

REDISEÑO DE LOS COMPONENTES PLÁSTICOS DEL INTERRUPTOR  
ROTATIVO I-315, PARA SUSTITUIR EL PROCESO ACTUAL DE  
TERMOPRENSADO DE BAKELITA POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS  
DE INGENIERÍA

JUAN CARLOS ZULETA ACEVEDO

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA  
MEDELLÍN  
2009

REDISEÑO DE LOS COMPONENTES PLÁSTICOS DEL INTERRUPTOR  
ROTATIVO I-315, PARA SUSTITUIR EL PROCESO ACTUAL DE  
TERMOPRENSADO DE BAKELITA POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS  
DE INGENIERÍA

JUAN CARLOS ZULETA ACEVEDO

Trabajo de grado para optar por el  
título de Ingeniería Mecánica

Asesor:

Roberto Rave Serna

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA  
MEDELLÍN  
2009

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2 METODOLOGÍA	14
3 ALCANCE DEL PROYECTO	16
4 DESARROLLO	17
4.1 MARCO TEÓRICO	17
4.2 RESULTADOS	21
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
5. CONCLUSIONES	41
6. RECOMENDACIONES	43
7. BIBLIOGRAFÍA	44
8. ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lista de materiales de un Interruptor rotativo I-315 con su respectivo costo unitario.	21
Tabla 2. Estructura de materiales de los componentes fabricados en Bakelita.	23
Tabla 3. Estándares de producción unitarios de los componentes fabricados en Bakelita.	23
Tabla 4. Desperdicios producidos por unidad fabricada.	24
Tabla 5. Consumo energético de las máquinas termoprensas en la etapa de calentamiento.	25
Tabla 6. Ponderación de propiedades para la selección de materiales	27
Tabla 7. Nueva estructura de materiales de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio.	28
Tabla 8. Comparativo en peso entre ambos interruptores.	28
Tabla 9. Estándares de producción unitarios de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzado al 30% con fibra de vidrio.	29
Tabla 10. Numerales de las normas NTC-2183 y NTC-1337 aplicados a los interruptores rotativos.	29
Tabla 11. Costo del nivel de desperdicios en el proceso de termoprensado de bakelita (fabricación de caja y leva) y troquelado de fleje (fabricación de tapa).	32

Tabla 12. Costo mensual del calentamiento de las termoprensas.	32
Tabla 13. Costo primo unitario de fabricación para moldes de 4 cavidades de cada componente.	36
Tabla 14. Imágenes comparativas de los artículos iniciales (derecha) y los rediseñados (izquierda).	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Interruptor I-315 actual.	9
Ilustración 2. Costos históricos de mantenimiento de maquinaria y herramientas del proceso de termoprensado, para los dos últimos años.	24
Ilustración 3. Vista actual del proceso de termoprensado de bakelita en IPROCOS S.A.	31
Ilustración 4. Comparativo de costos entre la caja termoprensada y la caja inyectada.	36
Ilustración 5. Comparativo de costos entre la leva termoprensada y la leva inyectada.	37
Ilustración 6. Comparativo de costos entre la tapa troquelada y la tapa inyectada.	37
Ilustración 7. Comparativo de costos primos entre ambos interruptores.	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Plano de explosión del Interruptor fabricado en Bakelita

ANEXO B. Tablas de selección de materia prima y ficha técnica

ANEXO C. Planos de componentes rediseñados

ANEXO D. Planos optimizados de componentes rediseñados

ANEXO E. Plano de explosión del Interruptor rediseñado

ANEXO F. Ficha técnica del Interruptor rediseñado

## INTRODUCCIÓN

IPROCOTM S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de componentes plásticos para la industria de los electrodomésticos. Sus instalaciones están localizadas en el municipio de Copacabana, Colombia. Dentro de sus principales clientes se destacan Industrias Haceb y Electrocontrol (Medellín), y Challenger (Bogotá).

Uno de los productos que se fabrican en IPROCOTM es el Interruptor rotativo I-315. Es un componente utilizado en las cocinas eléctricas para regular la temperatura a la cual se desea calentar las resistencias eléctricas. Le permite al usuario variar la intensidad de calor entregada por las resistencias eléctricas de acuerdo a la posición en que se encuentre: Alto – Medio – Bajo – Apagado. Esto lo logra conmutando un conjunto de contactos eléctricos que se encuentran en su interior, a medida que el usuario hace girar la perilla.

Ilustración 1. Interruptor I-315 actual.



Desde hace varios años, algunos de los componentes internos de este interruptor se han venido fabricando en bakelita (resina fenólica termoestable), por medio de un proceso denominado termoprensado. Aunque la bakelita posee buena rigidez dieléctrica y buena resistencia térmica, que son las dos principales propiedades que se buscan en esta aplicación, el proceso de termoprensado ha quedado fuera del estado del arte, debido a su baja productividad. También, el material se ha

venido revaluando, con la aparición de nuevos plásticos de ingeniería, que ofrecen las mismas o mejores propiedades que la bakelita, pudiendo ser procesados de una forma más productiva y limpia como la inyección.

Actualmente, IPROCOTM fabrica estos componentes en bakelita, por medio del proceso de termoprensado. Sin embargo, en el seguimiento que se le ha venido haciendo a este proceso, hay factores que han sido determinantes para comenzar a realizar el estudio de migración del proceso de termoprensado y la sustitución del material. Estos factores son:

- Alto consumo energético.
- Bajos tiempos de ciclo y su consiguiente baja productividad.
- Altos desperdicios de material y sus correspondientes problemas ambientales por la no reciclabilidad de la Bakelita.
- Altos costos de mantenimiento de maquinaria y moldes.
- Problemas ambientales adicionales generados por los tratamientos electrolíticos de algunos componentes metálicos del interruptor.

El alcance de este proyecto es impactar directamente el costo del producto final, interviniendo el diseño actual de los componentes fabricados en bakelita y el proceso mediante el cual se producen. Igualmente, para IPROCOTM es importante que sus procesos tengan mejoras efectivas en productividad, disminuyendo los consumos energéticos, los tiempos de ciclo y el nivel de desperdicios.

Se entregará un prototipo funcional del Interruptor I-315 con sus componentes fabricados en el nuevo proceso con el nuevo material, y con su ficha de especificaciones técnicas, evaluadas bajo las normas estándares establecidas para este tipo de componentes como lo son las normas NTC-2183 (Seguridad de aparatos electrodomésticos y aparatos eléctricos similares. Parte 1: Requisitos generales) y NTC-1337 (Interruptores para instalaciones eléctricas fijas domésticas y similares. Requisitos generales). Los objetivos principales de fabricar

un prototipo funcional son: evaluar el desempeño de la materia prima sustituta y analizar el ensamble interno de todos los demás componentes; posteriormente, se optimizará el diseño del prototipo teniendo en cuenta muchos más detalles que no se consideraron prioritarios en este primer desarrollo y se entregarán planos de los componentes optimizados que corresponderían al diseño definitivo de este componente.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar las partes plásticas del Interruptor rotativo I-315 fabricadas en bakelita para sustituir el proceso actual de termoprensado por el de inyección de termoplásticos de ingeniería.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis del estado actual del proceso de termoprensado en IPROCOS S.A.
- Investigar materiales plásticos sustitutos de la bakelita, que ofrezcan las mismas propiedades para la aplicación, procesables por medio de la inyección de plásticos.
- Rediseñar con ayudas CAD los componentes plásticos del Interruptor I-315.
- Diseñar y construir moldes de preserie para la producción de los prototipos de los nuevos componentes.
- Tomar tiempos reales de producción de los nuevos componentes en el proceso de inyección.
- Realizar una tabla comparativa de los estándares de producción del proceso de termoprensado vs. inyección de termoplásticos.

- Realizar un análisis comparativo en costos del interruptor actual fabricado en bakelita vs. el interruptor rediseñado y fabricado en termoplástico de ingeniería.
- Fabricar un prototipo funcional del interruptor I-315 en el nuevo proceso y con el nuevo material, y su respectiva ficha de especificaciones técnicas.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto, se siguieron las siguientes fases:

### **Fase 1**

La primera actividad es estudiar el estado actual del proceso de termoprensado de bakelita que se lleva a cabo en IPROCOTM, determinando los estándares de producción actuales como un punto de referencia con el que se comparará una vez se termine el proyecto.

### **Fase 2**

En esta fase se hará una referenciación del estado del arte de este tipo de componentes y de materiales sustitutos de la bakelita, que ofrezcan las mismas propiedades que la aplicación requiere. Además, se hará una selección entre los posibles materiales sustitutos para determinar cuál ofrece mejores propiedades de acuerdo a una ponderación.

### **Fase 3**

Una vez identificado el material que pueda sustituir a la bakelita, se comenzará a rediseñar los componentes plásticos en este nuevo material utilizando herramientas CAD y teniendo en cuenta las recomendaciones de diseño para partes plásticas.

### **Fase 4**

Luego de realizar el rediseño de los componentes, se diseñarán los moldes para los prototipos, se cotizarán y se mandarían a fabricar. IPROCOTM asumirá todos los costos relacionados con la fabricación de dichos instrumentales.

### **Fase 5**

Se producirá un prototipo y un lote inicial, sobre el cual se tomarán los nuevos estándares de producción y las estructuras de producto, y posteriormente se ensamblarán para analizar su desempeño.

### **Fase 6**

Se evaluará el desempeño de los nuevos componentes mediante una serie de pruebas técnicas comparativas con el Interruptor anterior y el cumplimiento de las normas NTC-2183 y NTC- 1337 para componentes eléctricos. Estas pruebas se realizarán en los laboratorios de Industrias Haceb, completamente dotados para realizar estas normas; esta facilidad se desprende de la cercanía que hay con este cliente de IPROCOT.

### **Fase 7**

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos, se compararán los nuevos estándares de producción y los estándares del proceso anterior, y se sacarán conclusiones correspondientes.

### 3. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es impactar directamente el costo del producto final, interviniendo el diseño actual de los componentes hechos en bakelita y el proceso mediante el cual se producen. Igualmente, para IPROCOTM es importante que sus procesos tengan mejoras efectivas en el impacto ambiental y en la productividad, disminuyendo los consumos energéticos, los tiempos de ciclo y el nivel de desperdicios.

En otras palabras, se busca reducir el costo final del producto impactando los siguientes factores:

- Disminución de tiempos de ciclo de producción, lo cual se traduce en la reducción unitaria de la mano de obra.
- Ahorros energéticos, al utilizar un proceso que consume menos energía, lo cual hace que el consumo unitario de energía sea menor.
- Aprovechamiento de materia prima, al trabajar con un material que permita ser reutilizado, lo que minimiza los excedentes de proceso, generando una producción más limpia.
- Reducir los costos de mantenimiento, ya que las máquinas termoprensas son muy antiguas y el costo de operación es muy elevado.

Al final, se entregará un prototipo funcional del Interruptor I-315 con sus respectivos componentes modificados y fabricados en el nuevo proceso y en nuevo material, con su respectiva ficha de especificaciones técnicas.

## 4. DESARROLLO

### 4.1 MARCO TEÓRICO

La bakelita fue la primera sustancia plástica totalmente sintética. Fue creada en 1909 por el químico belga Leo Baekeland. Es sintetizada a partir de fenol y formaldehído y actualmente tiene aplicaciones de interés<sup>1</sup> en la industria automotriz, eléctrica, electrodomésticos, entre otras.

Sus propiedades principales son:

- Aislante térmico.
- Aislante eléctrico.
- Resistente al agua y a los solventes.
- Fácilmente mecanizable.

Dentro de la clasificación de los plásticos, es considerada como una resina termoestable debido al alto grado de entrecruzamiento entre sus moléculas. Esto hace que una vez se haya generado el entrecruzamiento, el material ya no pueda reprocesarse. Otra desventaja del material es que es muy abrasivo, generando altos costos de mantenimiento de maquinaria y moldes. Inicialmente, la bakelita se conformaba mediante el proceso de prensado. Conforme fue avanzando la tecnología, se lograron producir referencias de bakelita que permitían ser inyectadas, así como las respectivas máquinas inyectoras. Sin embargo, el problema de la abrasión y el desgaste no se ha superado hasta el momento.

Para el proceso de rediseño, la teoría muestra que hay algunos pasos importantes para tener en cuenta.

---

<sup>1</sup> Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Baquelita>. Visitado el 7 de abril de 2009.

- a. Seleccionar un producto.
- b. Realizar el estudio del mercado del producto.
- c. Realizar el modelo funcional del rediseño.
- d. Desarrollar la arquitectura del producto.
- e. Manufacturar y evaluar prototipo.

Acerca del proceso de fabricación, la reducción de número de pasos en el proceso, por lo general, genera reducciones en los costos. Algunos pasos del proceso pueden no ser necesarios. Un ejemplo de este método de producción es la fabricación de forma directa, que consiste en producir una parte con la geometría final en un solo paso de manufactura. Dentro de los procesos típicos se encuentra la inyección, la extrusión, la fundición, entre otros.

La inyección de plásticos es uno de los procesos más comunes de transformación de plásticos. Consiste en introducir una resina plástica fundida en un molde que contiene el negativo tridimensional de la pieza que se quiere producir. Una vez se ha introducido la resina, se debe esperar mientras ésta se enfría y adquiere la forma de la cavidad del molde. Finalmente, la pieza se expulsa y se reinicia el ciclo. En este proceso, se deben tener en cuenta muchos parámetros para que la calidad y el acabado del producto sean adecuados. Dentro de estos parámetros están la presión de inyección, la velocidad de inyección, las temperaturas de fundido, la fuerza de cierre, la temperatura y el tiempo de enfriamiento, entre otros. Todos estos parámetros varían de acuerdo al molde que se va a inyectar, el material y el tamaño de la máquina inyectora.

Actualmente, en el mundo existen diferentes fabricantes de este tipo de interruptores. Prácticamente, cada fabricante tiene sus propios diseños, desarrollados específicamente para aplicaciones dedicadas al control del calor emitido por resistencias eléctricas en el proceso de calentamiento doméstico de alimentos. Sin embargo, existen otro tipo de aplicaciones, todas involucradas con

el control artefactos eléctricos, como aires acondicionados, cargadores de baterías, refrigeradores, hornos, microondas, calentadores, radiadores, lavadoras, entre otros.

Dentro de los principales fabricantes están:

- Gottak
- General Electric
- Elektra
- Otto
- Arcoelectric

Los interruptores que se pueden conseguir en el mercado tienen las más variadas procedencias, siendo los de origen europeo y asiático los más comunes.

Todos los interruptores constan de una carcasa que es la encargada de dar el soporte para fijar y mantener aislados los contactos eléctricos, que son conmutados por el usuario al girar una perilla. Esta perilla se encarga de mover los contactos y, de acuerdo a la combinación de las conexiones, se permite el paso de la corriente a las diferentes zonas de las resistencias eléctricas, generando así diferentes temperaturas.

La carcasa y el vástago de la perilla, por lo general, se fabrican en resinas plásticas, y dependiendo del diseño, pueden tener refuerzos metálicos.

Una característica común a todos los interruptores es que los contactos eléctricos internos se fabrican en plata debido a su buena conductividad eléctrica. Además, éstos son de los más variados diseños y tamaños, que dependen en su totalidad del diseño del interruptor.

El funcionamiento y desempeño de estos dispositivos eléctricos está regidos por diferentes normas técnicas. En Colombia están las normas NTC-2183 y NTC-2386, que contienen los requerimientos generales y específicos de las diferentes aplicaciones.

## 4.2 RESULTADOS

El proyecto comenzó a desarrollarse realizando un estudio del estado actual del proceso de termoprensado de bakelita así como de la estructura de componentes del interruptor, con el objetivo de tener un punto de referencia para comparar los resultados obtenidos al final de la investigación.

Un Interruptor rotativo I-315 se compone de las siguientes partes:

Tabla 1. Lista de materiales de un Interruptor rotativo I-315 con su respectivo costo unitario.

NOMBRE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
CAJA I-315-2 PERFORADA <sup>2</sup>	1	366	366
LEVA EJE I-315-2 PULIDA <sup>3</sup>	1	242	242
TORN 8-32X5/8" CC PH TROP	5	12	60
Contacto Movil laton I-315-2	2	71	143
Resorte De Acero I-315-2 0.72	2	24	48
Contacto Móvil I-315 Der-Dob	1	239	239
Contacto Móvil I-315 Izq-Dob	1	237	237
Arandela Plan Cont Movil I-315	2	17	34
Tapa I-315-2 <sup>4</sup>	1	117	117
Terminal I-315-2	5	35	176
CONTACTO CENTRAL ENS I-315	1	164	164
CONTACTO FIJO LAT ENS I-315	2	93	186
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>		<b>2.011</b>

---

<sup>2,3,4</sup> Componente intervenido.

El plano de explosión de componentes de este interruptor se puede apreciar en el Anexo A.

Hay un componente que no se fabrica en bakelita que es la Tapa I-315-2. Este componente se fabrica de fleje de hierro troquelado, pero la ocasión se prestó para intervenir también este componente, así no fuera fabricado en bakelita, con el objetivo de optimizarlo y de sustituir el material, ya que la aplicación específica de la Tapa no demanda alta resistencia mecánica, y por ende, no tiene necesidad de ser metálica. En el análisis de resultados se exponen otras razones de por qué se intervino este componente.

Una vez identificados los componentes a rediseñar, se trabajó con la premisa de mantener intactos todos los demás componentes internos y no intervenir su diseño ni su proceso de fabricación, porque de otra manera el proyecto se tornaría muy grande y dispendioso. Esta decisión ayudó a acotar el proyecto y centrarse en un problema específico.

Por su parte, el estudio del estado actual del proceso de termoprensado se centró en analizar los siguientes factores:

- Estructura de materiales: cantidad de materia prima para la fabricación de una unidad.
- Estándares de producción: tiempo unitario que toma producir una unidad de cada componente.
- Desperdicios producidos por unidad fabricada: como se mencionó anteriormente, la bakelita es un plástico termoestable, y los sobrantes de proceso no pueden ser utilizados de nuevo porque ya se ha dado el fenómeno químico de entrecruzamiento entre las moléculas constitutivas.

- Costos mensuales de mantenimiento: costos históricos tomados del software de mantenimiento de la empresa, aplicados a maquinaria y herramientas del proceso de bakelita.

Las estructuras de materiales de los componentes fabricados en bakelita son:

Tabla 2. Estructura de materiales de los componentes fabricados en Bakelita.

<b>Componente</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
CAJA	Bakelita	53,0	g
	Bujes en fleje hierro cal. 24 x 20	3,9	g
LEVA	Bakelita	17,0	g
	Eje hierro media luna 60mm	10,7	g
TAPA	Fleje hierro 70mm cal.20	30	g

Por otro lado, los tiempos de producción de cada uno de los componentes analizados son:

Tabla 3. Estándares de producción unitarios de los componentes fabricados en Bakelita.

<b>Componente</b>	<b>Tiempo de ciclo (min)</b>	<b>Cavidades molde<sup>5</sup></b>	<b>Tiempo unitario de fabricación (s)</b>
CAJA I-315-2 PERFORADA	3,6	12,0	18,0
LEVA EJE I-315-2 PULIDA	4,4	16,0	16,5
Tapa I-315-2 <sup>6</sup>	0,064	1	3,9

---

<sup>5</sup> Tapas troqueladas por golpe.

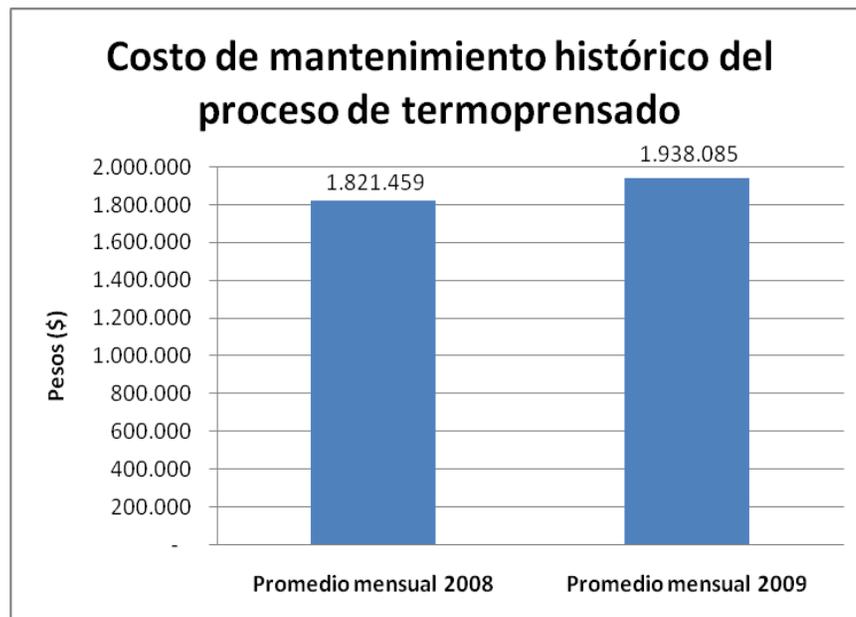
<sup>6</sup> Producto troquelado.

De acuerdo a la toma de datos, los desperdicios en el proceso de termoprensado son:

Tabla 4. Desperdicios producidos por unidad fabricada.

	<b>CAJA</b>	<b>%</b>	<b>LEVA</b>	<b>%</b>	<b>TAPA<sup>7</sup></b>	<b>%</b>
<b>Materia prima requerida (g/unidad)</b>	53	100%	17,0	100%	30	100%
<b>Materia prima final (g/unidad)</b>	38	72%	6,4	38%	22,8	76%
<b>Excedente (g/unidad)</b>	15	28%	10,6	62%	7,2	24%

Ilustración 2. Costos históricos de mantenimiento de maquinaria y herramientas del proceso de termoprensado, para los dos últimos años.



Fuente: programa de mantenimientos y sistema de costos de IPROCOT S.A.

<sup>7</sup> Los excedentes de la caja y la leva corresponden a desperdicios de bakelita, mientras que los excedentes de la tapa corresponden a desperdicios de fleje de hierro.

También se midió el consumo de energía de las máquinas termoprensas únicamente en la etapa de calentamiento (consumo energético no productivo). Las resistencias eléctricas de las máquinas se deben encender 4 horas antes de comenzar un turno de producción; esto quiere decir que las máquinas se programan para que se enciendan automáticamente a las 2am para que ya estén calientes y a la temperatura óptima cuando los operarios ingresen a trabajar a las 6am. La toma de datos arrojó los siguientes resultados:

Tabla 5. Consumo energético de las máquinas termoprensas en la etapa de calentamiento.

# Termoprensa	1	2	3
Potencia Resistencias (KWH)	16	16	32
Cantidad de resistencias	4	4	4
Consumo diario durante 4h de calentamiento (KWH)	64	64	128

Una vez analizado el estado del proceso de prensado de bakelita, se procedió a realizar el estudio de selección de un material sustituto de la bakelita para esta aplicación. Las propiedades que se tuvieron en cuenta para la selección fueron:

- a) Propiedades reológicas
  - Contracción
  
- b) Propiedades térmicas
  - Punto de fusión
  - Temperatura de ablandamiento (HDT)
  - Resistencia a la llama (inflamabilidad)
  - Resistencia al hilo incandescente
  
- c) Propiedades eléctricas
  - Rigidez dieléctrica

d) Propiedades mecánicas

- Resistencia al impacto
- Módulo de elasticidad

e) Otras características

- Precio/kg de material.

La primera selección de materiales se realizó considerando aquellos que tuvieran una resistencia dieléctrica superior a 20 KV/mm y una temperatura de deflexión (HDT) superior a 200°C, utilizando los filtros de [www.matweb.com](http://www.matweb.com)<sup>8</sup>. Los materiales que pasaron este filtro fueron:

- PA 6, 6: Poliamida 6,6 sin refuerzo.
- PBT: Polibutil tereftalato sin refuerzo.
- PA 6,6 + 30%FV: Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio.
- PBT + 30%FV: Polibutil tereftalato reforzado al 30% con fibra de vidrio.
- PPS: Polifenilsulfona.
- PEI + 30%FV: Polietirimida reforzada al 30% con fibra de vidrio.

Un segundo filtro que se utilizó fue la facilidad para adquirir en el mercado local las materias primas seleccionadas en el primer filtro, a través de los comercializadores más importantes de resinas plásticas a nivel local. Los materiales que pasaron este segundo filtro fueron:

- PA 6, 6: Poliamida 6,6 sin refuerzo.
- PBT: Polibutil tereftalato sin refuerzo.
- PA 6,6 + 30%FV: Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio.
- PBT + 30%FV: Polibutil tereftalato reforzado al 30% con fibra de vidrio.

---

<sup>8</sup> Disponible en internet: [www.matweb.com](http://www.matweb.com). Material Property Data. Visitado el 10 de agosto de 2009.

Posteriormente, se realizó un ejercicio de ponderación de propiedades, el cuál arrojó la siguiente información:

Tabla 6. Ponderación de propiedades para la selección de materiales

Propiedad		#	Grupales	Ponderación
Reológicas	Contracción	1	1	3%
Térmicas	Punto de fusión	2	3	8%
	Temperatura de ablandamiento	3	7	19%
	Resistencia a la llama	4	5	14%
	Resistencia al hilo incandescente	5	7	19%
Eléctricas	Rigidez dieléctrica	6	7	19%
Mecánicas	Resistencia al impacto	7	1	3%
	Módulo de elasticidad	8	4	11%
Otras	Precio	9	1	3%
			36	100%

La matriz de selección, según la ponderación dada a cada propiedad de acuerdo a la comparación por grupales, arrojó los resultados que se pueden apreciar en el Anexo B.

Como resultado del proyecto, el material que se seleccionó como remplazo de la bakelita fue la PA 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio. El reto al seleccionar este material, cuyo costo por kilogramo es 3 veces superior al de la bakelita, consistió en rediseñar y optimizar de tal forma los componentes fabricados en bakelita y mejorar las condiciones y parámetros de procesamiento, que el costo total de producción del interruptor terminado fuera inferior al costo actual de dicho producto, calculado anteriormente.

Una vez identificadas las piezas a rediseñar (con la premisa de mantener intactos todos los demás componentes), habiendo seleccionado el material y conociendo las normas técnicas que aplican al componente final, se procedió a rediseñar las piezas utilizando herramientas CAD, siguiendo las normas de diseño para partes plásticas (radios, espesores, ángulos de desmoldeo, salidas de aire, etc.).

Los planos correspondientes a las piezas rediseñadas se pueden observar en el Anexo C. Como se mencionó en el alcance de este trabajo, según este diseño preliminar se evaluará el desempeño de la materia prima sustituta y el ensamble de todos los componentes internos.

Una vez se diseñaron y fabricaron los moldes, se procedió a realizar las pruebas en una inyectora Arburg de 70 toneladas de fuerza de cierre. Los resultados de producción fueron los siguientes:

Tabla 7. Nueva estructura de materiales de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio.

<b>Componente</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
CAJA	PA 6,6 + 30%FV	16,0	g
LEVA	PA 6,6 + 30%FV	6,6	g
TAPA	PA 6,6 + 30%FV	6,4	g

Con estas nuevas estructuras de materiales es posible determinar el peso total del nuevo interruptor y compararlo con el interruptor anterior:

Tabla 8. Comparativo en peso entre ambos interruptores.

<b>Peso Interruptor en bakelita (g)</b>	<b>Peso Interruptor rediseñado (g)</b>	<b>Diferencia (g)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
114	62	-52	-46%

Comparando los resultados de la Tabla 9 (a continuación) con los obtenidos en la Tabla 3, se puede observar que el tiempo de producción de la caja inyectada es menor que el tiempo que toma en fabricarse una unidad en bakelita. Sin embargo, la leva aparentemente toma más tiempo en inyectarse que en prensarse en bakelita, pero esto se analizará con más detenimiento posteriormente, al mostrar

una simulación de los tiempos de inyección si se utilizaran moldes de mayor número de cavidades:

Tabla 9. Estándares de producción unitarios de los componentes inyectados en PA 6,6 reforzado al 30% con fibra de vidrio.

Componente	Ciclo (min)	Cavidades <sup>9</sup>	Tiempo unitario de fabricación (s)
CAJA	0,37	2,0	11,0
TAPA			11,0
LEVA	0,45	1,0	27,0

Se fabricó una preserie de 200 interruptores rediseñados y se sometieron a los numerales aplicables de las normas NTC-2183 y NTC-1337.

Tabla 10. Numerales de las normas NTC-2183 y NTC-1337 aplicados a los interruptores rotativos.

Norma	Descripción	Numeral	
NTC 2183	Seguridad de artefactos electrodomésticos y artefactos eléctricos similares.	Corriente de fuga y rigidez dieléctrica a Temp. de operación	13
		Corriente de fuga y rigidez dieléctrica a Temp. ambiente	16
		Componentes	24
			24.1
			24.3
		Distancia de aislamiento, distancia de fuga y aislamiento sólido	29
			29.1
		Resistencia al calor y al fuego	30
			30.1
			30.2
30.2.1			

<sup>9</sup> La caja y la tapa se inyectan en un solo molde y por esto es que aparecen 2 cavidades y el tiempo de ciclo es el mismo para ambos productos. Por su parte, la leva se inyecta en un molde de una sola cavidad.

Tabla 10. (Continuación)

Norma	Descripción	Numeral	
NTC 1337	Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y similares.	Rotulado	8
			8.1
			8.2
			8.3
		Verificación de las dimensiones según planos	9
		Protección contra choques eléctricos	10
			10.2
			10.3
		Terminales	12
			12.1
			12.2
		Requisitos constructivos	13
		Resistencia del aislamiento y rigidez dieléctrica	16
			16.1
			16.2
		Elevación de temperatura	17
			17.1
		Operación normal	19
			19.1
		Resistencia mecánica	20
			20.1
		Resistencia al calor	21
			21.1
21.2			
Distancia de fuga, distancia de aislamiento en el aire y distancia a través del compuesto de sellado	23		
	23.1		

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se puede observar en los resultados obtenidos, las diferencias entre el proceso de termoprensado e inyección son muy grandes, siendo este último el que tiene mayores ventajas en lo que se refiere a productividad, consumo de energía y nivel de desperdicios.

A continuación se puede observar algunas imágenes del estado actual del proceso de termoprensado de bakelita en IPROCOS S.A.

Ilustración 3. Vista actual del proceso de termoprensado de bakelita en IPROCOS S.A.



Es sorprendente el nivel de desperdicios que se maneja en el proceso de termoprensado; actualmente, para fabricar una caja I-315 se requieren 53 gramos de bakelita, de los cuales se pierden 15 gramos, que corresponden al 15% de la materia prima utilizada. En la fabricación de la leva, el nivel de desperdicios es mucho mayor, necesitando 17 gramos de bakelita, para terminar pesando 6,4 gramos, lo cual implica que se pierden 10,6 gramos de bakelita por leva fabricada, lo que corresponde a una pérdida del 62% de la materia prima. Al consultar con las personas del área de producción sobre por qué se manejan niveles de desperdicios tan altos, argumentaron que como el procedimiento de carga del molde se realiza manualmente, la única forma de asegurar que las cavidades van

a llenar al 100% es adicionando materia prima en exceso, de la cual una parte finalmente se termina desperdiciando. Si se valorizan estos excedentes para una producción mensual promedio de 40.000 unidades de cada producto, para un precio de compra de bakelita de \$3.800/kilo, se obtienen las siguientes pérdidas únicamente en materia prima, y que deben ser llevadas al costo contable:

Tabla 11. Costo del nivel de desperdicios en el proceso de termoprensado de bakelita (fabricación de caja y leva) y troquelado de fleje (fabricación de tapa).

	CAJA	LEVA	TAPA
Excedentes mensuales (kg)	280	424	288
Total excedentes (kg)	704		288
Precio MP (\$/kg)	3.800		1.350
Costo total excedentes por MP	2.675.200		388.800
Costo total excedentes mensuales	3.064.000		

Por otro lado, hay que considerar también el consumo energético de las termoprensas en su etapa de calentamiento. Como se mencionó anteriormente, este consumo proviene del tiempo que toma cada una de las máquinas en alcanzar la temperatura de operación, antes de comenzar el turno de producción. En la siguiente tabla, se valoriza el consumo y se lleva a costo mensual, teniendo un valor promedio energético de \$228/KWH.

Tabla 12. Costo mensual del calentamiento de las termoprensas.

# Termoprensa	1	2	3
Consumo diario durante 4h de calentamiento (KWH)	64	64	128
Consumo diario durante 4h de calentamiento (\$)	14.592	14.592	29.184
Costo mensual del calentamiento (\$)	379.392	379.392	758.784
<b>COSTO TOTAL MENSUAL DE CALENTAMIENTO</b>	<b>1.517.568</b>		

Como se observa, se deben llevar al costo mensual \$3.064.000 y \$1.517.568 correspondientes a los desperdicios generados en el proceso de termoprensado y al calentamiento de la maquinaria, respectivamente (lo cual suma \$4.581.568 en total); estos datos confirman que el proceso es altamente improductivo, demandante de energía y poco amigable con el medio ambiente.

Un problema adicional, que está fuera del alcance de este proyecto, es el manejo que se da a este tipo de desperdicios, ya que no son reutilizables ni reciclables; lo que se ha hecho durante toda la vida es que a la bakelita pura se le mezcla hasta el 15% de bakelita procesada a manera de relleno, lo cual a su vez puede ser la causa de gran parte de los mantenimientos que hay que hacerle a los moldes periódicamente, debido al alto nivel de abrasión que genera la mezcla de estos dos materiales.

Adicionalmente, como se observa en las imágenes al inicio del presente numeral, la maquinaria utilizada tiene más de 40 años de servicio, lo cual lleva al daño frecuente de algunos componentes debido a que ya pueden haber sobrepasado su ciclo de vida útil.

Con este panorama se sustenta el desarrollo de un proyecto que busque obtener mayor productividad, economizando energía y minimizando el nivel de desperdicios.

Una vez tomada la decisión de estudiar el cambio de la bakelita y el proceso de termoprensado, se procedió a buscar un material sustituto. Aplicando una metodología sencilla para selección de materiales, en la cual se ponderan las propiedades requeridas para la aplicación, se encontró que la Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio fue el material que mejor se adaptaba a las especificaciones y cuya consecución en el mercado es fácil. Este material se caracteriza por tener una elevada resistencia térmica (con un punto de fusión

cercano a los 260°C y una temperatura de ablandamiento cercana a los 230°C), una alta rigidez dieléctrica (40KV/mm) lo cual lo hace un material muy utilizado para aplicaciones donde hay corriente y voltaje implicados, y muy buena resistencia mecánica (resistencia al impacto de 90KJ/m<sup>2</sup> y módulo de elasticidad de 10.600MPa).

Con las características reológicas de este material, se procedió a rediseñar las partes a intervenir y sus respectivos moldes. Como se mencionó anteriormente, para realizar las tres piezas inyectadas del prototipo (caja, tapa y leva), se diseñaron y fabricaron dos moldes. En uno de ellos había cavidades para una caja y una tapa, mientras que en el otro había una cavidad para una sola leva. Como se puede observar, el primer molde hubo que balancearlo debido a que se inyectan dos componentes totalmente diferentes en forma, tamaño y peso.

En esta parte del análisis de resultados conviene aclarar por qué se decidió intervenir también la tapa, sabiendo que está fabricada de metal y no de bakelita, ya que inicialmente se había planteado en el título y en los objetivos de este trabajo que solamente se iban a rediseñar e intervenir los componentes fabricados en bakelita. Hay muchas razones por las cuales últimamente las partes metálicas se han venido migrando a materiales plásticos. Dentro de estas razones, las que impulsaron este rediseño fueron:

- Eliminación de operaciones secundarias: una vez la tapa es troquelada, debe ser roscada (para fijarla mediante tornillos al electrodoméstico) y posteriormente sometida a recubrimientos galvánicos para protegerla de la corrosión. Como es bien sabido, los recubrimientos electrolíticos están en la mira de las entidades de protección ambiental dada la cantidad de aguas residuales que manejan este tipo de procesos.
- Obtener más flexibilidad en los diseños: en este caso, al fabricarse por medio de inyección, se implementaron broches (o snap-fits) como medio

de sujeción entre la caja y la tapa. Este tipo de uniones son muy complicadas de fabricar con materiales metálicos.

- Reciclabilidad: el plástico, en este caso la poliamida reforzada, permite ser remolido y se puede volver a inyectar, minimizando el nivel de desperdicios.
- Disminución de costos de fabricación: este tema se verá más adelante.
- Reducción del peso total del artículo: los materiales plásticos pueden ofrecer muy buenas propiedades mecánicas, manteniendo bajos los pesos de los artículos debido a su baja densidad. En este caso, se pasó de un interruptor ensamblado que pesaba 114 gramos a un interruptor rediseñado que pesa 62 gramos, lo que corresponde a una diferencia de 52 gramos o a una reducción del 46% en peso, tal como se puede observar en la Tabla 10.

En cuanto a la fabricación de los moldes, el objetivo de fabricar moldes pequeños era el de producir las piezas bajo los mismos parámetros de inyección como si se tuvieran moldes de varias cavidades para producción masiva, ya que en este caso, el desempeño del producto final estaría directamente relacionado con las condiciones de proceso (presión, temperatura, velocidades de llenado, etc.). Por esto, se descartó de entrada la fabricación de moldes en mayal, que eran mucho más económicos pero que no lograban dar las mismas condiciones de proceso que la inyección ni las propiedades finales del producto terminado, que para esta aplicación eran tan exigentes.

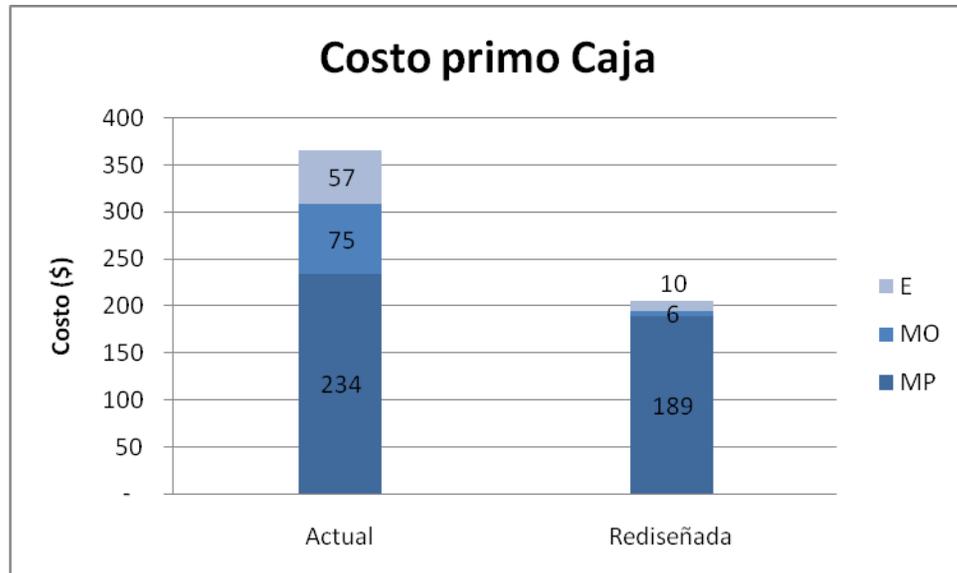
Si se tuvieran moldes de 4 cavidades de cada componente, el costo primo unitario de fabricación se comportaría de la siguiente manera:

Tabla 13. Costo primo unitario de fabricación para moldes de 4 cavidades de cada componente<sup>10</sup>.

COSTO PRIMO <sup>11</sup>	CAJA			LEVA			TAPA		
	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)	Actual	Rediseñada	Diferencia (%)
<b>MP</b>	234	189	-19%	122	78	-36%	81	76	-6%
<b>MO</b>	75	6	-92%	86	8	-91%	15	6	-60%
<b>E</b>	57	10	-82%	34	12	-65%	2	10	400%
<b>TOTAL</b>	366	205	-44%	242	98	-60%	98	92	-6%

Gráficamente, estos resultados se pueden observar en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 4. Comparativo de costos entre la caja termoprensada y la caja inyectada.



<sup>10</sup> MP: Materia Prima, MO: Mano de Obra, E: Energía.

<sup>11</sup> Los valores están en pesos colombianos (\$).

Ilustración 5. Comparativo de costos entre la leva termoprensada y la leva inyectada.

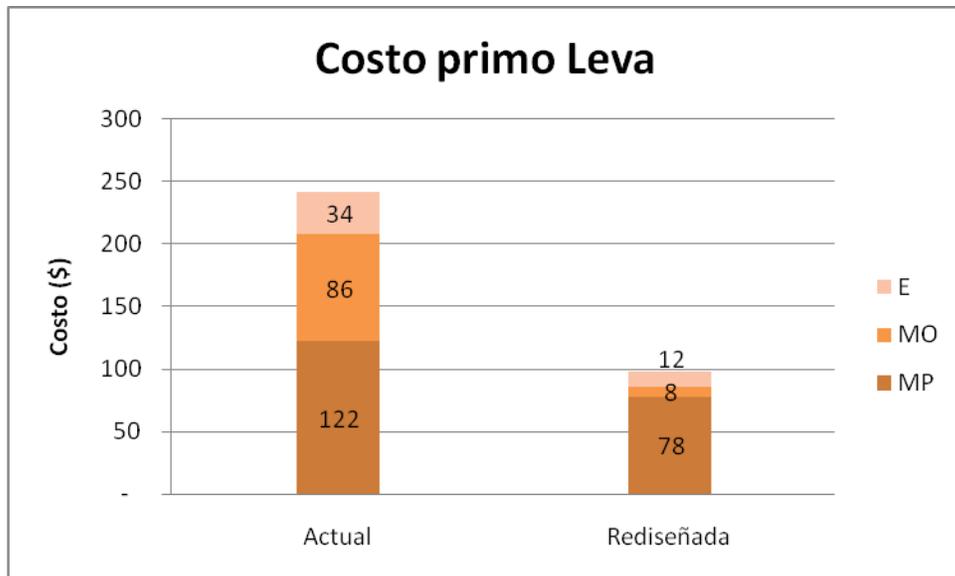
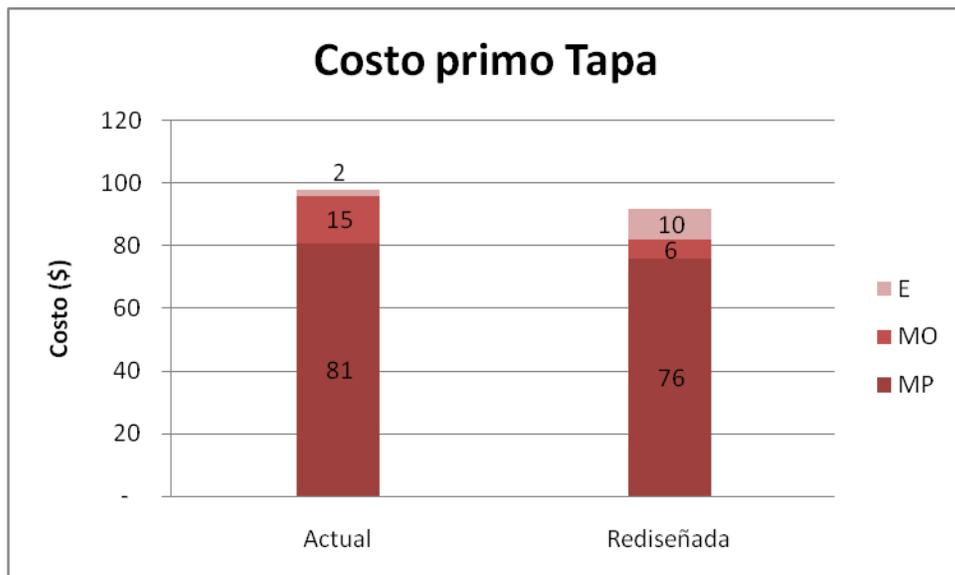


Ilustración 6. Comparativo de costos entre la tapa troquelada y la tapa inyectada.



Como se puede apreciar, el costo primo de cada uno de los componentes se reduciría en los porcentajes indicados en la tabla 15, utilizando una materia prima

3 veces más costosa que la bakelita, pero en un proceso de manufactura mucho más productivo, eficiente y amigable con el medio ambiente.

A continuación se pueden observar algunas imágenes comparativas de los artículos iniciales y los rediseñados:

Tabla 14. Imágenes comparativas de los artículos iniciales (derecha) y los rediseñados (izquierda).

CAJAS	
LEVAS	
TAPAS	

Tabla 14. (Continuación)



Es importante anotar que una vez fabricado este primer prototipo, se determinó hacer algunos cambios adicionales en el diseño para mejorar el desempeño de la materia prima durante el proceso de inyección, como la inclusión de radios y el aumento de algunos espesores. Estas mejoras se pueden observar en los planos que aparecen en el Anexo D, hechas a la caja y a la tapa; la leva se deja intacta.

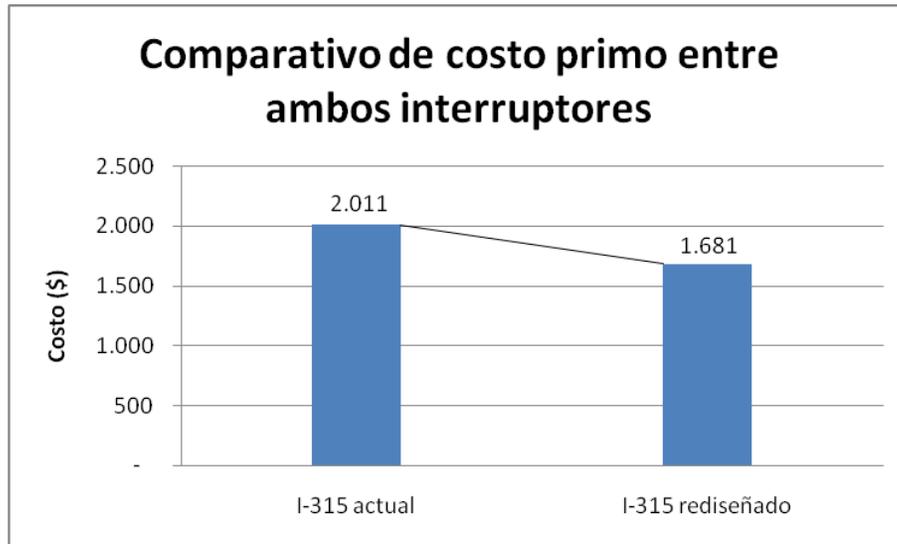
Con los datos de la Tabla 15, se puede calcular el costo del interruptor con los componentes rediseñados. La estructura de materiales sería la misma de la Tabla 1, cambiando los costos unitarios de los componentes intervenidos. El ensamble de este interruptor se puede apreciar en el Anexo E. El comparativo en costos de ambos interruptores se puede observar a continuación:

Tabla 15. Comparativo de costos primos entre el Interruptor termoprensado en bakelita vs. el interruptor inyectado en Poliamida 6,6 + 30% de fibra de vidrio.

<b>Costo Interruptor actual</b>	<b>Costo Interruptor rediseñado</b>	<b>Diferencia (\$)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
2.011	1.681	-330	-16%

Gráficamente, esta reducción de costos lograda se puede apreciar a continuación:

Ilustración 7. Comparativo de costos primos entre ambos interruptores.



Solamente con el cambio de proceso (termoprensado a inyección) y la sustitución de la materia prima (Bakelita a Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio), para un promedio de fabricación de 40.000 interruptores al mes, los ahorros generados a IPROCOTM corresponden a \$13.200.000 mensuales, sin considerar el impacto ambiental del proyecto, que de seguro también es un punto a favor muy importante que se debe tener en cuenta.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las estructuras de producto y los estándares de producción, el proceso de prensado de bakelita es intensivo en consumo de energía y mano de obra debido a sus bajos tiempos de ciclo (altos costos de operación y baja eficiencia). Además, la generación de excedentes no recuperables como lo son los de la bakelita, hacen que este proceso esté siendo desplazado por tecnologías de producción más limpias y materiales recuperables.

Debido a los avances tecnológicos y al surgimiento de nuevos materiales de ingeniería, es posible obtener materiales con propiedades especiales para cada aplicación. En este caso, se buscó un material que tuviera buena resistencia a la temperatura, alta rigidez dieléctrica y elevada resistencia mecánica, siendo la Poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio la que mejor combinó las propiedades tenidas en cuenta para la selección. El reto al seleccionar este material, cuyo costo por kilogramo es 3 veces superior al de la bakelita, consistió en rediseñar y optimizar de tal forma los componentes fabricados en bakelita y mejorar las condiciones y parámetros de procesamiento, que los costos directos de producción del interruptor terminado fueran inferiores al costo actual de dicho producto fabricado por termoprensado de bakelita.

Al utilizar un material termoplástico de ingeniería como la poliamida 6,6 reforzada al 30% con fibra de vidrio, todos los posibles excedentes generados en el proceso de fabricación se pueden remoler y volver a procesar, reduciendo a niveles mínimos los desperdicios. Esto contribuye a tener un proceso menos contaminante y más amigable con el medio ambiente.

Cada vez es mayor la utilidad y el grado de utilización de las herramientas CAD para el diseño de todo tipo de artículos. En este caso, la modelación computarizada fue una herramienta que facilitó el rediseño de los componentes a

modificar así como de los herramentales que se fabricarían para la producción de dichos componentes, utilizando librerías de partes estándares que se consiguen en el mercado y reglas de diseño.

Al ser éste un proyecto de alta importancia para IPROCOT, esta empresa asumió todos los costos ligados al rediseño y a la fabricación de los herramentales requeridos para la producción del nuevo interruptor.

El proyecto demostró que el proceso de inyección reduce los tiempos de ciclo unitarios, lo cual se traduce en la reducción de costos de energía y de mano de obra asignados al producto (disminución de costos directos de fabricación).

Con los cambios en el material y el proceso, los costos directos de fabricación del interruptor rediseñado se redujeron en 16% con respecto al interruptor fabricado por termoprensado de bakelita. Con esto se demuestra que no siempre al utilizar una materia prima más cara se incurre en aumento de costos del producto, ya que en la fabricación también intervienen otros factores como la mano de obra, los tiempos de ciclo, los consumos de energía y el nivel de desperdicios que se esté manejando.

Se realizó una preserie de 200 unidades y se sometieron a las pruebas que exigen las normas NTC-2183 y NTC-1337 (Ver Tabla 12), las cuales cumplió satisfactoriamente. La ficha de especificaciones técnicas se puede observar en el Anexo F. Con esto se concluye que el producto se puede utilizar electrodomésticos.

## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este proyecto, queda a IPROCOTOM como objeto de un estudio posterior que incluya datos de mercadeo, determinar la demanda real de interruptores I-315. Esto con el objetivo de dimensionar los moldes de inyección de varias cavidades para poder atender esa demanda.

Al tener moldes de mayor número de cavidades, el costo unitario por componente inyectado va a ser todavía mucho menor, lo cual reduciría adicionalmente los costos directos y por ende, aumentaría el margen de utilidad para la empresa.

Se recomienda a IPROCOTOM comenzar a hacer el empalme con el proceso de inyección, para que progresivamente se empiece a desmontar el proceso de termoprensado, y comenzar a reducir costos de energía, mantenimiento y nivel de desperdicios.

En un futuro trabajo de investigación, se podría analizar el impacto ambiental que trajo consigo la sustitución de la bakelita por poliamida reforzada con fibra de vidrio (manejo de desechos), el cambio de proceso de termoprensado a inyección (ahorro de energía) y la sustitución de la tapa troquelada con su respectivo proceso de recubrimiento galvanizado con toda la problemática ambiental y manejo de aguas residuales que este proceso genera.

Otro estudio de gran interés sería el impacto de la reducción en peso lograda con el interruptor rediseñado, en todo lo que tiene que ver con los costos logísticos y de manejo de carga; la reducción en peso de este componente afectaría el peso total de un electrodoméstico, permitiendo obtener ahorros en los costos de transporte.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

POTSCH, G. & MICHAELI, W. Injection Molding: An Introduction. Munich. Editorial Hanser/Gardner. 1995.

ASKELAND, D. The science and engineering of materials. 4<sup>th</sup> Edition. Editorial Thomson. USA. 2006.

MALLOY, R. Plastic part design for injection molding. Munich. Editorial Hanser/Gardner. 1994.

DOMININGHAUS, H. Plastics for Engineers. Barcelona. Editorial Hanser. 1993.

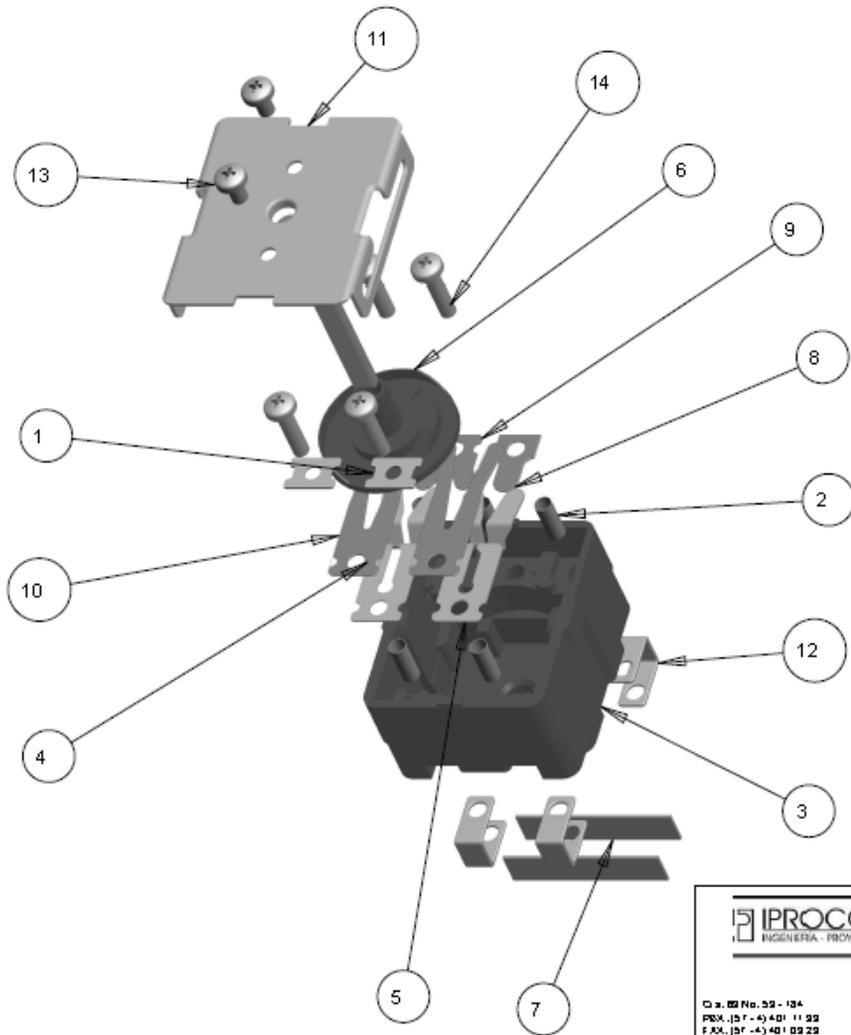
ULRICH, K & EPPINGER, S. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. Tercera edición. 2004. ISBN: 970-10-4793-1.

OTTO, K, & WOOD, K. Product Design. Techniques in reverse engineering and new product development. 2001. ISBN: 0-13-021271-7.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. Seguridad de aparatos electrodomésticos y aparatos eléctricos similares. Parte 1: Requisitos generales. NTC-2183. Bogotá D.C. 27/04/2005.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. Interruptores para instalaciones eléctricas fijas domésticas y similares. Requisitos generales. Bogotá D.C. NTC-1337. 28/04/2004.

## Anexo A. Plano de explosión del Interruptor fabricado en Bakelita



INDICE	PARTE	CANT.
	TOTAL	31
14	TORNILLO_TRANSMISOR_	5
13	TORNILLO_TAPA	2
12	TERMINAL	5
11	TAPA	1
10	RESORTE_	2
9	RECEPTOR_MEDIO_	1
8	RECEPTOR_LADO_	2
7	PLATINA	2
6	LEVA_ORIGINAL	1
5	CONTACTO_L2_	1
4	CONTACTO_L1	1
3	CAJA_I-315_	1
2	BUJE	5
1	ARANDELA_H	2


**I-315 ENSAMBLE**  
 INGENIERIA - PROYECTOS - COMERCIO

C.A. 89 No. 52 - 134  
 PBX: (57 - 4) 401 11 99  
 FAX: (57 - 4) 401 09 29  
 Email: iprocom@uninorte.net.co  
 Centro Industrial del Norte  
 Copacabana  
 Colombia

PIEZA:		I-315 ENSAMBLE					
CODIGO:							
MATERIAL:		REV. 5/04	NOMBRE:	FIRMA:	FECHA:		
ESCALA:		UNIDADES:	FORMATO:	APROBADO:			
3:4			A4				
SISTEMA:		FECHA:	PLANO:	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACION ESCRITA POR I-PROCOM S.A.			
							

## Anexo B. Tablas de selección de materia prima y ficha técnica

Propiedad		Unidades	Ponderación (G)	PA 66 + 30%FV			PBT + 30%FV			PBT			PA 66		
				Valor	B	Puntaje (P)	Valor	B	Puntaje (P)	Valor	B	Puntaje (P)	Valor	B	Puntaje (P)
Reológicas	Contracción	%	3%	1,46	8	0,22	1,20	9	0,25	1,90	7	0,19	0,75	9	0,25
Térmicas	Punto de fusión	°C	8%	263	9	0,75	225	7	0,58	225	7	0,58	220	7	0,58
	Temperatura de deflexión (HDT)	°C	19%	230	10	1,94	215	8	1,56	206	7	1,36	200	7	1,36
	Resistencia a la llama	Tipo/clase	14%	HB	10	1,39	HB	10	1,39	HB	10	1,39	HB	10	1,39
	Resistencia al hilo incandescente	°C	19%	960	10	1,94	960	10	1,94	750	8	1,56	840	9	1,75
Eléctricas	Rigidez dieléctrica	KV/mm	19%	40	10	1,94	29	7	1,36	30	8	1,56	24	6	1,17
Mecánicas	Resistencia al impacto	KJ/m2	3%	90	9	0,25	70	8	0,22	6	6	0,17	10	6	0,17
	Módulo de elasticidad	MPa	11%	10.600	9	1,00	10.000	9	1,00	3.400	7	0,78	3.700	7	0,78
Otras	Precio	\$/kg	3%	11.800	8	0,22	10.500	8	0,22	11.000	8	0,22	6.800	10	0,28
<b>TOTAL</b>			100%			<b>9,67</b>			<b>8,53</b>			<b>7,81</b>			<b>7,72</b>



<b>ESCALA DE CALIFICACIÓN</b>					
<b>Contracción (%)</b>		<b>Punto de fusión (°C)</b>		<b>Temperatura de deflexión (HDT) (°C)</b>	
<b>Rango</b>	<b>B</b>	<b>Rango</b>	<b>B</b>	<b>Rango</b>	<b>B</b>
0 - 0,5	10	200 - 220	6	200 - 210	7
0,5 - 1	9	220 - 240	7	210 - 220	8
1 - 1,5	8	240 - 260	8	220 - 230	9
1,5 - 2	7	260 - 280	9	>230	10
		>280	10		

1	2																		
1	3	2	3																
1	4	2	4	3	4														
1	5	2	5	3	5	4	5												
1	6	2	6	3	6	4	6	5	6										
1	7	2	7	3	7	4	7	5	7	6	7								
1	8	2	8	3	8	4	8	5	8	6	8	7	8						
1	9	2	9	3	9	4	9	5	9	6	9	7	9	8	9				

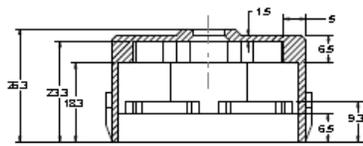
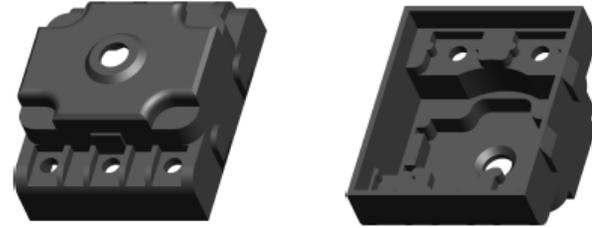
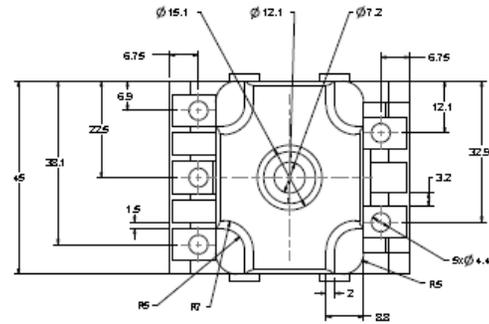
## Durethan AKV 30 H1.0 000000

Durethan A (PA6.6) with glass fiber reinforcement / Standard PA 66, injection molding grade, 30% glass fibres, heat-stabilized injection molding grade

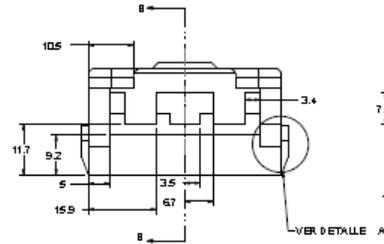
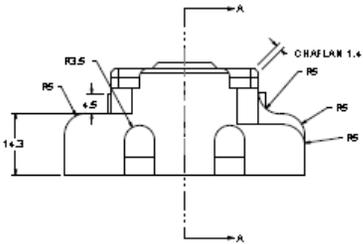
ISO shortname ISO 157 + PA 66/MHR,1 + 110/G F30

Property	Test Condition	Unit	Standard	Value	min.	max.
<b>Rheological properties</b>						
Molding shrinkage, parallel	150x100x9, 230 °C / M7 30 °C, 400 bar	%	acc. 60 2517	0.25		
Molding shrinkage, normal	150x100x9, 230 °C / M7 30 °C, 400 bar	%	acc. 60 2517	1.48		
Post-shrinkage, parallel	150x100x9, 120 °C, 4 h	%	acc. 60 2517	0.04		
Post-shrinkage, normal	150x100x9, 120 °C, 4 h	%	acc. 60 2517	0.05		
<b>Mechanical properties (23 °C/50 % r.h.)</b>						
E Tensile modulus	1 mm/min	MPa	60 527-1,-2	10800	10000	
E Stiffness at break	5 mm/min	MPa	60 527-1,-2	13.5	12.5	
E Stiffness at break	5 mm/min	%	60 527-1,-2	9.0	8.0	
E Charpy impact strength	23 °C	J/m <sup>2</sup>	60 119-1a U	30	30	
E Charpy impact strength	-20 °C	J/m <sup>2</sup>	60 119-1a U	10	10	
E Charpy notched impact strength	23 °C	J/m <sup>2</sup>	60 119-1a A	10	15	
E Charpy notched impact strength	-20 °C	J/m <sup>2</sup>	60 119-1a A	10	10	
E Izod notched impact strength	-20 °C	J/m <sup>2</sup>	60 130-1 A	> 10	> 10	
E Izod notched impact strength	-40 °C	J/m <sup>2</sup>	60 130-1 A	> 10	> 10	
E Flexural modulus	2 mm/min	MPa	60 113	2400	2200	
E Flexural strength	2 mm/min	MPa	60 113	23.0	20.0	
E Flexural strain at flexural strength	2 mm/min	%	60 113	4.0	3.0	
E Flexural stress at 0.5 % strain	2 mm/min	MPa	60 113			185
<b>Thermal properties</b>						
E Melting temperature	10 °C/min	°C	60 1125 1-1,2	26.9		
E Temperature of deflection under load	1.00 MPa	°C	60 15-1,-2	-250		
E Temperature of deflection under load	0.45 MPa	°C	60 15-1,-2	-250		
E Temperature of deflection under load	3.00 MPa	°C	60 15-1,-2	-125		
E Vicat softening temperature	50 N, 120 °C/h	°C	60 308	> 230		
E Coefficient of linear thermal expansion, parallel	23 to 55 °C	10 <sup>-6</sup> /K	60 1125 2-1,2	0.25		
E Coefficient of linear thermal expansion, transverse	23 to 55 °C	10 <sup>-6</sup> /K	60 1125 2-1,2	1.0		
E Burning behavior UL 94 (1.8 mm)	1.8 mm	Class	UL 94	HB		
E Burning behavior UL 94	2.2 mm	Class	UL 94	HB		
E Oxygen index	Method A	%	60 432-2	23		
E Glow-wire test (GW F)	2.0 mm	°C	60 0025-2-1,2	80.0		
<b>Electrical properties (23 °C/50 % r.h.)</b>						
E Relative permittivity	100 Hz	-	60 0025	4.0	10	
E Relative permittivity	1 MHz	-	60 0025	4.0	4.0	
E Dielectric loss	100 Hz	10 <sup>-4</sup>	60 0025	10.0	2.00	
E Dielectric loss	1 MHz	10 <sup>-4</sup>	60 0025	13.0	3.00	
E Volume resistivity		Ohm·cm	60 0025	1.0 <sup>12</sup>	1.0 <sup>10</sup>	
E Surface resistivity		Ohm	60 0025	1.0 <sup>14</sup>	1.0 <sup>12</sup>	
E Dielectric strength	1 mm	kV/mm	60 0024-1	40	35	
E Comparative tracking index, CFI	Solution A	Rating	60 00112	50.0		
E Comparative tracking index, CFIM	Solution B	Rating	60 00112	97.5 M		
<b>Other properties (23 °C)</b>						
E Water absorption (Saturated value)	Water at 23 °C	%	60 02	-1.5		
E Water absorption (Equilibrium value)	23 °C, 50 % RH	%	60 02	-1.9		
E Density		kg/m <sup>3</sup>	60 1120	1260		
E Glass fiber / glass bead / filler content		%	60 2451-1	30		
<b>Processing conditions for hot-chamber die</b>						
E Injection molding-Mold temperature		°C	60 29A	23.0		
E Injection molding-Mold temperature		°C	60 29A	30		
E Injection molding-Injection velocity		m/s	60 29A	20.0		

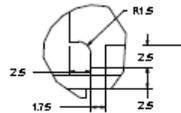
## Anexo C. Planos de componentes rediseñados



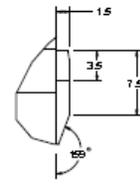
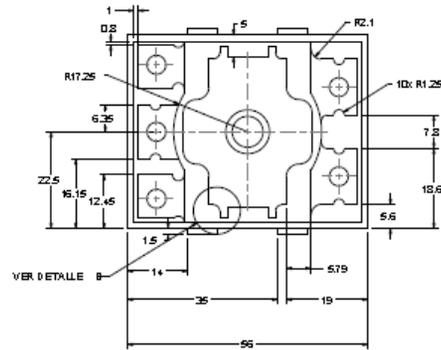
SECCION A-A  
ESCALA 1500



SECCION B-B



DETALLE B  
ESCALA 3000



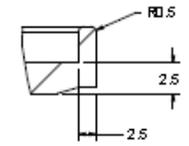
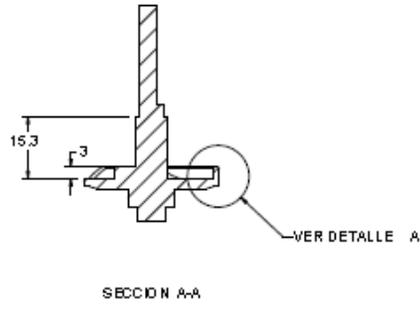
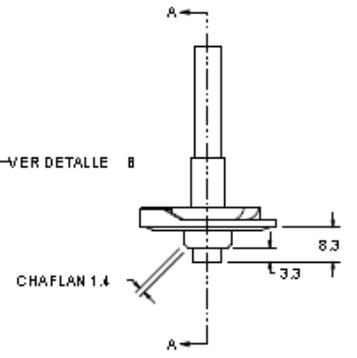
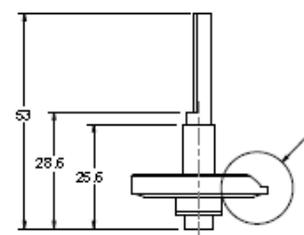
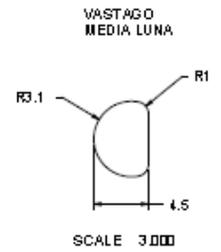
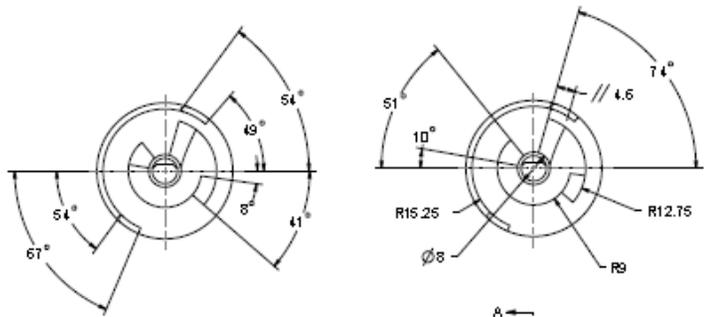
DETALLE A  
ESCALA 3000

Nota del \*D (dimensiones en milímetros)

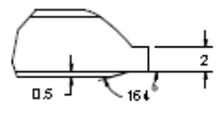
Grupos	Clase						
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8



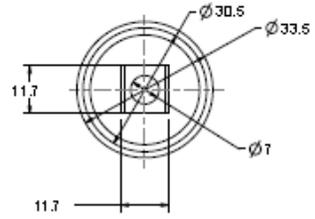
PROY	CALA F315		
LENGU	PÁG. IV DE 33		
FECHA	UNIDAD	PROYECTO	PROYECTO
3/2	ITEN	A2	
PROY	PROY	PROY	PROY
PROY	PROY	PROY	PROY



DETALLE A  
ESCALA 3.000



DETALLE B  
ESCALA 3.000



Norma DIN Tiedelsteine nach DIN 1024

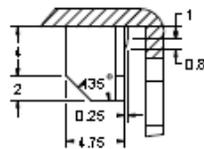
Grupos	Deese 65	Deese 2	Deese 6	Deese 16	Deese 26	Deese 35	Deese 1000
proditor	12x1 1	12x1 6	12x1 10	12x1 16	12x1 26	12x1 35	12x1 1000
Fino	M.65	M.65	M.1	M.15	M.2	M.1	M.5

**PROCOT S.A.**  
INGENIERIA TECNICA - COMERCIO

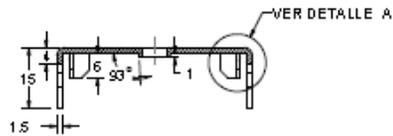
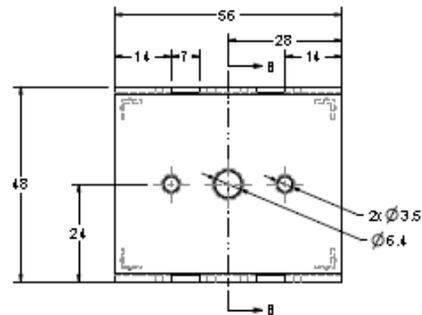
Cd. 62 No. 20 - 10  
P.O. Box 127 - 11111  
P.O. Box 127 - 11111  
E-mail: procot@procot.com  
C/Procom S.A. - Calle de la  
Calle de la  
Calle de la

ITEM:	LEVA I-315		
CODIGO:			
REVISION:	PA 6.6 FV 30%	REVISION NO. 001	FECHA:
ESCALA:	1:1	FORMATO:	A3
SISTEMA:	PROFES:	PLANO:	
	16.03.09		

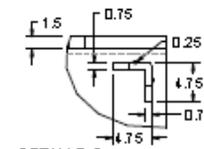
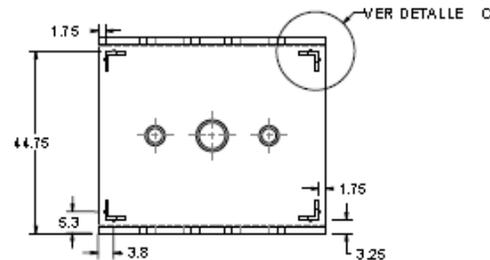
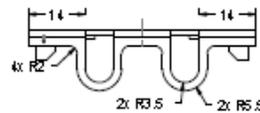
LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO DEBE SER UTILIZADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACION PREVIA POR PROCOT S.A.



DETALLE A  
ESCALA 3.000



SECCION B-B



DETALLE C  
ESCALA 2.000

UNIDADES IGUALES PARA  
LAS CUATRO (6) GUÍAS

Norma DIN T1643 Aluminio anodizado

Grupos predefinidos	Densidad 65 P200 J	Densidad J P200 6	Densidad 6 P200 35	Densidad 35 P200 125	Densidad 125 P200 315	Densidad 315 P200 1000	Densidad 1000 P200 2000
P20	60.65	60.65	M.1	60.15	M.2	M.3	M.5

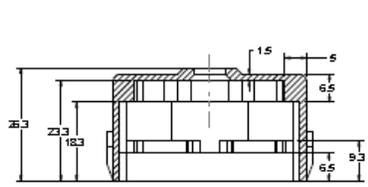
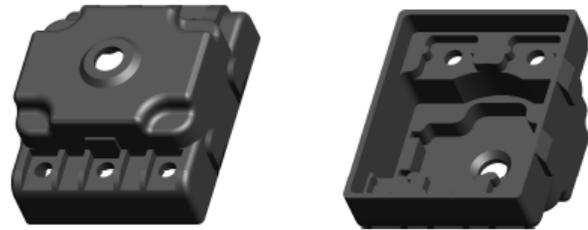
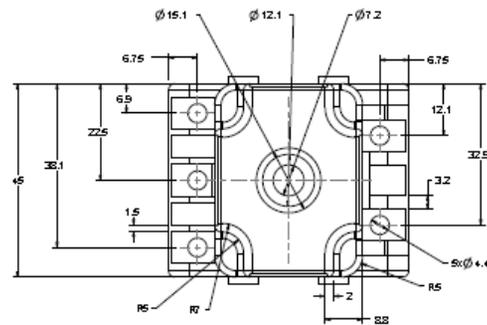


Co. de No. de op.  
PROYECTO: 101111  
FECHA: 10/01/21  
DISEÑO: [Nombre]  
CORRECCIÓN: [Nombre]  
CALCULO: [Nombre]  
COMPROBACIÓN: [Nombre]

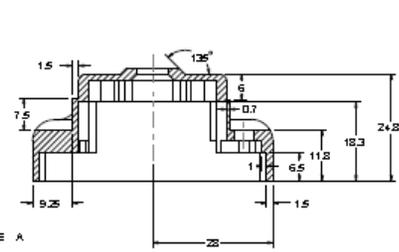
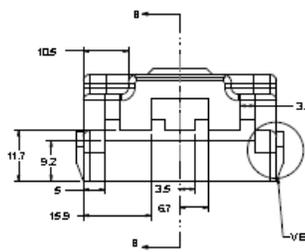
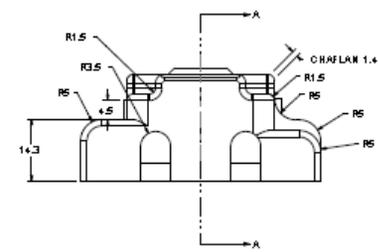
REVISIÓN:	TAPA I-315		
CÓDIGO:			
REVISIÓN:	INCHIBERT	FECHA:	FECHA:
REVISIÓN:	PA 6.6 FV 30%		
ESCALA:	UNIDADES:	FORMATO:	PROYECTO:
1:1	mm	A3	
SISTEMA:	FECHA:	PLANO:	
	22/08/08		

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO DEBE USARSE NI REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION PREVIA POR IPROCOM S.A.

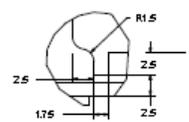
## Anexo D. Planos optimizados de componentes rediseñados



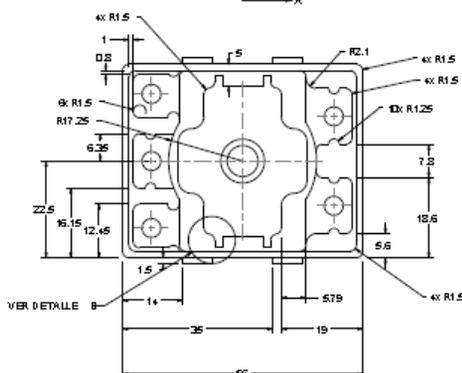
SECCION A-A  
ESCALA 1:500



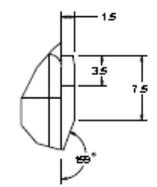
SECCION B-B



DETALLE B  
ESCALA 3:000



VER DETALLE B



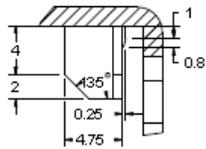
DETALLE A  
ESCALA 3:000

NOTA:  
RÁDIOS NO ESPECIFICADOS  
DE MEDIDA 1.5mm

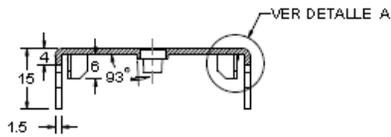
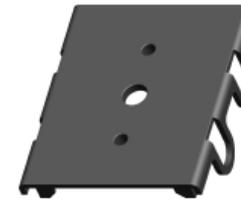
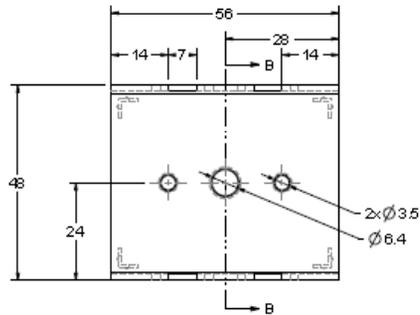
Nave del P. 02 abscisas de control							
Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
100	100	100	100	100	100	100	100



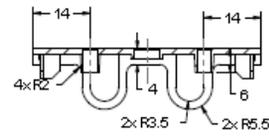
PROCOM S.A.			
PROYECTO	FECHA	HOJA	TOTAL
CAJA F315			
PAGE FV 306			
ESCALA	UNIDAD	FORMA	PROYECTO
3:0	MM	A2	
PROYECTO	FECHA	HOJA	TOTAL
15/10/05			



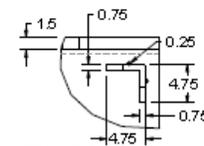
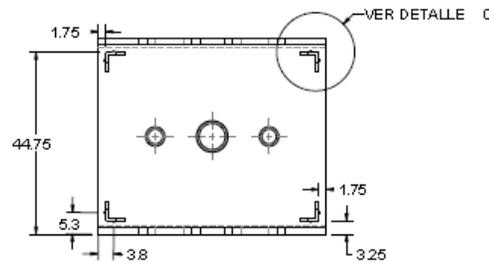
DETALLE A  
ESCALA 3.000



SECCION B-B



SECTION A-A



DETALLE C  
ESCALA 2.000

UNIDADES IGUALES PARA  
LAS CUATRO (4) GUIAS

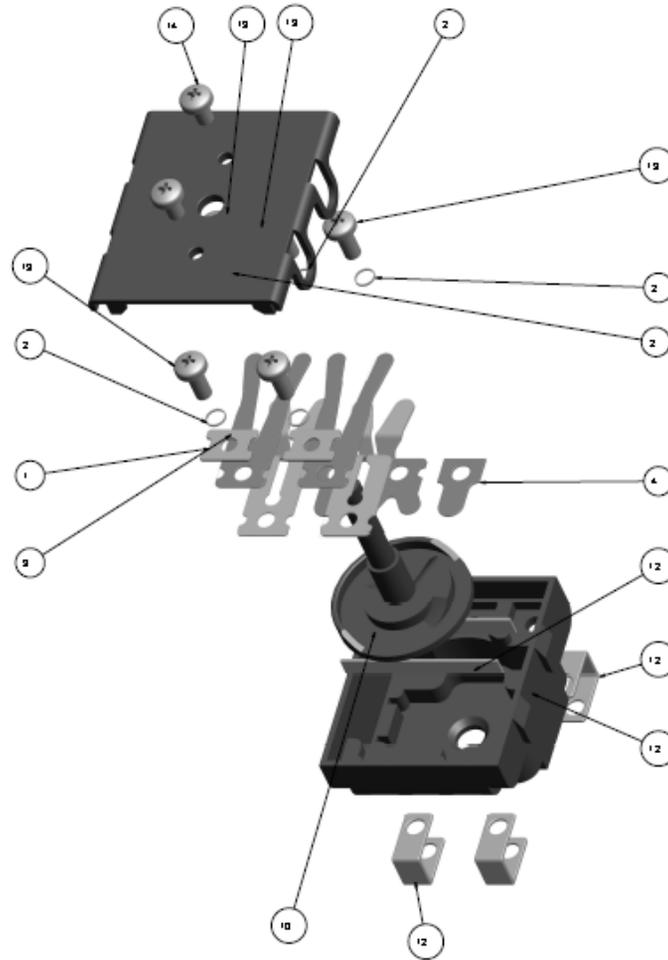
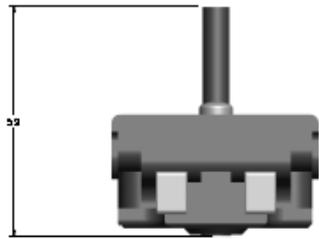
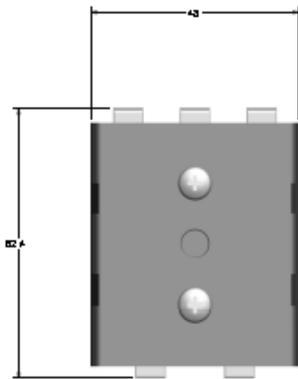
Norma DIN 7183 (alcanza de medida nominal) (mm)							
Grado de precisión	Desde 0,5 hasta 3	Desde 3 hasta 6	Desde 6 hasta 30	Desde 30 hasta 120	Desde 120 hasta 315	Desde 315 hasta 1000	Desde 1000 hasta 2000
Tolerancia	±0,25	±0,25	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0



CALLE No. 22 - 124  
PRX. 157 - 401 1120  
P.R. 157 - 404 100 20  
Email: quicomb@procom.com  
Centro de Estudios del Norte  
Caguas, P.R.

PIEZA:	TAPA I315						
CODIGO:				REVISOR:	NOMBRE:	FECHA:	
MATERIAL:	PA 6.6 FV 30%			DIBUJANTE:			
ESCALA:	UNIDADES:	FORMA/O.	ARROBA:				
1:1	mm	A3					
FECHA:	22/08/08	PLANO:	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO DEBE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACION ESCRITA POR PROCOM S.A.				

## Anexo E. Plano de explosión del Interruptor rediseñado

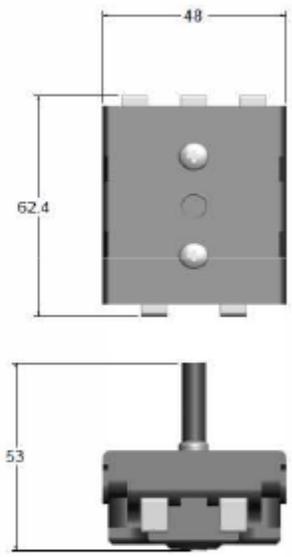


INDICE	PARTE	CANT.
	TOTAL	21
14	FORN LLO_TECNO_	2
19	FORN LLO_	5
12	TERMINAL	5
11	TAPA_M	1
10	RESORTE	2
9	PIEADOR	2
8	LEVA_M	1
7	CONTACTO_MOVL_ED	1
8	CONTACTO_MOVL_DER	1
5	CONTACTO_ESTA_T_MED D	1
4	CONTACTO_ESTA_T_2	2
9	CAJA_LI_S_M	1
2	ARANDELA_SEGURAD	5
1	ARANDELA_M	2
INDICE	PARTE	CANT.



ENSAMBLE 1075			
PA 8 8 P V 30%			
PROYECTADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
9.2	9.2	9.2	9.2
ANHEBIDO CON 4			
LUBRIFICACION: OILITE PLANT			
LUBRIFICACION: OILITE PLANT			

## Anexo F. Ficha técnica del Interruptor rediseñado

NOMBRE INTERNO: I-315 VI		FECHA: 20/04/2009
NOMBRE COMERCIAL: Interruptor tres (3) Calores		CÓDIGO:
USO: Conmutación resistencias eléctricas		
<b>ESPECIFICACIONES GENERALES DE CUMPLIMIENTO</b>		
MATERIAL: Poliamida 6.6-33% Fbra de vidrio		
COLOR: Negro ó Rojo		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:		
10000 ciclos de vida útil		
9A-240V/18A-120V		
Temperatura de trabajo 125 °C		
Contactos de plata		
Terminales de tornillo		
Fijación: tornillo autoroscante M4		
24 +/- 0,5 mm de longitud de Espiga		
Sección de espiga		
4 mm de diámetro de tornillo (No incluidos)		
Interruptor de cuatro (4) posiciones		
Ángulo de fase de 90°		
Tapa plástica asegurada por Snap-Fits		
Vástago de PA 6.6 33% FV integrado a leva		
Rigidez dieléctrica 1 mm kV/mm IEC 60243-1= 30		
Resistividad superficial Ohm IEC 60093 = 1E14		
DIMENSIONES: Según plano:		
<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO</b>		
Condiciones generales - Unidad de empaque: Caja plástica retornable		
<b>OBSERVACIONES</b>		
Especificaciones según muestra suministrada por Industrias Hacob e investigación de mercado.		
ELABORO		APROBO