura 3.2, en esta idea se pretende tener el menor número de piezas, el retén de plástico nos ayudará a mantener el eje en posición específica limitando la rotación y grados de movimiento, por otra parte el elemento de fricción nos va a determinar la fuerza necesaria para activar el movimiento en el eje. El perno que se tiene en la esfera del eje para el ensamble del BOOM nos limita la rotación de igual manera que el ensamble actual.

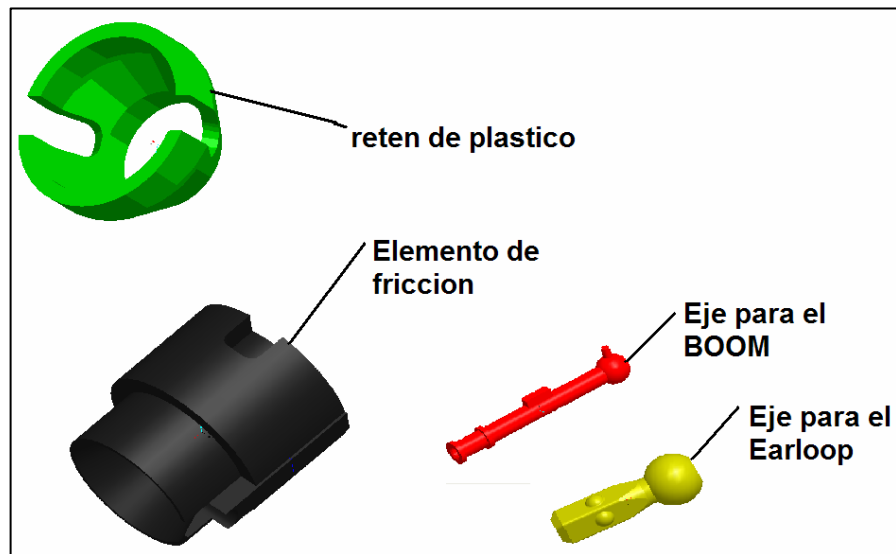


Figura 3.2 Propuesta 1 de diseño

Propuesta 2

Otra de las propuestas modeladas en ProE para su construcción en prototipos se explica a continuación; Dos partes de plástico rígido como cubierta y un elemento de fricción de un material elastómero y los ejes en material plástico o en metal, Figura 3.3.

En esta propuesta se pretende tener la cubierta dividida en 2 partes que se unirán ya sea con pegamento, ensamble removible o con ultrasonido encapsulando el material elastómero que nos limita la fuerza para accionar el movimiento del eje. El perno que se tiene en la esfera del eje para el ensamble del BOOM nos limita la rotación de igual manera que el ensamble actual.

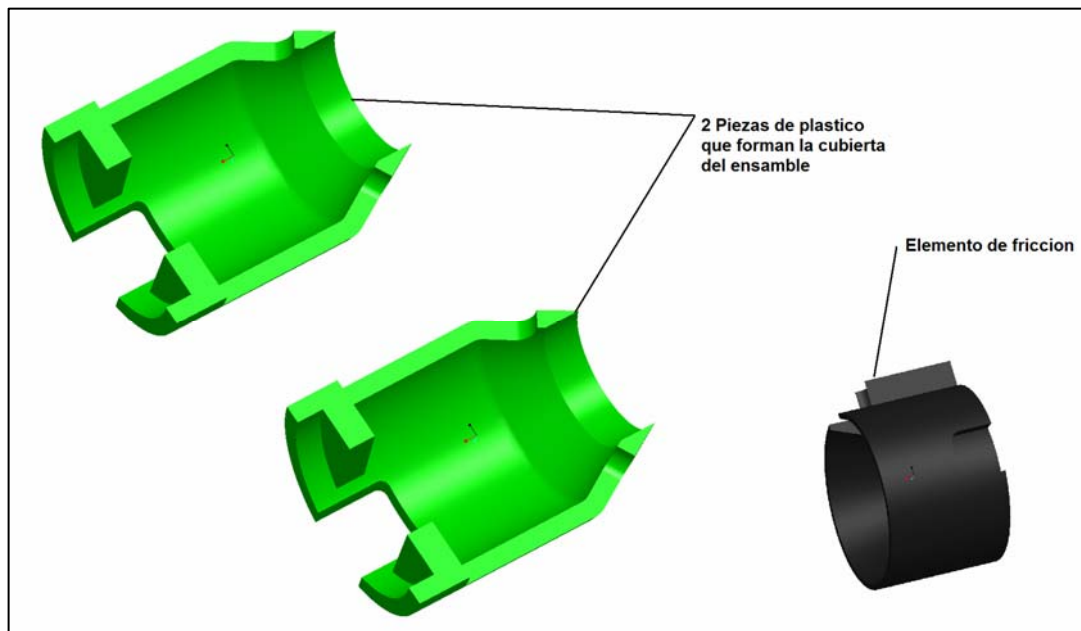


Figura 3.3 Propuesta 2 de diseño

Posteriormente después de haber analizado las dos propuestas tanto en los modelos 3D de PRO_E como también en los prototipos construidos con el método de *Estereolitografía (SLA)*, el cual se usa principalmente para su verificación dimensional y del los cuales se tratara posteriormente, se identifica que en la propuesta 1 comparada con la propuesta 2 es más complicado el proceso de ensamble ya que la unión de las dos cubiertas simétricas necesitarían de un elemento de sujeción el cual podría ser la unión por le método ultrasónico o ya sea simplemente pegamento.

Para la propuesta dos se llevaron a cabo algunas pruebas usando pegamento que se utiliza ya en algunos otros procesos de pegado de partes plásticas en la empresa viendo así que por la pared tan delgada de las cubiertas es muy difícil la sujeción de las mismas debido a la falta mas área de contacto así como también trayendo consigo una operación más en el proceso de producción e incrementando el consto de ensamble por dicha operación y material utilizado. No siendo así en la propuesta 1 en la que el elemento de fricción también tiene la función de cubierta o en este caso de cuerpo del ensamble y a su vez aloja el eje, el cual estará en movimiento. Cabe mencionar que otro punto importante para la metodología de diseño es realizar un diseño utilizando el menor número de partes o así como también estandarizar partes semejantes que puedan ser simétricas por lo que la propuesta 1 también nos reduce el número de partes en el ensamble en comparación a la propuesta 2.

Siendo así y después de una revisión de diseño entre el grupo de ingeniería involucrado se acepta la propuesta 2 como la mejor y con la que se realizaran estudios de elemento finito y también se trataran de realizar piezas usando moldes sin tratamiento térmico y maquinados en el área de maquinados de la empresa, esto con el fin de poder verificar nuevamente el diseno pero ahora con piezas más realizas y con materiales que nos asemejen el que se quiere utilizar finalmente, en este caso el elemento de fricción se podrá moldear en algún elastómero utilizando un molde que nos podría dar unos 50 tiros aproximadamente y el cual podremos utilizar diferentes durezas del material para así tener una mejor visibilidad del que fusionará finalmente para nuestra aplicación.

Posteriormente a esta investigación se prosigue a la construcción de moldes para la verificación de diseño los cuales son moldes que deben aguantar el suficiente número de tiros para las corridas de verificación del diseño.

3.3.1 Construcción de prototipos

Después de Analizar las propuestas de diseño se generaron archivos en un programa modelador de tres dimensiones siendo en este caso el software ProE en el cual se modelaron las partes y se generan archivos compatibles a la máquina generadora de muestras prototipo.

La tecnología utilizada para la construcción de las muestras prototipo, Figura 3.4, se denomina *Estereolitografía (SLA)*, en la cual se transfiere el archivo a una computadora conectada a la máquina y por medio de rayos láser se va solidificando el material liquido (Resina ACURA 150) hasta formarla pieza en una plataforma móvil que se desplaza verticalmente formando la pieza por medio de capa.



Figura 3.4 Máquina para fabricación de prototipos

Posteriormente se pasan las piezas a una cámara de secado, Figura 3.5, por medio de rayos ultravioleta en la cual hay un plato rotatorio en el que se colocan las piezas y se someten a un proceso de secado por medio de luz ultravioleta por una cierta cantidad de horas según el tamaño de las piezas.



Figura 3.5 Máquina de secado de prototipos

En la Fig. 3.6 se observan los prototipos que se fabricaron para verificar dimensiones de diseños para poder identificar posibles partes frágiles bajo inspección visual sin necesidad de un estudio profundo.

En este caso se moldearon partes del ensamble fabricados con la tecnología SLA para poder moldear algunas partes del elemento de fricción en material elastómero y así poder tener una mejor visión del funcionamiento del diseño. Estos moldes nos permiten poder hacer moldes que nos permitan tener cierta cantidad de tiros en la máquina de moldeo con las que se cuenta en producción la cual es muy fácil de intercambiar moldes y así poder moldear partes de diferentes ensambles sin necesidad de un ajuste de instalación muy tardado. Los moldes hechos con la máquina de SLA se insertaron en un porta moldes el cual ya tiene medidas estándares para una fácil instalación en la máquina de inyección.



Figura 3.6 Prototipos

3.4 Revisión de diseño

Después de analizar el diseño preliminar y realizar algunos ajustes al diseño como incremento de espesor de pared, cambios de forma en las piezas, eliminación de algunos aditamentos de ensamble de la parte, agregado de chaflán en las partes así como determinar las tolerancias de sus dimensiones, se volvieron a crear prototipos para verificar medidas y realizar los planos de piezas mecánicas como se muestra en los planos de los anexos. Los dibujos deben contar con los detallados correspondientes para la fabricación de los moldes prototipos que se usan para cierta cantidad de números de tiros y que están hechos de un acero más blando que el utilizado para moldes de producción continua, este tipo de moldes más blandos son utilizados en esta etapa del diseño por sus características propias de fácil maquinado que nos permite hacer modificaciones al molde durante el proceso de aprobación del diseño. También este tipo de material se utiliza en los moldes por su bajo costo en comparación con los moldes de producción.

Generalmente se fabrican cierto número de piezas con estos moldes para corridas de evaluación del producto dependiendo los tipos de pruebas que se estimen son necesarias hacer tomando como base las especificaciones que se requieren y se preestablecieron en un inicio para la evaluación del producto final. Usando estas piezas se puede analizar las dificultades o posibles problemas que se puedan tener durante el proceso de producción del producto.

Después de generar los prototipos finales se realizara el DFM (diseño para la manufactura) en el cual en base a las primeras propuestas generadas y usando piezas prototipo así como también piezas de materiales similares a los que se requieren para el producto, esto con el propósito de poder evaluar la mayor cantidad de pruebas que nos ayuden a determinar si el diseño que se esta haciendo es el más adecuado para un buen proceso de manufactura y así entonces poder continuar con la calificación del producto.

Después de haber realizado y verificado que el diseño fue confiable es posible pasar a la siguiente etapa del diseño en la que se generan moldes de preproducción los cuales se fabrican con un material más resistente que nos soporte una cantidad más grande de piezas para producción en base al pronóstico de ventas que se tenga.

Para el caso de una mejora en el producto el pronóstico de venta ya se tiene con anterioridad ya que el producto ya se encuentra en etapa de producción y lo que se requiere hacer es solo un estimado de la fecha en que es posible implementar la mejora sin sacrificar órdenes de venta hacia el cliente. Esta implementación se hace generando suficiente material para soportar la introducción de la mejora en el proceso de producción.

3.4.1 Asignación de números de parte.

Una de las actividades primordiales en la creación de nuevas partes es la asignación de números de parte de acuerdo al sistema de las empresas, en la Tabla 3.1 se puede observar los números de parte asignados a las nuevas partes diseñadas así como los números de parte asignadas también a los ensambles.

	DESCRIPCION	No de parte
1	Reten para el eje largo	76729-01
2	Reten para el eje corto	76730-01
3	Eje largo	76731-01
4	Eje corto	76732-01
5	Elemento de fricción	76733-01
6	Ensamble de rotula para el sujetador del oído	76734-01
7	Ensamble de rotula para Boom	76735-01
8	Ensamble capsula	76753-01
9	Ensamble Boom	76754-01

Tabla. 3.1 números de parte

3.4.2 Asignación de materiales

Los materiales que se muestran en la tabla 3.2 son materiales que se manejan en la empresa los cuales ya están aprobados y dados de alta en la base de datos de materiales de Pro-E para hacer análisis de esfuerzos. Con estos materiales se generaron los análisis de esfuerzos necesarios para tener una mejor visión de donde es posible la necesidad de reforzar el diseño basándonos en los resultados generados por el programa de análisis de esfuerzos.

	Descripción del Material	Modulo de young lbm/in ³	Radio de Poison	Coficiente expansión térmica F	Densidad lbm/in ³	Material tipo
1	ABS-PC Cyclopedia C1200	1.31E+08	0.35	40	41546.4	Isotropico
2	ABS CyCOLAC T	1.31E+08	0.4	62.7778	37572.4	Isotropico
3	POM Delrin 500P	1.74E+08	0.35	62.7778	50939.5	Isotropico
4	POM RTP800 TFE20	1.16E+08	0.35	62.7778	54552.2	Isotropico
5	PP 17S20V	5.01E+07	0.35		32514.6	Isotropico
6	PC LEXAN 141R	1.31E+08	0.35	38	43352.8	Isotropico
6	TPE Santoprene 101-73	1.29E+08	0.3		33959.7	Isotropico
7	TPE Santoprene 101-80	2.63E+08	0.3		33959.7	Isotropico
8	TPE Santoprene 101-87	9.18E+08	0.3		33959.7	Isotropico
9	TPE Santoprene 101-50	2.81E+06	0.3		33959.7	Isotropico

Tabla. 3.2 Propiedades de materiales

3.5 Análisis de elemento finito.

Para el análisis de elemento finito se utilizó como guía la fuerza de flexión y de torsión aplicada a los ejes de los dos ensambles que activan el movimiento en los mismos. Esta fuerza que se aplica para activar el movimiento no debe causar ningún esfuerzo ni en los ejes ni en ningún otro punto por lo que para mejor seguridad antes de los moldes prototipos se hará un análisis de elemento finito para los dos ejes y para el elemento de fricción en el software PRO-MECHANICAL usando diferentes materiales los cuales son usados y aprobados por la empresa, así mismo este análisis también nos ayudó a realizar un análisis comparativo de esfuerzo-deformación usando diferentes materiales y así a determinar con mayor exactitud la definición del material que se utilizará en las partes.

El análisis se efectuó haciendo un análisis de flexión pura y torsión pura, empotrando los ejes en un extremo el cual esta sujeto por la cubierta de plástico y el elemento de fricción de contacto con el eje, y en el otro extremo de la parte se aplicó una fuerza que semejó la fuerza aplicada para activar el movimiento del eje necesario para que el cliente posicione el BOOM y el EARLOOP en la posición que más le convenga según su fisonomía.

Usando un escantillón y muestras prototipos de las piezas diseñadas se encontraron las fuerzas para activar el movimiento de las mismas. Actualmente el ensamble del DUOPRO usa fuerzas de activación de movimiento de entre 6-12 OZ. Para el EARLOOP y entre 12-24 OZ para el BOOM. Cabe mencionar que son muy altas y que el cliente necesita las dos manos una para detener el Auricular y otra para mover ya sea el EARLOOP por lo que se tratara de relajar esa fuerza usando especificaciones de otro auricular semejante en el cual la fuerza de activación es relativamente menor a la actual.

Para el cálculo de elemento finito se utilizó un factor de seguridad de (3) para la flexión y uno de (2) para la torsión. Así mismo empotraremos el área de contacto en un extremo las piezas. Simulando el ensamble mismo, Figura 3.6

Flexión

Eje corto; .03 Lb. (3) = 0.045 Lb.

Eje largo; .05 Lb. (3) = 0.15 Lb.

Torsión;

Eje corto; .25 Lb. (2) = 0.50 Lb.

Eje largo; 4.0 Lb. (2) = 8 Lb.

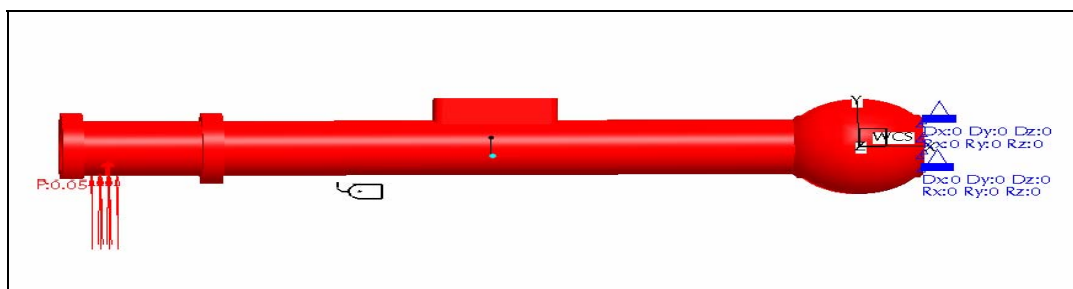
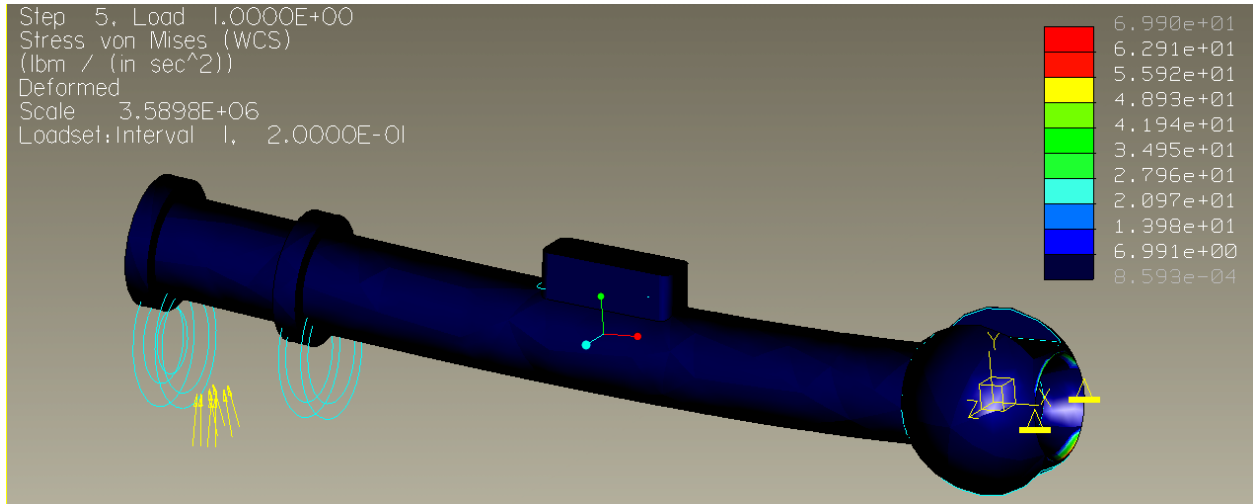


Fig. 3.6 Posicionamiento de empotramientos y fuerzas aplicadas en los ejes.

Las siguientes gráficas muestran los comportamientos y resultados de los elementos sometidos a fuerzas externas ya sea de flexión torsión o presión durante su operación usando diferentes materiales por el método de Esfuerzo principal, esto con el proceso de poder comparar y así poder elegir el material más apropiado para su fabricación de los ejes diseñados.

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

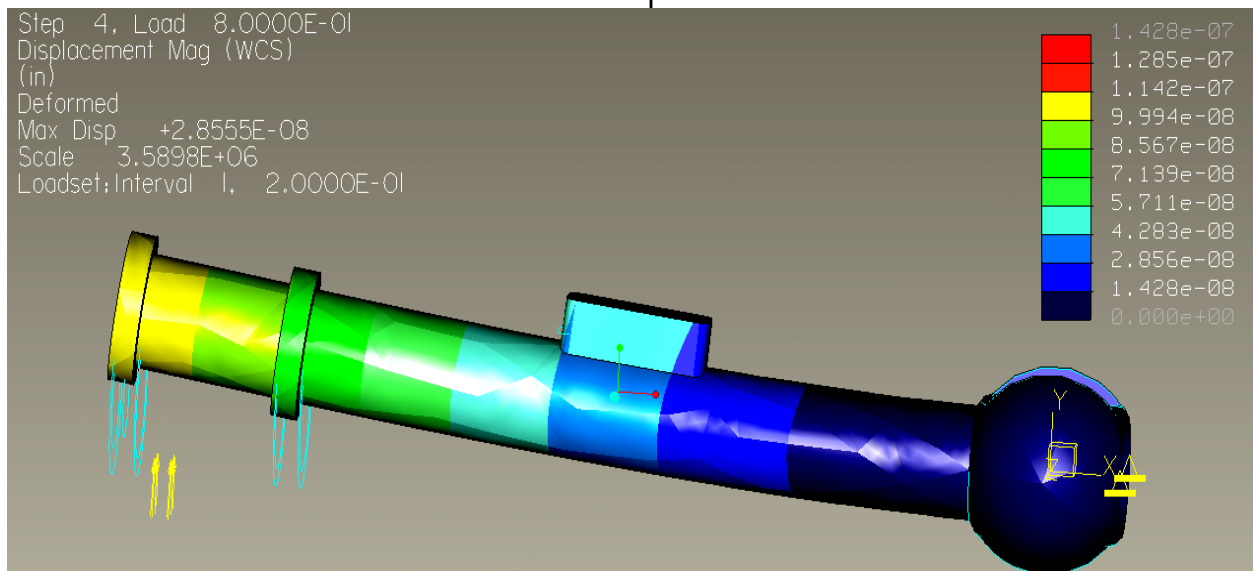
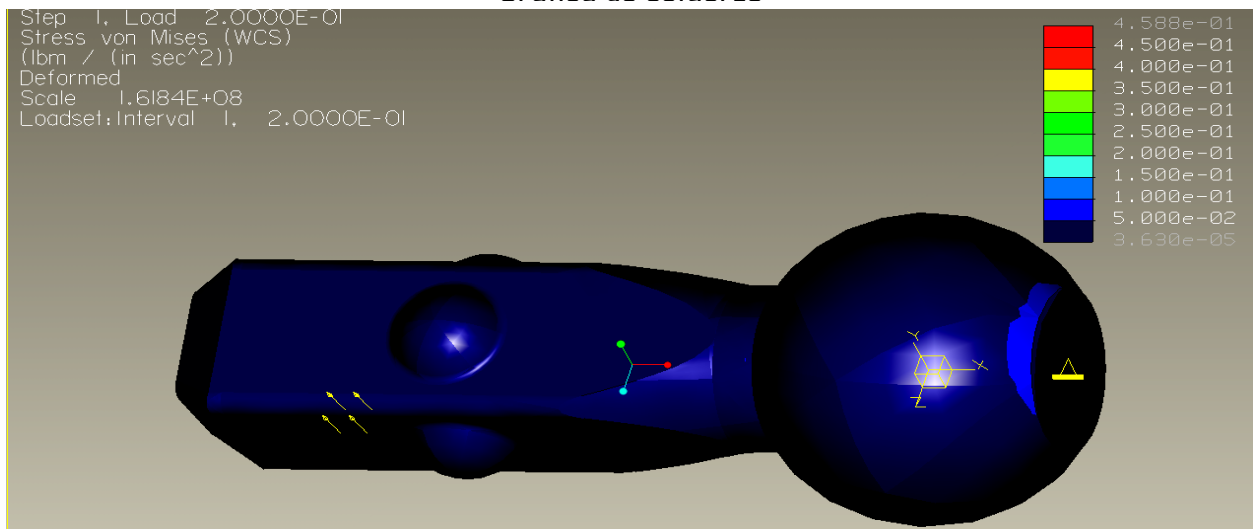


Fig.3.7 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje largo utilizando el Material **POM RTP800 TFE20**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

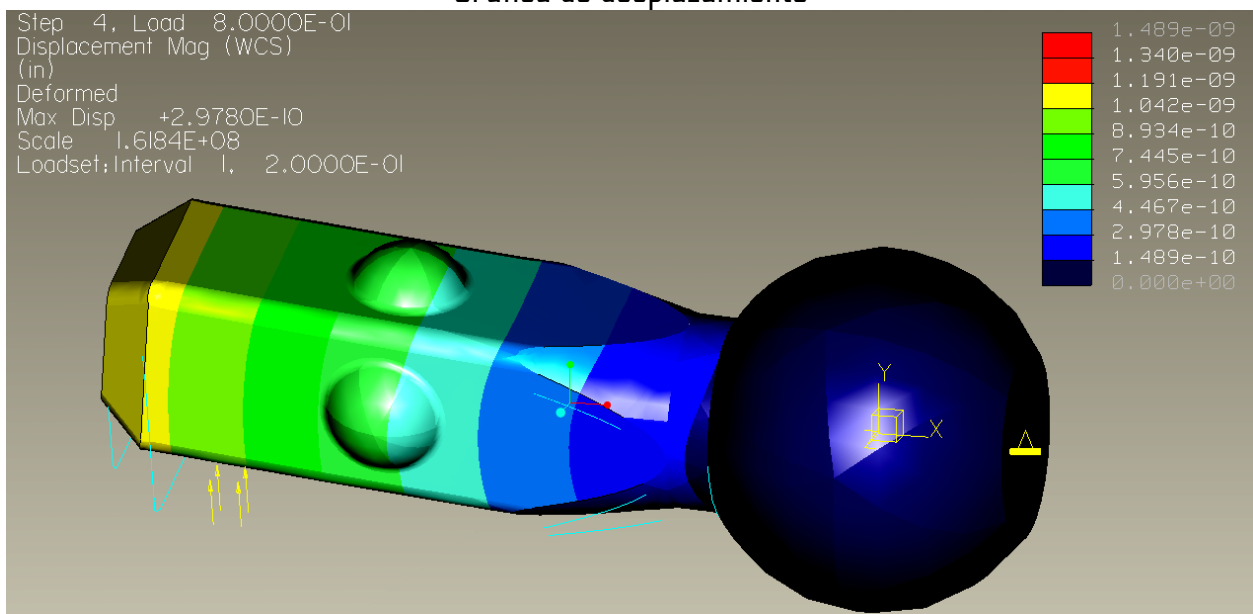
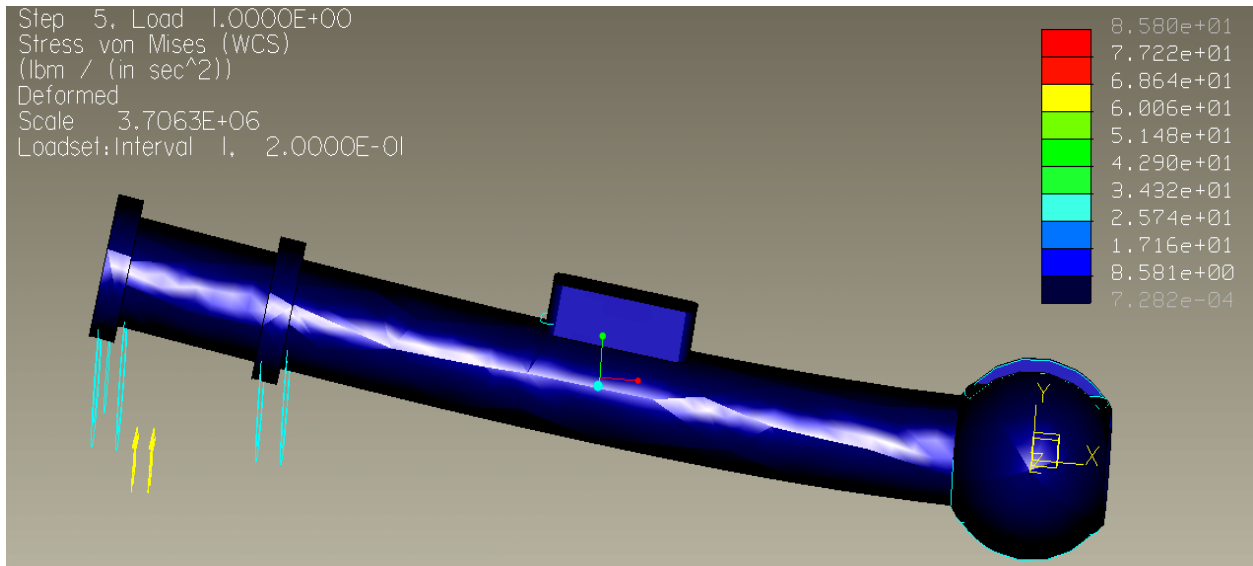


Fig.3.8 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje corto utilizando el Material **POM RTP800 TFE20**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

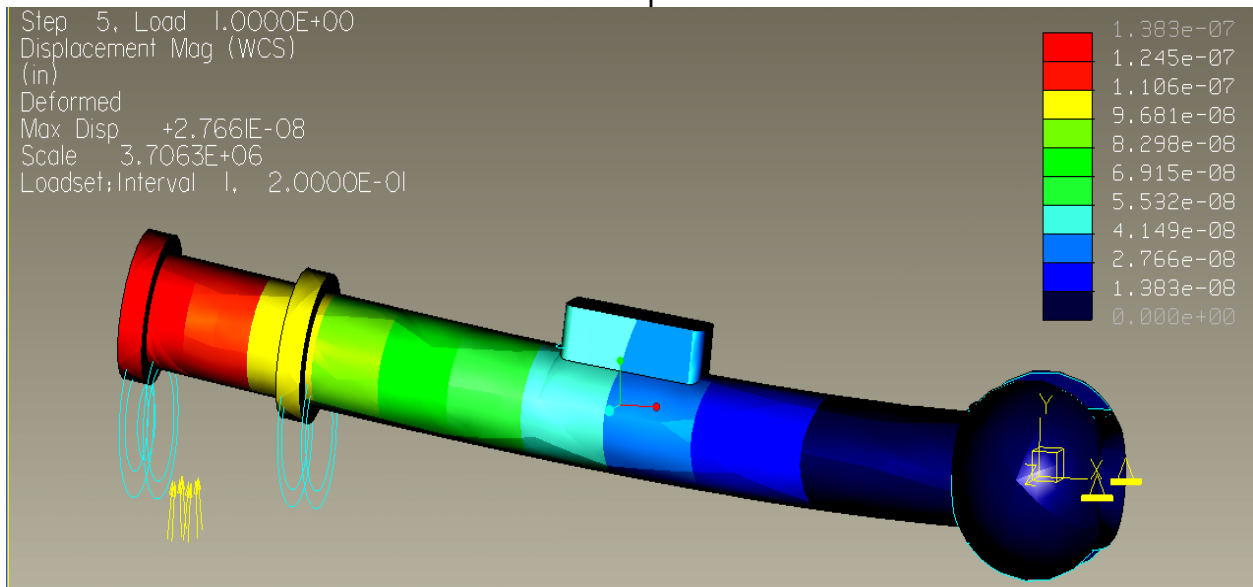
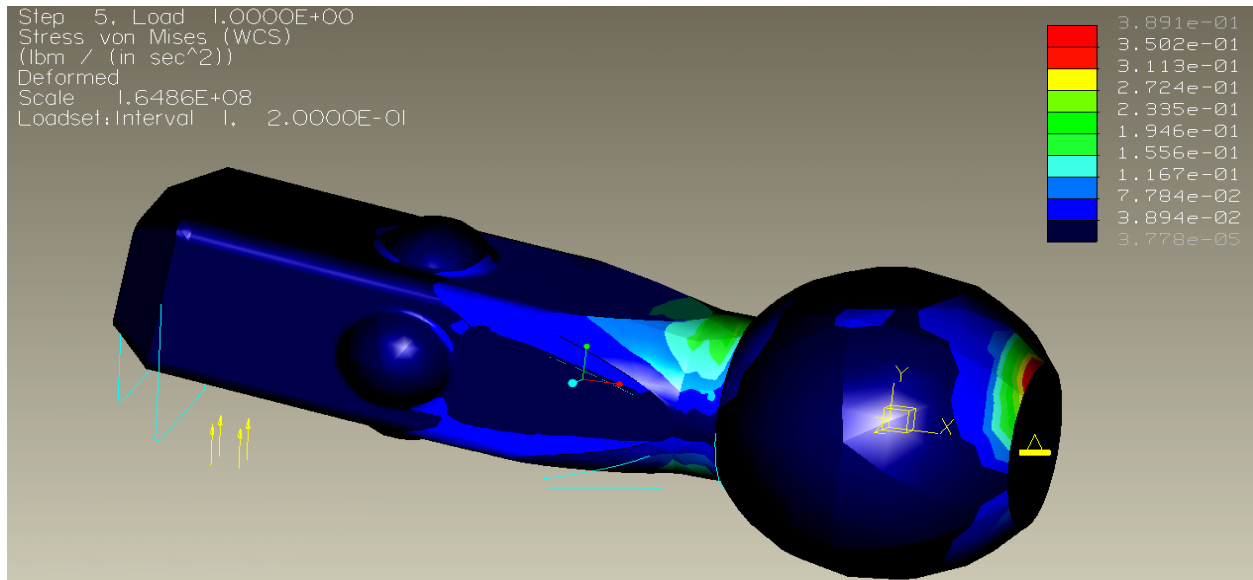


Fig.3.9 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje largo utilizando el Material **ABS CyCOLAC T**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

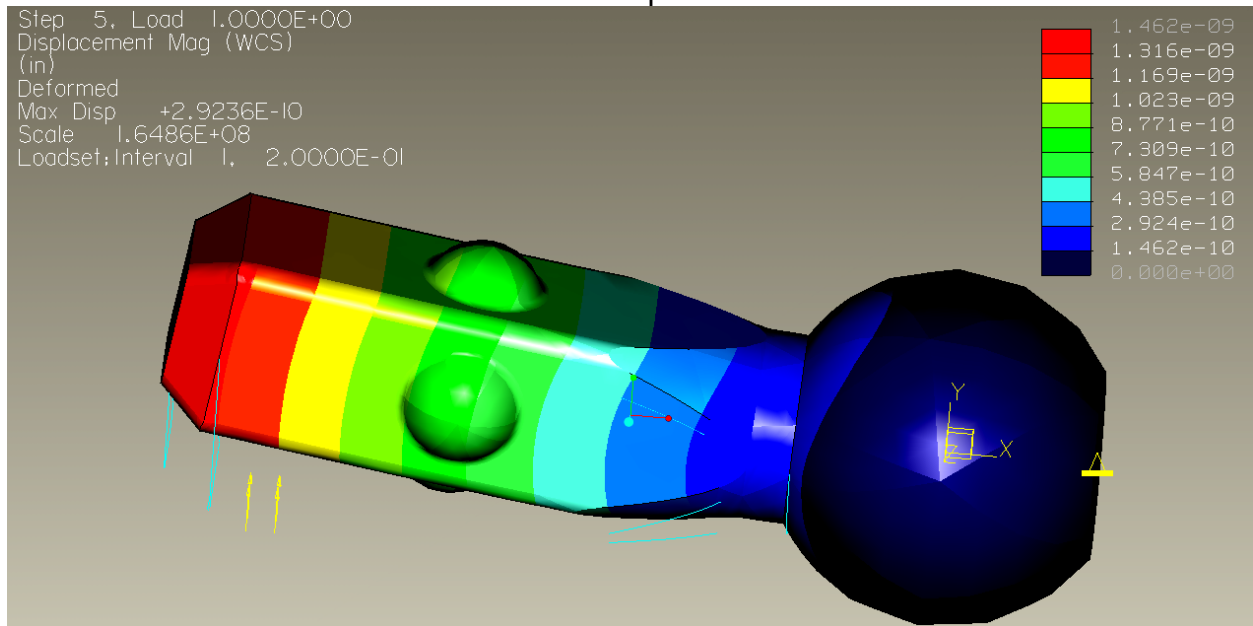
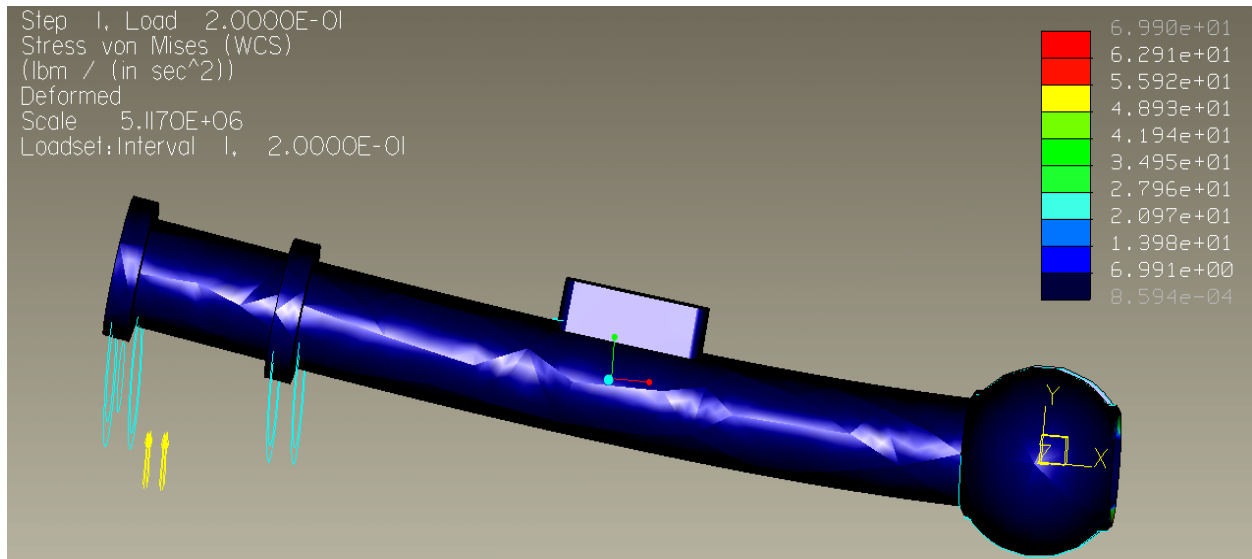


Fig.3.10 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje corto utilizando el Material **ABS CyCOLAC T**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

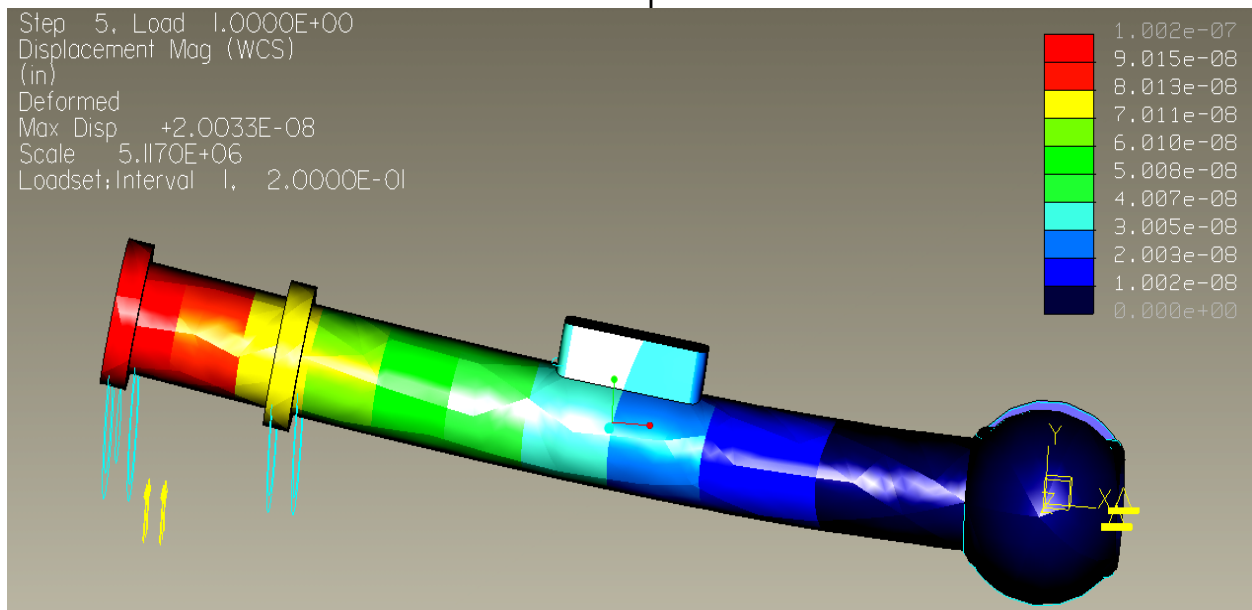
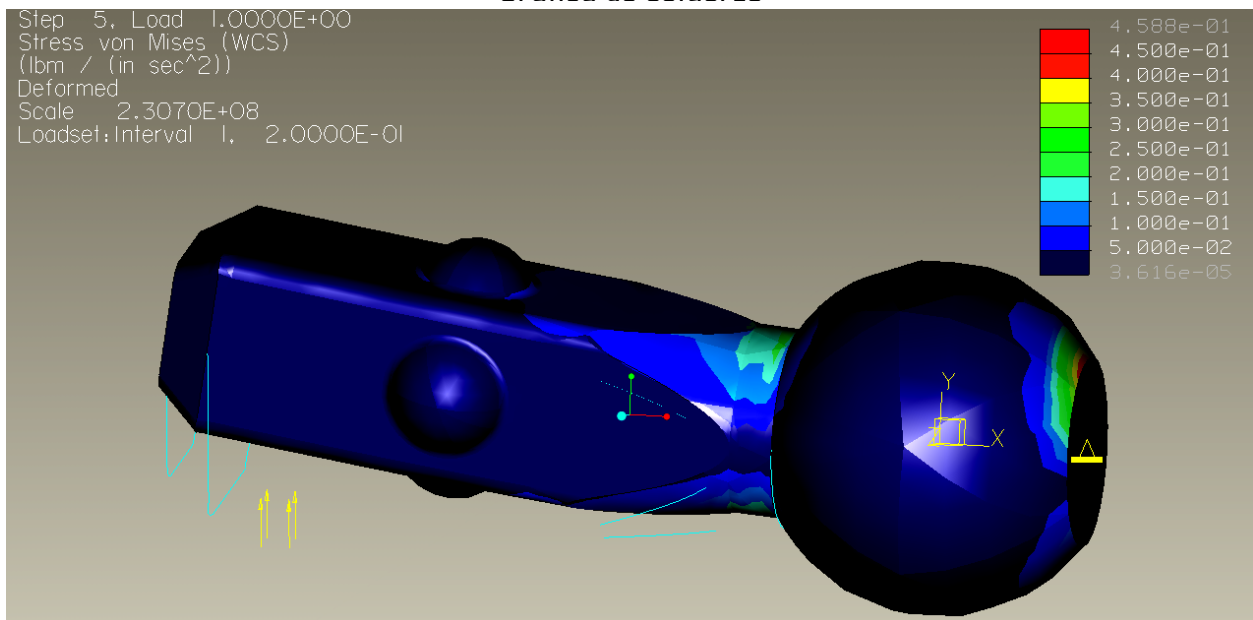


Fig.3.11 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje largo utilizando el Material **POM Delrin 500P**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

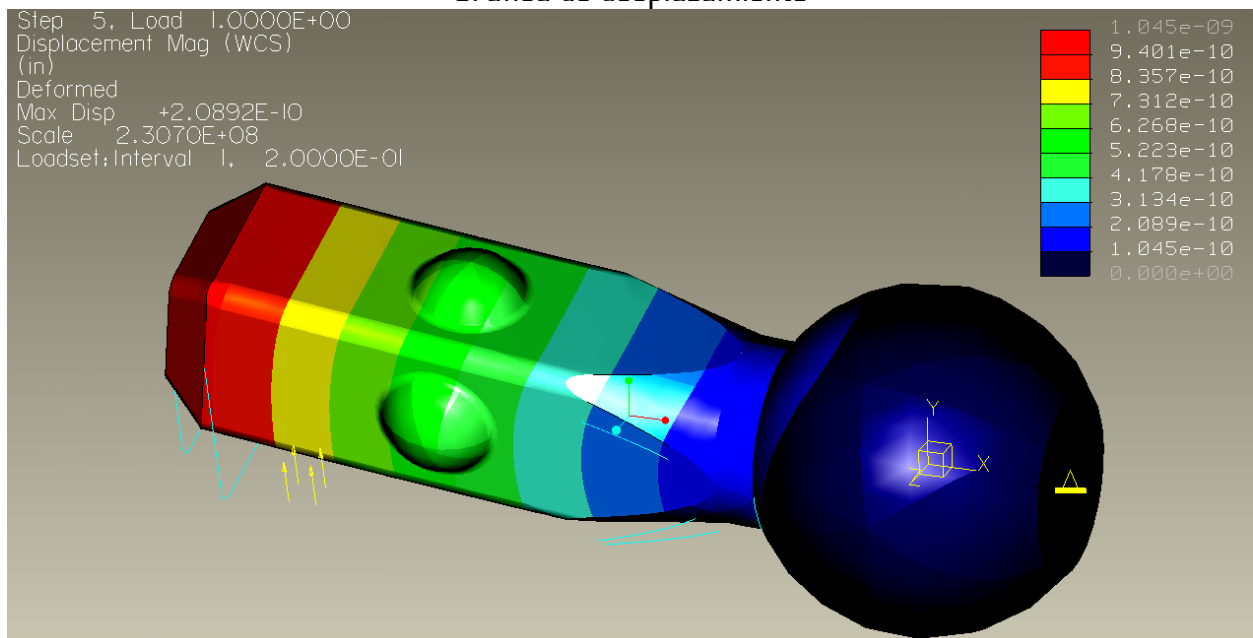
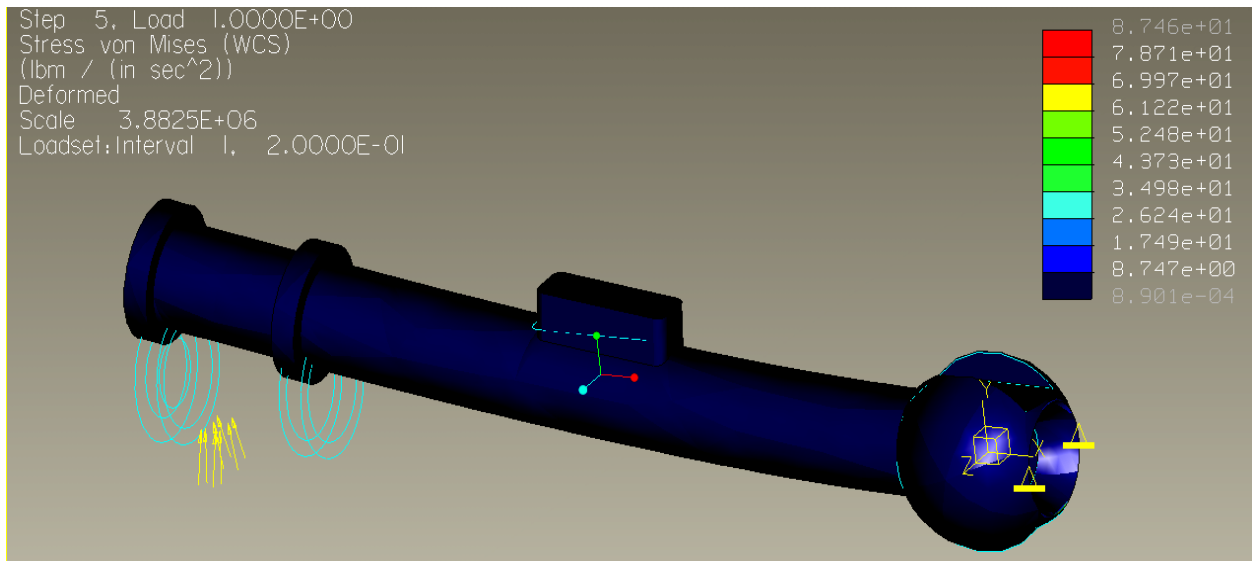


Fig.3.12 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje corto utilizando el Material **POM Delrin 500P**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

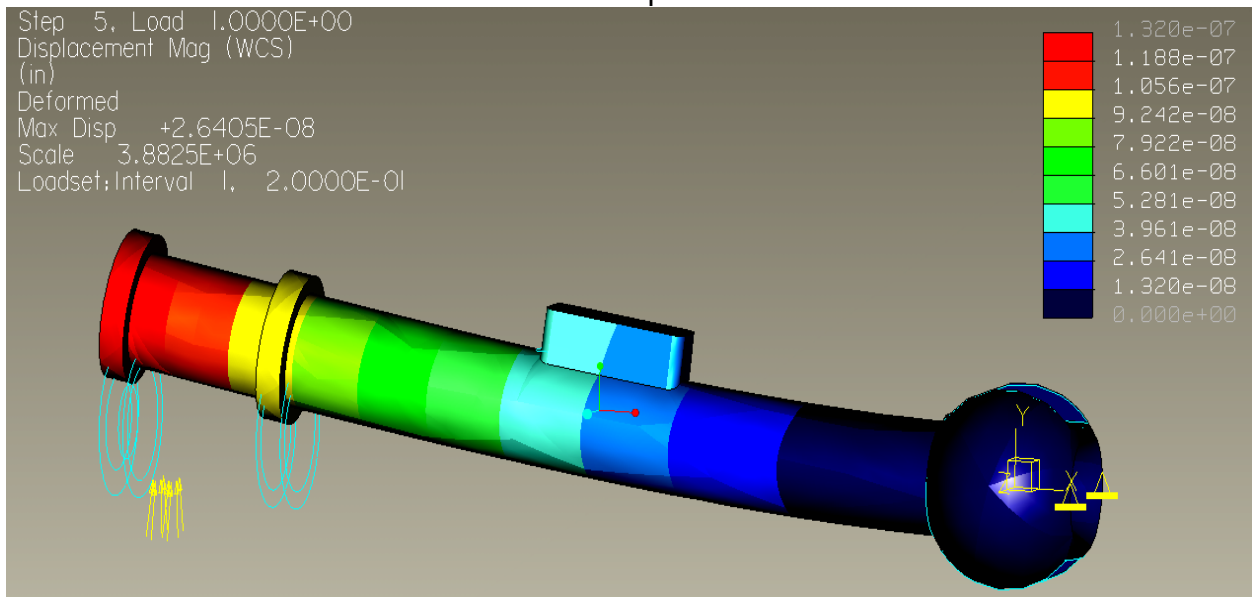
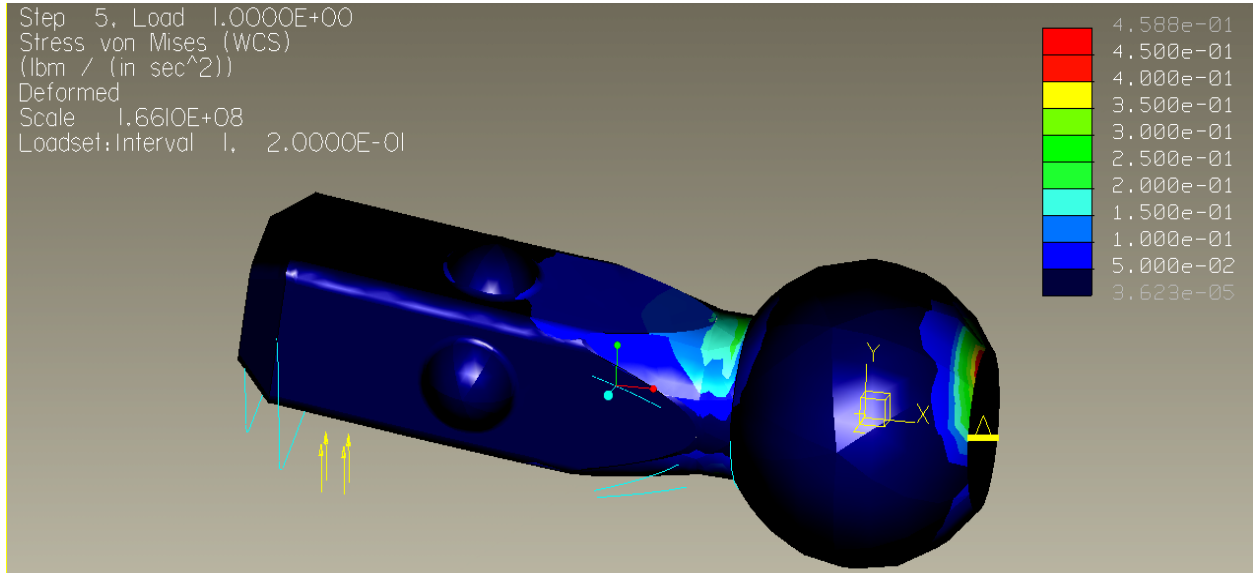


Fig.3.13 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje largo utilizando el Material **ABS-PC Cycology C1200**

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamiento

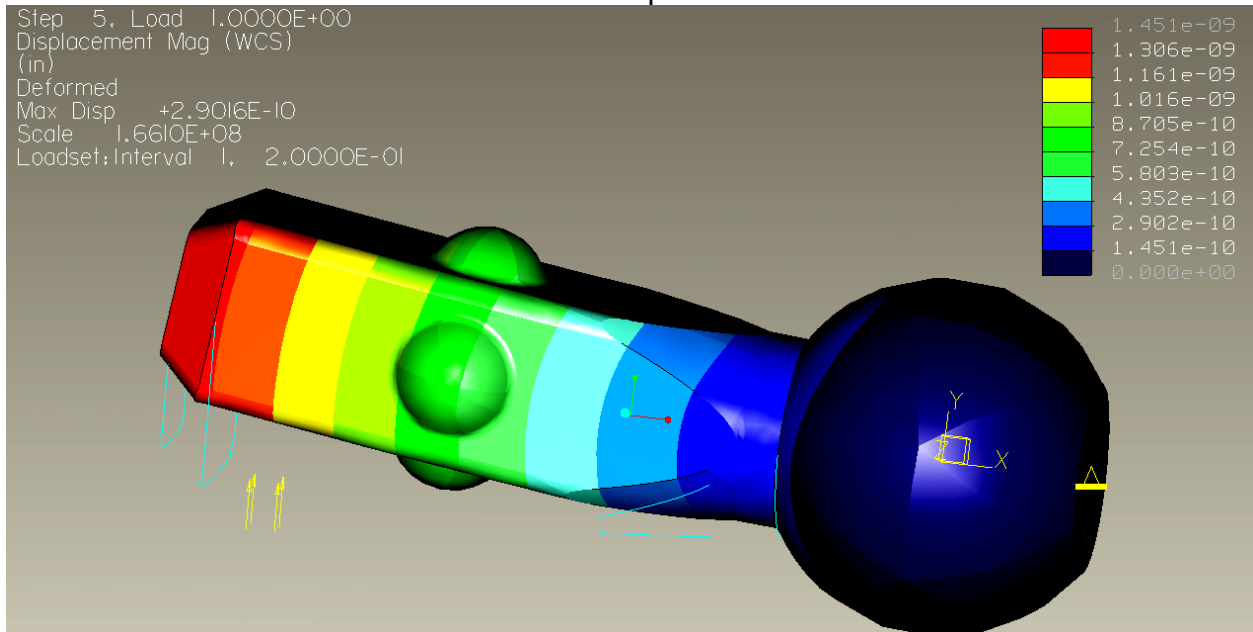


Fig.3.14 Gráficas de esfuerzo-desplazamiento del eje corto utilizando el Material ABS-PC Cylcoloy C1200

Usando un escantillón y muestras prototipos de las piezas diseñadas se encontraron las fuerzas para ensamblar el elemento de fricción de entre .03 Lb. - .05 Lb.

Para el cálculo de elemento finito se utilizó un factor de seguridad de 3 para la flexión y uno de 2 para la torsión así como un empotraremos el área de contacto, Figura 3.5.

Presión

Eje corto; .03 Lb. (3) = 0.045 Lb.

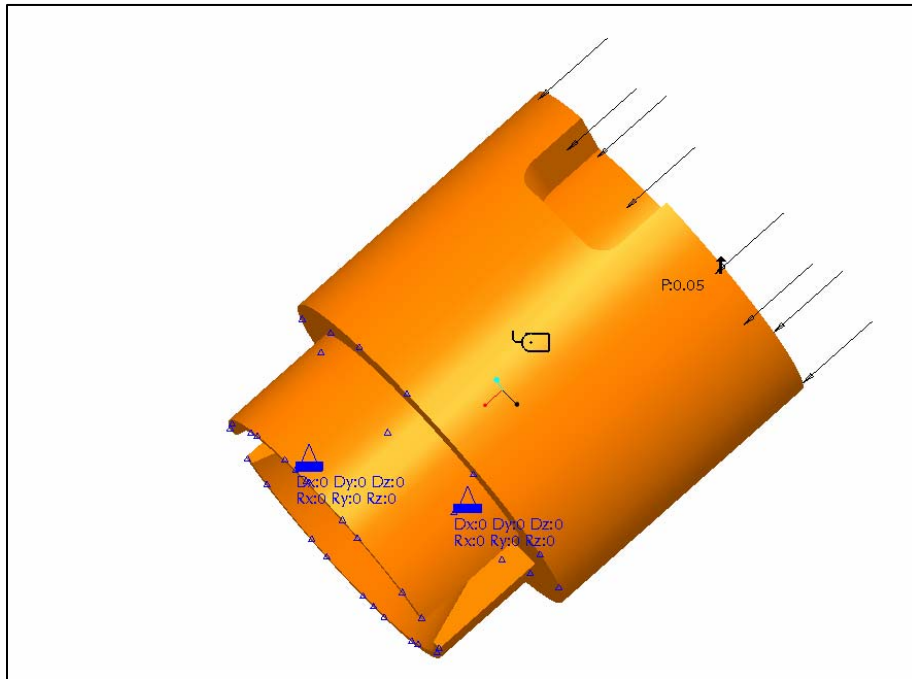
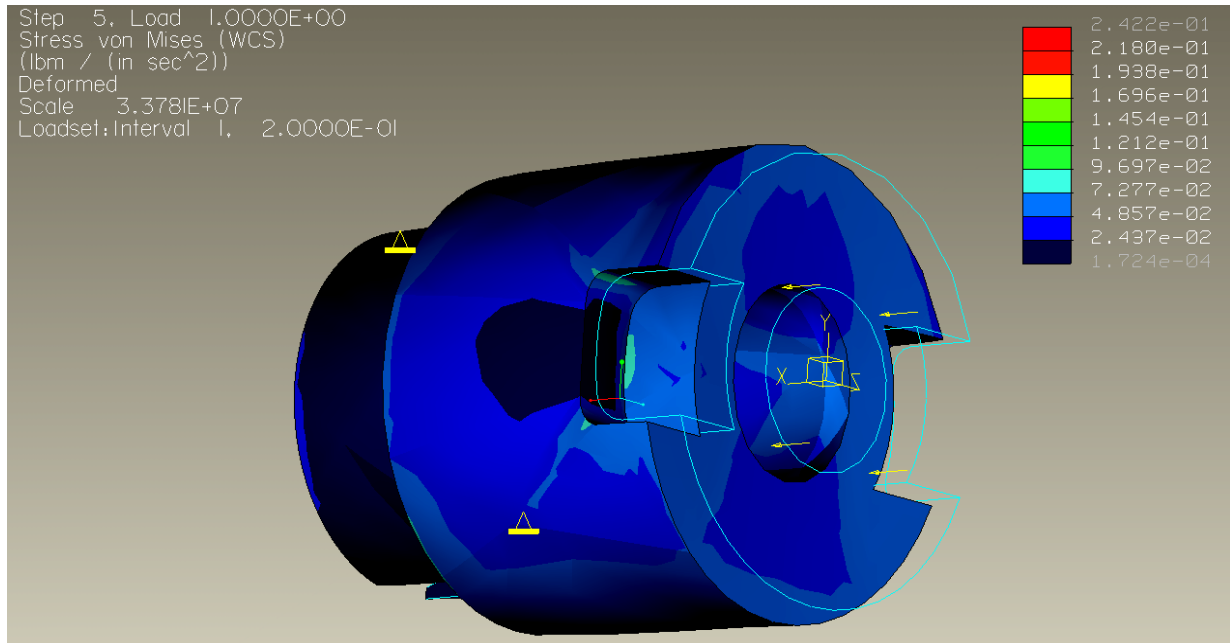


Fig. 3.15 Posicionamiento de empotramientos y fuerzas aplicadas en los ejes del elemento de fricción.

Gráfica de esfuerzo



Gráfica de desplazamientos

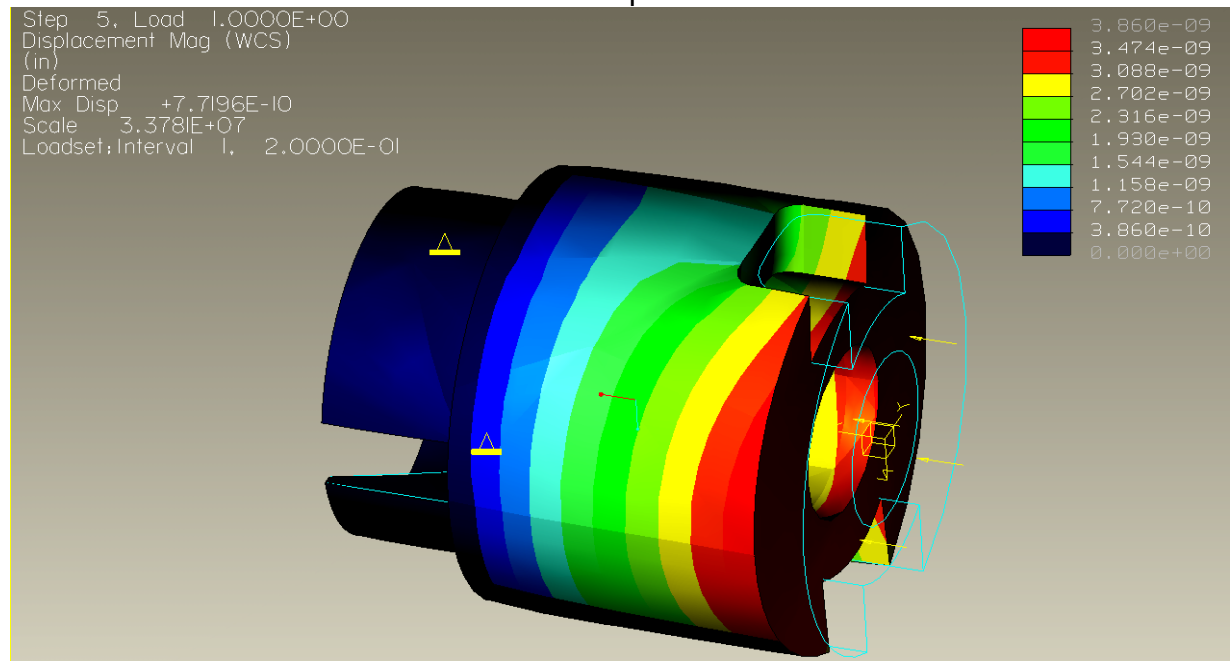
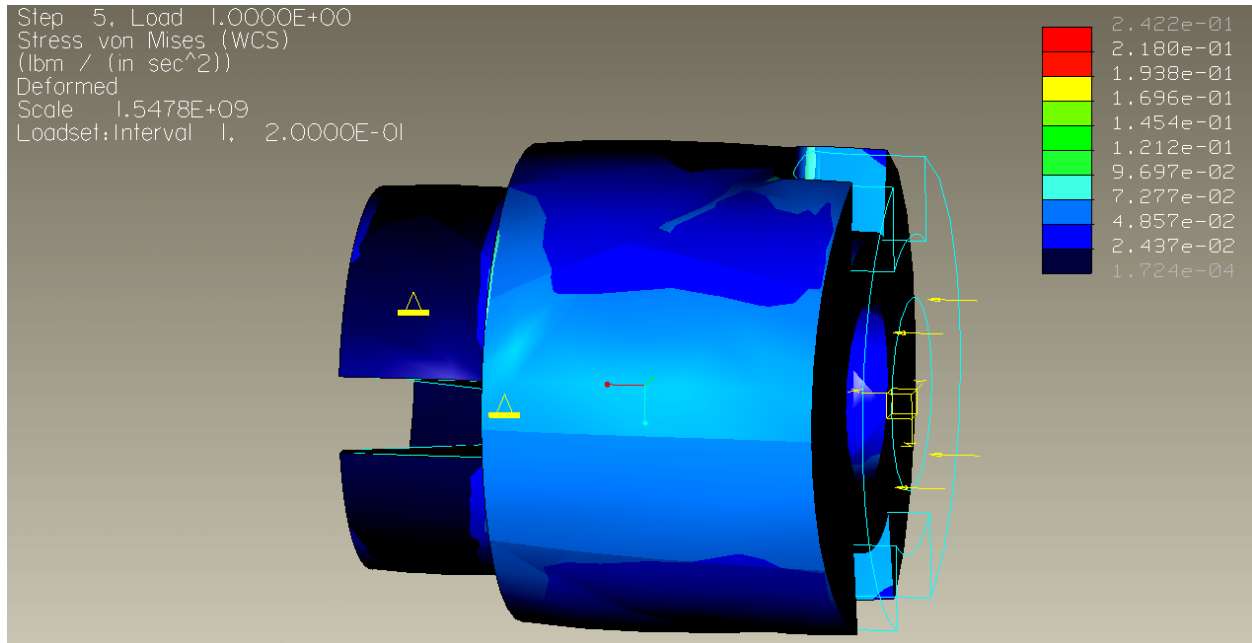


Fig.3.16 Graficas de esfuerzo-desplazamiento del elemento de fricción utilizando el Material **TPE Santoprene 101-50**

Grafica de esfuerzo



Grafica de desplazamientos

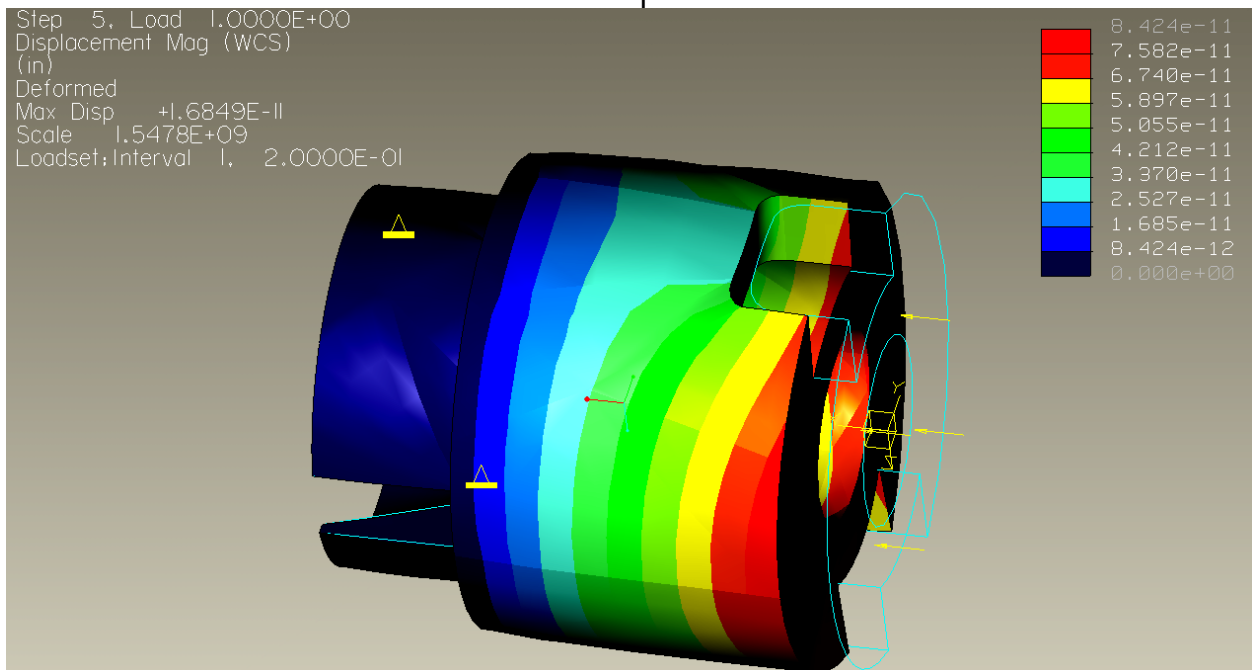


Fig.3.17 Graficas de esfuerzo-desplazamiento del elemento de fricción utilizando el Material **TPE Santoprene 101-73**

3.6 Resultados del Análisis de elemento finito.

De acuerdo a los resultados tabla 3.3 del análisis de elemento finito ninguna de las partes esta sujeta a ninguna fuerza que exceda su esfuerzo provocando alguna ruptura. Las cargas que fueron aplicadas para la activación de movimiento en las mismas y que están especificadas como las que el cliente requiere aplicar para el ajuste de posición del BOOM son muy pequeñas. Unidades en esfuerzo (lb/pul²), desplazamiento (pulgadas).

EJES LARGO		
Material	Esfuerzo	Desplazamiento
POM RTP800 TFE20	6.99E+01	1.43E-07
ABS CyCOLAC T	8.58E+01	1.38E-07
POM Delrin 500P	6.99E+01	1.00E-07
ABS-PC Cylcoloy C1200	8.75E+01	1.32E-07
EJES CORTO		
Material	Esfuerzo	Desplazamiento
POM RTP800 TFE20	4.59E-01	1.49E-09
ABS CyCOLAC T	3.89E-01	1.46E-09
POM Delrin 500P	4.59E-01	1.45E-09
ABS-PC Cylcoloy C1200	4.59E-01	1.45E-09
ELEMENTO DE FRICCION		
Material	Esfuerzo	Desplazamiento
TPE Santoprene 101-50	2.42E-01	3.80E-09
TPE Santoprene 101-73	2.42E-01	8.42E-09

Tabla 3.3 Materiales propuestos y sus propiedades

3.7 Costeo de moldes prototipo.

Habiendo definido las características de la pieza tales como dimensiones, tolerancias y materiales el siguiente paso es adquirir piezas de los moldes prototipo las cuales ya son del material del cual se pretende usar. Por lo que se cotizan moldes prototipos con proveedores externos con los cuales se obtienen cierto numero de piezas para la evaluación y aprobación del diseño.

Cotización de moldes de un proveedor externo.

Plantronics/Plamex

Cotización:

FPM-1843

Lista	# Parte / Descripción	Cantidad	Material	Herramienta	Vaciados	Total Vaciados
1	76729-01	100	ABS	\$ 1765.00	\$ 13.25 x set*	\$ 1,325.00
2	76730-01	100	ABS	\$ incluido	\$ incluido	\$ incluido
3	76731-01	100	ABS	\$ incluido	\$ incluido	\$ incluido
4	76732-01	100	ABS	\$ incluido	\$ incluido	\$ incluido
5	76733-01	100	ABS	\$ incluido	\$ incluido	\$ incluido

Entrega: 25- 30 sets aproximadamente por semana.

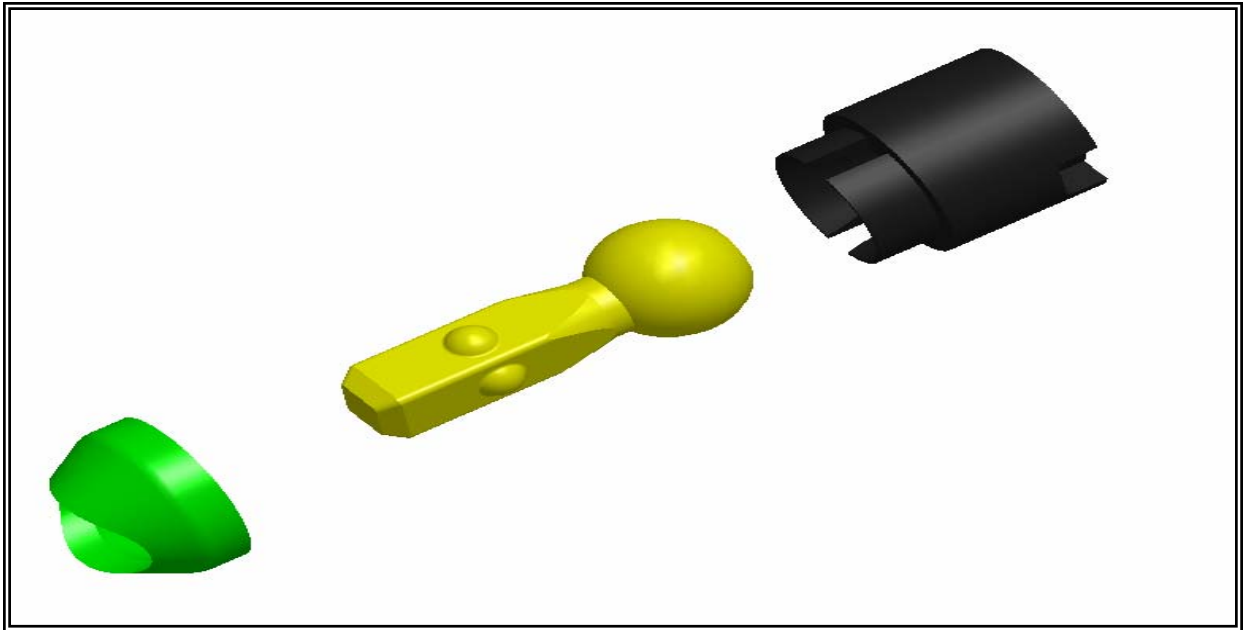
Vida del molde: 200 inyecciones aprox.

Términos de pago: Pendiente, **cotización en dólares.**

Al haber obtenido la cotización de prosigue con el proceso de aprobación del gasto y se agrega a presupuesto del proyecto.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

El diseño de las partes para la mejora y reducción de costos del producto requiere de su análisis y evaluación, así como de la elaboración de un plan de aprobación para implementar dicha mejora tomando en cuenta el tiempo, el costo capital y el análisis de recursos humanos que se requiere para dicha implementación. Por lo que es necesario generar un presupuesto y un calendario de actividades en el cual se incluyan todos los detalles del proyecto, la corridas preliminares de prueba, generación de documentación necesaria, plan de implementación, plan de introducción de la mejora, recursos materiales, recursos humanos y no menos importante el análisis de costo del proyecto y retorno de la inversión. Todo este estudio servirá para obtener los recursos necesarios para la implantación de la mejora.

4.2 Propuesta de materiales a utilizar

En base a los resultados obtenidos con ayuda de las pruebas realizadas y los análisis de esfuerzos, así como de la retroalimentación de Ingenieros expertos en la materia se puede ver que los materiales más aptos para utilizarse tomando en cuenta las condiciones a las que van a estar expuestas las partes, siendo esto una movilidad constante, presentando desgaste, esfuerzos de rotación y de flexión y otros aspectos estéticos y de confiabilidad para los usuarios, la tabla 4.1 muestra la propuesta de material a utilizar.

	DESCRIPTION	PART No.	Propuesta de material (2)	Propuesta de material (1)
1	Reten para el eje largo	76729-01	ABS-PC Cyloloy C1200	POM Delrin 500P
2	Reten para el eje corto	76730-01	ABS-PC Cyloloy C1200	POM Delrin 500P
3	Eje largo	76731-01	ABS-PC Cyloloy C1200	POM Delrin 500P
4	Eje corto	76732-01	ABS-PC Cyloloy C1200	POM Delrin 500P
5	Elemento de fricción	76733-01	TPE Santoprene 101-73	TPE Santoprene 101-50

Tabla 4.1 Materiales propuestos

Después de realizar las pruebas de confiabilidad del producto en la primera corrida de producción de evaluación se asegura de que los materiales cumplan con las especificaciones que debe cumplir el producto.

4.3 Propuesta de inversión

El análisis de la obtención de resultados preliminares de la investigación permite estimar los costos necesarios para la ejecución e implementación de dicha mejora y así poder entonces realizar el análisis del retorno de la inversión que se muestra en la tabla 4.2. Los recursos de mano de obra y materia prima necesarios para la implementación de la mejora en este caso en particular son mayormente en la generación de moldes para la verificación del diseño así como los moldes de producción. También se tienen que considerar las muestras o partes de evaluación y el costo de mano de obra.

DUO-PRO Reducción de Costos	
Costo Mano de Obra	
Costo Por Hora	\$ 14.45
Total h/proyecto	477
Total Recursos	5
Total Horas/Recursos (10%)	238.5
Project Labor cost (Est.)	\$ 3,446.33
Costo de capital	
Cantidad de Herramentales	5
Costo Est. de Herramentales	\$ 2,500.00
Capital Exp. Cost (Est.)	\$ 12,500.00
Costo Variable	
Muestras Para Evaluación	\$ 300.00
Costo Variable (Est.)	\$ 300.00
Costo Estimado del Proyecto	\$ 16,246.33

Tabla 4.2 Propuesta de Inversión

4.4 Propuesta de calendario de actividades

Finalmente después haber obtenido y recabado todos los datos para la planeación del proyecto se genera el calendario de actividades, tabla 4.3, a seguir del proyecto.

Este calendario consta de una serie de tareas ligadas las cuales pueden llevarse a cabo en serie una con otra o varias, o bien en paralelo. El tiempo estimado para algunas tareas se basan en la experiencia del proyectista y otras tareas son basadas en tiempos fijos que no dependen de el proyectista para aumentar o reducir el tiempo si que con forme se va desarrollando el proyecto se pueden ajustar estas tareas.

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	PROYECTO DE MEJORA "EARHOOK"	79 days	Mon 6/18/07	Wed 9/12/07
2	Project Resources	1 day	Mon 6/18/07	Mon 6/18/07
3	Documentacion	4 days	Mon 6/18/07	Fri 6/22/07
4	Dibujos 2D	3 days	Mon 6/18/07	Thu 6/21/07
5	Generacion de archivos IGES	1 day	Thu 6/21/07	Fri 6/22/07
6	HERRAMIENTAJE Y MATERIAL	36 days	Fri 6/22/07	Wed 8/1/07
7	Cotizacion de moldes prototipo	5 days	Fri 6/22/07	Thu 6/28/07
8	Aprobacion de cotizaciones	1 day	Thu 6/28/07	Fri 6/29/07
9	Construccion de moldes prototipos	15 days	Fri 6/29/07	Mon 7/16/07
10	Requerimiento de material	10 days	Mon 7/16/07	Thu 7/26/07
11	Envio de materiales	5 days	Thu 7/26/07	Wed 8/1/07
12	Corrida de verificacion (VB1)	6 days	Wed 8/1/07	Wed 8/8/07
13	Ensamble de material	1 day	Wed 8/1/07	Thu 8/2/07
14	Pruebas de verificacion	5 days	Thu 8/2/07	Wed 8/8/07
15	Ajustes de diseño	15 days	Wed 8/8/07	Fri 8/24/07
16	Actualizacion del diseno	5 days	Wed 8/8/07	Mon 8/13/07
17	Actualizacion de dibujos 2D	3 days	Mon 8/13/07	Thu 8/16/07
18	Generacion de nuevos archivos IGES	1 day	Thu 8/16/07	Fri 8/17/07
19	Requerimiento de material	1 day	Fri 8/17/07	Sat 8/18/07
20	Envio de materiales	5 days	Sat 8/18/07	Fri 8/24/07
21	Corrida de verificacion (AB1)	7 days	Fri 8/24/07	Fri 8/31/07
22	Procuramiento del material	1 day	Fri 8/24/07	Fri 8/24/07
23	Ensamble de material	1 day	Sat 8/25/07	Mon 8/27/07
24	Pruebas de verificacion	5 days	Mon 8/27/07	Fri 8/31/07
25	Aprobacion de mejora	1 day	Fri 8/31/07	Sat 9/1/07
26	Generacion de formato "Risk buy"	1 day	Sat 9/1/07	Mon 9/3/07
27	Aprobacion de formato "Risk buy"	3 days	Mon 9/3/07	Thu 9/6/07
28	Documentacion de implementacion "ECO"	5 days	Thu 9/6/07	Wed 9/12/07
29	Terminacion del proyecto	0 days	Wed 9/12/07	Wed 9/12/07

Tabla 4.3 Calendario de Actividades

La siguiente figura muestra la grafica que nos arrojan las tareas que se muestran en la tabla 4.3

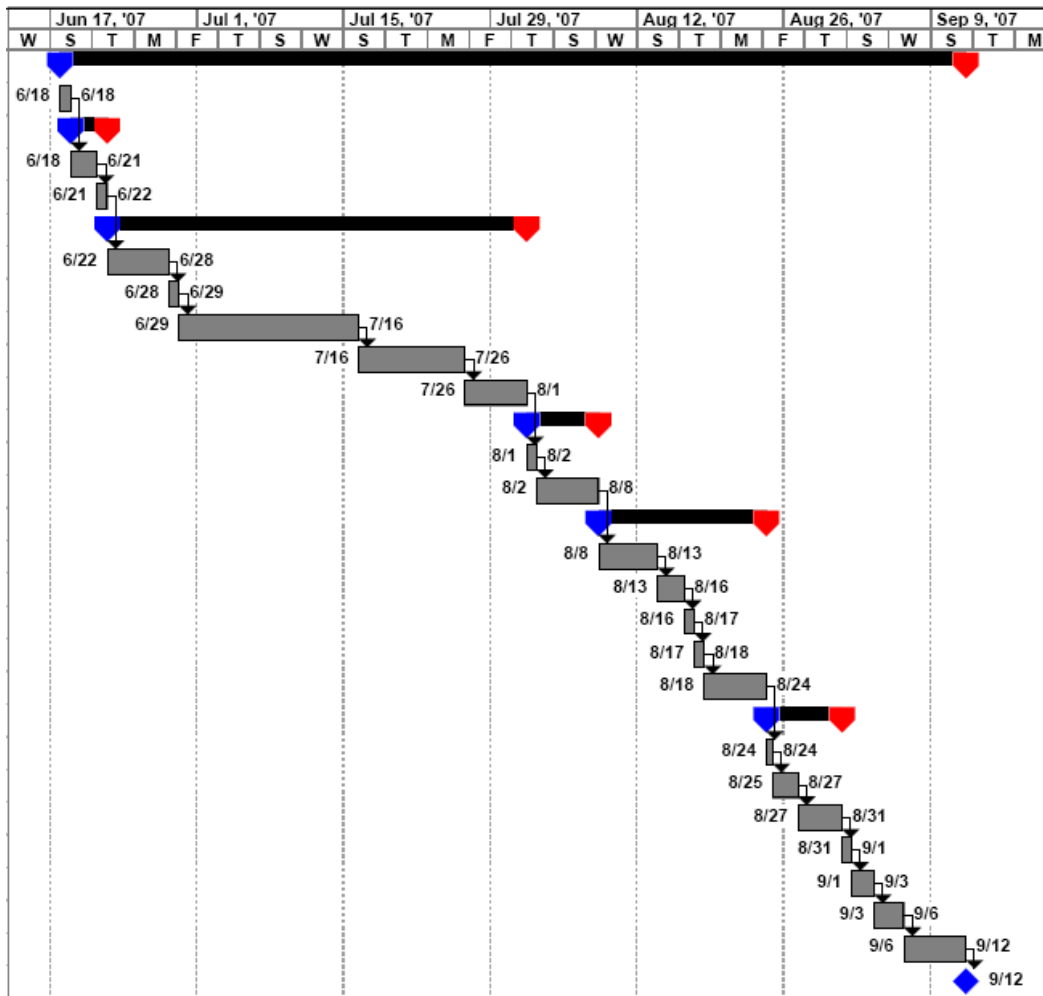
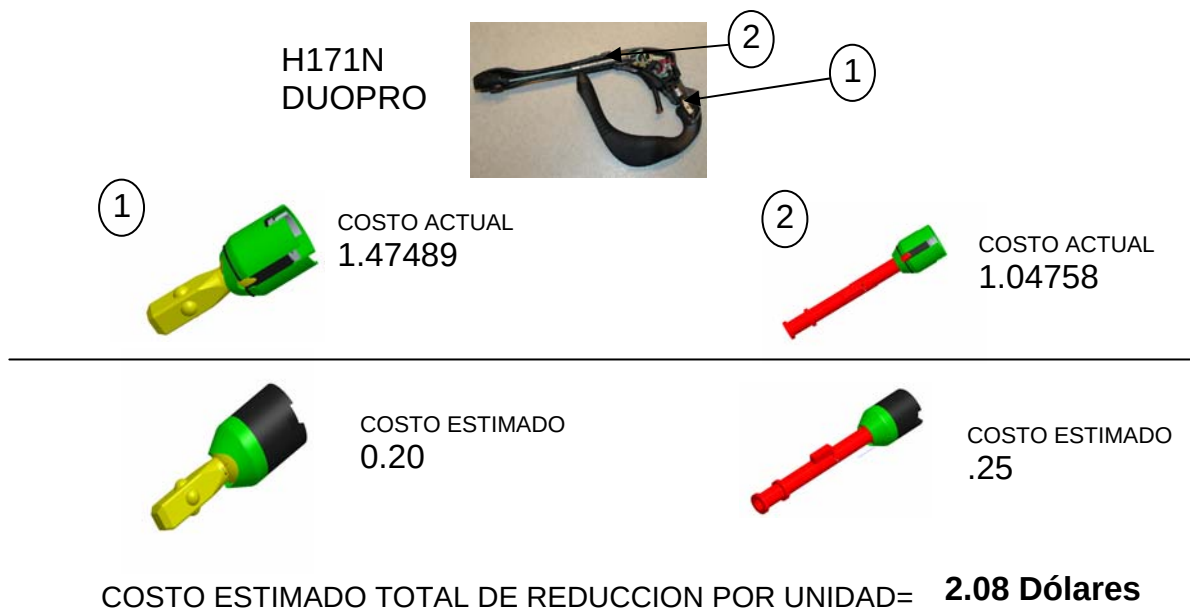


Fig. 4.1 Calendario de Actividades (Grafica)

4.5 Análisis de retorno de la inversión

Actualmente el costo de los ensambles en los cuales se esta estudiando la reducción de costos es de 2.522.47 dólares y el costo estimado de los ensambles con partes plásticas se estima que sea de .60 dólares, por tanto se estaría teniendo un ahorro de material de 1.90 dólares por unidad construida. Tomando en cuenta una inversión estimada de 16246.23 dólares y un tiempo estimado del 3 meses para la implementación de la mejora así como el pronóstico de ventas del producto que se estima en 70000 unidades al año, el retorno de la inversión se tendrá a partir de 1.5 meses después de la implementación obteniendo un ahorro neto de 116,000 dólares en el primer año y un ahorro de 133,000 dólares para el segundo año.



Remplazando el ensamble actual proveído por un proveedor externo por este nuevo concepto de ensamble de partes plásticas ensambladas en plamex se reduce el costo del producto.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se pudo determinar que para la reducción de costos se debe de implementar la propuesta numero 2 que consta de 5 nuevas partes fabricadas en resina plástica y la cual elimina la utilización de ensambles metálicos de proveedores externos.

La fuerza aplicada para la activación del movimiento de los ensambles es muy alta comparada con otros ensambles de productos de reciente lanzamiento, y en base a esos datos se diseñaron los ensambles en resinas plásticas.

Después de haber analizado la mejor propuesta se realizó el análisis de costos y tomando en cuenta los gastos de desarrollo que implicaría su implementación a si como el tiempo y recursos necesarios para el desarrollo del proyecto se puede ver claramente que el proyecto asegura una reducción de costos importante de aproximadamente 100,000 dólares anuales y un tiempo de recuperación de la inversión de 1.5 meses después de la inversión

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J W Nicholson (2006), *The Chemistry of Polymers*, 3rd ed., University of Greenwich.
- [2] Ashby, Michael F., & David R. H. Jones [1986] (1992). *Engineering Materials 2*
- [3] *Enciclopedia de Ciencia y Técnica*, Salvat Editores S.A.
- [4] Millán Gómez, Simón (2006), *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo.
- [5] Varios autores (1984), *Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Tomo 1 Acero*, Salvat Editores S.A.
- [6] Bryce, Douglas M. *Plastic injection molding: manufacturing process fundamentals*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- [7] Flory PJ, Orwoll RA, Vrij A. *Statistical Thermodynamics of Chain Molecule Liquids. I. An Equation of State for Normal Paraffin Hydrocarbons*. *J Am Chem Soc* 1964, 86, 3507.
- [8] Frenkler, D.; Zawistowski, H. *Hot Runners in Injection Moulds*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire: Rapra Technology, 2001, 1ªed.
- [9] Goodship, Vannessa. *Troubleshooting Injection Moulding*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire: Rapra Technology, 2004.
- [10] He J, Zoller J. *Crystallization of polypropylene, nylon-66 and poly(ethylene terephthalate) at pressures to 200 MPa: Kinetics and characterization of products*. *Polymer Sci., Part B: Polym. Phys.* 1994, 32, 1049.
- [11] Johannaber, Friedrich. *Injection molding machines: a user's guide*. Múnich: Hanser, 1994, 3ª ed.
- [12] Kumar, Anil; Gupta, Rakesh K. *Fundamentals of polymer engineering*. Nueva York: Marcel Dekker, 2003.
- [13] Morton-Jones, D.H. *Procesamiento de plásticos: Inyección, moldeo y PVC*. México: Limusa, 1999.
- [14] Platt, David K. *Engineering and High Performance Plastics*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire: Rapra Market Report, 2003.
- [15] Rees, Herbert. *Understanding Injection Molding Technology*. Múnich: Hanser Gardner, 1994.
- [16] Sánchez Valdés, Saúl; Rodríguez Fernández, Oliverio S.; Yáñez Flores, Isaura G. *Moldeo por inyección de termoplásticos*. México: Limusa, 2003.
- [17] Schultz, Jerold M. *Polymer Crystalization, The development of Crystalline Order in Thermoplastic Polymers*. Nueva York: Oxford University Press, 2001.
- [18] Hibbeler, R. C. 2005. *Mechanics of materials*, sixth edition. Prentice Hall.
- [19] Millán Gómez, Simón (2006), *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo.
- [20] Timoshenko S., *Strength of Materials*, 3rd edition, Krieger Publishing Company, 1976,
- [21] Den Hartog, Jacob P., *Strength of Materials*, Dover Publications, Inc., 1961,
- [22] Popov, Egor P., *Engineering Mechanics of Solids*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990,

- [23] Monleón Cremades, Salvador, *Análisis de vigas, arcos, placas y láminas*, Universidad Politécnica de Valencia, 1999,
- [24] <http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>
- [25] http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_mec%C3%A1nico
- [26] http://es.wikipedia.org/wiki/Elementos_finitos
- [27] http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_vida_del_producto

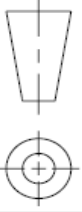
Manuales de referencia.

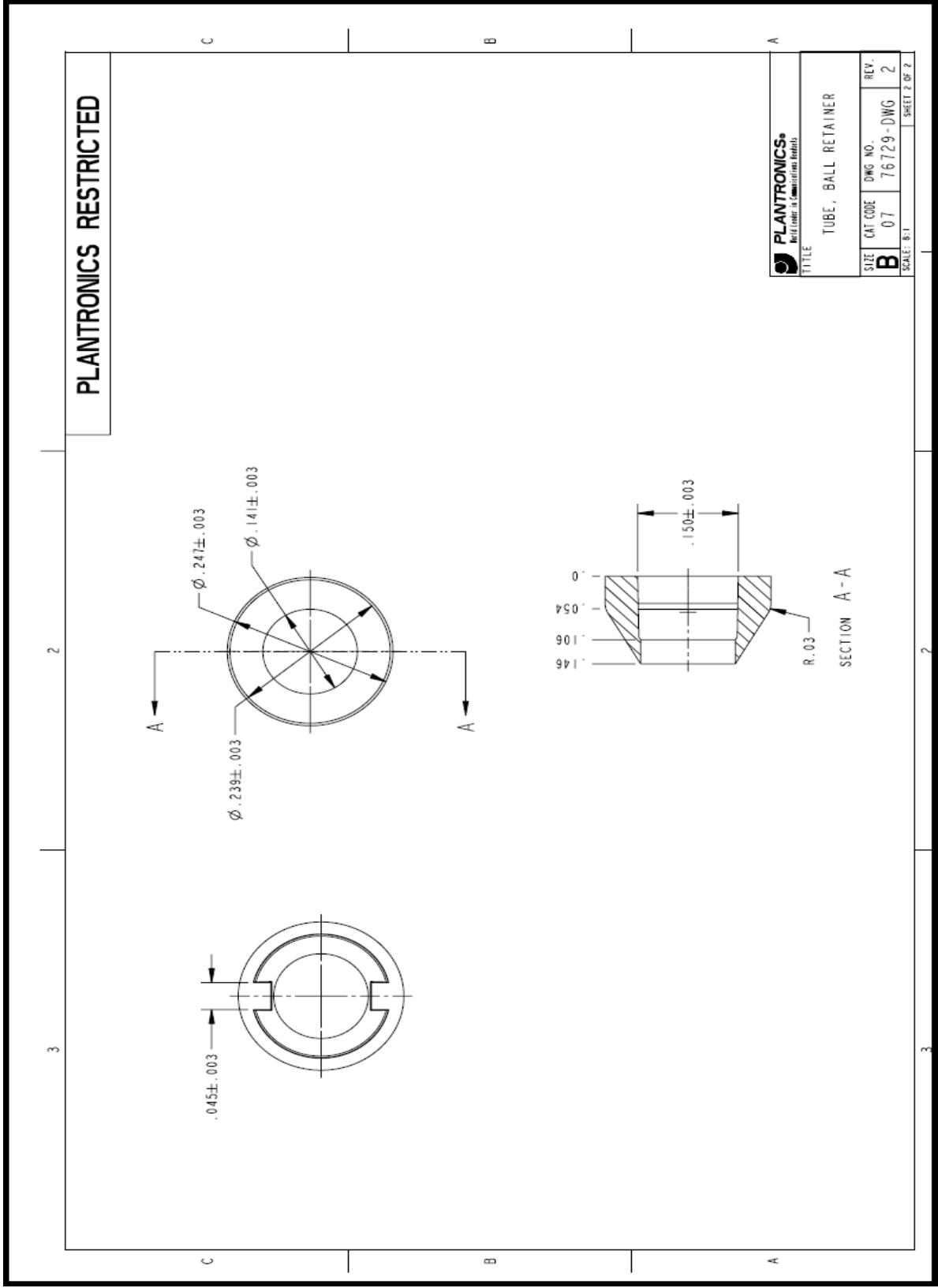
- *ASM HANDBOOK*
- *Joining of plastics (Handbook for Designers and Engineers)*
- *Plastic part Design for injection Molding.*
- *Project planning scheduling and control*
- *Interpretation of geometric dimensioning and tolerancing*

Paginas WEB

- http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable
- http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_estructural
- <http://www.plastunivers.com/>
- <http://www.monografias.com/>
- <http://www.tazaweb.com/main.htm>
- http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.wineglass.ws/diseño_producto_clip_image002.png&imgrefurl=http://www.wineglass.ws/diseño_producto.php&h=118&w=268&sz=15&hl=es&start=28&tbnid=jLP5tEwAWiNiJM:&tbnh=50&tbnw=113&prev

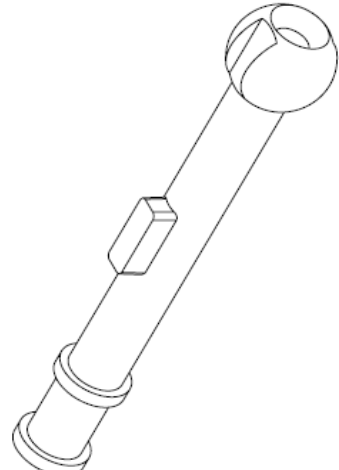
ANEXOS

3		2		2	
NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)				C	
1. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76729-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN .XX OF THE EXACT MODEL.					
2. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD.					
3. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS."					
4. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename, Grade, Generid Name; e.g. GE CYCOLÖY C1200, PC/ABS). REGRIND: XX% MAXIMUM. COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin; e.g. COLOR SCIENCE CS4H921C, HI HO SILVER, PC/ABS). (for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout)					
5. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER.					
6. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING.					
7. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A).					
8. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI HB-3, SURFACE QUALITY B).					
9. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX					
10. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX					
11. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION GC1 E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS".					
12. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION GC1 E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING". (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS)					
13. PART VOLUME 0 mm ³ .					
14. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.					
B				A	
				C	
				B	
☐ SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS				A	
				B	
PLANTRONICS RESTRICTED This document contains Plantronics, Inc. proprietary data, and is not to be copied, reproduced, used or divulged to unauthorized persons, in whole or in part, without proper authorization in writing from Plantronics. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.					
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN: DECIMAL .X IN. 0.1 FRACTIONS 1/32 IN. 0.005 ANGLES 1/4° FRACTIONS 1/8					
DO NOT SCALE					
DATE BY 3/17/87 S. PEREZ					
CHECKED BY					
REV. IN APPS					
WIG APPS					
PROD. ENG. APPS					
INTRALINK RELEASE LEVEL Exp					
THIRD ANGLE PROJECTION					
					
SIZE CAT CODE DWG NO. REV. B 07 76729-DWG 2					
SCALE: 8:1					
SHEET 1 OF 2					



NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)

1. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76730-01.PRT.
THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT).
THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN XX OF THE EXACT MODEL.
2. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD.
3. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS."
4. MATERIAL: (Manufacturer, Trade Name, Grade, Generic Name;
e.g. GE CYCLOY C1200, PC/ABS). REGRIND: XX% MAXIMUM.
COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin;
e.g. COLOR SCIENCE CS4K21C, HI HO SILVER, PC/ABS).
(for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout)
5. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER.
6. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING.
7. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A).
8. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI #B-3, SURFACE QUALITY B).
9. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING.
GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX
10. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY.
FLASH NOT TO EXCEED .XX
11. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION QC1 E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS".
12. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION QC1 E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING". (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS)
13. PART VOLUME 0 mm³.
14. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.



SCALE 6:1

REVISION		DATE	BY	CHK'D
02	PROTOTYPE	3/13/07	SP	

☐ SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS

2

PLANTRONICS RESTRICTED

This document contains Plantronics Inc. proprietary data and is not to be copied, reproduced, sold or divulged to unauthorized personnel in whole or in part, without proper authorization in writing from Plantronics, Inc. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.

DO NOT SCALE		PLANTRONICS ENVIRONMENTAL INITIATIVES	
DATE BY	S. PEREZ	3/13/07	TITLE
CHECKED BY			
REV. ENG. APP'D			
MFG. APP'D			
PROD. ENG. APP'D			

MATERIAL: 4

FINISH: 5

SHAFT, BOOM PIVOT

SIZE	CAT CODE	DWG NO.	REV.
B	07	76730-DWG	2

SCALE: 4:1

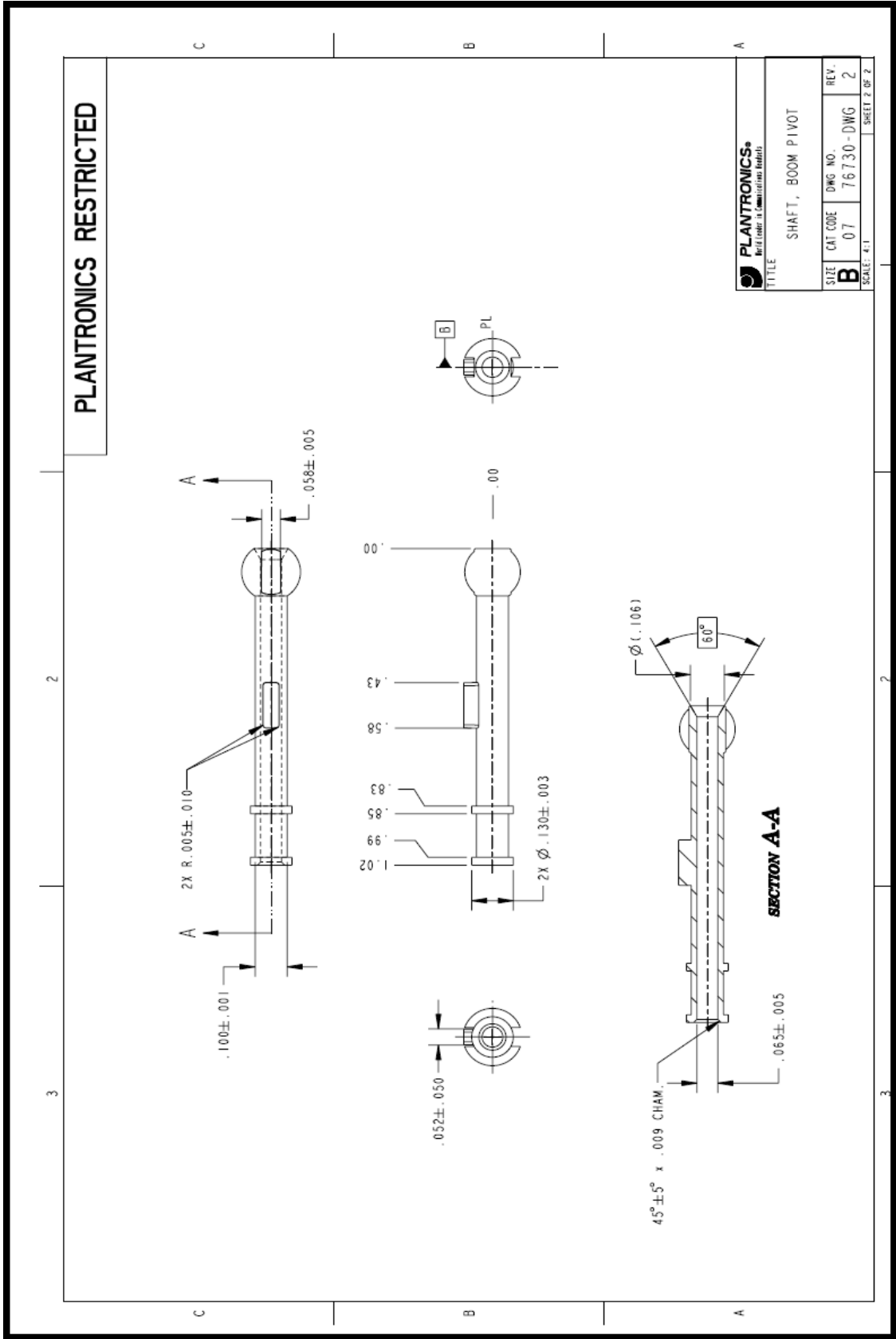
A

INITIAL INK RELEASE LEVEL

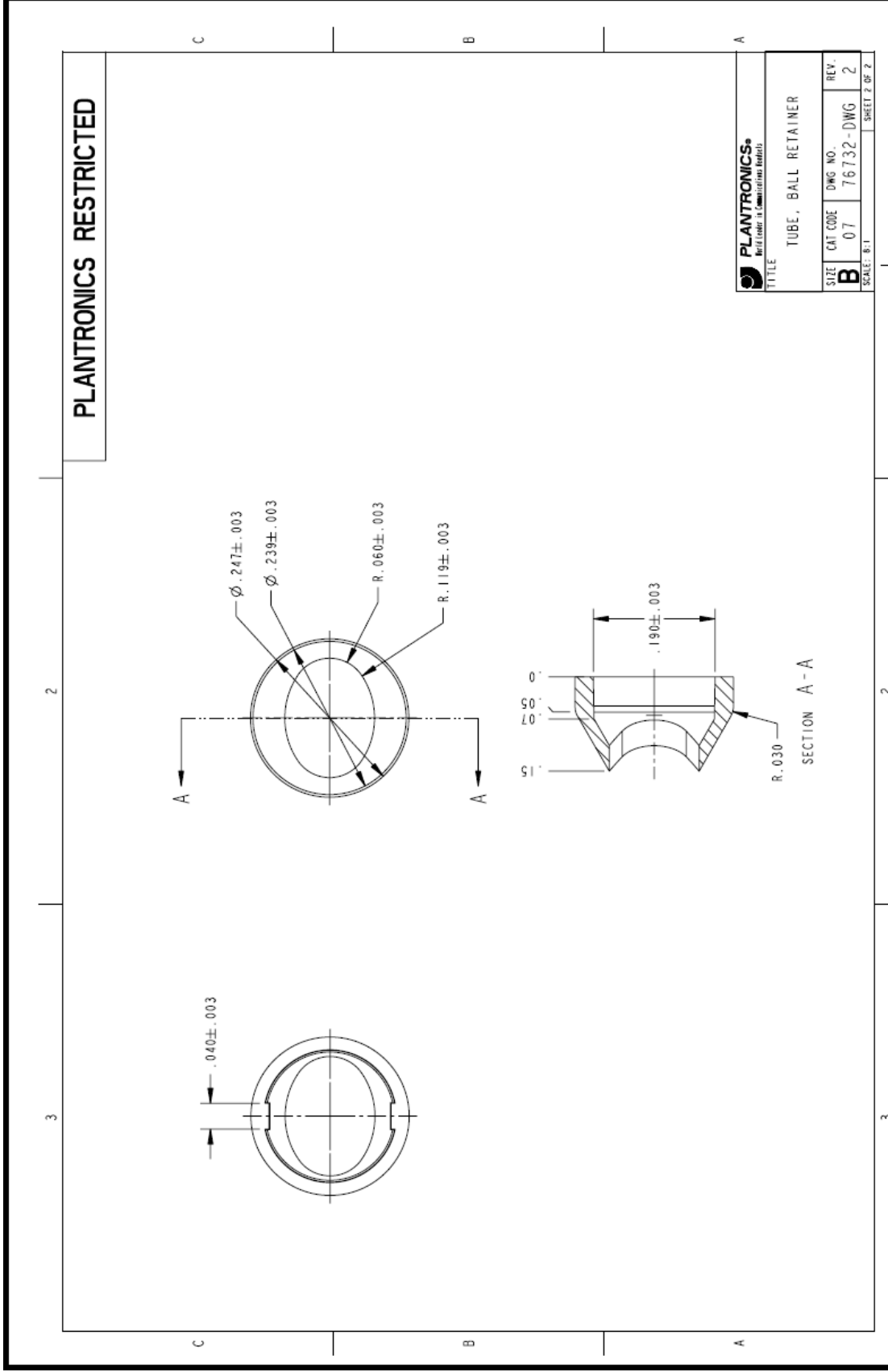
Exp

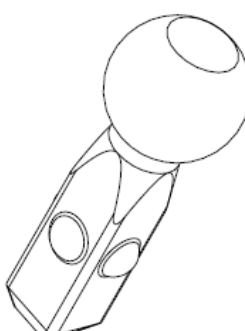
THIRD ANGLE PROJECTION

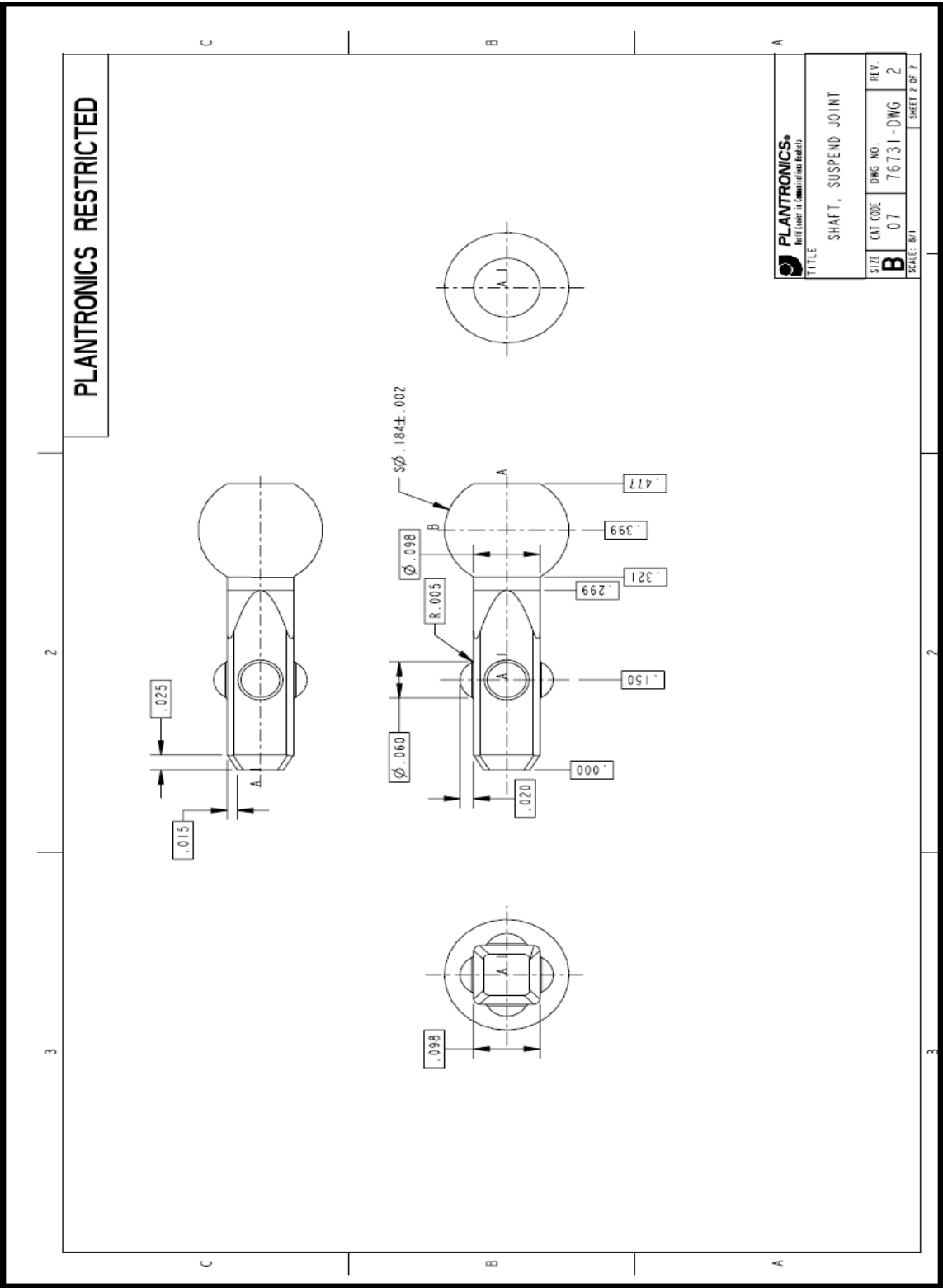
A



NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100	
1. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76732-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN $\square$.XX OF THE EXACT MODEL. 2. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD. 3. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS." 4. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename, Grade, Generic Name; e.g. GE CYCLOY C1200, PC/ABS). REGRIND: XX% MAXIMUM. COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin; e.g. COLOR SCIENCE CS4K921C, HI HO SILVER, PC/ABS). (for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout) 5. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER. 6. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. 7. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A). 8. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI HB-3, SURFACE QUALITY B). 9. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX 10. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX 11. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION OCT E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS". 12. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION OCT E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING" (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS) 13. PART VOLUME & VOLUME mm³. 14. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.		15. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76732-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN $\square$.XX OF THE EXACT MODEL. 16. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD. 17. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS." 18. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename, Grade, Generic Name; e.g. GE CYCLOY C1200, PC/ABS). REGRIND: XX% MAXIMUM. COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin; e.g. COLOR SCIENCE CS4K921C, HI HO SILVER, PC/ABS). (for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout) 19. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER. 20. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. 21. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A). 22. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI HB-3, SURFACE QUALITY B). 23. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX 24. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX 25. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION OCT E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS". 26. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION OCT E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING" (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS) 27. PART VOLUME & VOLUME mm³. 28. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.		29. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76732-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN $\square$.XX OF THE EXACT MODEL. 30. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD. 31. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS." 32. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename, Grade, Generic Name; e.g. GE CYCLOY C1200, PC/ABS). REGRIND: XX% MAXIMUM. COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin; e.g. COLOR SCIENCE CS4K921C, HI HO SILVER, PC/ABS). (for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout) 33. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER. 34. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. 35. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A). 36. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI HB-3, SURFACE QUALITY B). 37. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX 38. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX 39. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION OCT E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS". 40. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION OCT E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING" (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS) 41. PART VOLUME & VOLUME mm³. 42. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.		43. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76732-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN $\square$.XX OF THE EXACT MODEL. 44. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD. 45. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS." 46. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename																																																																																																																																																																																																	



NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)		2		C								
1. MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76731-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN .006 OF THE EXACT MODEL. 2. DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD. 3. MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 29485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS." 4. MATERIAL: (Manufacturer, Tradename, Grade, Generic Name; e.g. GE CYCOLOY C1200, PC/ABS); REGRIND: XX% MAXIMUM. COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin; e.g. COLOR SCIENCE CS4K921C, HI HO SILVER, PC/ABS). (for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout) 5. MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER. 6. CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. 7. FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A). 8. FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI #B-3, SURFACE QUALITY B). 9. PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX 10. FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX 11. COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION QC1 E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS". 12. PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION QC1 E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING". (e.g. 43734-01, CUSTOM TRAYS) 13. PART VOLUME 0.006 mm³. 14. MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.		☐ SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS	PLANTRONICS RESTRICTED This document contains Plantronics' proprietary data, and it shall not be copied, reproduced, used or divulged to unauthorized persons in whole or in part, without proper authorization in writing from Plantronics. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">REVISION</th> <th style="text-align: left; padding: 5px;">DATE</th> <th style="text-align: left; padding: 5px;">BY</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">02</td> <td style="padding: 5px;">INITIAL RELEASE</td> <td style="padding: 5px;">03/17/07</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </table>	REVISION		DATE	BY	02	INITIAL RELEASE	03/17/07	
REVISION		DATE	BY									
02	INITIAL RELEASE	03/17/07										



NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED).

1. INTERPRET DRAWING PER ASME STANDARD Y14.5M-1994.
2. FORCE TO PRODUCE BOOM MOTION:
lb. (MIN)
lb. (MAX)
(FORCE APPLIED PERPENDICULAR TO END OF BOOM SHAFT,
IN ANY DIRECTION).
3. PACKAGING: REFER TO FABRICATED PARTS PACKAGING SPECIFICATION
NUMBER 43734-04, BULK PACKAGING.

☒ SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS

PLANTRONICS RESTRICTED This document contains Plantronics, Inc. proprietary data, and is not to be copied, reproduced, used or divulged to unauthorized persons, in whole or in part, without proper authorization in writing from Plantronics, Inc. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.		PLANTRONICS® World leader in Communication Products	
DO NOT SCALE		DATE: 3/21/93	
DESIGNED BY: S PEREZ		TITLE: ASSEMBLY, BOOM SHAFT PIVOT	
CHECKED BY: JET FOR JPS		SIZE: CAT CODE: DWG NO.: 76735-DWG	
MATERIAL: 303 SS		REV. 2	
FINISH: 303 SS		SCALE: 3/1	
INITIAL LINK RELEASE LEVEL		THIRD ANGLE PROJECTION	
Exp		3/1	

NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED).

1. INTERPRET DRAWING PER ASME STANDARD Y14.5M-1994.
2. FORCE TO PRODUCE PIVOT MOTION:
12.0 OZ. (MIN)
24.0 OZ. (MAX)
(FORCE APPLIED PERPENDICULAR TO END OF EARHOOK SHAFT, IN ANY DIRECTION).
3. PACKAGING: REFER TO FABRICATED PARTS PACKAGING SPECIFICATION NUMBER 43734-04, BULK PACKAGING.

SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS

REVISION			
REV	DESCRIPTION	ECO NO.	DATE
02	PROTOTYPING		3/21/07
			SP

PLANTRONICS	REV. 2
SIZE B	CAT CODE 07
DMG NO. 76734-DWG	REV. 2
SCALE: 4X1	SHEET 1 OF 1

PLANTRONICS
This document contains Plantronics, Inc. proprietary data, and its use is to be controlled and restricted to authorized personnel only. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.

DO NOT SCALE			
SHOWN BY	DATE	TITLE	REVISION
S. PEREZ	3/21/07	ASSEMBLY - EARHOOK PIVOT	
CHECKED BY			
DESIGNED BY			
WFO APPD			
PROD ENG APPD			

INTRALINK RELEASE LEVEL			
Exp			
THIRD ANGLE PROJECTION			

MATERIAL:		FINISH:	
-----------	--	---------	--

NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)

- MAKE FROM COMPUTER GENERATED FILE NO. 76733-01.PRT. THE COMPUTER MODEL IS BASIC (THEORETICALLY EXACT). THE PHYSICAL PART MUST LIE WITHIN $\pm .xx$ OF THE EXACT MODEL.
- DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994 STANDARD.
- MOLD CONSTRUCTION TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION 23485-00, "CONSTRUCTION OF PRODUCTION INJECTION MOLDS."
- MATERIAL:** (Manufacturer, Tradename, Grade, Generic Name;
e.g. GE CYCLOY C1200, PC/ABS), REGRIND: $\leq .01$ MAXIMUM.
COLOR: (Manufacturer, Color Chip Number, Color Name, Grade of Resin;
e.g. COLOR SCIENCE CSK921C, HI HO SILVER, PC/ABS).
If for multiple dash nos., use tab chart for material/color callout)
- MATERIAL USED MUST HAVE A FLAMMABILITY RATING EQUIVALENT TO UL 94-HB OR BETTER.
- CAVITY ID TO BE LOCATED WHERE SHOWN PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING.
- FINISH: (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. MOLD-TECH MT-11010, SURFACE QUALITY A).
- FINISH: SURFACES NOT DENOTED TO BE (Mold-Tech, VDI, or SPI Number; e.g. SPI #B-3, SURFACE QUALITY B).
- PARTING LINE, GATE, AND EJECTOR PIN LOCATIONS PER WRITTEN AGREEMENT BETWEEN SUPPLIER AND PLANTRONICS ENGINEERING. GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .XX
- FLASH IS PERMISSIBLE ON PARTING LINE ONLY. FLASH NOT TO EXCEED .XX
- COSMETICS: PARTS TO CONFORM TO PLANTRONICS SPECIFICATION OCT E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS". OCT E26F101, "INSPECTION INSTRUCTIONS FOR MOLDED PARTS".
- PACKAGING: PARTS TO BE PROTECTED CONSISTENT WITH PLANTRONICS COSMETIC SPECIFICATION OCT E26F101. REFER TO SPECIFICATION 43734-XX, "FABRICATED PARTS PACKAGING" (e.g., 43734-01, CUSTOM TRAYS)
- PART VOLUME (1.0) mm³.
- MUST MEET PLANTRONICS ENVIRONMENTAL POLICY AND GUIDELINES.

REVISION		DATE	BY	CHKD
1	INITIAL RELEASE			



SCALE 8:1

SEE SEPARATE BILL OF MATERIALS

INTRALINK RELEASE LEVEL

DO NOT SCALE

DATE BY

Exp

THIRD ANGLE PROJECTION



TITLE

DIMENSIONS ARE IN: $\frac{\text{mm}}{\text{inch}}$

MATERIAL: $\frac{4}{8}$

FINISH: $\frac{1}{8}$

Element Friction

ASSOCIATED DRAWING

DESCRIPTION

-01

-DWG

DASH #

TABULATION CHART

PLANTRONICS RESTRICTED

This document contains Plantronics, Inc. proprietary data, and is not to be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, without proper authorization in writing from Plantronics, Inc. This information is the property of Plantronics, Inc. which reserves all rights to it.

PLANTRONICS

OUND INNOVATION™

SIZE CAT CODE DWG NO. REV.

B 07 76733-DWG 2

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 2

