

**DISEÑO Y PRE PRODUCCIÓN DE UN MODELO PARA EL ALOJAMIENTO DE
MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE MEDIANA Y BAJA TENSIÓN.**

MONOGRAFÍA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE MASTER EN INGENIERÍA

REALIZADA POR:

JULIÁN DAVID ARENAS HERRERA

ASESOR

**LUIS SANTIAGO PARIS LONDOÑO
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
MEDELLÍN**

2017

CONTENIDO

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVES	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. ESTADO DEL ARTE	8
3.1. Reseña Histórica de los Materiales Empleados para la elaboración de cajas para alojamiento de medidores eléctricos.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1. Selección de materiales	12
4.2. Diseño de la caja.....	13
4.3. Balance Económico	15
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	18
6. CONCLUSIONES.....	23
7. RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA	26

LISTA DE TABLA

Tabla 1. Normas colombianas aplicadas al diseño y fabricación de cajas para medidores eléctricos.	9
Tabla 2. Criterios que se deben tener en cuenta para la selección de plástico para ingeniería	12
Tabla 3. Dimensiones de la caja.	14
Tabla 4. Costos asociados a la elaboración de 3.390 cajas para alojar medidores de energía.	16

Tabla 5. Especificaciones técnicas del equipo empleado para la inyección de las piezas.....	17
Tabla 6. Ciclo de inyección de cada una de las partes de la caja	20
Tabla 7. Análisis estadístico de la producción de las cajas para alojar medidores de energía eléctrica.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de Una Caja para alojar medidores de energía eléctrica (INDUMA, 2016).....	8
Figura 2. Caja Metálica para alojamiento de medidores eléctricos.	10
Figura 3. Modelación del diseño de la caja para alojar los medidores de energía eléctrica.....	14
Figura 4. Molde y equipo empleado para la fabricación de las cajas para alojar medidores de energía eléctrica.	19
Figura 5. Relación de costos del proyecto	20
Figura 6. Caja para alojar medidores de energía eléctrica elaboradas	22

RESUMEN

En este documento se presenta la recopilación de información técnica para el diseño y pre-producción de una caja fabricada en Policarbonato para alojar medidores de energía eléctrica a nivel residencial, industrial y comercial.

Este proyecto se realizó con base en la necesidad de una empresa nacional de disminuir los costos asociados a la instalación de este tipo de dispositivos, puesto que en el mercado nacional no se cuenta con un producto homologado por las autoridades correspondientes con sello e impronta nacional.

El inicio este proyecto con la documentación técnica de los materiales empleados para la fabricación de estos productos, en donde se hace un comparativo de sus propiedades dieléctricas y mecánicas, con el objetivo de identificar cuál de todos era el más acorde a la necesidad planteada por la empresa y a las especificaciones técnica de los organismos de control y certificación.

Posteriormente de la selección del material se hizo una modelación computarizada de la pieza, teniendo como objetivo final en la investigación: funcionalidad, seguridad y de fácil producción industrial, luego de tener todos los diseños se realizó una balance económico incluyendo todos los materiales requeridos para la fabricación e instalación de las cajas este balance dio como resultado una utilidad neta sobre la inversión inicial del 56.8% basados en la necesidad de la empresa de tener 3.390 unidades disponibles para su operación.

PALABRAS CLAVES

Caja para el alojamiento de medidores de energía, Medidor de energía, Policarbonato.

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica está presente en todos los aspectos de desarrollos tecnológicos, haciendo que su generación, transmisión, transformación y distribución tenga involucrando diferentes elementos que permiten hacer que el servicio de energía pueda ser prestado en diferentes aplicaciones como lo son residenciales, comerciales e industriales (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Actualmente en Colombia existen 19 empresas distribuidoras de energía que cubren el 97% de la demanda del sistema interconectado nacional (Revista Dinero, 2017), de las cuales se destacan las siguientes por prestar sus servicios en las principales ciudades del país: EPM, CODENSA, EPSA y EMCALI. (Situación actual y retos de la Generación de la Energía Eléctrica en Colombia, 2016)

Para los procesos de distribución de la energía eléctrica a nivel residencial por parte de las empresas que prestan el servicio se usan tableros eléctricos de media y baja tensión, por lo cual las empresas deben hacer importaciones o hacer compras a empresas que son comercializadoras de los productos e insumos para suplir las necesidades de instalación de medidores eléctricos o en su defecto contratar con empresa nacionales para la maquila de estos insumos; algunas empresas de comercialización son las siguientes (ELECTRICARIBE, 2015):

- Induma, Manizales – Caldas.
- Ectricol, Funza – Cundinamarca.
- ProEléctricos, Bogotá DC.
- TecnoRed, Bogotá DC.

Las cuatro empresas mencionadas anteriormente realizan sus procesos de compra a nivel internacional y sus procesos de certificación mediante la norma RETIE, documento en donde se encuentran todas las especificaciones técnicas y de diseños para conexiones eléctricas en nuestro país, (ONAC).

Por medio de la empresa AMS-UNIÓN quién se dedica a la implementación y desarrollo de sistemas de medición centralizada y remota de servicios en energía, agua y gas; telemetría industrial; gestión y control de alumbrado público, domótica industrial y residencial (AMS). Se identificó que en el mercado se oferta diversos tipos de cajas, pero no se tiene un producto que proporcione agilidad en la instalación, por lo cual este trabajo propone un diseño diferenciado de caja para el alojamiento de medidores de energía eléctrica, en un material que proporcione las condiciones de seguridad reglamentarias.

Por lo cual, se plantea la necesidad de hacer el diseño y análisis económico para producción de una caja para alojar los sistemas de medición de energía, y por ende reducir los costos de importación que son ajustados a la venta de las empresas prestadoras del servicio de energía en las diferentes regiones del país, y tener un portafolio de servicios más completo y dinámico en el mercado nacional.

Este proyecto tiene por alcance el desarrollo de un diseño y pre-producción de una caja para alojar los medidores eléctricos de baja y media tensión, haciendo uso de la tecnología con que cuenta la empresa PLASTICOS & SOLUCIONES, ubicada en el municipio de Medellín, Antioquia; donde se emplearon modelaciones en programas de diseño asistido por computadora para la construcción del molde, a su vez, se hizo la selección de los materiales acordes a las necesidades del producto y especificaciones técnicas requeridas, adicionalmente contemplo un análisis de costos y producción de las piezas.

2. OBJETIVO GENERAL

Presentar el análisis para la manufactura de un modelo para el alojamiento de medidores de energía eléctrica domiciliarios, que se adapte a las condiciones representadas en la normatividad Colombiana.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1 Seleccionar los materiales de ingeniería que serán empleados para la elaboración del modelo, por medio de identificación de propiedades fisicoquímicas.

2.2.2 Diseñar un modelo de caja para analizar sus posibles procesos productivos de elaboración.

2.2.3 Diseñar y fabricar un molde funcional al proceso de producción que permita la elaboración de las piezas modeladas.

2.2.4 Determinar la viabilidad económica para la producción de las cajas para el alojamiento de medidores de energía eléctrica.

2.2.5 Realizar una prueba de preproducción del producto diseñado haciendo uso del molde fabricado.

3. ESTADO DEL ARTE

Las instalaciones eléctricas de cualquier naturaleza, ya sean residenciales, industriales o comerciales, están constituidas por un gran número de elementos eléctricos que permiten formar un sistema.

Uno de los componentes principales para desarrollar una instalación eléctrica, son las cajas para el alojamiento de los medidores eléctricos, estas son compartimientos que protegen los equipos instalados en su interior de las condiciones ambientales, así como de la manipulación de personal no autorizado, existen tres tipos de medidores Monofásico, Bifásico y Trifásico, pero el diseño de las cajas no tienen variaciones o cambios, lo cual hace que sean elementos universales, en la **Figura 1** se describen los elementos básicos y partes de una caja para alojar medidores de energía de cualquier tipo. (INDUMA, 2016)

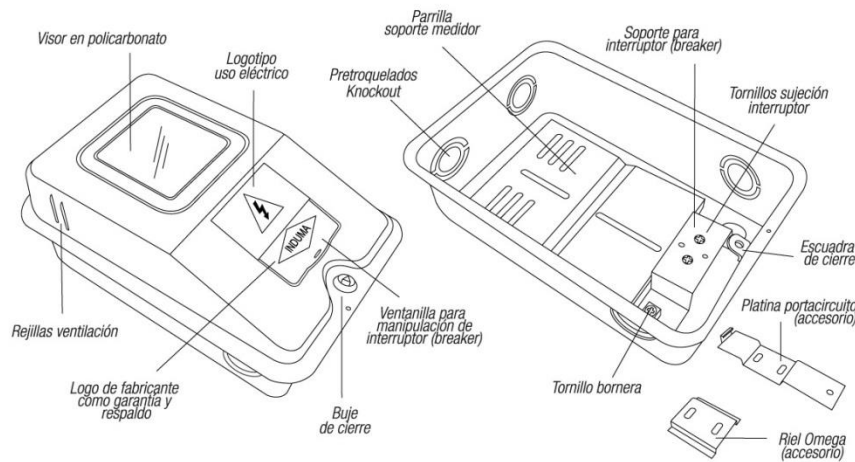


Figura 1. Partes de Una Caja para alojar medidores de energía eléctrica (INDUMA, 2016).

Todas las cajas eléctricas están diseñadas con estándares y bajo normas de seguridad y calidad con el objetivo de garantizar un alto grado de confiabilidad, teniendo en cuenta cuidar la integridad física y evitando poner en riesgo la salud e integridad de las personas en las zonas aledañas de su instalación (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En la **Tabla 1** se describen las normas que se deben cumplir para el diseño de la caja de alojamiento medidores eléctricos.

Tabla 1. Normas colombianas aplicadas al diseño y fabricación de cajas para medidores eléctricos.

Norma RETIE	NTC 3279 (IEC60529)	NORMAS CODENSA
Artículo 5 Sistemas de unidades	Numeral 1 Alcance y objeto	Especificación técnica AE308
Artículo 6 Simbología y señalización	Numeral 4 Designaciones	Armarios de medidores especificaciones generales.
Artículo 10 Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas.	Numeral 5 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas y contra entrada de cuerpos sólidos extraños indicados por el primer número característico	Especificación técnica ET911 Armarios para medidores.
Artículo 12 Clasificación de los niveles de tensión	Numeral 6 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas y contra entrada de cuerpos sólidos extraños indicados por el segundo número característico	Especificación técnica ET914 Cajas y armarios para transformadores de corriente y Medidor.
Artículo 13 Distancias de seguridad	Numeral 7 Grados de protección contra acceso a partes peligrosas indicados por la letra adicional.	
Artículo 15 Sistemas de puesta a tierra	Numeral 8 Letras suplementarias	
Artículo 20.24 Transferencias automáticas		
Artículo 27.4.1 Medidas de protección contra contacto directo o protección básica		
Artículo 28.3.11 Sistemas contra incendio		
Artículo 28.3.12 Sistemas de emergencia		

Fuente: (Construcción propia) (CODENSA, 2017) (Ministerio de Minas y Energía, 2013) (ICONTEC, 2007)

Las cajas para alojar medidores de energía eléctrica son elementos que deben proporcionar mecanismos de seguridad y protección aislante, los cuales debe ser elaborado en material autoextinguible y no propagador de llama; en el caso de ser metálico debe llevar un punto de puesta a tierra, de tamaño variable según los elementos que se vayan a instalar a su interior.

3.1. Reseña Histórica de los Materiales Empleados para la elaboración de cajas para alojamiento de medidores eléctricos.

Durante las décadas de los 80 y 90 las cajas para el alojamiento de dispositivos para la medición de la energía eléctrica eran elaboradas a partir de aleaciones de diferentes metales, haciendo que estas fueran más robustas, pesadas y difíciles de manipular en su instalación, como se observa (Miravéte & Larrodé, 2007) en la **Figura 2**.



Figura 2. Caja Metálica para alojamiento de medidores eléctricos.

La elaboración de este modelo acarrea problemas para las empresas distribuidoras del servicio de energía, algunas dificultades que se presentan son las siguientes: las aleaciones de metales tienen un costo en el mercado demasiado elevado, deben ser protegidas con guardas de seguridad como rejillas o empotradas en lugar de difícil acceso para no ser hurtadas y tercero su resistencia a los efectos de la intemperie era baja.

A raíz de los problemas anteriormente mencionados, se iniciaron estudios que permitieron mejorar los procesos de fabricación de piezas haciendo uso de materiales poliméricos, que proporcionan mejores propiedades en el producto final fabricado a menor costo (INDUMA, 2016).

Esas cadenas moleculares que se forman son de gran longitud y pueden tener cientos o miles de átomos enlazados entre sí, estas macroestructuras de cadenas moleculares finalmente lo que es la cristalinidad, el cristal dentro del lenguaje de los plásticos se define como “La asociación de estructuras para formar compuestos de orden superior” (Osswald, Menges, Flórez, & Flórez, 2010).

El grado de cristalinidad es variable y se puede afectar por la forma como se procese el polímero, se puede favorecer esta propiedad con procesos de enfriamiento lentos.

Los materiales plásticos usados en desarrollos de ingeniería esta clasificados como semicristalinos, son llamados así porque nunca se logra uniformar todas sus cadenas moleculares, lo que hace que siempre queden intercaladas con zonas amorfas, estas zonas amorfas son las que permiten al material que tenga una relativa resistencia al impacto porque permite una deformación con mucha más facilidad que las zonas cristalinas, por tal razón presenta las ventajas de tipo mecánico respecto a otros materiales cuando son sometidos a ensayos o esfuerzos de diferente orden como por ejemplo Tracción, compresión, torsión y deformación bajo carga (Hibbeler, 2005).

A nivel industrial los casos en donde se ha optado por reemplazar materiales como el hierro, la madera o fibras naturales por plásticos de ingeniería, ya que poseen características físicas y mecánicas especiales, además que se ajustan fácilmente a los diseños deseados o formas para la función que deban cumplir, puesto que son moldeables y la flexibilidad que proporcionan por pequeño que sea, como también los costos asociados a la fabricación son de gran impacto, puesto que son piezas que disminuyen hasta en un 60 % los costos de producción, ya que son materiales con características de proceso que no requieren gastos energéticos altos, como también al no ser un recurso natural sus costos asociados a la oferta y demanda son menores (RELX GROUP, 2017).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Selección de materiales

Para la selección de los materiales con los cuales se hizo el diseño y prototipo de la pieza se tuvieron en cuenta siete criterios, los cuales se describen en la **Tabla 2**, (Universidad de Barcelona) (RELX GROUP, 2017).

Tabla 2. Criterios que se deben tener en cuenta para la selección de plástico para ingeniería

Item	HDPE*	LDHP**	Polipropileno	Policarbonato
Resistividad específica (ohm*m)	$10^{13} - 10^{17}$	$10^{13} - 10^{17}$	$> 10^{15}$	10^{15}
Constante dieléctrica	2.2 - 2.4	2.2 - 2.4	2.1 - 2.3	3.1 - 3.3
Index de refracción	1.53 - 1.55	1.57	1.48 - 1.5	1.584 - 1.586
Resistencia mecánica a la compresión (MPa)	18.6 - 24.8	10.8 - 17.4	25.1 - 55.2	69 - 86.9
Resistencia mecánica a la flexión (MPa)	30.9 - 43.4	NR	NR	Alta
Resistencia mecánica a la tracción (MPa)	22.1 - 31	13.3 - 26.4	27.6 - 41.4	60 - 72.4
USD \$/Kg	0.74	0.65	0.82	1.65

Fuente: (Universidad de Barcelona) *Polietileno de alta Densidad, ** Polietileno de Baja Densidad

El primer criterio que fue considerado para la selección del material es la resistividad específica a la corriente eléctrica, los cuatro materiales presentan valores similares y altos, lo cual indica que se oponen al flujo de la corriente, este criterio es importante para dar cumplimiento a las disposiciones técnicas por la normatividad consignada en el RETIE.

El segundo criterio para la selección del material es la comparación de las constantes dieléctricas, el cual se puede observar en la **Tabla 2** que el Policarbonato presenta mejores propiedades en comparación con los otros tres materiales, donde se observa, que el Policarbonato se comporta mejor como aislante eléctrico que los demás materiales evaluados.

En los criterios tres, cuatro, cinco y seis el Policarbonato presenta mejores propiedades que los otros materiales evaluados, teniendo en cuenta que todos pertenecen a la familia de los polímeros termoplásticos y pueden ser moldeados mediante procesos de inyección (Hibbeler, 2005).

El último criterio para la selección del material es el costo por kilogramo de material, para este caso no fue relevante, debido a las características y propiedades fisicoquímicas que brinda el material, como también las garantías de proceso que se obtienen empleándolo como materia prima.

La resina con la que se elaboró la pieza tiene por nombre comercial TP-1002 NATURAL RESINA POLICARBONATO INYECCION SAMSUNG, y toda la información técnica sobre este material se puede observar en el **ANEXO 1**.

Cabe mencionar que para mejorar las propiedades del material seleccionado se emplearon sustancias reforzantes que hacen parte del know-how del proyecto, tales como:

- Retardantes de llama.
- Protectores UV.
- Cargas reforzantes.

4.2. Diseño de la caja

Se establecieron los parámetros de diseño para alojar un medidor de energía polifásico, que pueda ser empleado para la instalación de medidores de energía tanto residencial, comercial o Industrial, que cuente una placa de fijación para el medidor de energía fabricada en policarbonato virgen, resistente a los rayos UV sin reducir el grado de protección, adicionalmente que tenga un sistema de doble fondo con sistema de cierre, el cual mediante una llave pentagonal ofrezca un sistema de seguridad antifraude.

Cada espacio para el ensamble de la caja debe contar con su respectivo Kit de tornillería de fijación haciendo posible su instalación sobre cualquier superficie.

Las dimensiones de la caja se describen en la **Tabla 3** y el render de la modelación realizada en la **Figura 3**.

Tabla 3. Dimensiones de la caja.

Item	Descripción
Largo (cm)	303
Ancho (cm)	208
Alto (cm)	127.1
Peso (Kg)	1.1
Espesor (mm)	3
Color	Blanco

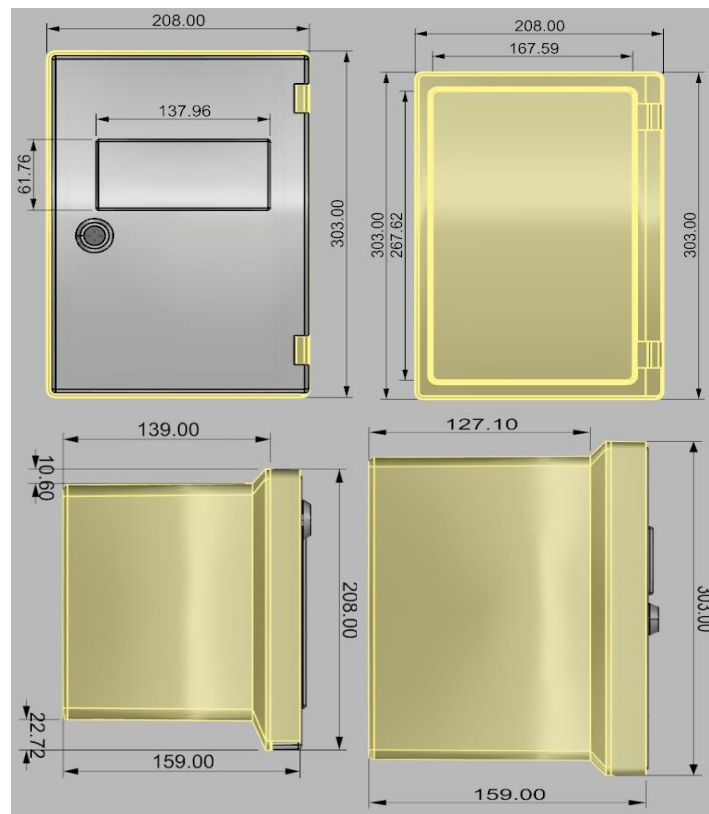


Figura 3. Modelación del diseño de la caja para alojar los medidores de energía eléctrica.

Con el diseño de este modelo se unifican las dimensiones técnicas requeridas con los elementos y el material empleado para la fabricación, obteniendo un producto con

mejores características técnicas y de diseño, haciendo que cada una de las partes que conforman la caja y elementos para la instalación de los medidores puedan ser fabricados en el país.

Otra de las ventajas que se alcanzada con este diseño, fue hacer la construcción de cada uno de los compartimientos de la caja en un solo sistema modular, con lo que se consiguió hacer un análisis de costos para definir la viabilidad de fabricación,

El diseño permite a los operarios que se encargan de la instalación, mantenimiento y control de los medidores de energía un fácil acceso y manipulación, lo cual se evidencia en el rendimiento de la mano de obra empleada para estos procesos.

Una de las ventajas más notorias de este diseño es su visor, ya que presenta mayor visibilidad para la toma de la lectura de los medidores de energía, como también su sistema antifraude, ya que para abrir la caja donde se aloja el medidor si no se cuenta con la llave de seguridad esta debe ser destruida, esto garantiza a las empresas prestadoras del servicios de energía durabilidad y buen manejo de los elementos.

4.3. Análisis Económico

Para la realización de este proyecto se hizo el cálculo del costo de cada una de las partes que se involucran para la producción de las cajas de alojamiento de los medidores, En la

Tabla 4 se encuentra una descripción de cada uno de los elementos involucrados, su costo y observaciones.

Luego de definir que la pieza se fabricaría mediante procesos de inyección, se realizó el balance económico, teniendo como meta cumplir la necesidad de la empresa AMS-UNION con la producción de 3.390 unidades.

Tabla 4. Costos asociados a la elaboración de 3.390 cajas para alojar medidores de energía.

Concepto	Valor
Molde Base + Tapa W	\$ 56,000,000.00
Molde Para El Visor W	\$ 18,000,000.00
Fabricación Molde Doble Fondo	\$ 4,000,000.00
Maquinado	\$ 13,000,000.00
Bisagras	\$ 14,570,220.00
Troquel Par Alas Bisagras	\$ 5,700,000.00
Rotulado De La Tapa Con Logos	\$ 220,000.00
Maquinado # 2	\$ 13,000,000.00
Pulido	\$ 2,650,000.00
Troquel Para Pieza De Despunte	\$ 700,000.00
Troquelado De Arandelas	\$ 200,000.00
Cajas De Carton Para El Embalaje	\$ 7,742,760.00
Tornillos Auto perforantes De Pared	\$ 120,000.00
Platina En Acero Inoxidable Para Pared (1500 Cajas La Requerían)	\$ 2,100,000.00
Mecanizado De Ranuras Y Roscas.	\$ 11,187,000.00
Mano De Obra	\$ 4,966,350.00
Materia Prima Para La Inyección	\$ 24,238,500.00
Servicio De Inyección Base	\$ 6,102,000.00
Servicio De Inyección Tapa	\$ 2,712,000.00
Servicio De Inyección Visor	\$ 1,017,000.00
Servicio De Inyección Doble Fondo Pasadores	\$ 1,525,500.00
Empaque	\$ 2,712,000.00
Adhesivo Líquido SI30	\$ 678,000.00
Silicona Para Fijación Del Visor	\$ 339,000.00
Chapetas	\$ 1,695,000.00
Pigmento	
Cinta Transparente	\$ 298,320.00

La inversión para la ejecución de este proyecto como se describe en la

Tabla 4 es de COP 195'473.650 (Ciento Noventa y Cinco Millones, Cuatrocientos Setenta y tres mil Seiscientos Cincuenta Pesos Colombianos).

Para el proceso de ensamble es considerable tener un operario y con ayudante, el operario tuvo un costo de COP 4.200/h y su ayudante de COP 3.125/h, ambos con la habilidad de armar y empacar 40 cajas en 8 horas, iniciando desde cero, el tiempo estimado de ensamble para las 3.390 unidades es de 85 días, siendo este el cuello de botella en la ejecución del proyecto.

Cada caja tiene un valor comercial de COP 90.000 (Noventa Mil Pesos Colombianos), haciendo el balance por la comercialización de las 3.390 unidades requeridas para la empresa AMS-UNIÓN, la utilidad neta del proyecto es del 56.8% sobre la inversión inicial.

La preproducción de las piezas se determina que se debe emplear una maquina inyectora de 780 toneladas de fuerza de cierre y un tornillo de 90 mm, este es un equipo con un servo motor 47 HP, las especificaciones técnicas se describen en la

Tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del equipo empleado para la inyección de las piezas.

IJT-SV780					
Unidad de Inyección			Unidad de Sujeción		
Diametro del Tornillo	mm	90	Clamping Tonnage	KN	7800
Screw L/D Ratio	L/D	23.2	Recorrido del Brazo	mm	970
Volumen de la Tolva	cm ³ ;	2861	Distancia entre barras de unión	mm	970x970
Injection Weight (PS)	g	2603	Máx. Altura del Molde	mm	960
Presión de Inyección	MPa	195	Min. Altura del molde	mm	400
Velocidad de Inyección	cm ³ /s	598	Tamaño del ejector	mm	280
Capacidad de plastificación	g/s	80.3	Fuerza de ejector	KN	175
Velocidad del Tornillo	rpm	0-125	Número de ejectores	Piezas	21

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se diseñó y se realizó la preproducción de una caja para alojar medidores de energía eléctrica, la cual cuenta con dos cuerpos, uno donde se hace la instalación del medidor y el otro cuerpo que consiste es la tapa de protección, ambos fueron fabricados en policarbonato con aditivos para protección de UV, con espesor de 3 mm, no propagante a la llama, compacto sin inclusiones, de caras paralelas, con superficies pulidas y sin imperfecciones.

La tapa permite leer fácilmente los registros de los medidores instalados así como sistema de seguridad que imposibilita la manipulación de las conexiones internas por parte de personal no autorizado.

Los materiales elegidos para la fabricación de este prototipo generan una alta protección por la exposición al sol, la humedad, polvo, suciedad y agua; logrando una estabilidad sus propiedades haciendo que sea un producto de larga duración y que no se vea afectado por los factores anteriormente mencionados, como también se da cumplimiento a la normativa establecida por los organismos de control en Colombia.

Otro factor que se logro con los materiales fue fabricar un producto liviano, de fácil manipulación debido a la forma lograda de la pieza, lo que permite que la instalación de los componentes que hacen parte del sistema de medidores de energía se realice de forma ágil y segura, adicionalmente los materiales de fabricación son de gran rotación comercial haciendo que se tenga una alta variedad de proveedores en el mercado tanto nacional como internacional.

Para lograr la obtención de la pieza se fabricó el molde que se ilustra en la **Figura 4**, el cual fue construido en acero 1045 revenido con un peso aproximado de 400 Kg, con este molde y el proceso de inyección se garantiza que cada una de las piezas que hacen parte del ensamble sean estandarizadas y por consiguiente sean reproducibles de forma industrial.



Figura 4. Molde y equipo empleado para la fabricación de las cajas para alojar medidores de energía eléctrica.

El proyecto fue planeado para la producción 3.390 unidades partiendo desde el diseño conceptual de la pieza, consecución de materiales y preproducción, la inversión inicial para la consecución de los objetivos de este proyecto fue de COP 195'473.650 (Ciento Noventa y Cinco Millones, Cuatrocientos Setenta y tres mil Seiscientos Cincuenta Pesos Colombianos); teniendo en cuenta que el precio que se le dio a cada una de las cajas para el alojamiento de medidores de energía con todo su kit de instalación fue de COP 90.000 (Noventa Mil Pesos Colombianos), esto refleja una utilidad neta del 56,8 % sobre la inversión inicial, esta relación de costos se puede observar en la **Figura 5**.

El cálculo de la utilidad neta se realizó haciendo la resta entre los ingresos por ventas y los costos de inversión como se observa en la siguiente expresión matemática.

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Ingresos por Ventas} - \text{Costos de Inversión}$$

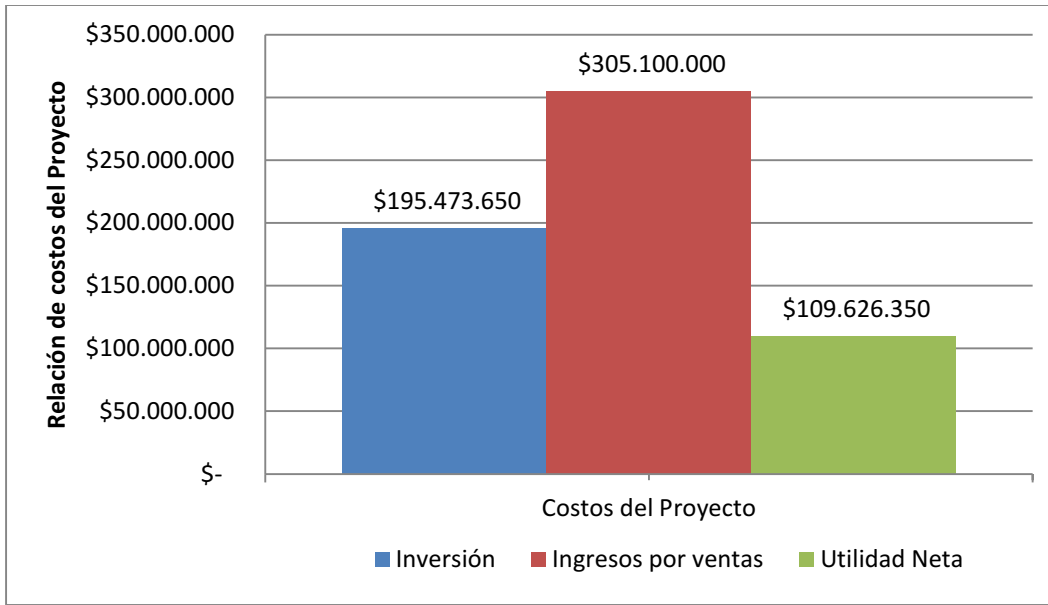


Figura 5. Relación de costos del proyecto

Para la producción de las 3.390 unidades que se fijaron como lote de preproducción, se tomaron los siguientes datos que se ilustran en la **Tabla 6** hacen referencia a los ciclos de inyección de cada una de las partes que conforman la caja para alojar los medidores de energía eléctrica.

Tabla 6. Ciclo de inyección de cada una de las partes de la caja

Pieza a Inyectar	Ciclo de Inyección (Segundos)
Inyección Base	83
Inyección Tapa	73
Inyección Visor	43
Doble fondo pasadores	63

Con base a estos ciclos de inyección se logró establecer que diariamente se tuvieran lotes de producción de 80 Unidades sin armar operando la maquina un solo turno al día de ocho horas, y teniendo en cuenta que en cada turno el operario de la máquina disponía de 30 minutos de descanso en un turno de 8 horas.

Con base a lo anterior la producción de las cajas se realizó en 60 días, puesto que los días sábados se dedicaban al mantenimiento del molde y los domingos eran días de descanso para el personal.

El cuello de botella del proceso se presentó en el ensamble de las caja, puesto que el operario y el auxiliar de esta etapa tenían la capacidad de armar y empacar 40 unidades en un turno de 8 horas, por tal motivo la entrega completa del pedido de las 3.390 unidades se hizo en 90 días, teniendo un retrasó de 5 días de acuerdo a los tiempos establecidos (85 días).

Durante el proceso de inyección se estableció un control de proceso para cada lote de producción el 10%, cada día se tomaban cuatro muestras aleatorias de las cajas producidas y se evaluaban las siguientes variables: Dimensiones (Largo, Ancho, Profundidad y espesor), y color

En total se realizó la producción de 3.560 unidades, de las cuales el 95.78 % fueron entregadas al cliente de la siguiente manera 3.390 unidades como cumplimiento del contrato y 20 unidades en calidad de repuesto, la empresa conservo el 0.56 % unidades en inventario para ser distribuidas entre los diferentes clientes del mercado nacional como muestra, lo que se traduce en que el proceso un margen de error del 3.65 %, el detalle de los datos anteriormente mencionados se pueden observar en la **Tabla 7.**

Tabla 7. Análisis estadístico de la producción de las cajas para alojar medidores de energía eléctrica.

Número de Piezas Producidas	3.560
Número de Piezas Aceptadas	3.430
Número total de Piezas Inconformes	130
Número de Piezas Inconformes por llenado	85
Número de piezas inconformes por espesor	22
Número de piezas inconformes por color	23

Durante el proceso de producción los primeros tres lotes de producción fueron los que mayor porcentaje de piezas inconformes presentaron, debido a que se llevaron

procesos de parametrización de la máquina y dosificación de material para lograr los detalles deseados en la pieza, en la

Figura 6 se puede observar el producto terminado.



Figura 6. Caja para alojar medidores de energía eléctrica elaboradas

6. CONCLUSIONES

Se obtuvo mediante comparativos técnicos de diferentes materias primas, que el material para la elaboración de las cajas para alojar medidores de energía eléctrica es el Policarbonato, debido a sus características dieléctricas y propiedades mecánicas, algo que influyó también en la elección de este material fue su alta compatibilidad con los agentes antioxidantes, protectores UV y antífama, como también que al no ser un material convencional su riesgo hurto disminuye, adicionalmente es material que puede ser reciclado y reutilizado en los procesos de fabricación ya sea de las cajas o de otros productos.

Se logró hacer la estandarización del diseño de cajas para la instalación de medidores de energía, como también de los elementos involucrados en su instalación, realizando una supervisión minuciosa en cada etapa del proyecto, se renovaron los métodos de diseño y construcción, Paralelamente se generaron procesos de estandarización teniendo en el producto final una mejor calidad.

Se realizó el diseño un molde que se compone de tres partes, cada uno para una parte funcional de la caja logrando obtener un producto que permite hacer el ensamble entre cada una de estas y presentar el producto final que se describe en la **Figura 6**.

Económicamente se obtuvo una rentabilidad superior al 40% de la inversión del proyecto, por lo cual hace que esta sea viable para desarrollarse con la tecnología actual de la empresa Plásticos&Soluciones, lo cual ayuda a diversificar su portafolio de productos como también a la generación de nuevas fuentes de ingresos.

Innovando de manera significativa en la producción de las cajas para el alojamiento de medidores de energía, se logró un mayor interés por parte del cliente, esto conllevó a la gestión de procesos de certificación del producto ante los organismos nacionales de control, los cuales a la fecha están en proceso.

Se realizó la prueba de preproducción para un lote de 3.390 unidades haciendo uso del molde fabricado, logrando la fabricación de 3.430 unidades sin defectos y 130

defectuosas, lo que se interpreta como un proceso altamente eficiente al tener un porcentaje de error menor al 5%.

7. RECOMENDACIONES

El número de piezas defectuosas aunque no fue alto puede ser menor, realizando simulaciones en software especializados para procesos de inyección, que permitan reducir los tiempos de ajuste de cada uno de los parámetros que tienen influencia directa en la fabricación de las piezas.

Para lograr una mayor rentabilidad sobre el proceso de fabricación de cajas para alojar medidores de energía eléctrica se debe hacer el proceso de certificación ante los organismos de control y regulación del país para este producto, puesto que dicho costo fue asumido por los clientes finales.

Los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo que se realizaban semanalmente, se pueden disminuir a cortados con buena planificación haciendo que el equipo de trabajo aproveche de manera eficiente tiempo establecido para dicha labor.

BIBLIOGRAFÍA

Situación actual y retos de la Generación de la Energía Eléctrica en Colombia. (2016). GERENTE, 82-86.

AMS. (s.f.). <http://ams-union.com>. Recuperado el 24 de Abril de 2017, de ams-union.com/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=299&lang=es

CODENSA. (2017). Acometida y Medidores. Bogotá: CODENSA.

ELECTRICARIBE. (2015). Responsabilidad Corporativa . Barranquilla: Creo.

Hibbeler. (2005). Mecánica de Materiales. Ciudad de México: Pearson Prentice Hall.

Icontec. (2007). Ntc 5524: Protección De Personas Y Materiales Proporcionada Por Los Encerramientos.Sondas De Ensayo Para La Verificación. Bogotá: Icontec.

INDUMA. (2016). Cajas para Contadores Eléctricos. Manizales: Editorial Planeta.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Bogotá DC: Ministerio de Minas y Energía.

Miravéte, A., & Larrodé, E. (2007). Elevadores principios e Innovaciones. Zaragoza: Reverté.

Organismo Nacional de Acreditación de Colombia. (s.f.). ONAC. Recuperado el 24 de Abril de 2015, de <http://www.onac.org.co/modulos/contenido/default.asp?idmodulo=180&pagina=1&idmoduloreferer=177&tiporeferer=areas&objid=06&objnombre=Instalaciones%20El%20E9ctricas>

Osswald, T., Menges, G., Flórez, J., & Flórez, L. (2010). Ciencia de Polímeros Para Ingeniero. Bogotá: Guaduales.

RELX GROUP. (2017). Informe de Precios Mensual de Plásticos. Toronto: ICIS.

Revista Dinero. (2017). Regiones y empresas colombianas que prestan el mejor servicio de energía. Dinero.

Universidad de Barcelona. (s.f.). Materials. Recuperado el 21 de Enero de 2016, de <http://www.ub.edu/cmematerials/es/materials>