

**ENVOLVENTE METÁLICA PARA TABLERO ELÉCTRICO AUTOSOPORTADO  
DE BAJA TENSIÓN PARA LA EMPRESA RYCTEL LTDA.**

**Presentado por:  
ANDREA MEDINA ORTIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2016**

**ENVOLVENTE METÁLICA PARA TABLERO ELÉCTRICO AUTOSOPORTADO  
DE BAJA TENSIÓN PARA LA EMPRESA RYCTEL LTDA.  
MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**ANDREA MEDINA ORTIZ**

**Trabajo de grado para optar el título de Diseñador Industrial**

**Director:**

**EDGAR AUGUSTO SARMIENTO LEÓN  
MASTER OF FINE ARTS INDUSTRIAL DESIGN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA.

### ***A Dios.***

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme la salud y sabiduría para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### ***A mis hijas Camila y Lorena.***

*Por ser el motor de mi vida y la razón que me impulsa día tras día a mostrarles un mejor porvenir para nuestra familia.*

### ***A mis padres Ernesto y Teresa***

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### ***A mis hermanos Carolina, Leonardo y Jhojan.***

*Por haberme ayudado en cada decisión que tome, y por estar a mi lado en cada momento hoy, mañana y siempre.*

***Andrea Medina Ortiz***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los profesores de la Universidad Industrial de Santander, quienes fueron guía y apoyo para mi desarrollo personal y en la formación académica adquirida a lo largo de los años.

A mi familia, por enseñarme la importancia de la perseverancia en la consecución de mis objetivos.

Al profesor Edgar Augusto Sarmiento León, tutor del presente desarrollo quien con su apoyo, guio para direccionar y culminar el trabajo en el que se representa toda mi formación profesional.

A los ingenieros Juan Carlos y Álvaro Enrique Ramírez Rojas por permitirme aplicar mis conocimientos en su empresa Ryctel Ltda por medio de esta práctica empresarial.

A mis amigos y amigas y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito, les agradezco profundamente por su apoyo y compromiso.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	15
1. CONTEXTO DEL PROBLEMA .....	16
1.1. RYCTEL LTDA.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO .....	18
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	24
4.1 FASE 1: ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	24
4.2. FASE 2: FASE DE PLANEACIÓN. ....	24
4.2.1. Análisis de la información. ....	25
4.2.2. Identificación de los requerimientos. ....	25
4.3. FASE 3: DESARROLLO DEL CONCEPTO. ....	25
4.3.1. Alternativas y selección.....	25
4.3.2. Modelado de la alternativa seleccionada. ....	26
4.4. FASE 4: DISEÑO EN DETALLE. ....	26
4.5. FASE 5: DE PRUEBAS Y REFINAMIENTO .....	27
5. MARCO TEÓRICO .....	34
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	34
5.1.1 Generalidades de la empresa. ....	34
5.1.2. Reseña histórica. ....	34

5.1.3. Direccionamiento estratégico Ryctel Ltda. ....	35
5.2 SOBRE TABLEROS ELECTRICOS DE BAJA TENSIÓN.....	38
5.3 NORMAS GLOBALES PARA TABLEROS EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA..	39
5.3.1. Información sobre las normas:.....	39
5.3.2. Protección contra el ingreso.....	41
5.3.3 Requisitos mínimos para el diseño de tableros.....	44
5.3.4 Requisitos para las pruebas y el cumplimiento de la norma .....	46
5.4. NORMAS NACIONALES PARA TABLEROS EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA.....	49
5.4.1. RETIE. ....	49
5.4.2. NTC 2050.....	52
6. PROCESO DE FABRICACIÓN ENVOLVENTE RYCTEL LTDA .....	53
6.1. PROCESO DE FABRICACIÓN METALMECÁNICA ENVOLVENTES RYCTEL LTDA.....	54
6.1.1. Proceso de elaboración de planos de diseño. ....	54
6.1.2. Proceso de corte.....	54
6.1.3. Proceso de punzonado .....	55
6.1.4. Proceso de dobléz. ....	56
6.1.5. Proceso de soldadura. ....	56
6.1.6. Proceso de pulido. ....	57
6.1.7. Proceso de lavado. ....	57
6.1.8. Proceso de pintura.....	58
6.1.9. Proceso de ensamble. ....	58
7. FASE 2: FASE DE PLANEACIÓN. ....	59
7.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. ....	59
7.1.1. Análisis funcional a través del método FAST.....	59
7.1.2. Análisis proceso productivo Ryctel Ltda.....	61
7.1.3. Análisis normatividad vigente.....	63

7.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS. ....	65
7.2.1. Requerimientos constructivos: .....	65
7.2.2. Requerimientos funcionales.....	67
7.2.3. Requerimientos de uso. ....	68
7.2.4. Requerimientos técnicos productivos. ....	69
7.2.5. Requerimientos formales .....	70
8. FASE 3: DESARROLLO DEL CONCEPTO.....	71
8.1. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN.....	71
8.1.1. Configuración de las alternativas, partes de la envolvente. ....	71
8.1.2. Exploración formal. ....	73
8.1.3. Selección de Alternativas.....	75
8.2. MODELADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	77
9. FASE 4: DISEÑO EN DETALLE.....	81
9.1. DISEÑO EN DETALLE PARA LA FABRICACIÓN.....	81
9.2. DISEÑO EN DETALLE PARA EL ENSAMBLE.....	90
9.3 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE PRUEBAS.....	93
10. FASE 5: DE PRUEBAS Y REFINAMIENTO .....	96
10.1. PRUEBAS REALIZADAS POR EL FABRICANTE.....	96
10.2. PRUEBAS REALIZADAS POR QTEST S.A.S.....	98
10.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO. ....	101
11. CONCLUSIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	109

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Ventas mensuales Rycotel Ltda.....	22
Tabla 2. Formato de registro pruebas de funcionamiento mecánico de la envolvente. ....	32
Tabla 3. Descripción de la empresa.....	34
Tabla 4. Puntos principales tratados por cada una de las Normas .....	41
Tabla 5. Calificación IP para tableros .....	41
Tabla 6. Tipos de tableros .....	42
Tabla 7. Requisitos de prueba y criterios de pasa/falla para la UL y Nema.....	43
Tabla 8. Requisitos para las pruebas y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IEC IP (primer número, protección contra ingreso de sólidos y humano); tipo y tamaño de las partículas de polvo, el polvo de talco puede pasar a través de una abertura de 0,003 pulgadas.....	44
Tabla 9. Requisitos de prueba y criterios de pasa/falla para IA IEC IP (segundo número contra el ingreso de líquidos).....	44
Tabla 10. Requisitos del diseño para las NormaS UL, IEC y Nema .....	46
Tabla 11. Requisitos para las pruebas y el cumplimiento de la Norma.....	47
Tabla 12. Importancia de la supervisión de acuerdo a cada Norma. ....	48
Tabla 13. Ficha técnica cortadora CNC.....	62
Tabla 14. Ficha técnica punzonadora CNC. ....	62
Tabla 15. Ficha técnica dobladora CNC. ....	63
Tabla 16. Normas de referencia para realizar pruebas de los tableros.....	63
Tabla 17. Configuración de la envolvente según sus partes.....	71
Tabla 18. Selección de alternativas .....	76
Tabla 19. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Rycotel Ltda. ...	96

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de procesos Rycltel Ltda .....	36
Figura 2. Pruebas representativas de rendimiento de UL.....	45
Figura 3. Pruebas de cumplimiento de la norma.....	46
Figura 4. Envolventes actuales de tablero autosoportado Rycltel Ltda .....	53
Figura 5. Maquina cortadora Rycltel Ltda .....	54
Figura 6. Maquina punzonadora Rycltel Ltda .....	55
Figura 7. Maquina plegadora Rycltel Ltda .....	56
Figura 8. Elementos de la envolvente.....	60
Figura 9. Plano técnico modelo.....	78
Figura 10. Registro fotográfico del modelo. ....	79
Figura 11. Piezas no fabricadas utilizadas en el ensamble. ....	91
Figura 12. Plano técnico prototipo. ....	94
Figura 13. Proceso productivo del prototipo de la envolvente. ....	94
Figura 14. Registro fotográfico del prototipo. ....	95
Figura 15. Registro fotográfico de pruebas mecánicas.....	98
Figura 16. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Qtest S.A.S, para la resistencia mecánica y grado de protección IP e IK. ....	100
Figura 17. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Qtest S.A.S para la oxidación.....	101
Figura 18. Registro fotográfico capacitación al personal. ....	102

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Análisis de los elementos de la envolvente, diagrama Fast. ....	109
Anexo B. Método Fast. ....	111
Anexo C. Plano de conjunto tablero eléctrico autosoportado (Explosionado). ....	112
Anexo D. Cartas o planos de producción de cada pieza. ....	113
Anexo E. Instructivo codificación piezas tablero autosoportado. ....	116
Anexo F. Planos biblioteca de piezas tablero autosoportado. ....	117
Anexo G. Ficha técnica de la pintura utilizada libre de TGIC BTC.....	119

## RESUMEN

**TITULO: ENVOLVENTE METÁLICA PARA TABLERO ELÉCTRICO AUTOSOPORTADO DE BAJA TENSIÓN PARA LA EMPRESA RYCTEL LTDA.**

**AUTORA: ANDREA MEDINA ORTIZ\*\***

**PALABRAS CLAVES:** Envolvente metálica, tablero eléctrico, tablero de baja tensión, tablero autosoportado.

El uso constante de la energía eléctrica en los hogares, lugares de trabajo y demás espacios en los que interactúan los seres humanos hace indispensable establecer un conjunto de normas y protocolos que garanticen la seguridad de las personas, la fiabilidad de las instalaciones eléctricas y la compatibilidad de los equipos. Por lo anterior existen normas y reglamentos que rigen el diseño como la construcción de las instalaciones eléctricas. En Colombia dichas instalaciones son reguladas por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), el cual, hizo obligatorio cumplimiento los primeros capítulos del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050).

Este proyecto propone un diseño de envolvente para tablero autosoportado de baja tensión para la empresa Ryctel Ltda. Debido a que actualmente el mercado exige que productos como los tableros eléctricos cumplan con las normas establecidas, y así evitar que una instalación falle, sacándola de servicio, o peor aún, puede atentar contra la seguridad de las instalaciones y de las personas.

Así Ryctel Ltda busca generar soluciones para el sector eléctrico, mediante la práctica del diseño industrial y tomando en cuenta la capacidad productora de la compañía apoyada en su planta automatizada de metalmecánica de corte, doblez y punzonado, se decide diseñar dicha envolvente.

---

\* Trabajo de hgrado

\*\* Facultad De Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela De Diseño Industrial Director: Edgar Augusto Sarmiento León.

## ABSTRACT

**TITLE:** METALLIC ENCLOSURE FOR SELF-SUPPORTING BOARD OF LOW VOLTAGE FOR THE RYCTEL COMPANY LTDA.\*

**AUTHOR:** ANDREA MEDINA ORTIZ\*\*

**KEYWORDS:** Metallic enclosure, electrical board, low voltage board, self-supporting board.

The constant use of electric energy in homes, workplaces and other spaces in which human beings interact makes it essential to establish a set of rules and protocols that guarantee the safety of people, the reliability of electrical installations and compatibility of the equipment. Therefore, there are rules and regulations governing the design and construction of electrical installations. In Colombia, these installations are regulated by the technical regulation of electrical installations (RETIE), which made mandatory the first chapters of the Colombian Electrical Code (NTC 2050).

This project proposes a enclosure design for self-supporting low voltage board for the company Rycltel Ltda. Because the currently market demands products such as electrical boards with established standards, and thus prevent an installation from failing, or even worse, may be detrimental to the safety of the installations and people.

Thus, Rycltel Ltda seeks to generate solutions for the electrical sector, through the practice of industrial design and taking into account the production capacity of the company supported by its automated metalworking plant for cutting, bending and punching, it was decided to design this type of enclosure.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial Design. Director: Javier Mauricio Martínez Gomez, Industrial Designer.

## **INTRODUCCIÓN.**

A través de la historia el hombre se ha dedicado al diseño y desarrollo de productos que aumenten la calidad de vida y el bienestar en las actividades cotidianas, involucrando recursos como la energía eléctrica, y generando alrededor de ella una serie de organizaciones que emiten normas que regulan la utilización y seguridad de esta en el grado de protección humana contra los componentes peligrosos, los cuales tiene que funcionar con fiabilidad en cualquier tipo de condición.

En Colombia se han creado empresas industriales enfocadas en sector eléctrico como Ryctel Ltda, la cual se dedica a abastecer el mercado con productos de distribución eléctrica, por consiguiente se hace indispensable conjugar la normatividad a estos productos para contribuir a la seguridad y mantener la calidad en los procesos, desde el punto de vista del Diseño Industrial se propone mediante una práctica empresarial realizar una envolvente metálica para tablero eléctrico autosoportado de baja tensión que cumpla con la normatividad vigente (RETIE), y aporte un valor agregado en la optimización de recursos, para así lograr satisfacer de manera eficiente las necesidades de los clientes y profesionales en los campos de la electricidad.

## **1. CONTEXTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. RYCTEL LTDA**

Ryctel Ltda es una compañía dedicada al desarrollo y manufactura de productos metalmecánicos, la cual cuenta con más de 45 trabajadores, enfocados en el sector eléctrico y de telecomunicaciones, acreditada con certificado del Icontec para el ensamble de tableros eléctricos de baja tensión y celdas de media tensión, bajo el cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013 y la ISO 9001-2008.

Es una empresa netamente santandereana, la cual lleva en el mercado alrededor de 9 años, enfocada en el sector comercial, la construcción y la industria, disponiendo de una alta calidad en el portafolio de sus productos, para la realización de estos cuenta con una planta de producción automatizada de corte, doblado y punzonado, que garantiza la precisión en el ensamble y la fabricación metalmecánica, además de una línea de pintura electrostática.

Dentro de sus productos eléctricos cuenta con tableros autosoportados, tipo intemperie, de medida y medidores de energía, celdas de seccionamiento de medida y transformadores de corriente. Actualmente utiliza envolventes que no cumplen con los requerimientos establecidos en la normatividad vigente (RETIE), lo que la hace en ocasiones verse menos competitiva ante otras empresas del sector.

Por esto busca que mediante la práctica del diseño industrial y tomando en cuenta la capacidad productora de la compañía, se realice una envolvente metálica para

tablero eléctrico auto soportado de baja tensión que cumpla las normas establecidas para este tipo de productos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO

La electricidad es la energía más utilizada en nuestra vida diaria, proporcionando apoyo a la industria, así como bienestar en muchas actividades cotidianas, el paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano ocasiona graves consecuencias a la salud, pues puede producir quemaduras graves y aún la muerte por asfixia o paro cardíaco<sup>1</sup>. La Oficina Internacional del Trabajo (OIT), la Unión Europea (UE), la Unión internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique (UNIPÉDE), la Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de EEUU (NEMA) y Underwriters Laboratories (UL) han recopilado estadísticas internacionales sobre accidentes eléctricos, en donde aproximadamente la mitad de los accidentes eléctricos tiene un origen profesional, mientras que la otra mitad ocurre en casa y en actividades de ocio<sup>2</sup>, estas organizaciones internacionales y en Colombia el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) implementan normas industriales para tableros eléctricos y promueven la seguridad, alientan la eficiencia en el diseño y definen los niveles mínimos de rendimiento del producto<sup>3</sup>.

En ellas se estandarizan la utilización de envolventes para tableros eléctricos, la cual está definida como el elemento que proporciona la protección del material

---

<sup>1</sup> GUERRERO FERNANDEZ Alberto, PORRAS CRIADO Alejandro, Riesgo Eléctrico, Madrid: Creaciones Copyright, 2006.

<sup>2</sup> ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

<sup>3</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, Bogotá: Diseños y diseños, 2013

contra las influencias externas y en cualquier dirección, la protección contra los contactos directos<sup>4</sup>.

Para estandarizar el rendimiento de las envolventes, las organizaciones que incluyen a IEC, NEMA y UL ofrecen sistemas de calificación para identificar la capacidad de un tablero para resistir influencias ambientales, desde líquidos que gotean a la infiltración de polvo y la inmersión completa. El objetivo de la calificación de las tres organizaciones es ayudar a los usuarios finales a hacer una selección apropiada, informada, de tableros que cumplan con las exigencias específicas de su aplicación<sup>5 6 7</sup>

Se califica los tableros eléctricos por Tipo (NEMA y UL) y/o calificación IP (IEC) de acuerdo al grado de protección proporcionado. Las calificaciones de Tipo e IP cubren<sup>8 9 10</sup>:

- El grado de protección humana contra componentes peligrosos adentro del tablero
- El grado de protección para el equipo adentro del tablero contra el ingreso de cuerpos extraños sólidos incluido el polvo
- El grado de protección para el equipo adentro del tablero contra el ingreso de agua.

---

<sup>4</sup> GALIZIA Carlos A. Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA. [en línea] citado 10 de abril de 2016 Disponible en: [http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102\\_Interpretaci](http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci).

<sup>5</sup> VALENCIA MARIN Jorge Alberto. Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia, Bogotá 2016.

<sup>6</sup> EBOOKINGA. Simbología Norma Eléctrica Nema PDFS. [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285)

<sup>7</sup> RETIE Y NORMA NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano. 2013. [en línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC\\_2050.pdf](http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf)

<sup>8</sup> VALENCIA op cit

<sup>9</sup> EBOOKINGA.op cit

<sup>10</sup> RETIE Y NORMA NTC 2050 op cit

El tema de los grados de protección es uno de los aspectos de seguridad en el que se observan mayores debilidades en las instalaciones en general, los numerosos componentes que forman parte de las instalaciones eléctricas presentan diversos grados de robustez. Pero con independencia de su inherente fragilidad, todos tienen que funcionar con fiabilidad en condiciones inclementes como las influencias ambientales por consiguiente la mala elección del grado de protección IP de las envolventes puede ocasionar que las instalaciones fallen. Por desgracia, aun en las mejores circunstancias, el equipo eléctrico está sujeto a fallos susceptibles de ocasionar lesiones a las personas o daños materiales. El funcionamiento seguro de las instalaciones eléctricas es el resultado de un buen diseño inicial, no la mera actualización debida a los sistemas seguridad<sup>11</sup>.

Estas apreciaciones han generado altas exigencias en la elección de las envolventes por parte de los clientes, examinando a fondo los requerimientos establecidos en sus proyectos;

Por ejemplo las preguntas más frecuentes son:

¿Cómo se elige un tablero que estará expuesto en un ambiente industrial a chorros de agua con alto caudal (por ejemplo un frigorífico o una industria láctea)?

¿Cómo se elige un tablero para que trabaje adecuadamente a la intemperie (lluvia en todas las direcciones)? etc<sup>12</sup>.

Debido a esta problemática respecto a la seguridad en las instalaciones eléctricas Rycotel busca dar una solución a su mercado local y nacional, ya que según estudios del Sistema de Información Eléctrico Colombiano (SIEL) la demanda de

---

<sup>11</sup> ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

<sup>12</sup> GUERRERO FERNANDEZ Alberto, Riesgo Eléctrico, Madrid: Creaciones Copyright, 2006.

electricidad del Sistema Interconectado Nacional de Colombia (SIN) en el cuarto trimestre de 2015 y primer trimestre de 2016 presenta un crecimiento mayor al previsto, estando en un 1,81% por encima del mismo periodo anterior, alcanzando un 4,75 % de crecimiento<sup>13</sup>. <sup>14</sup>Tales crecimientos económicos del sector eléctrico han hecho que las grandes empresas productoras de tableros evalúen sus estrategias de ventas para abarcar el mercado local y ser más competitivos, por tal motivo Rycltel Ltda en sus análisis de ventas del 2015 con la que cerró el año con \$ 1.428.885.689 en ventas en la línea eléctrica, considerándolas bajas versus a las proyecciones mensuales realizadas que ascendían en \$ 250.000.000 para esta línea, para cumplir con este objetivo la empresa analizó las ventas de los últimos tres trimestres con las que cerró mensualmente el año 2015 (Ver tabla 1)<sup>15</sup> y las cotizaciones realizadas, de los cuales se evidencia que muchos de los proyectos ofertados no fueron ganados por dos motivos muy representativos como: precio ante la competencia y disponibilidad de los tableros de acuerdo a los requerimientos del cliente, las ofertas pérdidas se enfocaron en el sector de la industria alimentaria y la construcción, las cuales buscan tableros con un mayor grado de protección IP pues la empresa solo posee hasta IP 43 en la línea de tableros autosoportados, estableciendo estrategias de mercado como:

- Realizar diseños en sus nuevas envolventes de los tableros eléctricos de baja tensión, incrementando su grado de protección y verificando el cumplimiento de la normatividad vigente.
- Ampliar la gama de productos de las Celdas de Seccionamiento, medida y de Transformador.


---

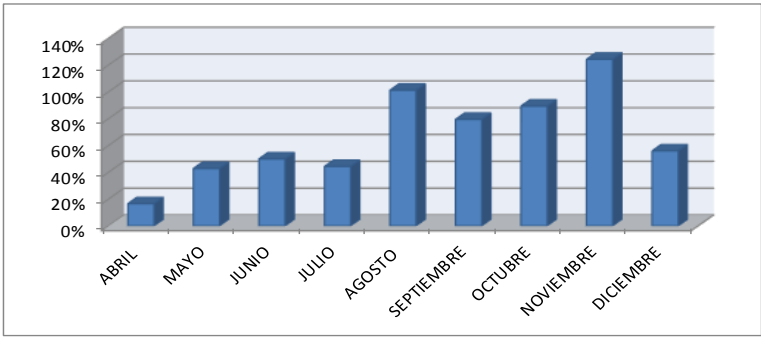
<sup>13</sup> ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

<sup>14</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución 18-095. 2013.

<sup>15</sup> Rycltel Ltda. análisis de ventas del 2015

**Tabla 1. Ventas mensuales Rycltel Ltda.**

 INDICADORES RYCTEL		CÓDIGO: RQ- 11	VERSIÓN: 0
		F.A.: 18-02-2013	Página 1 de 1
<b>Proceso</b>		<b>COMERCIAL</b>	
<b>Nombre del Indicador</b>		<i>cotizaciones</i>	
<b>Fórmula de cálculo</b>	$\$ \text{ Venta real } * 100\% / \$ \text{ Ofertas presentadas}$		
<b>Meta</b>	≥30%		
<b>Fuente de información</b>	Proceso Comercial		
<b>Frecuencia de medición</b>	Mensual		
<b>Responsable</b>	Ingenieras comerciales		
<b>Análisis de datos:</b>	Trimestral		
<b>año:</b>	<b>2015</b>		
Mes	Ofertas Presentadas (Valor monetario)	Venta Real (Valor monetario)	%De efectividad
ABRIL	\$820.275.468	\$136.183.015	17%
MAYO	\$70.000.000	\$30.000.000	43%
JUNIO	\$90.000.000	\$45.000.000	50%
JULIO	\$250.000.000	\$111.017.015	44%
AGOSTO	\$500.000.000	\$506.449.631	101%
SEPTIEMBRE	\$450.000.000	\$357.722.730	79%
OCTUBRE	\$250.000.000	\$223.520.582	89%
NOVIEMBRE	\$300.000.000	\$373.116.775	124%
DECEMBER	\$200.000.000	\$112.004.991	56%
			67%

Fuente: Rycltel Ltda, Indicadores comerciales sistema de Calidad Rycltel Ltda.

Con base en lo anterior, este proyecto pretende contestar la siguiente pregunta de diseño: **¿De qué manera el diseño de una envolvente metálica para tablero autosoportado para la empresa Rycltel LTDA, podría mejorar la protección de los elementos eléctricos y cumplir los requerimientos de la normatividad vigente (RETIE 2013)?**, para lograr este objetivo se requerirá de un análisis de las normas que rigen las envolventes y se tomará como fortaleza la planta de producción automatizada de corte, doblez y punzonado, que garantiza la precisión en el ensamble y la fabricación metalmecánica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una envolvente metálica (carcaza) para tablero eléctrico auto soportado de baja tensión, para la empresa Rycltel Ltda.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir los requerimientos técnicos, funcionales y constructivos de la envolvente, mediante el análisis de las normas, teniendo en cuenta la capacidad productiva de la compañía (maquinaria y equipos de producción metalmecánica).
- Generar conceptos de diseño, en donde se apliquen los requerimientos técnicos, funcionales y constructivos de la norma (RETIE).
- Determinar el concepto más viable en función de los requerimientos de diseño propuestos, evidenciando la disponibilidad y limitaciones de los equipos en la empresa Rycltel Ltda.
- Definir las cartas de producción para el concepto seleccionado empleando los equipos disponibles en la empresa Rycltel Ltda y proceder a su ejecución.
- Comprobar el cumplimiento de la norma técnica vigente (RETIE) en el tablero diseñado.

## 4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

La estructura del presente proyecto se desarrolla en cinco fases igualmente importantes:

### 4.1 FASE 1: ANÁLISIS DEL PROBLEMA.

Esta fase consistió en realizar una revisión en diferentes bases de datos en la red, donde se consultó a través de las palabras claves (Envolvente metálica, tablero eléctrico, tablero de baja tensión, tablero autosoportado) encontrando artículos, libros y revistas, se revisaron las normas globales para tableros en la industria eléctrica de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), NEMA (National Electrical Manufacturer's Association) y UL (Underwriter Laboratories), también se revisaron las normas nacionales para tableros en la industria eléctrica de la NTC (Norma Técnica Colombiana) y RETIE (reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas).

La información se depuró para obtener el marco teórico, incluyendo una reseña sobre la empresa RYCTEL y la descripción de los procesos de fabricación que allí se realizan.

### 4.2. FASE 2: FASE DE PLANEACIÓN.

***Cumplimiento de primer objetivo definir los requerimientos técnicos, funcionales y constructivos.***

Esta fase se dividió en dos partes:

**4.2.1. Análisis de la información.** Se realizó un análisis funcional del producto para identificar y definir las funciones de cada parte que componen la envolvente mediante el método FAST (Functional Analysis System Technique), luego se realizó un análisis del proceso productivo de la empresa RYCTEL para establecer los alcances y las restricciones según la capacidad instalada de fabricación y finalmente se realizó el análisis de la normatividad vigente.

**4.2.2. Identificación de los requerimientos.** Con la información obtenida de la primera parte de esta fase donde se identificaron y clasificaron las funciones principales de la envolvente, se estableció la tecnología disponible, la asignación de recursos al proyecto y se realizó el análisis de las normas vigentes, se lograron identificar los requerimientos constructivos, funcionales, de uso, técnicos-productivos y formales, a los cuales se les asignó una escala de importancia en taxativos (T), deseable (D) u opcional (O).

Los requerimientos fueron definidos con su determinante (enunciado de criterios), y su parámetro (Dimensión, norma o ley que determina el producto), siguiendo la metodología de Gui Bonsiepe y el Manual del Diseño Industrial de Gerardo Rodríguez MGE (Rodríguez, 2006).

### **4.3. FASE 3: DESARROLLO DEL CONCEPTO.**

***Segundo y tercer objetivo generar conceptos de diseño, determinar el concepto más viable en función de los requerimientos de diseño propuestos.***

Esta fase se dividió en dos partes:

**4.3.1. Alternativas y selección.** Se realizó un diagrama de partes de la envolvente donde se interpretaron las funciones en soluciones, luego se desarrollaron los conceptos de diseño en tres alternativas teniendo en cuenta los

requerimientos establecidos. Cada alternativa fue modelada en el programa 3D Inventor programa del paquete de AutoDesk licencia adquirida por Ryctel Ltda, donde se comprobó virtualmente el ensamble de cada una de las partes propuestas.

La elección de la alternativa más viable se desarrolló mediante el modelo de ponderación de Nigel Cross, donde se evaluó cada alternativa respecto al cumplimiento de los diferentes requerimientos establecidos.

**4.3.2. Modelado de la alternativa seleccionada.** La alternativa seleccionada se fabricó, realizando un modelo a escala real de cada una de sus partes con el fin de realizar la comprobación en las diferentes etapas de fabricación (elaboración de planos, proceso de corte, proceso de punzonado, proceso de doblado, proceso de soldadura, proceso de pulido, proceso de lavado, proceso de pintura y proceso de ensamble).

#### **4.4. FASE 4: DISEÑO EN DETALLE.**

**Cuarto objetivo definir las cartas de producción y proceder a su ejecución.**

Mediante el método DFM/A se realizó una simplificación del diseño conceptual, mediante la reducción del número de componentes, elementos de sujeción y operaciones de montaje del modelo construido, teniendo en cuenta las observaciones dadas por el personal de las diferentes etapas de fabricación obtenidas de la anterior fase.

Luego se definió la geometría final de las piezas, se asignaron tolerancias, dibujándolo en el programa 3D Inventor y obtenido los planos de fabricación de

cada pieza del programa Autocad. Para la fabricación se realizaron las fichas técnicas donde se especifican las características y el proceso de fabricación.

#### **4.5. FASE 5: DE PRUEBAS Y REFINAMIENTO**

**Quinto objetivo. Comprobar el cumplimiento de la norma (RETIE) en la envolvente diseñada.**

Se realizó un protocolo de pruebas para comprobar bajo la norma el funcionamiento mecánico de la envolvente, se realizaron pruebas de carga estática, cargas axiales, sistema de elevación y comprobaciones mecánicas.

<b>PROTOCOLO 1: PRUEBAS FUNCIONAMIENTO MECANICO DE LA ENVOLVENTE</b>
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Determinar los ensayos que se realizan a envolventes vacías sobre muestras consideradas por Ryctel Ltda como representativas, aplicando las pruebas especificadas en la Norma UNE-EN o IEC 62208 y UNE-EN O IEC 61439-1.</p>
<p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Este procedimiento aplica a todos los productos que han sido seleccionados por Ryctel Ltda para aplicar con las pruebas especificadas por la UNE-EN 62208 y UNE-EN 61439-1</p>
<p><b>3.DEFINICIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>ENVOLVENTE VACÍA:</b> Envolvente prevista para el soporte e instalación de aparatación eléctrica en su espacio interno y que procura en este espacio interno un grado de protección adecuado contra las influencias externas y un grado de protección específico contra el acercamiento o el contacto con las partes activas y contra el contacto con partes en movimiento.</li></ul>

- **ESPACIO PROTEGIDO:** Espacio interno o parte del espacio interno de la envolvente especificado por el fabricante destinado al montaje de la aparamenta y para que la protección específica es proporcionada por la envolvente.
- **CUBIERTA:** Parte exterior de la envolvente.
- **CUBIERTA DESMONTABLE:** Cubierta prevista para cerrar y abrir una abertura en el exterior de una envolvente y que puede retirarse para efectuar ciertas operaciones y trabajos de mantenimiento.

#### **4. DESARROLLO**

##### **4.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Requerimiento de ensayos de los envolventes, teniendo en cuenta que forman parte del equipo eléctrico, para tensiones inferiores a 1000 V en corriente alterna y a 1500 V en corriente continua.

##### **4.2 INFORMACIÓN DEL FABRICANTE**

Se describe de forma clara los datos de la Empresa que realiza los ensayos. Como:

- Nombre o razón social
- Nit
- Datos del contacto
- Dirección
- Teléfono

##### **4.3 MODO DE EMPLEO DE LOS ENSAYOS**

Los ensayos se realizan a temperatura ambiente para instalaciones de +10°C y +40°C.

##### **4.4 CLASIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE A ENSAYAR**

Se especifica las características que se encuentran relacionadas en la Norma IEC 62208 para las envolventes que se clasifican según:

- a) El tipo de material:

- Aislante
- Metálica
- Combinación de aislante y metálica
- b) El modo de fijación:
  - Sobre el suelo
  - Sobre pared
  - Montaje empotrado
  - Sobre poste
- c) El lugar previsto de utilización
  - Exterior
  - Interior
- d) El grado de protección
  - Código IP según la Norma IEC 60529
  - Código IK según la Norma IEC 62262

## **5. ENSAYOS DE TIPO**

### **5.1 MARCADO**

La envolvente debe estar identificada de manera que el cliente final pueda obtener las informaciones pertinentes del fabricante de la envolvente. Tal identificación debe incluir:

- Nombre, marca comercial o marca de identificación del fabricante de la envolvente.
- Designación de tipo o número de referencia de la envolvente.

El marcado debe ser duradero y fácilmente legible, para realizar dicha prueba se debe realizar el siguiente procedimiento:

*El ensayo se realiza frotando las marcas a mano durante 15 s con un trozo de tela empapado de agua, y de nuevo durante otros 15 s con un trozo de tela empapado de gasolina, después del ensayo las marcas deben ser fácilmente legibles.*

### **5.2 CARGAS ESTÁTICAS**

Para el cumplimiento de la carga permitida que la envolvente y sus puertas son

capaces de llevar se comprueba de acuerdo al siguiente ensayo:

- a) *La envolvente equipada con todos sus componentes prescritos para soportar la carga admisible permitida; se carga con un peso igual a 1,25 veces la carga permitida por el fabricante que en este caso será el mismo peso de la envolvente, esta se coloca de forma homogénea sobre los soportes de la apartamenta, así como sobre la puerta y se mantienen durante una hora en posición cerrado.*
- b) *La puerta se abre 5 veces a 90°, y se mantiene como mínimo durante 1 min en posición abierta.*

*Después del ensayo con las cargas en posición, la envolvente no debe presentar deformaciones permanentes ni fisuras, y durante el ensayo ninguna flexión o curvatura debe degradar ninguna de sus características.*

### **5.3 ELEVACIÓN**

Cuando sea necesario, las envolventes deben estar provistas de dispositivos de elevación o medios de transporte adecuados.

La conformidad se verifica de acuerdo al siguiente ensayo:

- a) A partir de la posición en reposo se levanta 3 veces en un plano vertical, volviendo a la posición inicial.
- b) La envolvente se levanta y se suspende durante 30 min a la altura de  $\geq 1$  m sin ningún movimiento.
- c) La envolvente se levanta a la altura de  $\geq 1$  m y se desplaza (10 +/- 0,5) m horizontalmente, y luego se deposita en el suelo. Este ciclo se debe realizar en 1 min y se repite 3 veces a velocidad constante.

Después del ensayo con las cargas en posición, la envolvente no debe presentar deformaciones permanentes ni fisuras, y durante el ensayo ninguna flexión o curvatura debe degradar ninguna de sus características.

### **5.4 CARGAS AXIALES DE LOS INSERTOS METÁLICOS**

Durante el ensayo la envolvente debe reposar sobre el piso para permitir la aplicación de la carga indicada:

- a) Para tamaño de inserto M8 la carga axial debe ser de 500 N.
- b) Se efectúa aplicando a muestras representativas durante 10 s.

Al final del ensayo, el tornillo debe permanecer en su posición original, cualquier signo de movimiento es inaceptable. Los resquebrajamientos o las fisuras del material en el que está colocado el inserto tampoco son aceptables.

### **5.5 FUNCIONAMIENTO MECÁNICO.**

Durante el ensayo la envolvente debe reposar sobre el piso para permitir la apertura de la puerta frontal de la siguiente forma:

- a) *La puerta se abre y se cierra 50 veces en ciclos de operación.*
- b) *La cerradura se acciona 50 veces en ciclos de operación.*
- c) *Los elementos mecánicos deben montarse y desmontarse 50 veces.*

Al final del ensayo, las bisagras ni la chapa deben presentar deformaciones permanentes ni fisuras, la puerta debe permanecer en su sitio y las chapas o manijas no deben desmontarse ni degradar ninguna de sus características.

### **5.6 GRADO DE PROTECCIÓN (Código IP).**


La verificación del grado de protección contra el acceso a las partes peligrosas y contra la penetración de cuerpos sólidos extraños está indicado por la primera cifra característica, y contra la penetración del agua, indicado por la segunda cifra característica, ensayos de la Norma IEC 60529:1989. Estos ensayos se hacen en laboratorios certificados por el INCONTEC.

### **5.7 GRADO DE PROTECCIÓN CONTRA LOS IMPACTOS MECÁNICOS EXTERNOS (Código IK)**

La verificación del grado de protección contra los impactos mecánicos se efectúa según la Norma IEC 62262 y mediante un martillo de ensayo adecuado a las dimensiones de la envolvente. Estos ensayos se hacen en laboratorios certificados por el INCONTEC.

Las pruebas fueron registradas en el siguiente formato:

**Tabla 2. Formato de registro pruebas de funcionamiento mecánico de la envolvente.**

		<b>RESULTADO DE ENSAYOS PARA FUNCIONAMIENTO MÉCANICO ENVOLVENTE AUTOPORTADA</b>		Cód: Versión:	
		Fecha:			
<b>1. INFORMACIÓN DEL FABRICANTE</b>					
Empresa		Ciudad			
NIT		Departamento			
Teléfono:		Dirección:			
Fecha:		Norma		Según normatividad UNE-EN 62208 UNE-EN 61439-1	
<b>2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ELEMENTO QUE SE SOMETE A ENSAYO</b>					
Elemento a ensayar		Condiciones Ambientales		Temperatura	
				Humedad Relativa	
Dimensiones		Tipo de pintura:			
Tipo lámina		Prueba de cámara salina:			
Calibre lamina	Chasis		Tipo ambiente de prueba:		
	Accesibilidad				
	Sistema cierre				
	Doblefondos				
		IP	IK	PESO:	
<b>3. CLASIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE</b>					
A) El tipo de material			C) LUGAR PREVISTO		
Aislante			Exterior		
Metálica			Interior		
Combinación de aislante y metálica			D) EL GRADO DE PROTECCIÓN		
B) El modo de fijación			Código IP:		
Sobre el suelo			Código IK:		
Sobre pared					
Montaje empotrado					
Sobre poste					
<b>4. MARCADO</b> <i>El ensayo se realiza frotando las marcas a mano durante 15 s con un trozo de tela empapado de agua, y de nuevo durante otros 15 s con un trozo de tela empapado de gasolina, después del ensayo las marcas deben ser fácilmente legibles.</i>					
CUMPLE			OBSERVACIONES		
NO CUMPLE			OBSERVACIONES:		
<b>5. CARGAS ESTÁTICAS</b> <i>La envolvente equipada; se carga con un peso igual a 1,25 veces la su peso, esta se coloca de forma homogénea sobre los soportes de la apartamenta, así como sobre la puerta y se mantienen durante una hora en posición cerrado. La puerta se abre 5 veces a 90°, y se mantiene como mínimo durante 1 min en posición abierta.</i>					
CUMPLE			OBSERVACIONES:		
NO CUMPLE			OBSERVACIONES:		
<b>6. ELEVACIÓN:</b> <i>A partir de la posición en reposo se levanta 3 veces en un plano vertical, volviendo a la posición inicial. La envolvente se levanta y se suspende durante 30 min a la altura de ≥ 1 m sin ningún movimiento. La envolvente se levanta a la altura de ≥ 1 m y se desplaza (10 +/- 0,5) m horizontalmente, y luego se deposita en el suelo. Este ciclo se debe realizar en 1 min y se repite 3 veces a velocidad constante. No debe presentar deformaciones permanentes ni fisuras.</i>					
CUMPLE			OBSERVACIONES:		
NO CUMPLE			OBSERVACIONES:		

<b>7. CARGAS AXIALES DE INSERTOS METÁLICOS:</b> Para tamaño de inserto M8 la carga axial debe ser de 500 N. Se efectúa aplicando a muestras representativas durante 10 s. Al final del ensayo, el tornillo debe permanecer en su posición original, cualquier signo de movimiento es inaceptable. Los resquebrajamiento o las fisuras del material en el que está colocado el inserto tampoco son aceptables.		
CUMPLE		OBSERVACIONES:
NO CUMPLE		OBSERVACIONES:
<b>7. FUNCIONAMIENTO MECANICO:</b> La puerta se abre y se cierra 50 veces en ciclos de operación. La cerradura se acciona 50 veces en ciclos de operación. Los elementos mecánicos deben montarse y desmontarse 50 veces. Al final del ensayo, las bisagras ni la chapa deben presentar deformaciones permanentes ni fisuras, la puerta debe permanecer en su sitio y las chapas o manijas no deben desmontarse ni degradar ninguna de sus características.		
CUMPLE		OBSERVACIONES:
NO CUMPLE		OBSERVACIONES:
<b>8. QUIEN REALIZA EL ENSAYO</b>		
Nombre:	Rol:	Firma:
LABORATORIO DE ENSAYO RYCTEL LTDA		
DIRECCIÓN: Carrera 15 7-29 Barrio Chapinero (Bucaramanga- Santander).		
Fin del ensayo		

Con los resultados obtenidos de las pruebas se realizaron ajustes mínimos al diseño, se analizaron los procesos de fabricación y ensamble, además se realizó una capacitación al personal de fabricación sobre la construcción de la nueva envolvente.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

#### 5.1.1 Generalidades de la empresa.

Tabla 3. Descripción de la empresa.

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	Ryctel Ltda.
<b>NIT</b>	900304878 – 1
<b>UBICACIÓN</b>	Carrera 15 No 7 –29 Barrio Chapinero Bucaramanga, Santander
<b>TELÉFONOS</b>	6978469 – 6556991
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	RYCTEL LTDA es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos en metalmecánica para electricidad y telecomunicaciones. Ensamble de tableros eléctricos de baja tensión y celdas de media tensión.
<b>ARL</b>	POSITIVA
<b>PAGINA WEB</b>	<a href="http://www.ryctel.com/">http://www.ryctel.com/</a>
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	En clase de riesgos profesionales V Y IV
<b>LOGO</b>	

Fuente: autora del proyecto

**5.1.2. Reseña histórica.** Ryctel Ltda Es una empresa de ingeniería dedicada al diseño y construcción de sistemas eléctricos de media y baja tensión, redes de voz y datos, seguridad y control, en el sector de la construcción de proyectos comerciales, residenciales, industriales, hoteleros y centros de negocios. Esta empresa de carácter privado desde 2007 ha sido fuente de empleo para los santandereanos. Genera 45 empleos directos (33 en producción y 12 administrativos).

Inició sus labores con la línea de telecomunicaciones, racks de pared y canaletas y en 2009 se implementó la línea de producción eléctrica. Con esta línea Rycltel Ltda amplió su gama de productos facilitando así su incursión en el mercado eléctrico.

En 2014 Rycltel Ltda obtiene su certificado de Calidad ISO 9001:2008 y certificación Sello Producto RETIE 2013, ampliando sus objetivos para penetrar mayormente en el mercado local de tableristas. Dispone de una alta calidad en su portafolio de productos, ya que cuenta con una infraestructura ideal de equipos CNC (Punzonadora, Cortadora y Plegadora) para la fabricación metalmecánica de todos sus productos especialmente en la línea eléctrica.

### **5.1.3. Direccionamiento estratégico Rycltel Ltda.**

**5.1.3.1. Misión:** Rycltel es una empresa que tiene como misión generar soluciones para el sector eléctrico y de telecomunicaciones, la cual está orientada a la fabricación de productos metalmecánicos y el desarrollo de proyectos de ingeniería a la medida del cliente.

Lo que diferencia a Rycltel de sus competidores es su constante innovación, flexibilidad y comprensión del que hacer comercial de sus clientes, además de la capacidad técnica y de gestión que garantiza el éxito en los proyectos.

**5.1.3.2. Visión:** En el 2017 consolidarse como una de las compañías líderes en el sector eléctrico y de telecomunicaciones, en el ámbito nacional.

Esto se logrará a través de nuevas estrategias que permitan la satisfacción de sus clientes, por medio del desarrollo tecnológico, la excelencia del talento humano, la óptima calidad de sus productos y la puesta en marcha de proyectos competitivos que satisfagan las necesidades individuales de los clientes.

**5.1.3.3. Estructura Organizacional:** La estructura organizacional de Rytcel Ltda, se ajusta a las necesidades de la organización y a los procesos que en ella se maneja, para ello la organización divide, agrupa, coordina y controla todas las tareas y actividades.

**5.1.3.4. Mapa de procesos:** Los procesos que Rytcel Ltda, identificó dentro de su sistema de gestión de calidad se encuentran en la figura 1.

**Figura 1. Mapa de procesos Rytcel Ltda**



Fuente: Rytcel Ltda, Estructura organizacional sistema de Calidad Rytcel Ltda.

**5.1.3.5. Productos.** Rytcel Ltda, como empresa metalmecánica de la región ofrece productos de alta calidad, desarrollados con tecnología de punta y con mano de obra totalmente calificada, orientados hacia la satisfacción de sus clientes y a la apertura de nuevos mercados. Actualmente Rytcel Ltda, cuenta con dos líneas de producción, que están distribuidas de la siguiente manera:

- **Línea de telecomunicaciones:** en esta línea se encuentran todos los diseños de productos para redes de voz y datos, seguridad y control, las cuales son

fabricadas por procesos de producción metalmecánico (proceso de corte, punzonado, doblado, soldadura, lavado, pintura y por último el proceso de ensamble), lo que nos permite una gran versatilidad en la elaboración de nuevos productos y manejar volúmenes grandes de estos productos.

- **Línea eléctrica:** en esta línea se encuentran todos los diseños de ingeniería dedicada al diseño y construcción de sistemas eléctricos de media y baja tensión para el sector de la construcción de proyectos comerciales, residenciales, industriales, hoteleros y centros de negocios. las cuales son fabricadas por procesos de producción metalmecánico (proceso de corte, punzonado, doblado, soldadura, lavado, pintura, ensamble) y por último el proceso de ensamble eléctrico, donde se realiza todo el montaje de la parte eléctrica, cumpliendo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013., lo que permite una gran versatilidad en la elaboración de nuevos productos y cumplir con grandes estándares de Calidad.

A continuación se observa el portafolio de productos que ofrece Rycltel Ltda a sus clientes:

- Canaletas metálicas
- Accesorios para canaleta.
- Portatomos metálicos
- Gabinetes de piso
- Gabinetes de pared
- Racks abiertos de piso
- Bandeja sencilla
- Bandeja deslizante
- Organizadores horizontales
- Multitomas

- Tableros de montaje en pared
- Tableros autosoportados en piso
- Banco de condensadores
- Tableros para control de motores
- Celda para transformadores

## **5.2 SOBRE TABLEROS ELECTRICOS DE BAJA TENSION.**

Los tableros eléctricos (llamados también cuadros, gabinetes, paneles, consolas o armarios) son una combinación de varios elementos o partes que se agrupan en una o más cajas continuas con el fin de proteger, agrupar, distribuir y maniobrar diferentes elementos eléctricos de potencia 24V o más, como generadores, motores, circuitos de alimentación, líneas de transmisión y distribución, entre otros (Norma IEC 61439). Por otra parte se podría decir que los tableros eléctricos protegen a los usuarios de una posible carga eléctrica evitándoles quemaduras o la muerte.

En general los tableros son usados en instalaciones industriales, comerciales y de servicio público, son diseñados con el fin de brindar un grado de protección contra el polvo, la lluvia, y demás agentes externos que puedan deteriorar o dañar los distintos elementos que contiene. Además las partes internas del tablero deben contribuir a la distribución adecuada de los diferentes elementos que contenga, soportándolo con seguridad y firmeza. Al igual que cualquier componente de un sistema eléctrico los tableros deben cumplir con una serie de normas que permiten medir sus diferentes características y aprobar su adecuado funcionamiento.

## **5.3 NORMAS GLOBALES PARA TABLEROS EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA.**

### **5.3.1. Información sobre las normas:**

- Norma 60529 y 60439 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)

La IEC es la organización líder en el mundo que elabora y publica normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines, lo que se llama colectivamente electro tecnología.

La norma IEC 60529 incluye una lista de códigos, llamados números característicos (Characteristic Numerals), que se usan para identificar niveles de protección contra el ingreso. Normalmente conocida como la Protección IP, estos códigos reflejan la capacidad del tablero eléctrico de proteger contra el acceso a partes electrificadas por parte de personas, herramientas, humedad, polvo o suciedad.

- La Norma 250 de la National Electrical Manufacturer's Association (NEMA)

NEMA promueve la competitividad de todos los productos de la industria eléctrica de los EE.UU. a través del desarrollo, la defensa en las legislaturas federal y estatal y las agencias ejecutivas, y la recolección y el análisis de datos económicos. Similar a la IEC 60529, la norma NEMA 250 cubre tableros para equipo eléctrico. Igual que la IEC 60529, NEMA 250 se ocupa de la protección contra el ingreso, pero difiere en que también se ocupa de las especificaciones que detallan los criterios mínimos de la construcción, el rendimiento, de pruebas, la resistencia a la corrosión y mucho más. Aun cuando su comienzo está basado en los Estados Unidos, NEMA es una organización global que trabaja para promover las normas eléctricas en todo el mundo.

- Normas Underwriter Laboratories® (UL) 50, 50E

Underwriters Laboratories® es una organización de certificación independiente de seguridad de productos que ha probado productos y escrito normas de seguridad durante más de un siglo. UL evalúa anualmente más de 19.000 tipos de productos, componentes, materiales y sistemas, y más de 21 mil millones de marcas de UL aparecen anualmente en los productos de 72.000 fabricantes. Las normas UL 50, 50E se basan en las normas NEMA 250. Mientras que se ocupan de muchos de los mismos puntos, NEMA simplemente indica la intención del diseño pero no exige el cumplimiento a través de las pruebas de un tercero y visitas de cumplimiento en el sitio.

Se puede construir un producto de acuerdo a las normas NEMA, pero el cumplimiento del rendimiento real está a discreción del fabricante. Sin embargo, la certificación UL es una confirmación formal de que se ha cumplido con la construcción y el rendimiento exigidos después de que se hayan efectuado análisis y pruebas. Resumiendo, ambas, NEMA y UL definen normas, pero sólo UL hace cumplir sus normas mediante pruebas y la inspección de terceros.

Estas tres normas principales tienen similitudes y diferencias en sus criterios de rendimiento, influencia en los elementos del diseño de un tablero, requisitos de pruebas y métodos de cumplimiento. La tabla 4 a continuación indica los puntos principales tratados por cada una de las normas. Los tres se ocupan de la protección contra el ingreso, sin embargo NEMA 250 y UL 50, 50E también definen los requisitos mínimos para el diseño de los tableros.
















**Tabla 4. Puntos principales tratados por cada una de las Normas**

Norma	Puntos principales de los que se ocupa
IEC 60529	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de protección contra el ingreso</li> </ul>
NEMA 250	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de protección contra el ingreso</li> <li>Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes</li> </ul>
UL 50, 50E	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de protección contra el ingreso</li> <li>Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes</li> </ul>

Fuente: HOFFMANONLINE Puntos principales de los que se ocupan las normas IEC 60529, NEMA 250 y UL 50, 50 E. HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

**5.3.2. Protección contra el ingreso.** Si bien las tres normas se ocupan del ingreso, no lo definen de la misma manera. La Tabla 5 a continuación enumera las calificaciones para los distintos Tipos, como se define en UL 50, 50E y NEMA 250. La tabla 6 enumera la calificación IP del tablero, como se define en IEC 60529.

**Tabla 5. Calificación IP para tableros.**

Primer número		Segundo número	
IP	Prueba IP	IP	Prueba IP
0	 Sin protección	0	 Sin protección
1	 Protegido contra objetos sólidos de hasta 50 mm, p.ej. toque accidental con las manos	1	 Protegido contra gotas de agua que caen verticalmente, p.ej. condensación
2	 Protegido contra objetos sólidos de hasta 12 mm, p.ej. dedos	2	 Protegido contra el rocío directo de agua hasta 15° de la vertical
3	 Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5 mm, p.ej. herramientas y alambres	3	 Protegido contra el rocío a 60° de la vertical
4	 Protegido contra objetos sólidos de más de 1 mm	4	 Protegido contra el rocío de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado)
5	 Protegido contra el polvo (ingreso limitado, sin acumulación dañina)	5	 Protegido contra chorros a baja presión de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado)
6	 Totalmente protegido contra el polvo	6	 Protegido contra chorros fuertes de agua
		7	 Protegido contra los efectos de inmersión entre 15 cm y 1 m

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

**Tabla 6. Tipos de tableros.**

	NEMA		Calificación del gabinete	UL	
	Sólidos	Líquidos		Sólidos	Líquidos
<b>INTERIORES</b>	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Sin protección	<b>Tipo 1</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Sin protección
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	<b>Tipo 2</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra goteos y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y asentamiento de polvo, pelusa, fibras y contaminantes aéreos)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	<b>Tipo 5</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae, asentamiento de polvo, pelusa, fibras y contaminantes en el aire	Proporciona un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras) y salpicaduras ligeras o filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	<b>Tipo 12</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae, polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes	Proporciona un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y filtración resultante de aceite y refrigerantes no corrosivos.
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo o salpicaduras ligeras) y rocío, salpicaduras y filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	<b>Tipo 13</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y la caída de suciedad, polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes	Proporciona un grado de protección contra rocío, salpicaduras y filtración de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos <b>INTERIORES O AL AIRE LIBRE</b>
<b>INTERIORES O AL AIRE LIBRE</b>	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve o nieve llevada por el viento)	<b>Tipo 3</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve y nieve
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (calda de lluvia, aguanieve o nieve)	<b>Tipo 3R</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve y nieve
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera)	<b>Tipo 4</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua, y agua dirigida con manguera) y proporciona un mayor nivel de protección contra la corrosión	<b>Tipo 4X</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua, agua dirigida con manguera y corrosión
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la Inmersión temporal esporádica a profundidad limitada)	<b>Tipo 6</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la Inmersión temporal esporádica a profundidad limitada)
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la Inmersión prolongada a una profundidad limitada)	<b>Tipo 6P</b>	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, agua dirigida con manguera y la Inmersión prolongada a profundidad limitada

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

Si bien la calificación de Tipo UL se basa en las calificaciones de tipo NEMA, y por lo tanto son muy similares a ellas, son muy distintas de las calificaciones de IP de

IEC y por lo tanto, no se puede comparar o equiparar. La diferencia entre las normas UL e IEC son principalmente el tipo de prueba requerida y los criterios de pasa/falla de cada una. Por ejemplo, en algunos mercados se equipara con frecuencia el Tipo 12 UL con la IP55. Sin embargo, la calificación UL y NEMA Tipo 12 es mucho más estricta en que no se permite el ingreso de polvo ni líquido durante la prueba, mientras que la calificación IP55 permite el ingreso de algo de polvo y líquido en el tablero, siempre que no sea dañino. La Tabla 7 define los requisitos de prueba y los criterios de pasa/falla para las calificaciones UL y NEMA. Las Tablas 8 y 9 definen los requisitos de prueba y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IP.

**Tabla 7. Requisitos de prueba y criterios de pasa/falla para la UL y Nema.**

Calificaciones UL 50, 50E y NEMA 250				
	Protección	Método de prueba	Criterios para pasar	
INTERIORES	Tipo 1	Contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Sonda 0.250 pulgadas máximo	Sin penetración
	Tipo 2	Goteo, salpicaduras ligeras de líquido	Prueba de goteo de 30 minutos	Cantidad limitada de agua adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	Tipo 5	Polvo, goteo y salpicaduras ligeras de líquido depositadas	Prueba de rocío de 20 psi (170 kPa)	Sin agua adentro
	Tipo 12	Polvo circulante, goteo y salpicaduras ligeras de líquido y aceite	Prueba de goteo de 30 minutos Prueba de rocío de 30 psi (200 kPa)	Sin agua adentro
	Tipo 13	Polvo circulante, rocío de líquido y aceite	Agua y agente humectante, 2 galones (7.6 L)/min. - 30 minutos	Sin agua adentro
AL AIRE LIBRE	Tipo 3	Lluvia, aguanieve, nieve y polvo soplado por el viento	Manguera para incendios, 45 galones (170 L)/min.	Sin agua adentro
	Tipo 3R	Lluvia, aguanieve y nieve	(3) boquillas de lluvia de 5 psi - 1 hora	Cantidad limitada de agua adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	Tipo 4	Agua dirigida con manguera	Manguera para incendios, 65 galones (246 L)/min. - 5 minutos mínimos	Sin agua adentro
	Tipo 4X	Agua dirigida con manguera y corrosión	Manguera para incendios, 65 galones (246 L)/min. - 5 minutos mínimos, 200 horas de rocío salobre	Sin agua adentro
	Tipo 6	Inmersión temporal a profundidad limitada	Se sumerge a 6 pies (1.8 m) - 30 minutos	Sin agua adentro
	Tipo 6P	Inmersión prolongada a profundidad limitada	Se sumerge a 6 pies (1.8 m) - 24 horas	Sin agua adentro

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID=245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=)

**Tabla 8. Requisitos para las pruebas y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IEC IP (primer número, protección contra ingreso de sólidos y humano); tipo y tamaño de las partículas de polvo.**

Grados de protección del primer número característico de IEC 60529 - Sólido				
		Protección	Método de prueba	Criterios para pasar
INTERIORES	IP 1X	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 50 mm - Sonda	Sin penetración
	IP 2X	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 12.5 mm - Sonda	Sin penetración
	IP 3X	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 2.5 mm - Sonda	Sin penetración
	IP 4X	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 1.0 mm - Sonda	Sin penetración
	IP 5X	Protegido contra el polvo	Polvo circulante	Polvo limitado adentro; no en piezas vivas (energizadas)
AL AIRE LIBRE	IP 6X	Hermético al polvo	Polvo circulante	Sin polvo adentro

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=)

**Tabla 9. Requisitos de prueba y criterios de pasa/falla para IA IEC IP (segundo número contra el ingreso de líquidos)**

Grados de protección del segundo número característico de IEC 60529 - Agua				
		Protección	Método de prueba	Criterios para pasar
INTERIORES	IP X1	Gotas que caen verticalmente	Prueba de goteo de 10 minutos	Cantidad limitada de agua adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	IP X2	Gotas que caen verticalmente a 15° de la vertical	Prueba de goteo de 10 minutos a 15°	
	IP X3	Rociado de agua	5 minutos tubo oscilando 120° o rociado parcial durante 5 minutos	
	IP X4	Salpicaduras de agua	10 minutos tubo oscilando 360° o rociado completo durante 5 minutos	
	IP X5	Chorros de agua	Manguera para incendios 3 galones (12.5 L)/min.	
AL AIRE LIBRE	IP X6	Poderosos chorros de agua	Manguera para incendios 26 galones (100 L)/min.	
	IP X7	Inmersión temporal a profundidad limitada	Se sumerge a 3 pies (1 m) - 30 minutos	
	IP X8	Inmersión prolongada a profundidad limitada	Más rigurosa que X7 Acuerdo con el cliente	

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=)

**5.3.3 Requisitos mínimos para el diseño de tableros.** Si bien las tres normas definen la protección contra el ingreso, sólo las normas NEMA 250 y UL 50, 50E definen los requisitos mínimos del diseño de gabinetes.

NEMA y UL definen los requisitos para:

- Fortaleza
  - Impacto mecánico en las paredes del gabinete
  - Requisitos de espesor de la capa de metal
- Sellado
  - Envejecimiento de juntas
  - Resistencia al aceite
- Material/Acabado
- Requisitos de cierre de la puerta y de la cubierta
- Inflamabilidad
- Ventilación
- Montaje
- Térmico
- Unión/Conexión a tierra

**Figura 2. Pruebas representativas de rendimiento de UL**



Prueba tipo 4



Prueba de Agua atomizada tipo 12

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

**Tabla 10. Requisitos del diseño para las Normas UL, IEC y Nema**

Requisitos para el diseño de gabinetes		Underwriters Laboratories	National Electrical Manufacturers Association	International Electrotechnical Commission
Requisito del diseño	Porqué es importante	UL 50, 50E	NEMA 250	IEC 60529
<b>Fortaleza</b>	Asegura fortaleza consistente para tener seguridad y rendimiento.	x	x	—
<b>Sellado</b>	Asegura que el método de sellado se desempeñará en distintos ambientes durante la vida útil del gabinete	x	x	—
<b>Material/Acabado</b>	Asegura un alto nivel de estética, resistencia a la corrosión y protección UV para la aplicación final	x	x	—
<b>Cierre</b>	Asegura que la puerta y/o la cubierta estén correctamente selladas y limita el acceso al personal calificado	x	x	—
<b>Inflamabilidad</b>	Asegura la seguridad del equipo y del operador	x	x	—
<b>Ventilación</b>	Ayuda a aumentar la duración del equipo adentro del gabinete	x	x	—
<b>Montaje</b>	Asegura la facilidad de instalación mientras que mantiene la calificación del rendimiento del gabinete	x	x	—
<b>Térmico</b>	Asegura que el gabinete se desempeñará a alto nivel en ambientes extremos	x	x	—
<b>Unión/Conexión a tierra</b>	Asegura la seguridad del equipo y del operador	x	—	—

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

**Figura 3. Pruebas de cumplimiento de la norma**



Prueba de tracción



Prueba de accionamiento de la cerradura



Prueba de inflamabilidad



Prueba junta (sellado)

**5.3.4 Requisitos para las pruebas y el cumplimiento de la norma.** Si bien las normas IEC, NEMA y UL definen los niveles de protección de manera que se use

el tablero correspondiente de acuerdo a las exigencias específicas de la aplicación, el hecho es que estas normas no fueron creadas de la misma manera. Las diferencias clave incluyen:

- Los elementos de que se ocupa cada norma
- Si la norma exige la prueba de terceros y la inspección del sitio de fabricación
- Los requisitos reales de las pruebas
- Cómo se interpretan los resultados de las pruebas

**Tabla 11. Requisitos para las pruebas y el cumplimiento de la Norma.**

Norma	Puntos principales de los que se ocupa	Requisitos de las pruebas	Inspección de laboratorio requerida para la certificación del producto	Inspección requerida del sitio de fabricación
IEC 60529	• Nivel de protección contra el ingreso	Se permite la autocomprobación	No: IEC permite la evaluación interna del cumplimiento. Algunos fabricantes eligen que una instalación de pruebas independiente certifique sus productos	No
NEMA 250	• Nivel de protección contra el ingreso • Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes	Se permite la autocomprobación	No: NEMA permite la evaluación interna del cumplimiento	No
UL 50, 50E	• Nivel de protección contra el ingreso • Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes	Se exige la prueba de un laboratorio de UL o un laboratorio certificado por UL	Sí: UL exige la verificación de las pruebas y auditorías anuales de los laboratorios certificados por UL para validar el cumplimiento con las normas	Sí: UL inspecciona cada sitio de fabricación mensualmente para asegurar el cumplimiento con la certificación del diseño de productos de UL.

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID=)

• **Sólo UL exige la prueba de terceros para la certificación**

Las organizaciones de normas NEMA y UL son comúnmente reconocidas en Norteamérica, y sus calificaciones se basan en descripciones de aplicaciones y rendimiento esperado similares. Mientras que NEMA proporciona directrices específicas pero deja el cumplimiento al fabricante, UL exige pruebas por parte de evaluadores calificados de terceros en laboratorios certificados.

Además, los inspectores visitan las instalaciones de fabricación para asegurar su cumplimiento con los métodos de fabricación prescritos y las especificaciones del material.

IEC y NEMA son similares en el sentido que no exigen pruebas independientes y dejan el cumplimiento en manos del fabricante. Debido a esta falta de pruebas, el rendimiento de los gabinetes y la calificación asignada a éstas puede variar de un fabricante a otro. Al nivel del usuario final el cumplimiento con el código y el cumplimiento del gabinete eléctrico y las instalaciones de componentes normalmente los lleva a cabo inspectores locales, conocidos como “Autoridades que tienen jurisdicción” (Authority Having Jurisdiction, AHI), que son comisionados por una agencia local. La instalación de los productos y los montajes que son certificados por terceros o listados de acuerdo a una norma para un uso específico reduce el alcance de las interpretaciones que tal vez deban hacer los inspectores.

**Tabla 12. Importancia de la supervisión de acuerdo a cada Norma.**

Supervisión	Porqué es importante	UL50, 50E	NEMA 250	IEC 60529
Laboratorio de pruebas certificado	Asegura la calibración del equipo, el cumplimiento con ISO 9001 e ISO 17025 y el cumplimiento con las normas de la agencia.	x		
Revisión de las pruebas	Proporciona la seguridad de que se han efectuado correctamente las pruebas	x		
Se inspecciona la fabricación	Asegura que los gabinetes se fabriquen y certifiquen correctamente y de manera consistente	x		
Inspeccionada en el campo	Asegura que se hayan construido y certificado correctamente los gabinetes para la aplicación final	x		
Multas	Proporcionan la disuasión para evitar la fabricación y certificación de gabinetes que no cumplen con los requisitos	x		
Autodeclaración	No proporciona la supervisión necesaria para asegurar que se han probado, construido o certificado correctamente los gabinetes		x	x

Fuente: HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID= 245286&pRID](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID= 245286&pRID)

## 5.4. NORMAS NACIONALES PARA TABLEROS EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

**5.4.1. RETIE.** Es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación Transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica en todo el territorio Nacional. El reglamento es de obligatorio cumplimiento e incorpora la Norma NTC 2050 “Código Eléctrico Colombiano.”<sup>16</sup>

El objetivo fundamental del Reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctricos, a partir del cumplimiento de los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos.

El reglamento aplica a todas las instalaciones de corriente alterna o continua, públicas o privadas, con valor de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 500 KV de corriente alterna (C.A), con frecuencia de servicio nominal inferior a 1000 Hz y mayor o igual a 50V en corriente continua (C.C), que se construya a partir de su entrada en vigencia. También aplica para todos los profesionales que ejercen la electrotecnia y para los productores o importadores de materiales eléctricos, ya sean de origen nacional o extranjero.<sup>17</sup>

Para garantizar el cumplimiento de la reglamentación la norma se establece la adopción de la certificación de conformidad de productos e inspección y certificación de conformidad de instalaciones.

---

<sup>16</sup>MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA. Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No. 9 0708 de Agosto 30 de 2013. [en línea] {citado 14 de agosto de 2016} disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>.

<sup>17</sup> Ibid

**5.4.1.1. Aplicaciones del RETIE:** El Reglamento Técnico se aplica a toda instalación eléctrica normal nueva, ampliación y remodelación que se realice en los procesos de generación, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, de acuerdo con lo siguiente:

- Se entenderá como ampliación de una instalación eléctrica, la que implique solicitud de aumento de carga instalada o el montaje de nuevos dispositivos, equipos y conductores en más del 50% de los ya instalados.
- Los productos utilizados en cualquier ampliación, remodelación o reposición deberán cumplir el presente Reglamento Técnico.<sup>18</sup>

**5.4.1.2. Tableros eléctricos:** Los tableros de baja tensión deben cumplir los siguientes requisitos:

Para baja tensión son adaptados de las normas IEC 60529, IEC 60695-2-11, IEC 60695-2-5, IEC 61439-1, IEC 62208, IEC 62262, UL 50, UL 65, NTC 1156, ANSI/NEMA250 o ASTM 117, y su cumplimiento será comprobado mediante certificado de Conformidad.

- a. Tanto el cofre como la tapa de un tablero general de acometidas auto soportado (tipo armario), deben ser construidos en lámina de acero, cuyo espesor y acabado debe resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, así como los efectos de la humedad y la corrosión, verificados mediante pruebas bajo condiciones de rayado en ambiente salino, durante al menos 400 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2 mm.

El tablero puede tener instrumentos de medida de corriente para cada una de las fases, de tensión entre fases o entre fase y neutro (con o sin selector), así

---

<sup>18</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, Bogotá: Diseños y diseños, 2013.

como lámparas de indicación de funcionamiento del sistema (normal o emergencia).

- b.** El tablero de distribución, es decir, el gabinete o panel de empotrar o sobreponer, accesible sólo desde el frente; debe construirse en lámina de acero de espesor mínimo 0,9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.
- c.** Los encerramientos de estos tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión, verificados mediante pruebas bajo condiciones de rayado en ambiente salino, durante al menos 400 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2 mm, conforme a la NTC 1156 o la ASTM 117.
- d.** Se admite la construcción de encerramientos plásticos o una combinación metal-plástico para los tableros de distribución, siempre que sean auto extingüibles (soportar la prueba del hilo a 650 °C durante 30 segundos) sin sostener la llama cuando se retire el hilo.
- e.** Los tableros deben ser resistentes al impacto contra choques mecánicos mínimo grado IK 05 y tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo, mínimo IP 2XC o su equivalente NEMA .
- f.** Se permiten conexiones en tableros mediante el sistema de peine, tanto para la parte de potencia como para la de control, siempre y cuando los conductores y aislamientos cumplan con los requisitos establecidos.

- g. Los compuestos químicos utilizados en la elaboración de las pinturas para aplicarse en los tableros, no deben contener TGIC (Isocianurato de Triglicidilo).
- h. Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado<sup>19</sup>.

**5.4.2. NTC 2050.** La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 tiene como objetivo lo siguiente:

- a) Salvaguardia. El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden seguir por el uso de la electricidad.
- b) Provisión y suficiencia. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

Nota. Dentro de los riesgos, se pueden resaltar los causados por sobrecarga en instalaciones eléctricas, debido a .que no se utilizan de acuerdo con las disposiciones de este código. Esto sucede porque la instalación inicial no prevé los posibles aumentos del consumo de electricidad. Una instalación inicial adecuada y una previsión razonable de cambios en el sistema, permitirá futuros aumentos del consumo eléctrico”.

---

<sup>19</sup> GALIZIA Carlos A. Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA. [en línea] citado 10 de abril de 2016 Disponible en: [http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102\\_Interpretaci](http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci).

## 6. PROCESO DE FABRICACIÓN ENVOLVENTE RYCTEL LTDA

Las envolventes auto soportadas de Rycltel, son de construcción robusta y fácil uso, debido que poseen perforaciones equivalentes a unidades de Rack en sus paraleles verticales, sobre los cuales se pueden ajustar a diferentes alturas las bases del doble fondo y estas a su vez son regulables en profundidad. De esta manera se flexibiliza el montaje de elementos en su interior ya sea en uno o varios doble fondos.

Posen la posibilidad de instalar techo con ranuras y unidades de ventilación e iluminación. Con bandejas de piso de fácil remoción que permiten el acceso de cableado.

**Figura 4. Envolventes actuales de tablero auto soportado Rycltel Ltda**



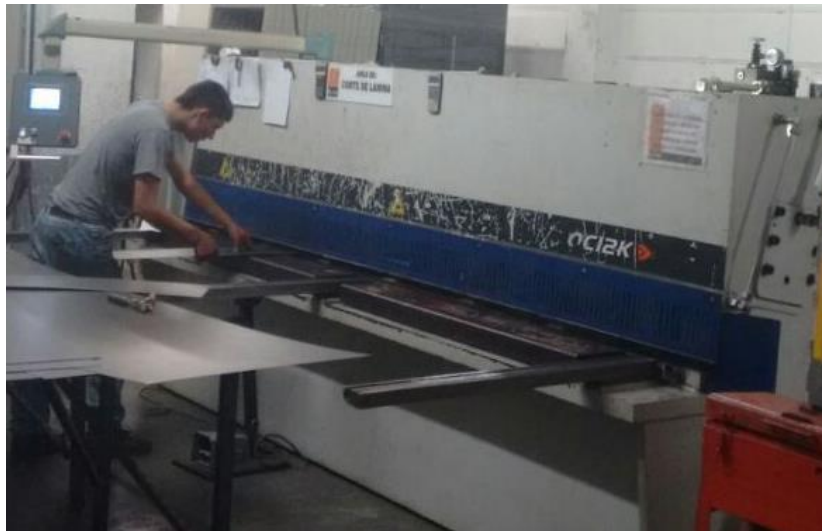
## **6.1. PROCESO DE FABRICACIÓN METALMECÁNICA ENVOLVENTES RYCTEL LTDA**

**6.1.1. Proceso de elaboración de planos de diseño.** Luego de definir con el cliente el tipo de producto que se requiere, se procede a realizar los planos constructivos de acuerdo a los documentos: ET-908 de CODENSA, NTC2050, RETIE.

**6.1.2. Proceso de corte.** Luego de realizarse los planos de construcción de acuerdo al diseño planteado en los documentos ET-908 de Codensa, NTC-2050 Y RETIE se procede a realizar el proceso de mecanizado de las piezas en el software TOPS, y luego se informa al operario de corte las medidas y calibres correspondientes a los cortes requeridos para punzonar las piezas individuales que se requiere en el producto.

Este proceso se hace por medio de una máquina cortadora CNC CybTouch 6, como se muestra en la siguiente figura

**Figura 5. Maquina Cortadora Rycltel Ltda**



Las ventajas principales de esta máquina CNC es:

- Mejora la precisión, ya que funciona por programas de ordenador, lo que resulta en una mejora global de la productividad.
- Ofrece una mayor seguridad por lo que los trabajadores no están en contacto directo ni expuestos a las herramientas de corte.
- Ayuda a reducir los desperdicios de metal, ya que están diseñadas con sistemas de gestión de virutas.

**6.1.3. Proceso de punzonado.** El procedimiento de punzonado se realiza con base en los programas de mecanizado realizados, por medio de los cuales se punzonan cada una de las láminas correspondientes a los tableros o el producto que se requiera.

Este proceso se hace por medio de una máquina punzonadora BOSCH CC 300 TRUMAGRAPH, como se muestra en la siguiente figura

**Figura 6. Máquina punzonadora Rycitel Ltda**



**6.1.4. Proceso de doblez.** El plano CAD correspondiente a este producto se envía por correo electrónico al área de punzonado y esta informa al área de doblez después de realizado el punzonado de las piezas para que realice los dobleces requeridos.

Este proceso se hace por medio de una máquina plegadora DNC 880S, como se muestra en la siguiente figura

**Figura 7. Máquina plegadora Ryctel Ltda**



**6.1.5. Proceso de soldadura.** Para realizar este proceso se debe remitir a las tablas correspondientes al proceso de punzonado para cada producto.

- **Puertas y techo:** Las puertas deben ser soldadas en los extremos correspondientes a los vértices generados por el proceso de doblez. Se debe soldar un tornillo M6 en la puerta frontal para equipotencializar el tablero o

celda. En las puertas posteriores y laterales se deben soldar dos pines en la base que servirán de seguro al momento de asegurar la chapa.

- **Cuerpo del tablero o la celda:** Para fabricar el cuerpo del tablero o la celda se deben tener en cuenta las siguientes apreciaciones constructivas:

1-Si es un tablero compacto el cuerpo es una sola pieza a la cual se debe soldar la base y el techo.

2-Si es un tablero o una celda autosoportado, estos generalmente se hacen en un marco frontal y uno trasero electro soldado y los travesaños laterales se atornillan a la estructura.

**6.1.6. Proceso de pulido.** En este proceso se realiza el acabado de las piezas en varios pasos de abrasivos convencionales de grano muy fino (para el fijado y eliminación de los defectos), y así mejorar la apariencia del producto.

**6.1.7. Proceso de lavado.** Las piezas deben ser preparadas antes del proceso de pintura, deben estar limpias, sin grasa ni polvo u óxido para lo cual se realizan los siguientes procedimientos:

- 1-Desengrase
- 2-Lavado con agua
- 3-desoxidado
- 4-Lavado con agua
- 5-Fosfatizado
- 6-Lavado con agua
- 7-Sellado

**6.1.8. Proceso de pintura.** Luego que la pieza ha pasado por el proceso de lavado se procede a realizar el proceso de pintura por medio de recubrimiento en polvo de aplicación electrostática.

En las celdas y los tableros se debe aplicar un recubrimiento en poliéster libre de TGIC, y posteriormente la pieza debe ser horneada por un tiempo de 15 min a una temperatura de 180°

**6.1.9. Proceso de ensamble.** El proceso de ensamble se realiza de acuerdo a los requerimientos del cliente teniendo en cuenta los documentos: ET-908 de Codensa, NTC2050, RETIE. De acuerdo al tipo de producto que sea requerido.

## **7. FASE 2: FASE DE PLANEACIÓN.**

**Cumplimiento de primer objetivo definir los requerimientos técnicos, funcionales y constructivos.**

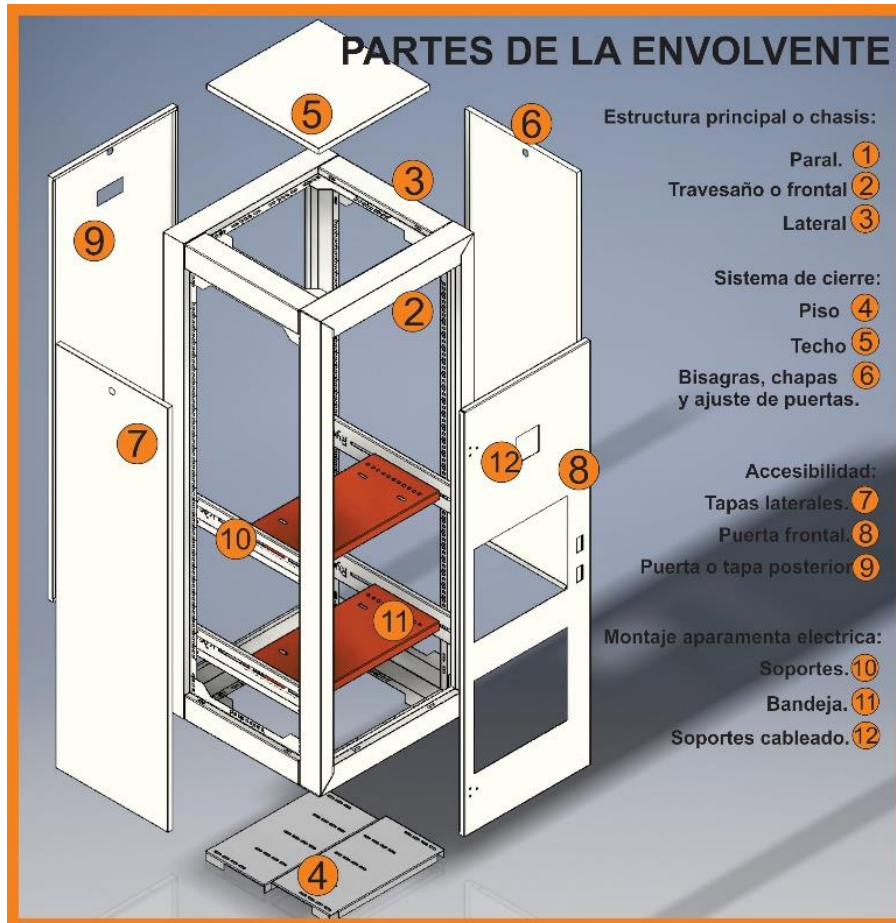
Esta fase se dividió en dos partes:

### **7.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

Para poder definir los requerimientos técnicos funcionales y constructivos se propone realizar un análisis de la envolvente como producto, como primera medida un análisis funcional por medio del método FAST, posteriormente un análisis del proceso productivo de la empresa (maquinaria CNC) y finalizar con un análisis de la normatividad vigente.

**7.1.1. Análisis funcional a través del método FAST.** En el anexo A se puede visualizar el diagrama FAST que permite determinar la importancia de cada elemento en la envolvente, se estudió y analizó su función; con el fin de priorizar, relacionar y jerarquizar las funciones. La envolvente para tablero eléctrico está compuesta por diferentes elementos que en conjunto cumplen con distintas funciones como proteger al usuario y contener de manera segura los elementos eléctricos que se le incorporen, adaptándose a diferentes dimensiones, manteniendo su estructura, dando estabilidad y obteniendo un sistema de equilibrio, permiten la distribución de elementos eléctricos, ayudan a distribuir las cargas o pesos, protegen a los usuarios, limitando el ingreso de líquidos, sólidos y aportan eficiencia para realizar funciones como el ensamble eléctrico en la protección de los equipos, en la figura 8 se pueden observar los elementos que componen la envolvente.

Figura 8. Elementos de la envolvente.



La interacción de la envolvente inicia desde el momento en que se empieza su proceso productivo, cada componente debe ensamblarse y manipularse de manera segura y confiable el operario ensambla los elementos eléctricos dentro de la envolvente, el perímetro de entrada (puertas frontales, traseras y laterales) facilitan el acceso generando una carga mecánica, inmediatamente el sistema estructural mantiene su estabilidad, distribuyendo las presiones. Además limita los espacios necesarios entre los elementos eléctricos, logrando disminuir los esfuerzos, distribuir las presiones y evitando compresiones principalmente en los soportes o estructura principal. Cada pieza de la envolvente complementa el ajuste necesario para la protección de los equipos y de las personas que los manipulan, logrando absorber los impactos para redistribuir la energía.

Una vez dentro los elementos, la envolvente tiene la capacidad de mantener la temperatura, evitando la humedad y el ingreso de cuerpos sólidos, sobretodo donde se generan cargas eléctricas, manteniendo la forma en las diferentes piezas donde se acoplan para el ensamble. Luego cuando el usuario solicite hacer mantenimiento esta debe mantener sus características mecánicas gracias a los materiales en que fue construida, evitando la abrasión, corrosión y desgaste del material. Finalmente generar protección al usuario y los equipos eléctricos.

En conclusión las funciones requeridas en la envolvente son absorber impactos, potenciar los mecanismos y limitar el área. Por otra parte se determinaron que las funciones permanentes son: contener las partes, proteger los elementos eléctricos y mantener la forma, siendo la función primaria la de proteger y contener la aparamenta eléctrica para lograr seguridad en todo momento.

**7.1.2. Análisis proceso productivo Ryctel Ltda.** Este análisis se hace teniendo en cuenta la tecnología disponible en la planta de producción metalmecánica y la maquinaria utilizada para esta labor, se recolecta la información de los manuales de cada máquina CNC, la cortadora CybTouch6 Shear-Usermanual, la dobladora Manual de utilización DNC 880, y la punzonadora Manual tops 300, y se detectan las características generales y las restricciones que presentan estas máquinas en el proceso productivo.

Se analiza que las restricciones más importantes se encuentran en los calibres de las láminas, las dimensiones de los punzones y las matrices que posee la empresa, el diseño de las piezas se restringe de acuerdo a estos parámetros.

**Tabla 13. Ficha técnica cortadora CNC.**

 <b>CORTADORA CNC</b>			
<b>Máquina -Equipo</b>	6x3200 cizalla hidráulica	<b>Ubicación:</b>	Kr 15 No 7-29 Chapinero
<b>Fabricante:</b>	PRESS BRAKE	<b>Sección:</b>	Taller- Bucaramanga.
<b>Modelo:</b>	QC12K-6X3200	<b>Serial:</b>	14281906
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
Peso: 5.6Ton	Dimensiones: 3830x1680x1620 (mm)	Marca: Cyb Touch 6-Huaxia máquina herramienta.	
Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material de corte: acero inoxidable, acero al carbón.</li> <li>• Espesor de corte lamina: min 1 máx. 6 (mm)</li> <li>• Longitud máxima de corte: 3 metros.</li> <li>• Tipo: oscilación del Haz de Corte</li> <li>• Posición de la galga trasera: min 50 máx. 600 mm</li> <li>• Secuencias por programa: 24.</li> </ul>		<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>	
			

**Tabla 14. Ficha técnica punzonadora CNC.**

 <b>PUNZONADORA CNC</b>			
<b>Máquina -Equipo</b>	PUNZONADORA TRUMPF	<b>Ubicación:</b>	Kr 15 No 7-29 Chapinero
<b>Fabricante:</b>	TRUMPF	<b>Sección:</b>	Taller- Bucaramanga.
<b>Modelo:</b>	TRUMATIC 120 ROTACION	<b>Serial:</b>	9091-30075
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
Peso: 4.3Ton	Dimensiones: 3800x4600x1820 mm	Marca: BOSCH CC 300 TRUMAGRAPH	
Características técnicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud máxima de reposición: 3 metros.</li> <li>• Anchura de la bancada 1 metro.</li> <li>• Max. Diámetro de punzonado: 38 mm por herramienta.</li> <li>• Espesor de lámina: 0.2 mm hasta 6 mm (está sujeto a los punzones que posee la empresa, se debe tener en cuenta que el punzón que se utilice debe ser el doble del diámetro mínimo del perforación que se desee)</li> </ul>		<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>	
			
 <b>INVENTARIO DE HERRAMIENTA PUNZONADORA</b>			
Rectangulo 20x2	Hexagono 6mm	Oblongo 30x2,5	
Rectangulo 30x15	Esquina DE 4mm	Cuadrado 15mm	
Rectangulo 20x3	Esquina DE 10mm	Cuadrado 12mm	
Rectangulo 37x5	Vetila	Cuadrado 10mm	
Rectangulo 20x4	Repujado1	Cuadrado 9 mm	
Rectangulo 10x3	Trapecio	Cuadrado 5 mm	
Circulo 25,4mm	Levinton 36,15X29,15	Cuadrado 4 mm	
Circulo 23mm	Levinton 34X28,5	Oblongo 25x4	
Circulo 19mm	Repujado 4mm	Oblongo 20x1,7	
Circulo 15mm	Oblongo 30x5	Oblongo 12x7	
Circulo 10mm	Oblongo 30x4	Oblongo 16x5	
Circulo 13mm	Oblongo 30x3	Circulo 3,5mm	
Circulo 8mm	Oblongo 25x7	Circulo 3mm	
Circulo 7mm	Oblongo 25x8	Circulo 4mm	
Circulo 6mm	Oblongo 25x5	Circulo 2mm	
Circulo 5mm	Oblongo 25x6		

**Tabla 15. Ficha técnica dobladora CNC.**

			
<b>DOBLADORA CNC</b>		<b>Ubicación:</b>	Kr 15 No 7-29 Chapinero
<b>Máquina -Equipo</b>	Plegadora DNC 880S	<b>Sección:</b>	Taller- Bucaramanga.
<b>Fabricante:</b>	PRESS BRAKE	<b>Serial:</b>	14783128SP
<b>Modelo:</b>	PSH-110/3200		
CARACTERISTICAS GENERALES			
Peso: 8,700 Ton.	Dimensiones: 1750x4130x2640 (mm)	Marca: Maquina Plegadora DNC 880S	
<b>Características técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión nominal: 1100 KN</li> <li>• Max. Ancho de doblaje: 3200 mm</li> <li>• Altura abierta: 550 mm</li> <li>• Profundidad de garganta: 400 mm</li> <li>• Carrera del cilindro: 250 mm</li> <li>• Velocidad de aproximación: 185 mm/s</li> <li>• Velocidad del doblaje: 10 mm/s</li> <li>• Velocidad de retorno: 160 mm/s</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matriz: min 0.2 máx. 2mm</li> <li>• Punzón: min 0.2 máx. 6mm.</li> <li>• Capacidad de doblado: 9mm en acero al carbón y 4 mm en acero inoxidable.</li> <li>• Colisión: la longitud del último pliegue debe ser menor al inmediatamente anterior.</li> </ul>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b> 

**7.1.3. Análisis normatividad vigente.** Se analiza la normatividad que rige a Ryctel LTDA que es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en donde los tableros eléctricos de baja tensión se clasifican en la tabla 16 y de acuerdo con su tipo deben cumplir con los requisitos que le apliquen, los cuales fueron adaptados de las normas relacionadas.

**Tabla 16. Normas de referencia para realizar pruebas de los tableros.**

TIPO DE TABLERO	NORMA IEC	NORMA UL	NTC
De distribución	60439-3	67	3475
	61439-1/3		2050
De potencia	60439-1	891	3278
	61439-1 /2	508	
Para instalaciones temporales	60439-4		3278
	61439-1/4		2050
Para redes de distribución pública.	60439-5		3278
	61439-1/5		2050

Los tableros de distribución pueden contener interruptores automáticos enchufables (Plug in) o tipo atornillable (Bolt on).

Fuente: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, Bogotá: Diseños y diseños, 2013.

Por otra parte el RETIE define las condiciones de la envolvente, en donde dice que los cerramientos destinados a tableros deben cumplir los requisitos adaptados de las normas tales como:

- IEC 60529, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP), de la cual se hace verificación mediante pruebas de laboratorio, en este caso la empresa cubre este requerimiento con un laboratorio colombiano certificado.
- IEC 60695-2-11, Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2-11: Método de ensayo del hilo incandescente. Ensayo de inflamabilidad para productos terminados, se hace verificación y pruebas para envolventes con montaje de aparata eléctrica, en este caso no aplica ya que este proyecto solo cubre diseño de la envolvente.
- IEC 61439-1, Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 1: Reglas generales. Esta norma establece requisitos para la construcción, seguridad, mantenimiento y los requisitos mecánicos de los cuadros de baja tensión, donde la tensión asignada no supere los 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua, de ella se toma en cuenta todo lo relacionado con la envolvente.
- IEC 62208, Envolventes vacías destinadas a los conjuntos de aparata de baja tensión. Requisitos generales. Esta norma especifica definiciones, las clasificaciones, las características y los requisitos de ensayo generales de las envolventes a utilizar como parte de conjuntos de aparata (por ejemplo de acuerdo con la serie de Normas IEC 61439), donde la tensión asignada no supere los 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua y uso general en exterior o interior.
- IEC 62262, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK), de la cual se hace verificación mediante pruebas de laboratorio, en este caso la empresa cubre este requerimiento con un laboratorio colombiano certificado.

- UL 50, Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes.
- UL 65, Procedimiento para la conexión de cable gabinetes.
- NTC 1156, procedimiento para el ensayo en cámara Salinas. De la cual se hace verificación mediante pruebas de laboratorio, en este caso la empresa cubre este requerimiento con el laboratorio QTEST.
- NEMA 250, donde al igual que la IEC 60529 se ocupa del grado de protección de carcasas y gabinetes para equipamiento eléctrico y electrónico, para de la cual se hace verificación mediante pruebas de laboratorio, en este caso la empresa cubre este requerimiento con el laboratorio QTEST.

## 7.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.

Con la información recolectada y analizada sobre la funcionalidad de la envolvente como producto y la relación de esta en su entorno, se establecieron los siguientes requerimientos a los cuales se les asignó una escala de importancia en taxativos (T), deseable (D) u opcional (O). Luego se inició la segunda fase, del desarrollo del concepto.

### 7.2.1. Requerimientos constructivos:

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Resistencia de los materiales</b>	Deben construirse solo en materiales capaces de soportar los esfuerzos mecánicos, eléctricos, térmicos y ambientales. (T)	Construirse a partir de materiales aislantes o metálicos o una combinación de estos. Criterio obtenido de (IEC 61439-1 pág. 37.) Resistencia a la tracción lamina cold rolled o laminadas en frio 28Kg/mm <sup>2</sup> (codiacero).
<b>Protección contra la corrosión.</b>	Debe asegurarse utilizando materiales apropiados o mediante barnices protectores en las superficies. (D)  Los compuestos químicos utilizados en la elaboración de las pinturas para aplicarse en los	Comprobación mediante ensayo de cámara salinas. Durante al menos 400 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2 mm. Criterio obtenido de (NTC 1156 pág. 24) y (IEC 61439-1 pág. 37) Criterio obtenido de RETIE. Soporte mediante ficha técnica del

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
	tableros, no deben contener TGIC (Isocianurato de Triglicidilo). (T)	proveedor de pintura de Ryctel LTDA, pintuco.
<b>Resistencia mecánica</b>	La envolvente debe tener una resistencia mecánica incluyendo los medios de cierre y las bisagras de las puertas. (T)	Soportar los esfuerzos a los que son sometidos en funcionamiento normal y en las condiciones de corto circuito $F = 2LK \frac{I^2}{d}$ Verificación mediante ensayo de funcionamiento mecánico Criterio obtenido de (IEC 61439-1 pág. 83).
<b>Dispositivo de elevación.</b>	Deben estar previstos con dispositivos de elevación para el transporte apropiado. (D)	El número máximo de columnas que se pueden elevar conjuntamente permitido debe alcanzar un peso de 1,25 veces su máximo peso de transporte. Véase ensayo de elevación. Criterio obtenido de (IEC 61439-1 pág. 61) y (IEC 62208 pág. 18)
<b>Protección contra los impactos mecánicos</b>	Deben ser resistentes a impactos mecánicos externos mínimos grado IK 05. (T)	Energía de impacto IK 05: 0.7 Julios. Masa de la pieza de golpeo: 0,2 kg. Altura de golpeo: 350 mm. Véase ensayo de IK Criterio obtenido de (Norma IEC 62262) y (IEC 62208 pág. 18)
<b>Protección contra el acceso de cuerpos sólidos extraños y agua.</b>	Debe ser al menos IP 2X para uso interior y en el exterior la segunda cifra debe ser como mínimo 3. (T)  Deben tener un grado de protección contra sólidos y líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo. (O).	Véase ensayo de IP (Norma IEC 60529) y (IEC 62208 pág. 18). El grado de protección proporcionado está indicado por los códigos IP. (tabla 6 y 7) Sólidos: no mayores de 12,5 mm. (RETIE 2013)
<b>Acceso a los elementos al interior de la envolvente</b>	Debe/n preverse de una/s puerta/s o panel/s desmontable/s (D)  Debe poder retirar barreras o abrir la envolvente mediante el uso de una llave o herramienta (O).	Uso de una llave o herramienta, es decir cualquier ayuda mecánica para abrir la puerta, cubierta o anular un enclavamiento. Criterio obtenido de (IEC 61439-1 pág. 42)
<b>Continuidad de elementos en puesta a tierra.</b>	Todas las partes conductoras accesibles deben interconectarse mediante un conductor de tierra a la instalación de puesta a tierra. (T)  Debe mantenerse el circuito aun cuando se desmonte una parte de la envolvente (D).	Puede lograrse mediante conexiones metálicas roscadas, soldaduras mientras sea conductora de corriente. En caso de que se utilicen barnices esta conexión requiere eliminar o penetrar el barniz. norma IEC 61439-1 pág. 43
<b>Acceso para mantenimiento</b>	Debe haber espacio suficiente entre la unidad y los demás unidades adyacentes. (O).	Utilización de medios de fijación rápidos. Utilización de compartimentos para cada unidad. Utilización de barreras u obstáculos para proteger contra todo contacto

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
		directo (IEC 61439-1)
<b>Forma externa</b>	Debe variar la forma externa para ajustarse a la aplicación y uso. (D)	Ajuste de alto, ancho y profundidad con módulos y piezas independientes, envuelto por todos sus lados. (IEC 61439-1)
<b>Protección principal</b>	Debe conseguirse mediante medidas constructivas (O).	Montaje de elementos de acuerdo a la capacidad de la envolvente. Criterio obtenido de (IEC 61439-1 pág. 40)
<b>Barreras</b>	Las partes eléctricas deben estar al interior de la envolvente con grado de protección IP XXB. (T)  Debe proporcionar un grado de protección IP XXD, a las superficies horizontales superiores accesibles que tengan una altura $\leq 1.6$ m por encima del suelo. (T)	IP XXB, B: Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. Criterio obtenido de (IEC 60529-2013).  IP XXD, D: Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. Prueba con: Varilla $\varnothing$ 1mm y L= 100 mm. (IEC 60529-2013).
<b>Accesibilidad.</b>	Debe ser accesible solo desde el frente (D).  Debe permitir el paso de cable al interior de la envolvente (D).	Puertas o paneles deslizante o pivotante. Criterio obtenido de (IEC 60529-2013). Adaptarse a la cantidad y el calibre de los cables. Criterio obtenido de (IEC 60529-2013).

### 7.2.2. Requerimientos funcionales.

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Protección.</b>	Deben fabricarse de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla. (T).	Utilización de tapas o frentes muertos para la protección. Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 pág. 37.
<b>Materiales.</b>	Debe ser construido en lámina de acero, cuyo espesor y acabado debe resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, para los que fue diseñado. (T).	Resistencia a la tracción lámina cold rolled o laminadas en frío 28Kg/mm <sup>2</sup> (codiacero).
<b>Protección choque eléctrico</b>	La aparatenta eléctrica debe estar dispuesta de forma que facilite su operación y mantenimiento (D).	Grado de protección IP e IK Criterio obtenido de norma IEC 60529 y IEC 62262.
<b>Partes fijas</b>	La extracción y la instalación de partes fijas deben requerir de una herramienta. (D)	Llave o herramienta mecánica.
<b>Puerta principal</b>	Debe ser la cubierta cierre de la envolvente. (T).	Puede ser deslizante o pivotante. Criterio obtenido de norma IEC 61429-1 pág. 48.
<b>Placa de montaje o doble fondo.</b>	Debe ser destinada al soporte y montaje de los elementos o aparatenta eléctrica. (D)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1.

### 7.2.3. Requerimientos de uso.

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Instrucciones para el manejo.</b>	Deben suministrar en documentos o catálogos las condiciones para manejo, instrucciones para el funcionamiento y mantenimiento. (D)	Indicar: Alcance y frecuencia, avisos de utilización e instrucciones de manejo y transporte. Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 pág. 37.
<b>Temperatura del aire ambiente para uso interior.</b>	No debe superar los +40°C y la temperatura media no debe exceder de +35°C. (D) Límite inferior de la temperatura ambiente es -5°C. (O)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1
<b>Temperatura del aire ambiente para uso exterior.</b>	No debe superar los +40°C y la temperatura media no debe exceder de +35°C. (D) Límite inferior de la temperatura ambiente es -25°C. (O)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1
<b>Condiciones de humedad instalaciones en el interior.</b>	La humedad relativa del aire no debe sobrepasar al 50% a una temperatura máxima +40°C. (O)	Admite grados humedad relativa a temperatura más baja 90% a +20°C. Criterio obtenido de norma IEC 61439-1
<b>Condiciones de humedad instalaciones en el exterior.</b>	La humedad relativa puede alcanzar temporalmente el 100% a una temperatura máxima de +25°C. (D)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1
<b>Altitud</b>	La altitud del lugar de instalación no debe exceder los 2000mt. (D)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1.
<b>Grado de contaminación.</b>	Debe instalarse en ambientes libre de humo, partículas corrosivas, radiación y vapores o sales. (O)	Influencias ionizantes. Perturbación electromagnética Radiación ultravioleta diferente al sol. Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 y 62208.
<b>Vibración.</b>	Debe evitarse la instalación en ambientes expuestos a vibraciones, choques o movimientos sísmicos. (O)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 y 62208.
<b>Modo de fijación.</b>	Debe ser sobre el suelo, auto soportado. (T)	Sobre zócalo o sobre IEC 62208)
<b>Maniobrabilidad</b>	Los instrumentos de indicación deben ser legibles. (T)  Los dispositivos de mando deben ser ubicados para facilitar su maniobrabilidad. (D)  Deben ser accesibles los paros de emergencia. (O)  Debe distinguirse claramente la dirección y sentido de maniobra. (D)	Ubicarse zona entre 0,2 y 2,2 metros sobre la base del suelo. (IEC 62208)  Eje debe estar situado zona entre 0,2 y 2 metros sobre la base o suelo.  Zona 0,8 y 1,6 metros sobre base o suelo. (IEC 60364-2001).  Dirección y sentido.(IEC 62208)

#### 7.2.4. Requerimientos técnicos productivos.

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Estructura principal o chasis</b>	Debe soportar la carga de la aparamenta eléctrica y ser soporte del el sistema de elevación y transporte. (T)	Resistencia a la tracción lámina cold rolled o laminadas en frío 28Kg/mm <sup>2</sup> (codiacero). IEC 61439-1 y 62208.
	Debe permitir el acople de estructuras anexas, para la ampliación de la misma, al igual que el montaje de las piezas desmontables. (D)	Dimensiones en milímetros, Dimensiones del exterior de la envolvente; alto, ancho y profundidad. Norma IEC 62208.
	Debe permitir la instalación de soportes para las placas de montaje y mantener la estabilidad del conjunto. (T)	Peso máximo permitido 1,25 veces su propio peso, Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 y 62208.
	Deber poder ser fabricada con la maquinaria de Ryctel LTDA. (T)	Limitaciones de doblez, corte y punzonado criterio obtenido de manuales maquinaria CNC.
<b>Puertas o paneles.</b>	Deben soportar ensayos de deformación de cargas estáticas. (T)	No presentar deformaciones ni fisuras o curvatura IEC 62208.
	Deben asegurar la continuidad eléctrica. Deben mantener el grado de protección mínimo IP 2X (T)	Tornillo roscado.
<b>Paral</b>	Debe soportar 1,25 veces su peso. (T)	Criterio obtenido de norma IEC 61439-1 y 62208.
	Debe limitar la altura de la envolvente. (T)	Piezas estándar que minimice la equivocación al ensamblar.
<b>Laterales</b>	Facilitar el ensamble. (D)	Criterio obtenido de DFMA
	Debe limitar la profundidad de la envolvente. (T)	Piezas estándar que minimice la equivocación al ensamblar.
<b>Travesaño o frontal</b>	Facilitar el ensamble. (D)	Criterio obtenido de DFMA
	Debe limitar el ancho de la envolvente. (T)	Piezas estándar que minimice la equivocación al ensamblar
<b>Estandarización de los elementos</b>	Facilitar el ensamble. (D)	Criterio obtenido de DFMA
	Debería facilitar el proceso de corte, punzonado, doblado soldadura pulido lavado, pintura y armado de la envolvente. (D)	Limitaciones de doblez, corte y punzonado criterio obtenido de manuales maquinaria CNC.
	Debe tener cierta cantidad de elementos que conforman la envolvente. (D)	Mínimo 12 máximo 20 piezas de o para una envolvente.
	Deben tener acabados lisos y pulidos para el borde de las piezas. (D)	Bordes no filosos protección de manipulación.
<b>Material</b>	Debe tener acabados uniformes, soldadura continua, sin protuberancias, pintura homogénea (D)	Criterio obtenido de DFMA
	Debe ser fabricada en lámina de acero, cuyo espesor y acabado debe resistir los esfuerzos. (T)	Espesor o calibre: min 0,9 mm hasta 12 circuitos y 1,2 mm de 13 a 42 circuitos. (RETIE 2013).
<b>Placa de montaje</b>	Debe poder soportar y distribuir de manera ordenada la aparamenta y que	Carga 1,25 veces su propio peso. Criterio obtenido de

	facilite el montaje. (D)	norma IEC 61439-1 y 62208
<b>Sistema de cierre</b>	En lo posible debe poder fabricarse en la planta de metalmecánica de Ryctel LTDA. (D)	Limitaciones de dobléz, corte y punzonado criterio obtenido de manuales maquinaria CNC

### 7.2.5. Requerimientos formales

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Identidad corporativa</b>	<p>Debe seguir la línea constructiva y de forma de la empresa. (D)</p> <p>Debe tener una etiqueta duradera con los datos de Ryctel LTDA. (T)</p>	<p>Se seguirán los parámetros formales y la utilización de elementos constructivos de los otros productos de la empresa. Incluir: nombre fabricante, tipo y referencia (IEC 62208)</p>
<b>Sistema de integración</b>	<p>Debería lograr que todos los elementos de la envolvente se integren logrando ser una unidad. (O)</p> <p>Si la envolvente tuviera formas claras, comprensibles y coherentes lograría una estabilidad visual. (O)</p>	<p>La unión entre los elementos que conforman la envolvente podría variar para permitir un adecuado funcionamiento.</p>

## 8. FASE 3: DESARROLLO DEL CONCEPTO.

*Segundo y tercer objetivo generar conceptos de diseño, determinar el concepto más viable en función de los requerimientos de diseño propuestos.*

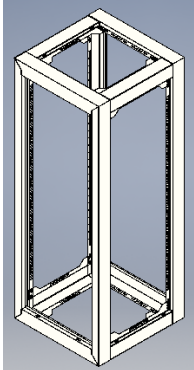
Esta fase se dividió en dos partes:

### 8.1. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN.

Se estableció las partes básicas de los componentes de la envolvente para la elaboración de las alternativas. Algunas de las características de esta conllevan a un solo tipo de solución debido a los requerimientos y las restricciones de los procesos productivos.

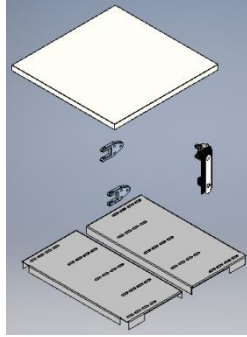
#### 8.1.1. Configuración de las alternativas, partes de la envolvente.

Tabla 17. Configuración de la envolvente según sus partes.

Partes de la envolvente.	
<b>Estructura principal o chasis.</b>	 <p>El <b>chasis o estructura principal</b> da la estabilidad a la envolvente, resistiendo las cargas estáticas y termodinámicas, está conformada por:</p> <p><b>Paral:</b> pieza que determina la altura de la envolvente, en ella se ubican los soportes para la aparamenta eléctrica.</p> <p><b>Travesaño o frontal:</b> pieza que determina el ancho de la envolvente.</p> <p><b>Lateral:</b> pieza que determina la profundidad de la envolvente.</p>

## Partes de la envolvente.

### Sistema de cierre.



El sistema de cierre me permite soportar y dar la seguridad a los accesos que la envolvente requiera para su uso o mantenimiento, esta conformada por:

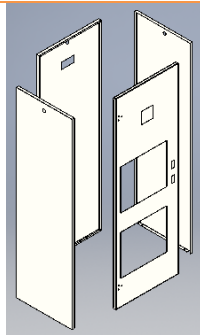
**Bisagras:** piezas que permiten la apertura de la puerta pivotante.

**Chapa:** piezas que proporcionan el ajuste y cierre de seguridad ante el acceso.

**Tapas superior e inferior:** limitan el acceso y ayudan con el grado de protección de la

envolvente.

### Accesibilidad

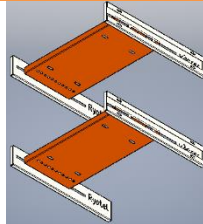


la accesibilidad esta dada por las piezas desmontables, tapas o puertas, las cuales limitan el acceso hacia el interior de la envolvente, esta conformada por:

**Puerta frontal:** brinda el acceso frontal y es por lo general la que posee elementos de indicación o accionamiento como la chapa, botones o pantallas.

**Tapas laterales y posterior:** permiten el acceso lateral y trasero para facilitar las labores de montaje y mantenimiento, contribuyen con la protección.

### Montaje de aparamenta eléctrica.

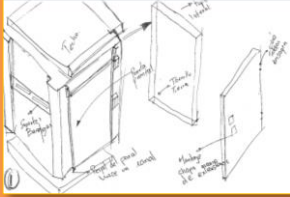
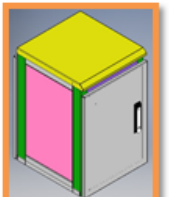
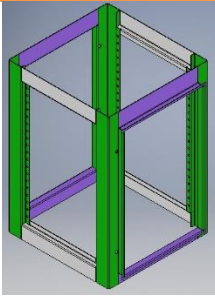
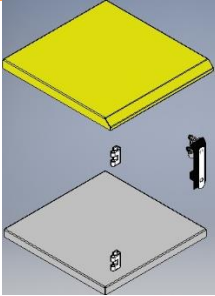
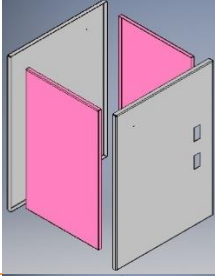
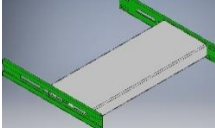


El sistema de **montaje de la aparamenta o elementos eléctricos** son los encargados de soportar, distribuir y permitir el ensamble de estos, y está conformado por los **soportes y las bandejas o doble fondos**, los cuales son perforados de manera personalizada

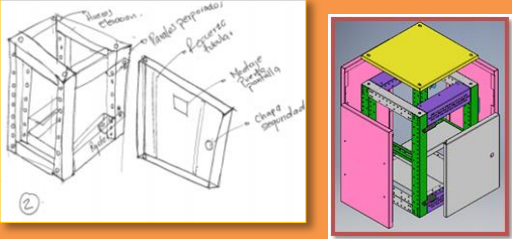
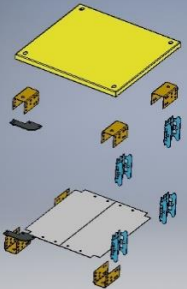
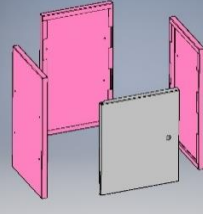
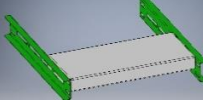
dependiendo del diseño eléctrico del cliente.

## 8.1.2. Exploración formal.

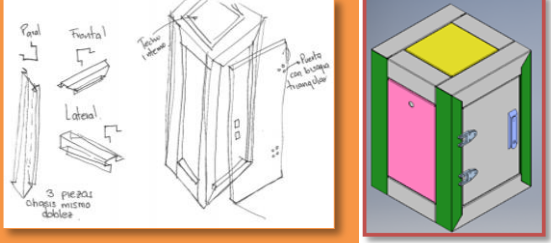
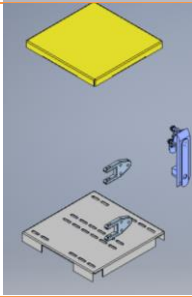
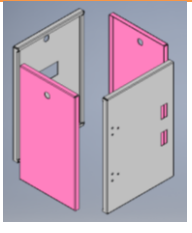
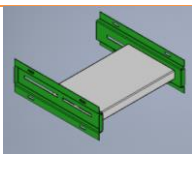
### 8.1.2.1. Alternativa 1.

			
<b>Partes de la envolvente alternativa 1.</b>			
<b>Estructura principal o chasis.</b>		<b>Parales;</b> con dobleces hacia afuera en la parte frontal y trasera, que hacen un canal para aumentar el grado de protección contra líquidos, perforado en el doblez interno para soportar el montaje. <b>Travesaño o frontal;</b> con doblez para crear un canal para aumentar la protección contra ingreso de líquidos. <b>Laterales;</b> doblez interno para el ajuste del panel lateral. (Este chasis se propone todo soldado).	
<b>Sistema de cierre.</b>		<b>Tapa inferior y superior;</b> con un doblez a 45° el techo propone la protección de líquidos hacia la puerta frontal, el piso es una lámina doblada tipo bandeja, las cuales van soldadas a la estructura o chasis. El sistema de cierre de esta constituido por piezas del mercado, chapa con manila y extensiones, bisagra tipo DKC y chapas triangulares para la seguridad de las tapas laterales y posterior.	
<b>Accesibilidad</b>		<b>Las tapas laterales y posteriores</b> poseen solo un doblez van ajustadas al chasis mediante unos pines que van soldados en la parte inferior y ajustada mediante bisagra triangular en la parte superior. La puerta frontal, diseñada para el montaje de accesorios de indicación lleva la perforación de la chapa y da apertura 180° utilizando la bisagra DKC.	
<b>Montaje de aparamenta eléctrica.</b>		<b>Los soportes</b> de las bandejas o doble fondos llevan una perforación tipo riel para ajustar la bandeja y van atornillados al chasis. <b>Bandeja</b> con 2 dobleces para dar más resistencia.	

### 8.1.2.2. Alternativa 2.

Partes de la envolvente alternativa 2.	
<p><b>Estructura principal o chasis.</b></p>	 <p><b>Parales;</b> con dobleces forman una U, posee perforaciones guías para el montaje del sistema de cierre y el soporte de los elementos eléctricos.  <b>Travesaño o frontal;</b> con doblez interno para la fijación con el paral, perforado para permitir la sujeción de la tapa superior e inferior.  <b>Laterales;</b> perforaciones para el ajuste de los paraleles. (Este chasis se propone todo atornillado).</p>
<p><b>Sistema de cierre.</b></p>	 <p><b>Tapa inferior y superior;</b> con perforaciones para el montaje de los dispositivos de elevación y fijación.  <b>El sistema de cierre</b> está constituido por piezas fabricadas en la planta de metalmecánica, solo la chapa con manija de extensiones es del mercado, piezas propuestas en un calibre mayor, uniones para el montaje de las tapas laterales y traseras, y bisagras que permiten una apertura de 180°.</p>
<p><b>Accesibilidad</b></p>	 <p><b>Las tapas laterales y posteriores</b> poseen solo dos dobleces y unos despieces para el ajuste a presión y atornillada por medio de una pieza del sistema de cierre.  <b>La puerta frontal,</b> diseñada para el montaje de accesorios de indicación lleva la perforación de la chapa y da apertura 180° utilizando la bisagra que se diseñó.</p>
<p><b>Montaje de aparamenta eléctrica.</b></p>	 <p><b>Los soportes</b> de las bandejas o doble fondos llevan una perforación tipo riel para ajustar la bandeja y un doblez para más rigidez y van atornillados al chasis.  <b>Bandeja</b> con 2 dobleces para dar más resistencia.</p>

### 8.1.2.3. Alternativa 3.

Partes de la envolvente alternativa 3.	
<p><b>Estructura principal o chasis.</b></p>	 <p><b>Parales;</b> con varios dobleces internos, posee perforaciones guías para el montaje del sistema de cierre y el soporte de los elementos eléctricos.  <b>Travesaño o frontal;</b> con dos dobleces internos va soldado al paral haciendo un marco, perforado para permitir la sujeción de la tapa superior e inferior.  <b>Laterales;</b> perforaciones para el ajuste de los parales y las tapas. (Se propone atornillar el marco al lateral).</p>
<p><b>Sistema de cierre.</b></p>	 <p><b>Tapa inferior y superior;</b> con perforaciones para la ventilación.  <b>El sistema de cierre</b> está constituido por piezas fabricadas en la planta de metalmecánica, solo la chapa con manija de extensiones es del mercado, piezas propuestas en un calibre mayor, uniones para el montaje de las tapas laterales y traseras, y bisagras que permiten una apertura de 180 °.</p>
<p><b>Accesibilidad</b></p>	 <p><b>Las tapas laterales y posteriores</b> poseen solo dos dobleces para ajustarse al chasis se utilizan chapa triangular que se consigue en el mercado local.  <b>La puerta frontal,</b> diseñada para el montaje de accesorios de indicación lleva la perforación de la chapa y da apertura 180° con bisagra triangular del mercado.</p>
<p><b>Montaje de aparcamiento eléctrica.</b></p>	 <p><b>Los soportes</b> de las bandejas o doble fondos llevan una perforación tipo riel para ajustar la bandeja y dos dobleces tipo omega para más rigidez y van atornillados al chasis.  <b>Bandeja</b> con 2 dobleces para dar más resistencia.</p>

**8.1.3. Selección de Alternativas.** La elección de la alternativa más viable se desarrolló mediante el modelo de ponderación de Nigel Cross, se evaluaron las tres alternativas otorgándoles una calificación en función al grado de cumplimiento de los requerimientos (C) donde 10 cumple, 7 cumple medianamente, 5 satisface y 3 no cumple. Luego se realizó una ponderación final (F) relacionando la

calificación (C) con el peso (P) otorgado a cada requerimiento según su escala de importancia, finalmente la alternativa con mayor puntaje será seleccionada.

**Tabla 18. Selección de Alternativas**

DETERMINANTE	P 100 %	ALTERNATIVAS ENVOLVENTES					
		1		2		3	
		C	F	C	F	C	F
<b>REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS</b>							
Deben construirse solo materiales capaces de soportar los esfuerzos mecánicos, eléctricos, térmicos y ambientales	6	10	60	10	60	10	60
Debe tener una resistencia mecánica incluyendo los medios de cierre y las bisagras de las puertas	6	5	30	7	42	10	60
Deben tener un grado de protección contra sólidos y líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo	4	7	28	7	28	7	28
Debe/h preverse de una/s puerta/s o panel/s desmontable/s	4	7	28	10	40	10	40
Debe ser accesible solo desde el frente	3	10	30	10	30	10	30
Debe permitir el paso de cable al interior de la envolvente	4	5	20	7	28	5	20
Debe mantenerse el circuito aun cuando se desmonte una parte de la envolvente	3	7	21	7	21	7	21
Debe variar la forma externa para ajustarse a la aplicación y uso	4	10	40	10	40	10	40
<b>REQUERIMIENTOS FUNCIONALES</b>							
La aparamenta eléctrica debe estar dispuesta de forma que facilite su operación y mantenimiento	3	7	21	7	21	7	21
La puerta principal debe ser la cubierta cierre de la envolvente.	6	7	42	10	60	7	42
La placa de montaje debe ser destinada al soporte y montaje de los elementos o aparamenta eléctrica.	6	5	30	7	42	7	42
<b>REQUERIMIENTOS DE USO</b>							
Debe ser sobre el suelo, auto soportado.	6	10	60	10	60	10	60
Los dispositivos de mando deben ser ubicados para facilitar su maniobrabilidad.	4	7	28	7	28	7	28
Deben ser accesibles los paros de emergencia.	3	7	21	7	21	7	21
Debe distinguirse claramente la dirección y sentido de maniobra.	4	7	28	7	28	7	28
<b>REQUERIMIENTOS TECNICO PRODUCTIVOS</b>							
La estructura principal debe permitir la instalación de soportes para las placas de montaje y mantener la estabilidad el conjunto	4	5	20	10	40	7	28

DETERMINANTE	P 100 %	ALTERNATIVAS ENVOLVENTES					
		1		2		3	
		C	F	C	F	C	F
Deber poder ser fabricada con la maquinaria de Ryctel LTDA.	6	5	30	10	60	7	42
Los parales deben limitar la altura de la envolvente y facilitar el ensamble.	3	7	21	7	21	7	21
Los laterales deben limitar la profundidad de la envolvente y facilitar el ensamble.	3	7	21	7	21	7	21
El travesaño debe limitar el ancho de la envolvente y facilitar el ensamble.	3	7	21	7	21	7	21
Debe tener mínimo 12 piezas máximo 20 piezas que conforman la envolvente.	4	3	12	7	28	5	20
La placa de montaje debe poder soportar y distribuir de manera ordenada la aparamenta y que facilite el montaje.	4	5	20	7	28	7	28
<b>REQUERIMIENTOS FORMALES</b>							
Debería lograr que todos los elementos de la envolvente se integren logrando ser una unidad	4	10	40	10	40	10	40
Si la envolvente tuviera formas claras, comprensibles y coherentes lograría una estabilidad visual.	3	10	30	10	30	7	21
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>702</b>		<b>818</b>		<b>769</b>	

Del resultado de la evaluación de las alternativas por medio del método de ponderación de Nigel Cross se puede concluir que se seleccionó la alternativa 2 con mayor puntaje de ponderación comparada a las demás alternativas, debido a que presenta ventaja en los requerimientos formales ya que posee una mayor estabilidad visual, mantiene la estabilidad del conjunto, el ensamble de su puerta frontal representa mayor ventaja en el sistema de cierre, además casi todas sus partes y formas pueden ser fabricadas en Ryctel teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones de los equipos.

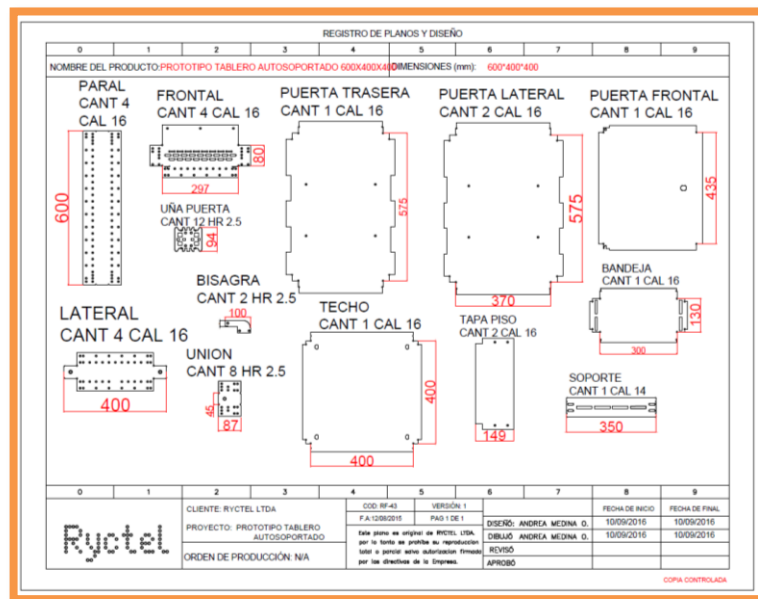
## 8.2. MODELADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

Para favorecer al proceso productivo y posterior a la selección de la alternativa se fabrica un primer modelo de la envolvente a escala con las siguientes dimensiones

600x400x400 (medidas en milímetros), para así definir de la mejor manera la envolvente que se elabore para la realización de las pruebas, estas piezas se fabrican con las perforaciones y distancias reales con esto se puede observar la interacción de esta con cada uno de los procesos productivos, para así favorecer el proceso de diseño en detalle y se llegan a las siguientes conclusiones:

- El proceso de **mecanizado** y **punzonado** requiere que las piezas sean dibujadas en 2D, específicamente en un archivo dxf, lo cual se cumple utilizando el software de AutoCAD, por otro lado las piezas son dibujadas como chapa o en desarrollo, además el plano que se mecanice debe indicar el nombre de la pieza el calibre y la cantidad de cada una.

**Figura 9. Plano técnico modelo.**



- En el proceso de **doble** hay que tener en cuenta que con cada pliegue aumenta la dimensión de la pieza dependiendo del calibre con que se esté trabajando por ejemplo si es calibre 16 ó sea un grosor de la lámina de 1,52 mm, en cada doblez la pieza se extiende esta dimensión, con este parámetro

se definen las tolerancias para que en el ensamble sea exacto, y hay que señalarle al operario el punto exacto por el cual debe aplicar el doblado, esto se logra con la utilización de un cuadrado de 4 mm por el vértice.

- Esta alternativa proponía minimizar el proceso de **soldadura** en la envolvente, para disminuir el costo y tiempo de fabricación, pero se logra evidenciar que las piezas que tienen uniones en las esquinas es necesario aplicar soldadura para aumentar la resistencia y armonía visual, también para darle estabilidad y resistencia a la estructura principal o chasis para esto se hace necesario realizar un marco soldado, uniendo los parales a los laterales, dejando solo para ensamble el travesaño, por otro lado se debe aplicar soldadura también a los refuerzos en las puertas frontales y la bisagra.
- Para el proceso de **pulido** hay que tener en cuenta que cuando la pieza es muy estrecha la herramienta de pulir no entra para quitar la rebaba que se genera en el proceso de punzonado.
- Para el resto de procesos como **corte, lavado y pintura** no se presentaron mayores inconvenientes, lo que los operarios manifiestan es que se debería probar con piezas de mayor tamaño para verificar bien el resto de procesos.

**Figura 10. Registro fotográfico del modelo.**



- En el proceso de **ensamble metalmecánico** se presentaron inconvenientes de ajuste y montaje, se visualiza que para las tapas laterales es necesario cambiar el sistema de fijación por el que se utiliza en la tapa posterior además deben tener un sistema de agarre para facilitar el montaje, por consiguiente hay que implementar otras piezas para aumentar el grado de protección IP en la parte frontal, específicamente en la puerta donde también se debe incorporar un sistema de refuerzo para aumentar la resistencia mecánica, y el techo y piso deben evolucionar a formas más básicas.

## **9. FASE 4: DISEÑO EN DETALLE.**

### **Cuarto objetivo definir las cartas de producción y proceder a su ejecución.**

Posterior al modelo que se materializó provisionalmente, se define el detalle de cada pieza, utilizando el método DFM/A, en donde se minimiza la cantidad de componentes, se utilizan componentes estándar, se tiene en cuenta la mayoría de piezas que se pueden fabricar en la planta de producción, que el proceso de ensamble sea eficiente ósea que la geometría de las piezas permita no cometer equivocaciones, usando un ensamble modular y eliminando o reduciendo el ajuste requerido.

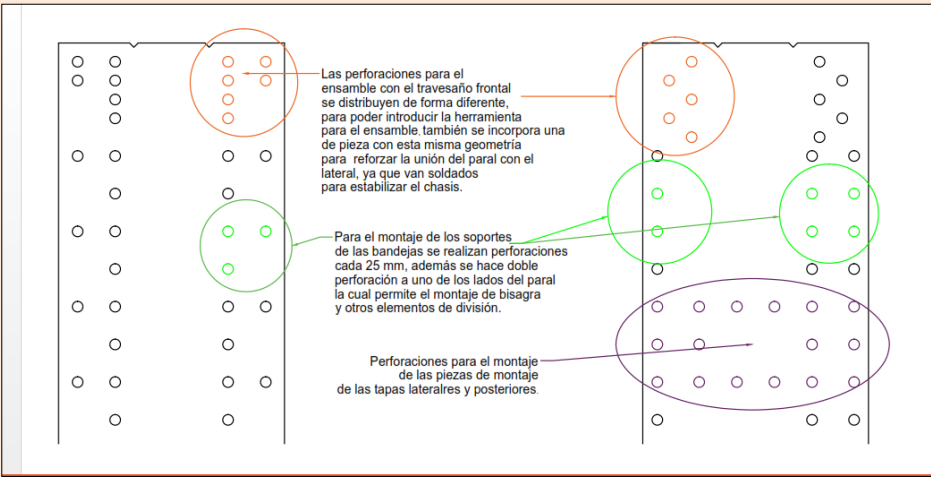
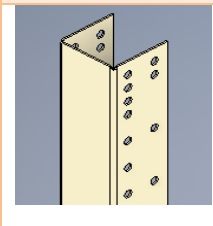
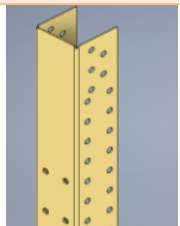
A continuación se presenta el resultado de cada pieza, para las cuales se utiliza preliminarmente el diseño asistido por ordenador el cual permite definir, calcular y dimensionar cada subsistema de la envolvente, y en el anexo D se muestran las cartas de producción de cada pieza.

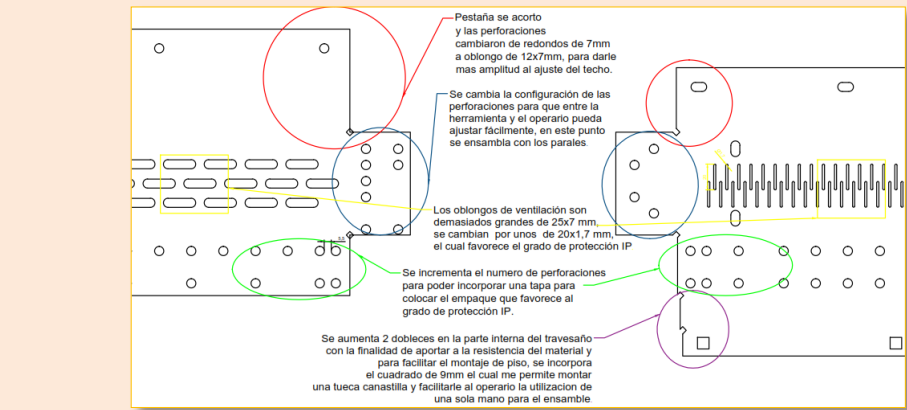
### **9.1. DISEÑO EN DETALLE PARA LA FABRICACIÓN.**

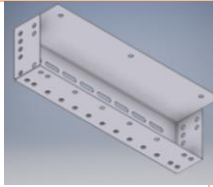
En esta etapa se define la geometría, las tolerancias, los calibres o grosores de las láminas utilizadas para la fabricación, la cantidad de dobleces necesarios ósea los procesos productivos por los cuales pasa cada pieza, para esto se realiza la pieza utilizando dos aplicaciones del paquete de Auto DESK, AutoCAD (2D) e Inventor (3D), los cuales permiten trabajar la pieza como una chapa, pues así es como se solicita para el proceso de mecanizado y poder pasarla a producción, en esta etapa se tuvo en cuenta las dimensiones de los punzones que la empresa posee

en inventario, las limitaciones constructivas que se presentan con la maquinaria CNC y las opiniones de los operarios.

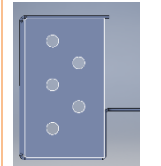
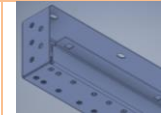
- Estructura principal o chasis:

Pieza preliminar 3D	PARAL Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
 <p>Las perforaciones para el ensamble con el travesaño frontal se distribuyen de forma diferente, para poder introducir la herramienta para el ensamble, también se incorpora una de pieza con esta misma geometría para reforzar la unión del paral con el lateral, ya que van soldados para estabilizar el chasis.</p> <p>Para el montaje de los soportes de las bandejas se realizan perforaciones cada 25 mm, además se hace doble perforación a uno de los lados del paral la cual permite el montaje de bisagra y otros elementos de división.</p> <p>Perforaciones para el montaje de las piezas de montaje de las tapas laterales y posteriores</p>		
	<p>Perforaciones simétricas. Utilización de solo 2 tipos de herramientas de punzonado, redondo de 7 mm y cuadrado de 4 mm Solo dos dobleces a 90°. Aplicación de soldadura solo en los extremos. Permite ampliar la altura y solo se mantiene la distancia de las perforaciones.</p>	

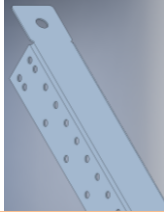
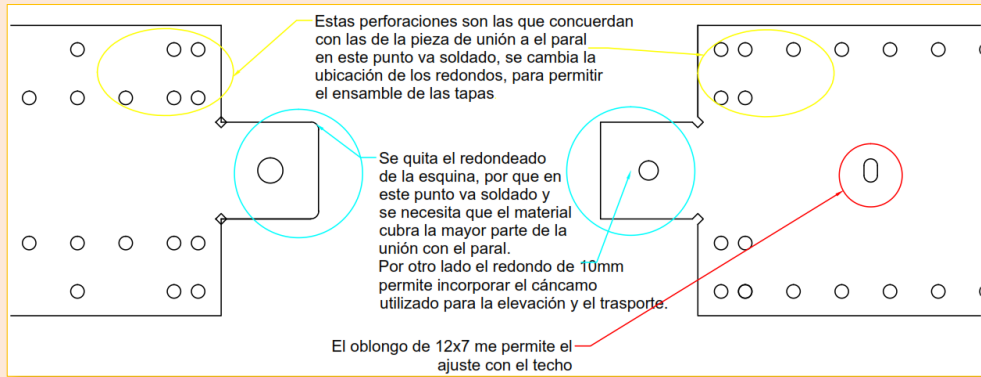
Pieza preliminar 3D	TRAVESAÑO Característica de la cada pieza 2D (AutoCAD)	Pieza final 3D
 <p>Pestaña se acorta y las perforaciones cambian de redondos de 7mm a oblongo de 12x7mm, para darle mas amplitud al ajuste del techo.</p> <p>Se cambia la configuración de las perforaciones para que entre la herramienta y el operario pueda ajustar facilmente, en este punto se ensambla con los parates.</p> <p>Los oblongos de ventilación son demasiados grandes de 25x7 mm, se cambian por unos de 20x1,7 mm, el cual favorece el grado de protección IP.</p> <p>Se incrementa el numero de perforaciones para poder incorporar una tapa para colocar el empaque que favorece al grado de protección IP.</p> <p>Se aumenta 2 dobleces en la parte interna del travesaño con la finalidad de aportar a la resistencia del material y para facilitar el montaje de piso, se incorpora el cuadrado de 9mm el cual me permite montar una tucca canastilla y facilitarle al operario la utilización de una sola mano para el ensamble</p>		



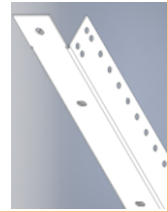
Perforaciones simétricas. Utilización de solo 3 tipos de herramientas de punzonado, redondo de 7mm y cuadrado de 9 mm y oblongo de 20x1,7 mm. Son 6 dobleces a 90°. Sin aplicación de soldadura. Permite ampliar el ancho y solo se mantiene la distancia de las perforaciones.



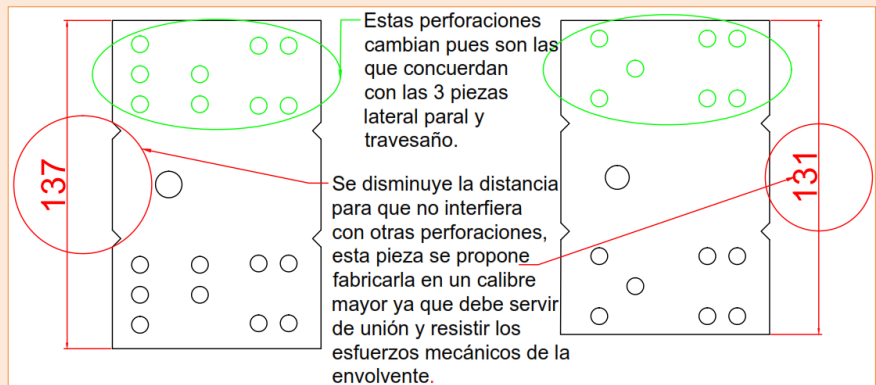
Pieza preliminar 3D	LATERAL Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
---------------------	---	----------------



Perforaciones simétricas. Utilización de solo 3 tipos de herramientas de punzonado, redondo de 7 y 10 mm y oblongo de 12x7 mm. Solo 3 dobleces a 90°. Se aplicación de soldadura para unirlo al paral. Permite ampliar la profundidad y solo se mantiene la distancia de las perforaciones.



Pieza preliminar 3D	UNION PARAL LATERAL Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
---------------------	---	----------------



	<p>Perforaciones simétricas. Utilización de solo 2 tipos de herramientas de punzonado, redondo de 7 y 10 mm. Solo 2 dobleces a 90°. Se aplica soldadura para unirla al paral y lateral y formar un marco. Mantiene la resistencia mecánica de la estructura, y debe ser elaborada en lamina H.R 2,5 mm.</p>	
--	---	--

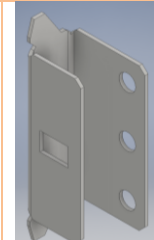
- Sistema de cierre.

Pieza preliminar 3D	BISAGRA Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
	<p>Utilización de solo 2 tipos de herramientas de punzonado, redondo de 7 y 10 mm. Sin dobleces. Se aplica soldadura solo para unir un pedazo de varilla de 3/8 plg x 15 mm el cual es el eje de rotación de la puerta frontal. Mantiene la el peso de la puerta, y debe ser elaborada en lamina H.R 3 mm.</p>	

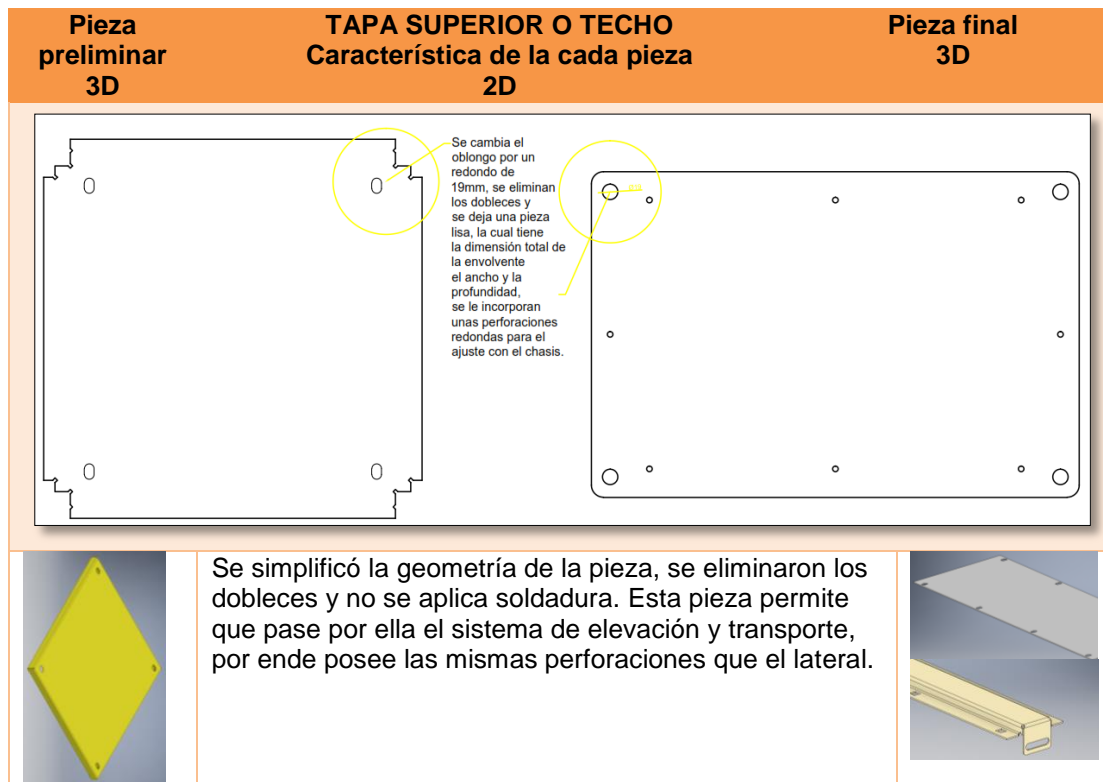
Pieza preliminar 3D	ARAÑA Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D



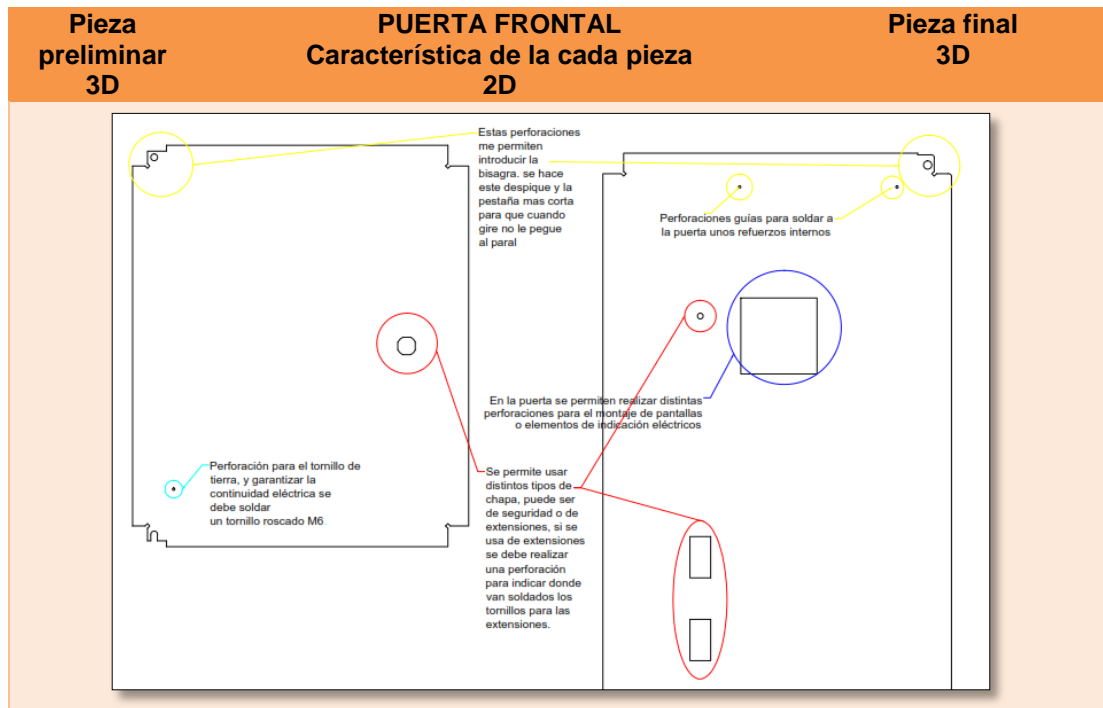
Esta pieza posee una geometría compleja por ende necesita de 5 herramienta de punzonado. Solo 2 dobleces a 90°. No se aplica soldadura. Mantiene la el peso de la puerta, y debe ser elaborada en lamina cal 14 o sea 2 mm. Es una pieza simétrica y sirve para montar tanto las tapas laterales como la posterior.

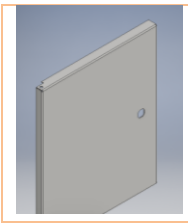
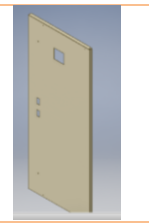


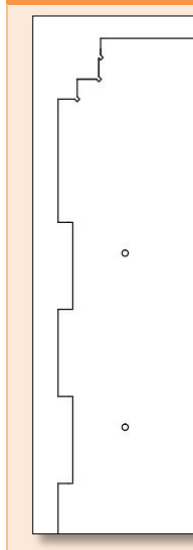
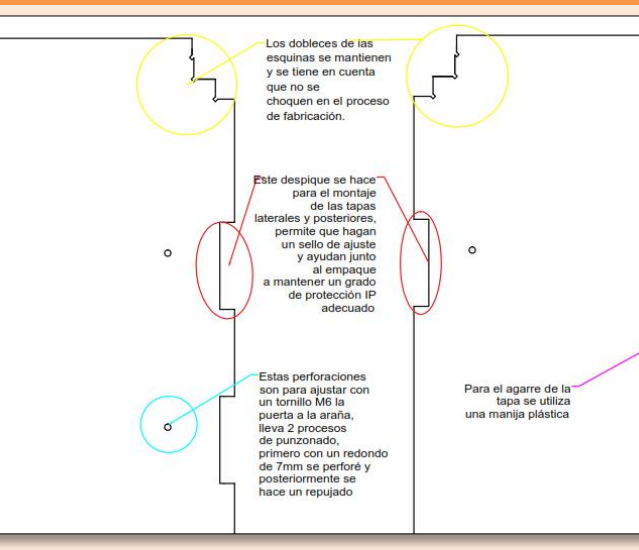
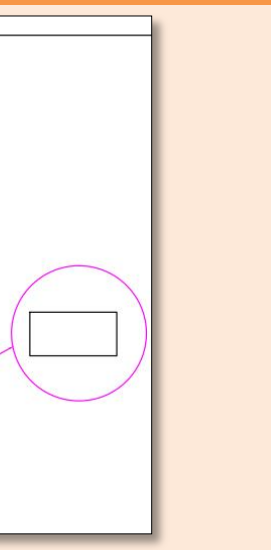
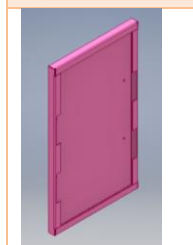
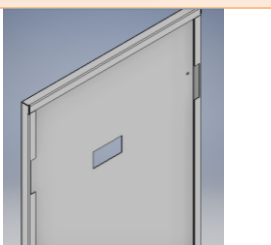
Pieza preliminar 3D	TAPA INFERIOR O PISO Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
	<p>Esta pieza pasa de 1 a 2 piezas distintas por funcionalidad. Una no posee dobleces y la omega tiene 5 dobleces a 90°. No se les aplica soldadura. Permite el fácil desmonte para la entrada de cables a la envolvente. Es una pieza simétrica y sirve para montar tapas adelante y atrás.</p>	



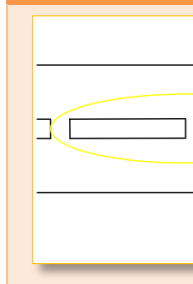
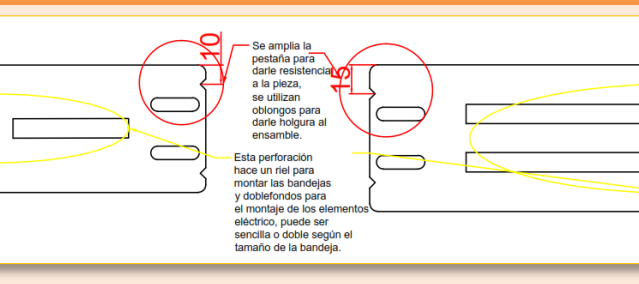
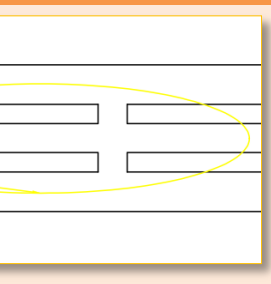
- Accesibilidad.

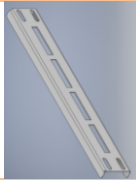


	<p>La puerta frontal permite montar elementos de indicación eléctrica, además se simplifico la geometría de la pieza, solo tiene 4 dobleces y se aplica soldadura para el montaje de los refuerzos. Esta pieza permite ajustarse al chasis por medio de la bisagra y puede ser montada en el travesaño como en el paral.</p>	
---	--	---

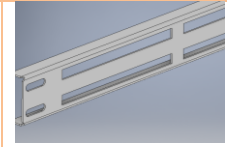
Pieza preliminar 3D	TAPA LATERAL O POSTERIOR Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
		
	<p>La forma de esta tapa permite ser utilizada tanto para cubrir el lateral como la parte posterior, solo tiene 4 dobleces y se aplica soldadura en las esquinas para darle refuerzo. Esta pieza permite ajustarse al chasis por medio de la pieza que llame araña, y solo es montar la puerta sobre esta y posteriormente ajustar con tornillo M6.</p>	

- Montaje de aparamenta eléctrica.

Pieza preliminar 3D	SOPORTE Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
		



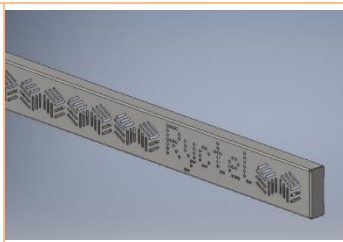
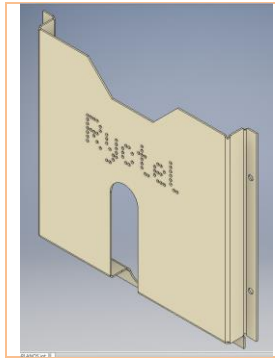
Esta pieza posee 2 dobleces s 90°, el punzonado utiliza 2 herramientas y se propone ser elaborado en calibre 14 ósea 2 mm, esto le aporta resistencia para favorecer el montaje eléctrico. Los tornillos para el ajuste son roscados M6.



Pieza preliminar 3D	BANDEJA O DOBLEFONDO Característica de la cada pieza 2D	Pieza final 3D
	<p>Pestaña amplia y doble para dar resistencia al material, la corredera rectangular me permite ajustarla al soporte por medio de tornillo M10.</p> <p>Las perforaciones son personalizadas pues depende de cada proyecto</p>	
	<p>Esta pieza posee 8 dobleces s 90°, el punzonado utilizan varias herramientas ya que se perfora según lo que el cliente monte en ella y se propone ser elaborado en calibre 16 ósea 1,52 mm, esto le aporta resistencia para favorecer el montaje eléctrico.</p>	

- Piezas que aportan identidad al producto.

PORTAPLANO	TAPA SUPERIOR E INFERIOR
<p>Portaplanos utilizado en los tableros que Ryctel fabrica</p>	<p>Los ajustes se hacen con la ubicación de una tuerca canastilla en este cuadrado de 9mm</p> <p>Esta malla en oblongos se toma de la línea de telecomunicaciones para mantener la continuidad formal</p> <p>Con dos pestañas para sello a los oblongos del travesaño</p> <p>El nombre de la empresa en esta pieza aporta identidad a la envolvente, ya que esta ubicada en la parte frontal superior de esta.</p>

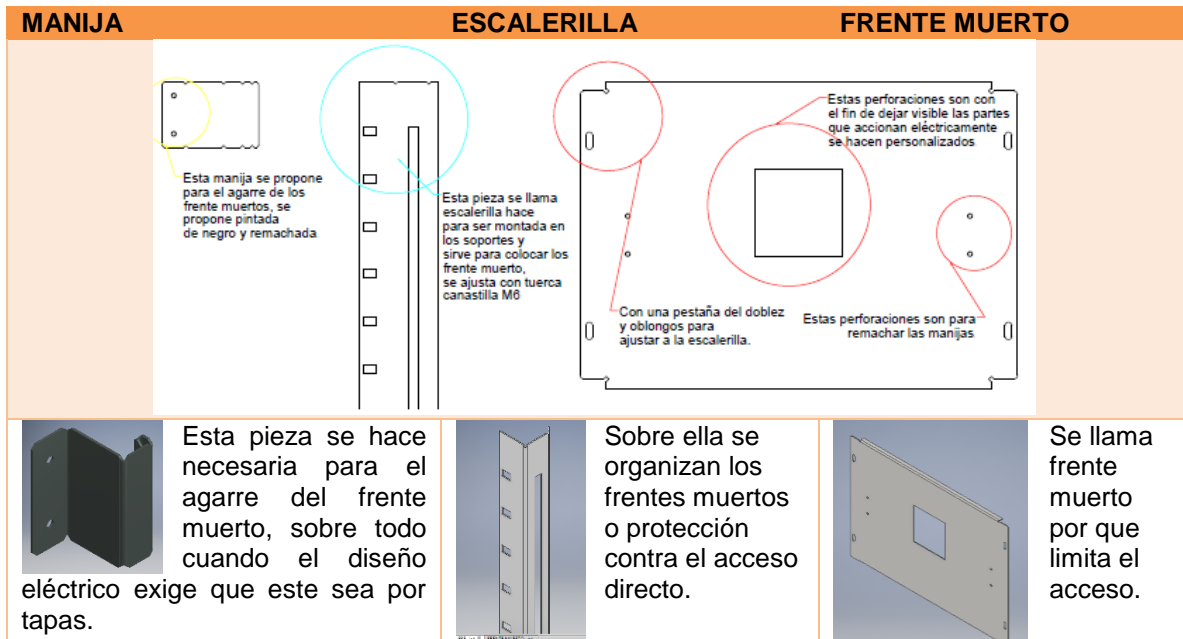


Estas tapas se utilizan para cubrir los travesaños en la parte frontal, ellas no hacen parte de la identidad de la marca, por otra parte se sugiere que sea pintada de un color diferente al RAL 7032 o 7035 que exige la norma, por ejemplo un negro TXT.

• Piezas de refuerzo y ajuste final.

PORTA LENGUETA	REFUERZO PUERTA FRONTAL	PORTA CANALETA	TAPA EMPAQUE
<p>Esta pieza se dobla en forma de Z se ajusta en el paral a la altura de la chapa y permite que la lengüeta de esta enganche asegurando el cierre</p>	<p>Esta pieza se dobla en forma de escalera, y va soldada al paral para darle resistencia a la puerta y a la vez las perforaciones cuadradas me permiten montar el soporte de canaleta cuando la puerta tiene elementos eléctricos que necesiten se cableado de forma ordenada</p>	<p>Este soporte de canaleta va atornillada a la puerta cuando en esta se monten elementos eléctricos, como pantallas o botones.</p>	<p>Esta pieza va atornillada a la parte interna del travesaño, y se deja un despique para que el montaje no interfiera con la bisagra, en ella se monta el empaque que hace sello a la puerta frontal</p>

- Piezas de protección contra el contacto directo.



## 9.2. DISEÑO EN DETALLE PARA EL ENSAMBLE.

En esta etapa se define la secuencia del ensamble de la envolvente, de la cual se tuvieron en cuenta distintos principios como el de minimizar los riesgos involuntarios del operario, que el tamaño y espacio para el acceso y uso de la herramienta de ajuste fuesen los adecuados, las piezas poseen perforaciones que no permiten equivocaciones en el ensamble ósea componentes que me permiten ensamblar de un solo modo, El proceso empieza por una parte base de la envolvente que es el chasis y se van agregando el resto de componentes. El chasis está diseñado para poder realizar ampliación del sistema si es requerido por el cliente, sus piezas permiten acoplar otras estructuras en cualquier dirección.

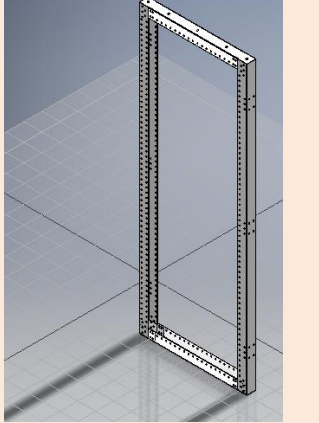
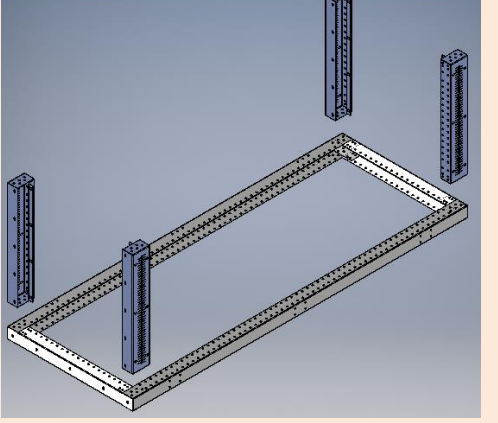
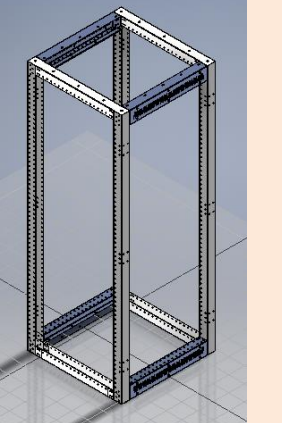
La mayoría de piezas son elaboradas en la propia planta menos las de mayor complejidad para así evitar un diseño de ingeniería personalizada, estas partes

que se muestran en la siguiente tabla fueron tomadas de otras líneas de productos de Rycotel, lo cual favorece a la fabricación.

**Figura 11. Piezas no fabricadas utilizadas en el ensamble.**

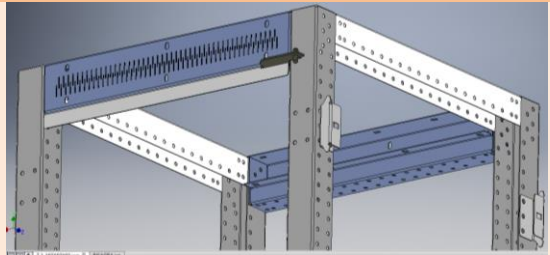

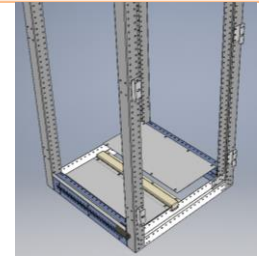
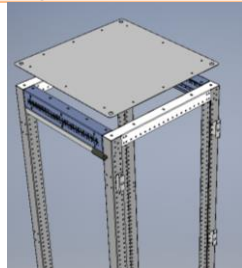

Tuerca canastilla	Manija plastica	Chapa de extensiones	Cancamo	Tornillos sincados.
				
O tuerca enjaulada para tornillo M6	Manija para el montaje de tapas laterales y posteriores.	Con 3 puntos de cierre ajusta la puerta principal.	Gancho de elevación de 3/8 pg.	Tornillería de distintos diámetros 6, 7 y 8mm

- Estructura principal o chasis:

<b>Pasos de ensamble.</b>		
		
El ensamble de este marco se realiza en soldadura.	El ensamble se hace con la estructura soportada en el piso, se atornillan los 4 travesaños y luego se monta el otro marco.	Finalmente se ubica sobre su base.
<b>Piezas necesarias:</b>	8 Parales, 8 laterales 8 unioes y 8 travesaños, 24 tornillos M6 con su tuerca.	

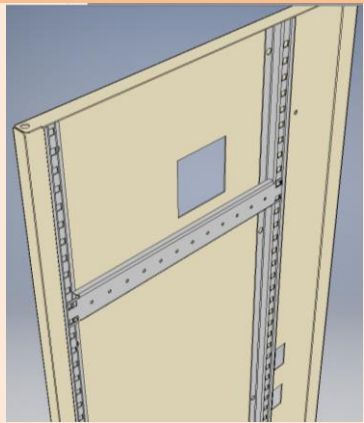
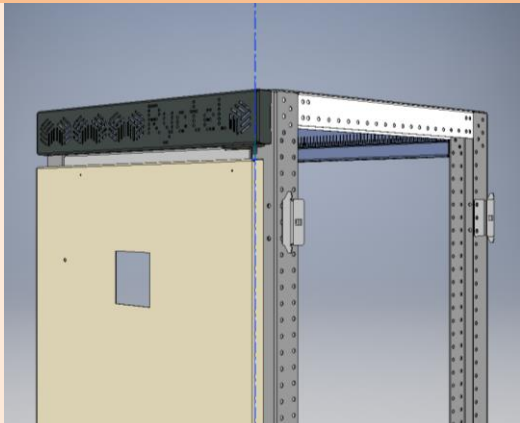
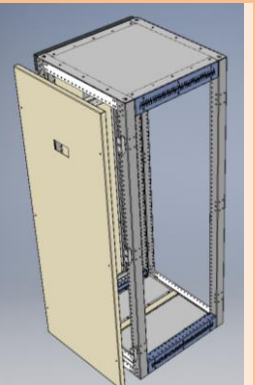
- Sistema de cierre.

**Pasos de ensamble.**

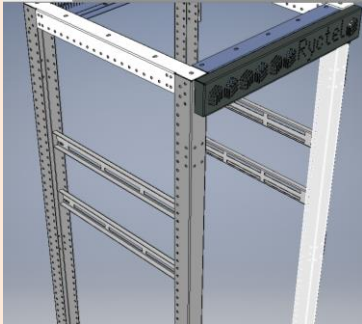
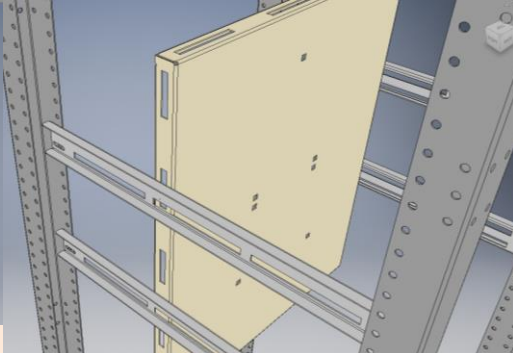
		<p>Posteriormente se ponen las tuercas canastillas a las tapas superior e inferior y se montan y atornilla.</p>	
	<p>También se hace el montaje de la omega y las tapas inferiores o pisos.</p>		<p>Se monta el techo con los tornillos y tuercas al chasis.</p> 
<p><b>Piezas necesarias:</b></p>	<p>2 bisagras, 2 tapas empaque, 1 omega piso y 2 pisos, 18 arañas, 42 tuercas canastillas, 60 tornillos M6 y 18 tuercas.</p>		

- Accesibilidad.

**Pasos de ensamble.**

			
<p>Para la puerta frontal se soldán los refuerzos en la guía de la puerta y sobre ella se monta el soporte de canaleta.</p>	<p>Posteriormente se monta la puerta tomando de guía el eje de la bisagra, se ajusta y se monta la chapa de extensiones.</p>	<p>Finalmente se ubican las tapas laterales y posteriores y se atornillan a la araña.</p>	
<p><b>Piezas necesarias:</b></p>	<p>1 puerta frontal, 2 refuerzos, 1 soporte canaleta, 2 tapas laterales y 1 posterior, 22 tornillos M6.</p>		

- Montaje de aparata eléctrica y piezas de protección contra el contacto directo.

<b>Pasos de ensamble.</b>	
	
Los soportes van sujetos al chasis con tornillo y tuerca M8, estos se ubican según diseño eléctrico.	Posteriormente se montan las bandejas o doblefondos que componen la distribución eléctrica, con tornillería M10.
<b>Piezas necesarias:</b>	Finalmente se ubican las escalerillas y frente muerto, según diseño eléctrico. La cantidad de los soportes, doblefondos y tapas de frente muerto dependen del diseño eléctrico.

### 9.3 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE PRUEBAS.

Después de haber definido cada una de las piezas necesarias estas se pasan a producción para poder realizar la etapa de pruebas, para esto se toman como referencia realizar una envolvente con las siguientes dimensiones 200x100x60 cm, a continuación se muestra el plano técnico al cual se le incorpora una hoja viajera utilizada en el proceso de calidad de la empresa, y se hace acompañamiento en cada proceso.

Figura 12. Plano técnico prototipo.

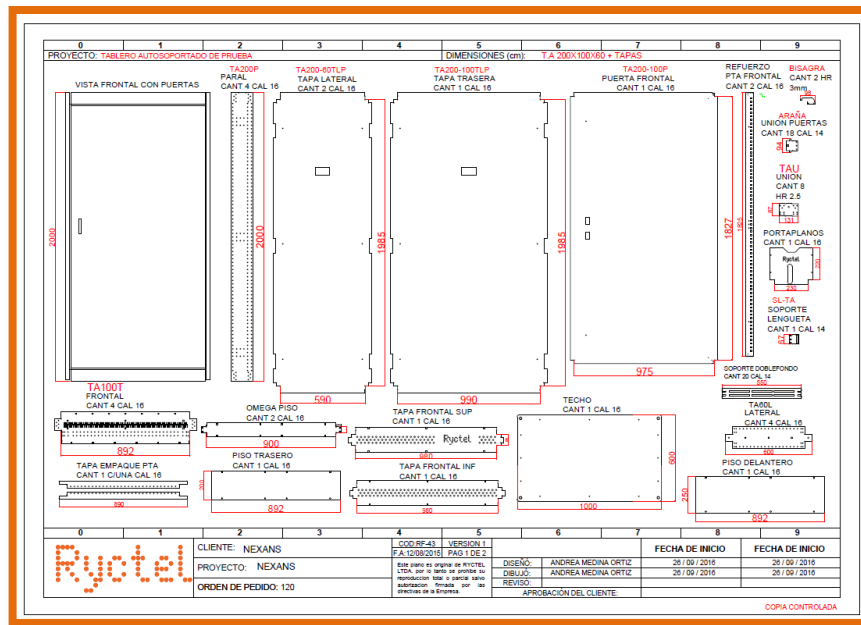
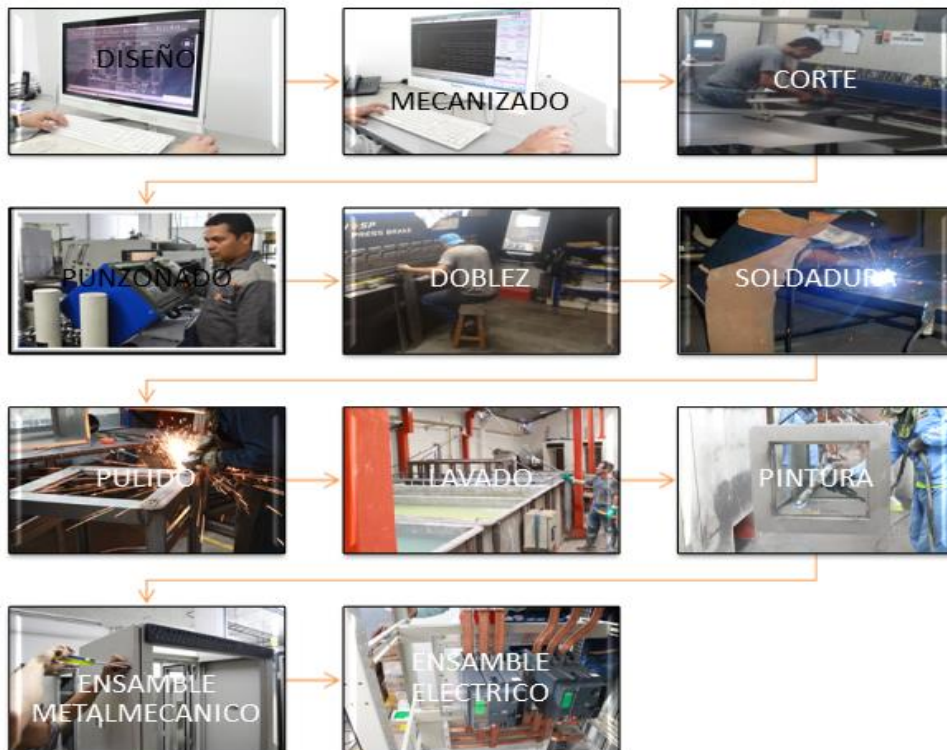


Figura 13. Proceso productivo del prototipo de la envolvente.



- Producto final.

**Figura 14. Registro fotográfico del prototipo.**



## 10. FASE 5: DE PRUEBAS Y REFINAMIENTO

Quinto objetivo. Comprobar el cumplimiento de la norma en la envolvente diseñada.

Después de construir el prototipo se realizó la comprobación según el formato de registro de pruebas, y para los ensayos que son competencia de laboratorios certificados se contrató al laboratorio Qtest S.A.S, el cual es un laboratorio privado el cual implementa ensayos bajo la aplicación del RETIE, ubicado en la ciudad de Medellín, por ende el prototipo tuvo que ser trasladado, y después devuelto a Ryctel, con su respectivo resultado, se anexa también este documento.

### 10.1. PRUEBAS REALIZADAS POR EL FABRICANTE.

Tabla 19. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Ryctel LTDA.

		<b>RESULTADO DE ENSAYOS PARA FUNCIONAMIENTO MÉCANICO ENVOLVENTE AUTOPORTADA</b>		Cod: Versión:	
				Fecha:	
<b>1. INFORMACIÓN DEL FABRICANTE</b>					
<b>Empresa</b>	Ryctel LTDA.	<b>Ciudad</b>	Bucaramanga.		
<b>NIT</b>	900.304.878-1	<b>Departamento</b>	Santander		
<b>Teléfono:</b>	6556991	<b>Dirección:</b>	Carrera 15 No 7 -29		
<b>Fecha:</b>	30/09/2016	<b>Norma</b>	Según normatividad UNE-EN 62208 UNE-EN 61439-1		
<b>2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ELEMENTO QUE SE SOMETE A ENSAYO</b>					
<b>Elemento a ensayar</b>	ENVOLVENTE ELECTRICA	<b>Condiciones Ambientales</b>	<b>Temperatura</b>	29°	
			<b>Hum. Relativa</b>	74%	
<b>Dimensiones</b>	T.A 200X100X60 (medidas en cm)		<b>Tipo de pintura:</b>	GRIS RAL 7032 LIBRE TGIC	
<b>Tipo lamina</b>	Cold Rolled y Hot Rolled		<b>Prueba de cámara salina:</b>	Tablero tipo a 400 horas, resultado sin indiciones de corrosión	
<b>Calibre lamina</b>	<b>Chasis</b>	16			
	<b>Accesibilidad</b>	16	<b>Tipo ambiente de prueba:</b>	Prueba para ambiente corrosivo.	
<b>Sistema</b>	14,16, HR 2.5 Y 3 mm				

cierre					
Doblefondos	16	IP: 53	IK: 05	PESO:	180 kilos.
<b>3. CLASIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE</b>					
<b>A) El tipo de material</b>			<b>C) LUGAR PREVISTO</b>		
Aislante			Exterior		
Metálica	X		Interior		X
Combinación de aislante y metálica			<b>D) EL GRADO DE PROTECCIÓN</b>		
<b>B) El modo de fijación</b>			Código IP: (se toma del certificado emitido por Qtest.)		53
Sobre el suelo	X		Código IK: (se toma del certificado emitido por Qtest.)		05
Sobre pared					
Montaje empotrado					
Sobre poste					
<b>4. MARCADO</b> <i>El ensayo se realiza frotando las marcas a mano durante 15 s con un trozo de tela empapado de agua, y de nuevo durante otros 15 s con un trozo de tela empapado de gasolina, después del ensayo las marcas deben ser fácilmente legibles.</i>					
CUMPLE	X		<b>OBSERVACIONES:</b> La prueba se realiza sin complicaciones la impresora utilizada es la BRADY la cual emite una etiqueta de vinilo que el fabricante asegura una vida útil de 10 años.		
NO CUMPLE			<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>5. CARGAS ESTÁTICAS</b> <i>La envolvente equipada; se carga con un peso igual a 1,25 veces la su peso, esta se coloca de forma homogénea sobre los soportes de la apartamenta, así como sobre la puerta y se mantienen durante una hora en posición cerrado. La puerta se abre 5 veces a 90°, y se mantiene como mínimo durante 1 min en posición abierta.</i>					
CUMPLE	X		<b>OBSERVACIONES:</b> Se monta la apartamenta o elementos eléctricos con un peso aproximado de 250 kg.		
NO CUMPLE			<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>6. ELEVACIÓN:</b> <i>A partir de la posición en reposo se levanta 3 veces en un plano vertical, volviendo a la posición inicial. La envolvente se levanta y se suspende durante 30 min a la altura de <math>\geq 1</math> mt sin ningún movimiento. La envolvente se levanta a la altura de <math>\geq 1</math> mt y se desplaza (10 +/- 0,5) mt horizontalmente, y luego se deposita en el suelo. Este ciclo se debe realizar en 1 min y se repite 3 veces a velocidad constante. No debe presentar deformaciones permanentes ni fisuras.</i>					
CUMPLE	X		<b>OBSERVACIONES:</b> Se utiliza una grúa para realizar la elevación por medio de unas cadenas sujetas a los cáncamos.		
NO CUMPLE			<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>7. CARGAS AXIALES DE INSERTOS METÁLICOS:</b> <i>Para tamaño de inserto M8 la carga axial debe ser de 500 N. Se efectúa aplicando a muestras representativas durante 10 s. Al final del ensayo, el tornillo debe permanecer en su posición original, cualquier signo de movimiento es inaceptable. Los resquebrajamientos o las fisuras del material en el que está colocado el inserto tampoco son aceptables.</i>					
CUMPLE	X		<b>OBSERVACIONES:</b> Se monta sobre la bandeja un peso equivalente a 500 N, para la realización.		
NO CUMPLE			<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>7. FUNCIONAMIENTO MECANICO:</b> <i>La puerta se abre y se cierra 50 veces en ciclos de operación. La cerradura se acciona 50 veces en ciclos de operación. Los elementos mecánicos deben montarse y desmontarse 50 veces. Al final del ensayo, las bisagras ni chapas deben presentar deformaciones permanentes ni fisuras, la puerta debe permanecer en su sitio y las chapas o manijas no deben desmontarse ni degradar ninguna de sus características.</i>					
CUMPLE	X		<b>OBSERVACIONES:</b> Este ensayo se hace de manera manual.		
NO CUMPLE			<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>8. QUIEN REALIZA EL ENSAYO</b>					
<b>Nombre:</b> Andrea Medina Ortiz		<b>Rol:</b> Practicante de Diseño Industrial.		<b>Firma:</b>	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO RYCTEL LTDA</b>					
<b>DIRECCIÓN:</b> Carrera 15 7-29 Barrio Chapinero (Bucaramanga- Santander).					
<b>Fin del ensayo</b>					

- Registro fotográfico de pruebas.

**Figura 15. Registro fotográfico de pruebas mecánicas.**



Es posible observar que la envolvente pasa todas las pruebas y ensayos mecánicos, que el diseño de cada una de las piezas que la conforman favorece el cumplimiento de varios numerales de la normatividad, evaluados en este ensayo.

## 10.2. PRUEBAS REALIZADAS POR QTEST S.A.S.

En el formato expedido por el laboratorio Qtest S.A.S, se puede visualizar que se realizaron pruebas para la operación mecánica con un número de repeticiones de 50 ciclos para la puerta principal con su respectiva chapa y el frente muerto en donde presentan una condición sin daño alguno, en el grado de protección al

impacto IK se observa que se sometió a una energía de 0,7 julios lo que pondera un grado IK 05, y finalmente un ensayo para el grado de protección IP, en donde se verificó que está protegida contra el ingreso a partes energizadas de un alambre de 1 mm de diámetro y protegido parcialmente del polvo lo que le da que la primera cifra característica sea 5, y para el ingreso del agua está protegida contra la lluvia ósea agua regada a un ángulo de hasta 60°, segunda cifra característica 3 y por último para el acceso a partes peligrosas que lo define la letra adicional, esta presenta una protección contra el ingreso de un dedo de prueba de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud, los que nos da un IP 53B.

Por otro lado también se realiza un ensayo de resistencia a la oxidación, saliendo como resultado que la envolvente como tal no presenta indicios de corrosión, y para cumplir con el requerimiento del tipo de pintura que esté libre de TGIC BTC se pide al proveedor de PINTUCO una ficha técnica del producto. (Ver anexo F)

**Figura 16. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Qtest S.A.S, para la resistencia mecánica y grado de protección IP e IK.**

REGISTRO DE ENSAYO. VERIFICACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CIRCUITO DE PROTECCIÓN, OPERACIÓN MECÁNICA, RESISTENCIA AL IMPACTO Y GRADO DE PROTECCIÓN EN TABLEROS ELÉCTRICOS Y BLINDOBARRAS			
Información de la solicitud de servicios			
NUMERO	4938A	Anexo	6
SOLICITANTE	Ryctel LTDA	Pag	1 de 1
			SL-FE-05-08   Versión 01
Descripción del elemento a ensayar		Efectividad del circuito de protección	
Descripción	Tablero metálico autosoportado.	Fecha de ensayo	2016-10-03
Tipo	Tablero metálico pintado	Ta °C	25,4
Fabricante	Ryctel LTDA.	HR %	58
Referencia	TA 200X100X60	Corriente de prueba	10A
Muestra	4938-01	Caída de tensión	96,46mV
No de fases	-	Resistencia del circuito de puesta a tierra	9,648mΩ
No de ctos	-	Observaciones	
Corriente A	-		
Tensión V	-		
Norma	IEC 61439-3/IEC 61439-1/IEC 60529/IEC 62262		
Operación mecánica			
Fecha de ensayo	2016-10-03	Ta °C	25,4
		HR %	58
Descripción del elemento a ensayar		# operaciones	Condición
Frente muerto		50	Sin daño
Puerta principal		50	Sin daño
Chapa superior puerta principal		50	Sin daño
-		-	-
-		-	-
Resistencia al impacto IK		Grado de protección mínimo IP 2XC	
Fecha de ensayo	2016-06-24	Fecha de ensayo	2016-10-03
Ta °C	25,4	Ta °C	25,4
HR %	58	HR %	58
Grado IK	05	Protección contra el ingreso a partes energizadas con alambre 1 mm de φ, protegido parcialmente del polvo.	
Energía Julios	0,7	Acceso a partes vivas	
Masa Kg	-	SI	- NO X
Altura mm	-	Observaciones	Primer numero característico 5
Acceso a partes vivas	SI - NO X	Protección contra la entrada de agua, lluvia simulada a un ángulo de 60°	
Observaciones	Se aplican 3 impactos por cara.	Segundo numero característico 3	
Observaciones generales		Acceso a partes vivas	SI - NO X
Esta verificación se efectua para determinar el grado de protección contra impactos mecánicos externos a un nuevo diseño de envolventes para ser usada en tableros eléctricos autosoportados.		Observaciones	Letra adicional B.
Equipos utilizados		Acceso a partes vivas	SI - NO X
146M, 030A, 014M, 096M, 013M		Observaciones	-
REALIZÓ <u>Andrés Velásquez</u>		REVISÓ <u>Gloria PBO</u>	FECHA <u>2016-10-10</u>

Figura 17. Formato de registro de pruebas aplicado al prototipo por Qtest S.A.S para la oxidación.

REGISTRO DE ENSAYO. RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN EN TABLEROS ELÉCTRICOS			
<b>Información de la solicitud de servicios</b>			
NUMERO	4938A	Anexo	8
SOLICITANTE	Ryctel	Pag	1 de 1
			SL-FE-05-02   Versión 01
<b>Descripción del elemento a ensayar</b>		<b>Desengrasante</b>	
Descripción	Tablero metálico pintado vacío	Tipo o referencia	Disolvente 2232
		Tiempo de prueba	10 min
Fabricante	Ryctel LTDA	<b>Solución de cloruro de amonio al 10% en agua</b>	
Referencia	-	Tiempo de prueba	10 min
Muestra	4938-01	Temperatura ° C	25,0
No de fases	-	<b>Aire saturado</b>	
No de ctos	-	Humedad relativa	93%
Corriente A	-	Temperatura cámara	25,0°C
Tensión V	-	Tiempo de prueba	10 min
Norma	IEC 61439-1	<b>Aire caliente</b>	
Fecha	2016-06-24	Temperatura del horno	100°C
Condiciones ambientales	Ta ° C	26,1	Tiempo de prueba
	%Hr	58	Exposición a temperatura ambiente h
<b>Identificación de las piezas a evaluar</b>			
Código	Descripción	Evaluación de las piezas	
4938-01-01	Tuercas hexagonal 6,13mm de diámetro, fijación bandeja	Pérdida parcial de recubrimiento, sin indicios de corrosión	
4938-01-02	Tornillo hexagonal 5,84mm de diámetro, fijación chapa	Pérdida parcial de recubrimiento, sin indicios de corrosión	
4938-01-03	Tornillo hexagonal 5,80mm de diámetro, fijación bisagra inferior	Pérdida parcial de recubrimiento, sin indicios de corrosión	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
REALIZÓ <u>Lina Cardona</u>		<b>Observaciones generales</b>	
		Tanto la envolvente como los elementos de fijación no presentan indicios de corrosión.	
REVISÓ <u>Gloria PRJ</u>			
FECHA <u>2016-10-10</u>		<b>Equipos utilizados</b>	
		005M 006M 056S 146M	

### 10.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL OPERATIVO.

Se hace necesario finalmente realizar una capacitación a los operarios acerca del nuevo diseño, en donde se expone con ayudas técnicas como son los planos y

renders en 3 dimensiones, las características que cada pieza posee y lo que ella influye en el proceso de producción, por consiguiente se les hace un énfasis en la precisión de las dimensiones y los acabados que esta debe presentar al usuario.

También se les socializa las cartas o planos de producción de cada pieza (ver anexo D), un instructivo de codificación de piezas para tablero autoportado (ver anexo E) y los planos creados y resumidos en una biblioteca de partes (ver anexo F) en donde se estandarizan cada una de estas con sus respectivas medidas que se manejarán en los tableros autoportado de baja tensión, para así satisfacer y optimizar el proceso de fabricación del nuevo producto.

**Figura 18. Registro fotográfico capacitación al personal.**



## 11. CONCLUSIONES.

Mediante el punto de vista del diseño y como resultado de la investigación realizada acerca del tema, se logra proponer una alternativa a la envolvente metálica para tablero eléctrico autosoportado para la empresa Rycltel LTDA, que por medio de la etapa de validación y pruebas se evidencia la mejora en la protección de los elementos eléctricos, aumentando el grado de protección IP, pues la empresa posee actualmente un diseño para este tipo de producto con IP43 y el propuesto llega a un IP53, también por medio del análisis de las normas se pudo contextualizar una serie de requerimientos técnicos-productivos, constructivos, funcionales, de uso y formales, los cuales han sido verificados mediante la construcción de un prototipo que cumple con lo establecido en la normatividad que rige a nuestro país en este tipo de productos (RETIE 2013).

Por medio de una metodología dividida en 5 fases de igual importancia se analizó la literatura para definir los aspectos exigidos para este tipo de envoltentes y se hizo necesario la utilización o apoyo de metodologías de diseño como el método FAST que aportó a la definición de las funciones del producto, la metodología de Guie Bonsiepe la cual me permitió organizar y jerarquizar los requerimientos, posterior al proceso creativo se utilizó la metodología de N. Cross en la evaluación de las alternativas y para el diseño en detalle se utilizó el DFM/A, todas ellas le dieron a la envolvente características esenciales para que el cumplimiento de la norma fuese favorable.

Por otra parte el proceso de Diseño Industrial ejecutado en la empresa Rycltel LTDA ha aportado un avance en la planeación y ejecución de un producto, y ha proporcionado a la parte directiva un cambio del punto de vista que se dirige a la

incorporación de este tipo de prácticas de manera continua para el mejoramiento de la producción local.

Sin embargo, se sugiere seguir avanzando en la estandarización de las piezas que componen el producto y también realizar un análisis de cada uno de los procesos a fondo para evolucionar en la optimización de los recursos y sacarle el mayor provecho a la maquinaria CNC con que se cuenta actualmente.

## BIBLIOGRAFÍA

AENOR Norma Española UNE-EN 60695-2-11, Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2-11: Metodo de ensayo del hilo incandescente. Ensayo de inflamabilidad para productos terminados, Diciembre 2001, Adoptada de la norma Internacional IEC 60695-2-11:2000. [En línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0026030#.WDh\\_orLhCUk](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0026030#.WDh_orLhCUk)

AENOR Norma Española UNE-EN 61439-1, Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales, Marzo 2012, Adoptada de la norma Internacional IEC 61439-1:2011. [En línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0049102#.WDh\\_LLLhCUk](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0049102#.WDh_LLLhCUk)

AENOR Norma Española UNE-EN 62208, Envloventes vacías destinadas a los conjuntos de aparamenta de baja tensión. Requisitos generales, Marzo 2012, Versión corregida, Junio 2016. Adoptada de la norma Internacional IEC 62208:2011. [En línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI\\_TIPO=IEC@NU\\_CODIGO=62208@NU\\_PARTE=0@NU\\_SUBPARTE=0@TX\\_RE STO=:2011#.WDh-YLLhCUk](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI_TIPO=IEC@NU_CODIGO=62208@NU_PARTE=0@NU_SUBPARTE=0@TX_RE STO=:2011#.WDh-YLLhCUk)

AENOR Norma Española UNE-EN 62262, Grados de protección proporcionados por las envloventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK), febrero 2003, Adoptada de la norma Internacional IEC 62262:2002. [En línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI\\_](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI_)

TIPO=CEI@NU\_CODIGO=62262@NU\_PARTE=0@NU\_SUBPARTE=0@TX\_RESTO=:2002#.WDiCKLLhCUk

CYBELEC SA Dobladora CNC: ModEva/DNC880S. Manual de utilización Cybelec Sa Rue Des Uttins27 Ch-1400 Yverdon-Les-Bains-Suiza. [en línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.industrialmanuals.com/machine\\_manuals/pdfs/cybelec/880S/ES/qsModEva\\_es.pdf](http://www.industrialmanuals.com/machine_manuals/pdfs/cybelec/880S/ES/qsModEva_es.pdf)

CYBELEC SA. Cortadora CNC: Manual CubTOUCH6, CybTouch6\_Shear\_Usermanual\_v2.4\_ES.doc.Fecha de modificación ENERO 2015 [en línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [file:///D:/Usuario/Downloads/User\\_Manual\\_CybTouch6\\_Shear\\_v2.4c\\_EN.pdf](file:///D:/Usuario/Downloads/User_Manual_CybTouch6_Shear_v2.4c_EN.pdf)

EBOOKINGA. Simbología Norma Eléctrica Nema PDFS. [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285)

GALIZIA Carlos A. Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA. [en línea] [citado 10 de abril de 2016] Disponible en: [http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102\\_Interpretaci](http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci).

GUERRERO FERNANDEZ Alberto, PORRAS CRIADO Alejandro, Riesgo Eléctrico, Madrid: Creaciones Copyright, 2006.

HOFFMAN ENCLOSURES. Normas Globales para Gabinetes.2009 En La Industria Eléctrica [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID=245286&pRID=](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=)

INCONTEC Internacional NTC-IEC 60529, Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico (Código IP), Octubre 2013 esta norma es idéntica (IDT) a la norma Internacional IEC 60529-:2001.

INCONTEC NTC NTC 1156, procedimiento para el ensayo en cámara salinas, Septiembre 1998, esta norma es una adopción equivalente (EQV) de la ASTM B 117-95.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, Bogotá: Diseños y diseños, 2013.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA. Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No. 9 0708 de Agosto 30 de 2013. [en línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución 18-095. 2009.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. NTP 588: Grado de protección de las envolventes de los materiales. Eléctricos. España 2001. [En línea] [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_588.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_588.pdf)

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998.

TRUMPF. Punzonadora CNC: ToPS 300-TRUMPF Werkzeugmaschinen 6mbH + co.kg, Technische Dokumentazation. [en línea] [citado 14 de septiembre de 2016] disponible en: Internet: <http://www.trumpf.com>.

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. ANSI/UL 50, Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes. Octubre1995.

VALENCIA MARIN Jorge Alberto. Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia, Bogotá 2016.

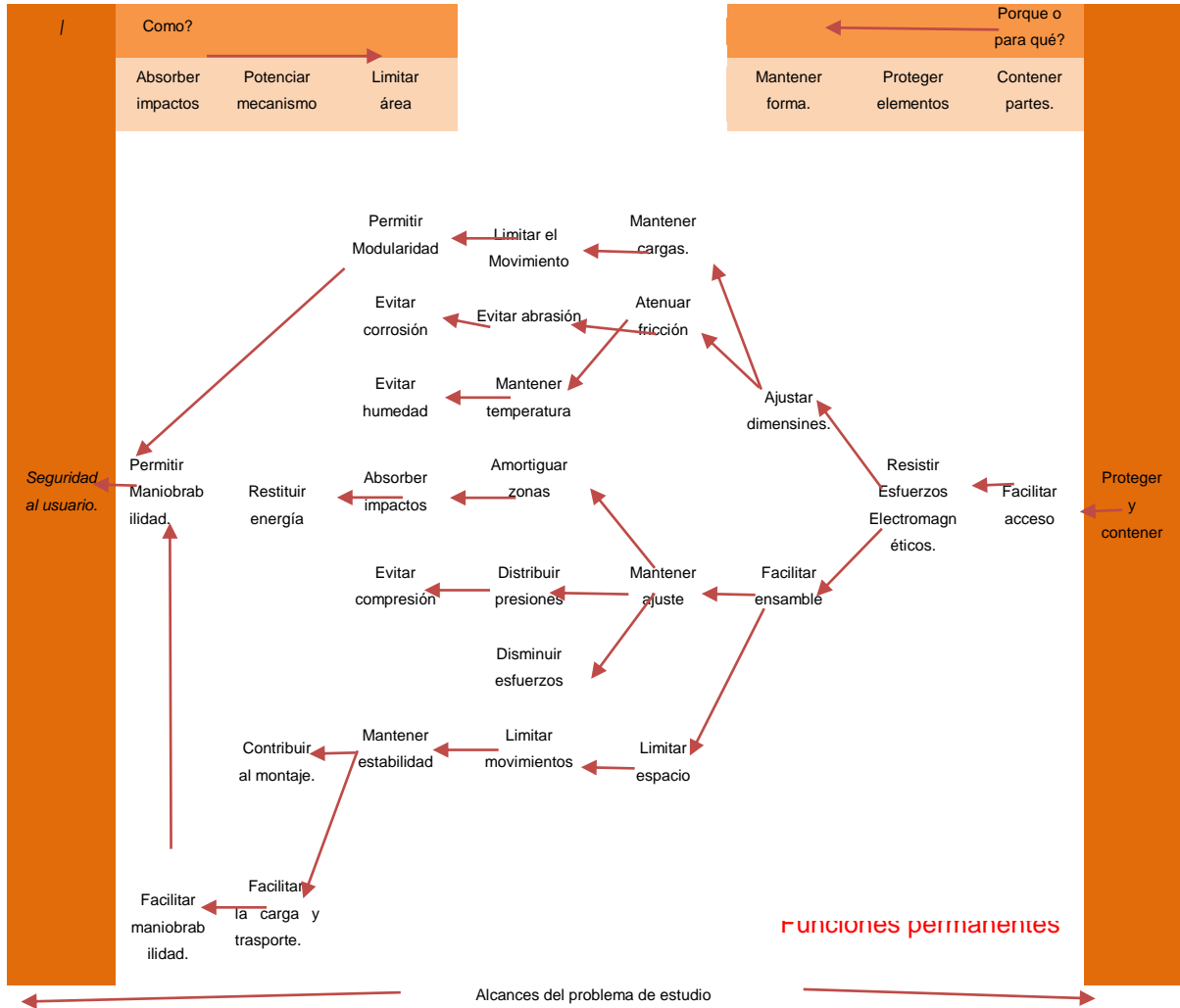
## ANEXOS

### Anexo A. Análisis de los elementos de la envolvente, diagrama Fast.

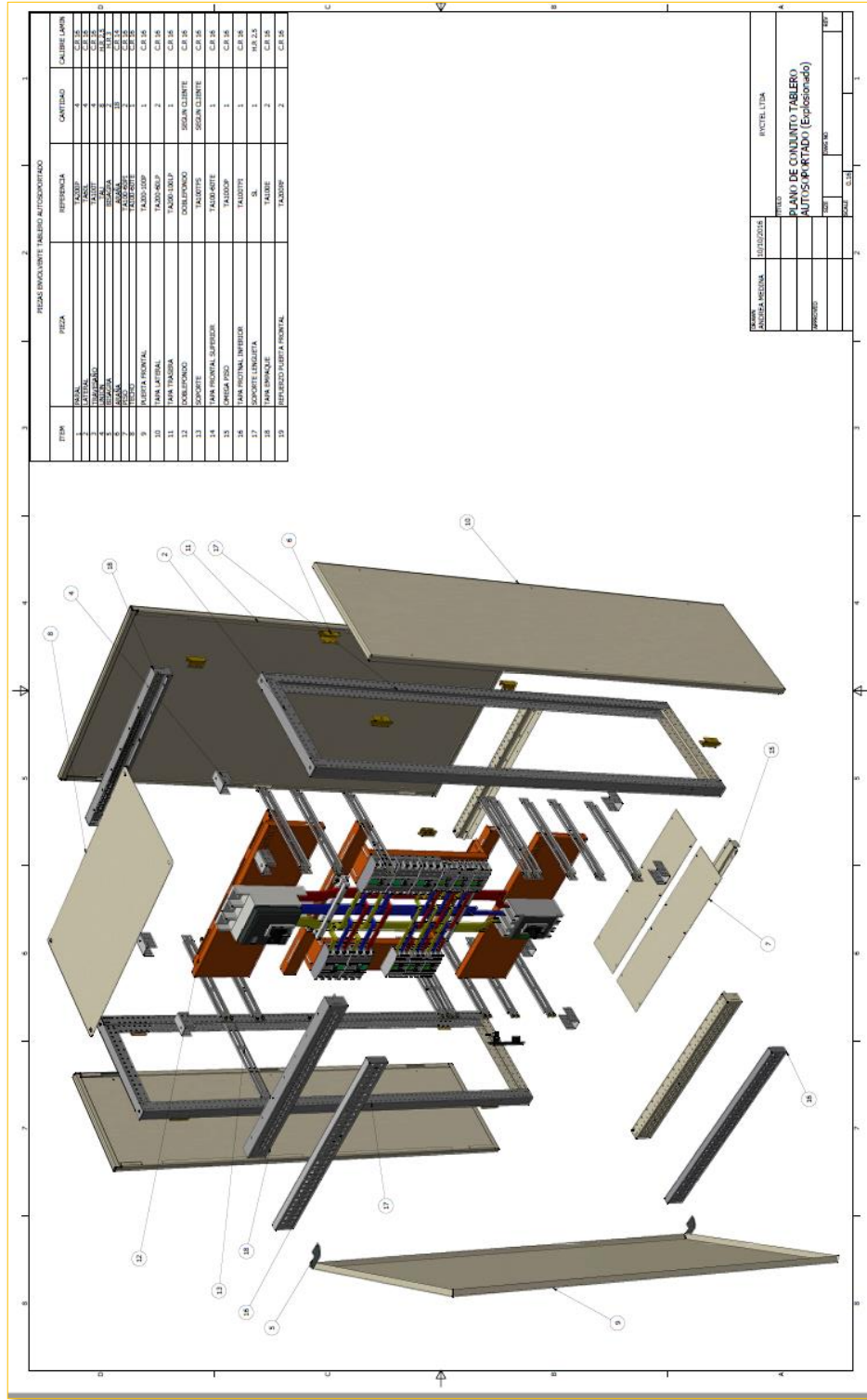
Elementos de la envolvente del tablero	Función	
<b>Chasis o estructura principal.</b>	<b>Paral</b>	Soportar esfuerzos electromagnéticos. Distribuir elementos Limitar altura. Permitir modularidad. Soportar esfuerzos mecánicos Dar estructura. Permitir puesta a tierra Mantener cargas. Mantener estabilidad. Evitar compresiones Limitar movimientos.
	<b>Lateral</b>	Limitar la profundidad. Evitar compresiones Limitar movimientos Soportar esfuerzos electromagnéticos. Soportar esfuerzos mecánicos Dar estructura. Mantener estabilidad
	<b>Travesaño frontal</b>	Facilitar el ajuste Soportar esfuerzos electromagnéticos Soportar esfuerzos mecánicos Evitar compresiones Dar estructura Mantener estabilidad. Contribuir con el ensamble. Limitar en ancho.
<b>Sistema de cierre.</b>	<b>Bisagras</b>	Contribuir con el ensamble Disminuir esfuerzos Facilitar apertura. Limitar el movimiento. Permitir el mantenimiento. Facilitar su uso. Resistir la fricción Soportar el desgaste.
	<b>Ajuste tapas laterales y posteriores.</b>	Facilitar ajuste. Limitar movimiento. Facilitar el ensamble Accesible con herramientas. Permitir la incorporar tornillos y tuercas.
	<b>Puerta frontal</b>	Proteger área Limitar espacio Mantener forma Facilitar el acceso Mantener seguridad. Ajustar en mínimo 3 puntos. Accesible con herramientas
	<b>Tapas superior e inferior</b>	Facilitar el montaje Permitir la carga y el transporte Proteger la parte superior Proteger la parte inferior. Facilitar el mantenimiento. Atenuar filtración de sólidos y líquidos. Mantener estabilidad.

<b>Elementos de la envolvente del tablero</b>		<b>Función</b>
<b>Accesibilidad.</b>	<b>Tapa trasera (R)</b>	Proteger elementos internos Limitar el movimiento Permitir soporte Permitir el acceso parte trasera Mantener formas Absorber impactos Evitar humedad Mantener temperatura
	<b>Tapa lateral (L)</b>	Proteger elementos internos Limitar el movimiento Permitir el acceso lateral Limitar movimiento Fijar posición Mantener estabilidad Permitir el mantenimiento. Absorber el impacto. Evitar humedad y el polvo. Mantener temperatura
	<b>Tapa o puerta frontal (F)</b>	Permitir movimiento. Mantener estabilidad Absorber impactos Proteger elementos internos Evitar humedad y el polvo. Mantener temperatura Permitir el acceso parte trasera
<b>Montaje a paramenta eléctrica.</b>	<b>Soporte</b>	Mantener cargas. Permitir desplazamientos Absorber impactos. Soportar esfuerzos electromagnéticos
	<b>Bandejas o doble fondos.</b>	Soportar cargas. Permitir el ensamble. Absorber impactos de arco interno. Mantener seguridad. Alojamiento de los elementos eléctricos.
	<b>Soporte cableado</b>	Distribuir el cableado Soportar cargas. Facilitar el ensamble.

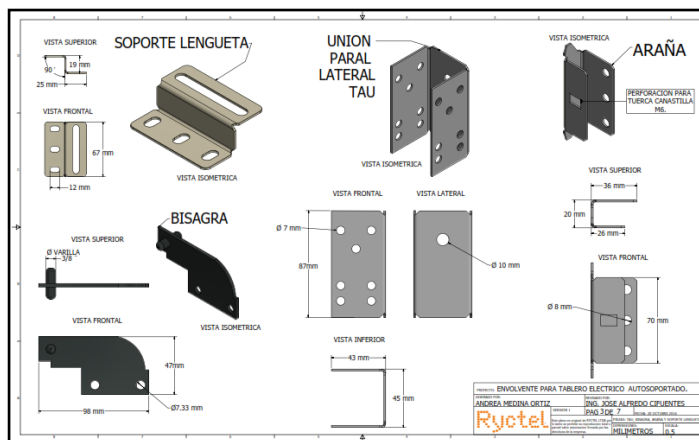
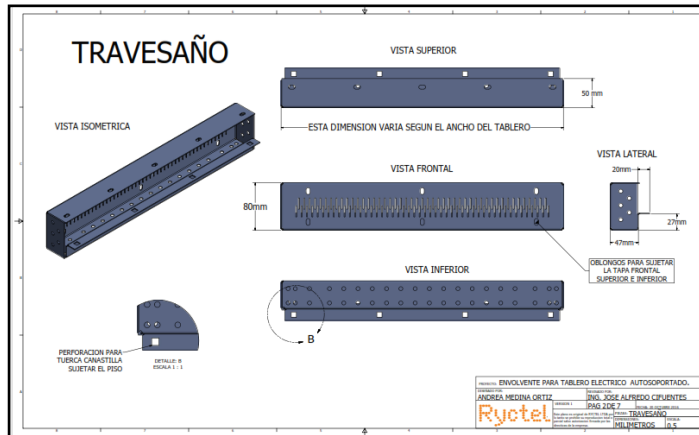
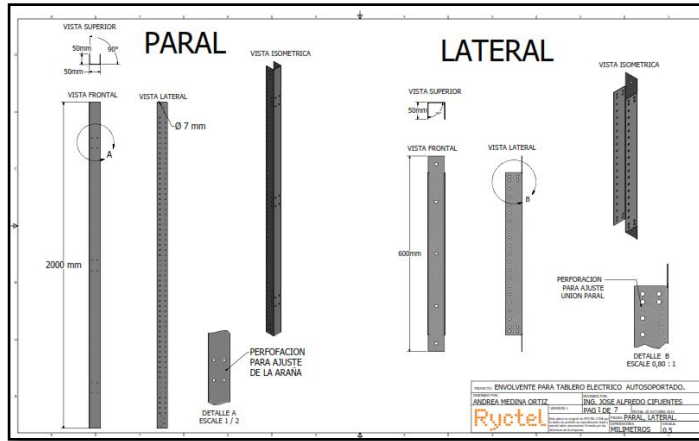
## Anexo B. Método Fast.

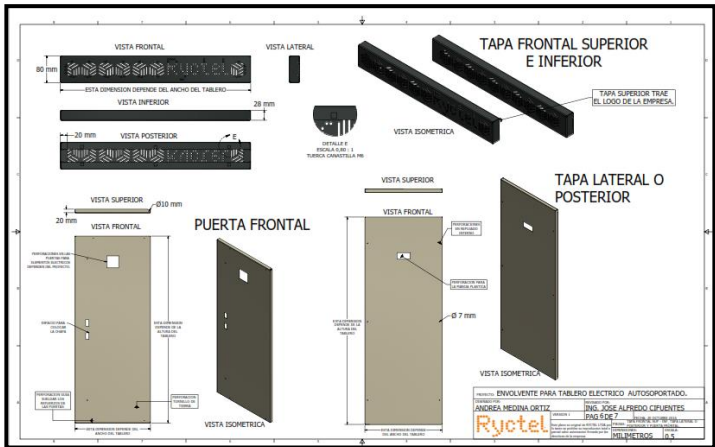
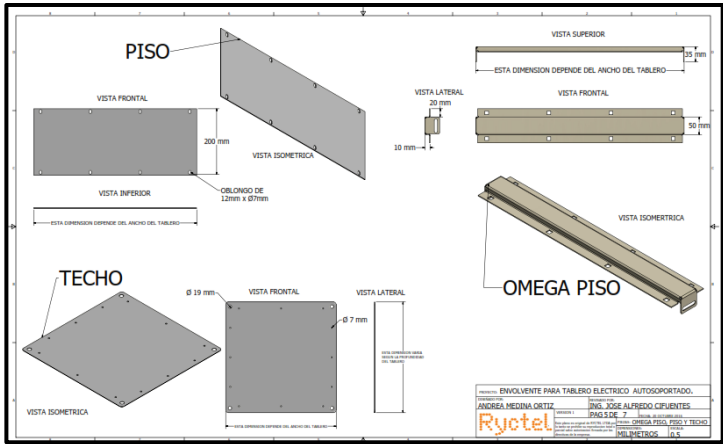
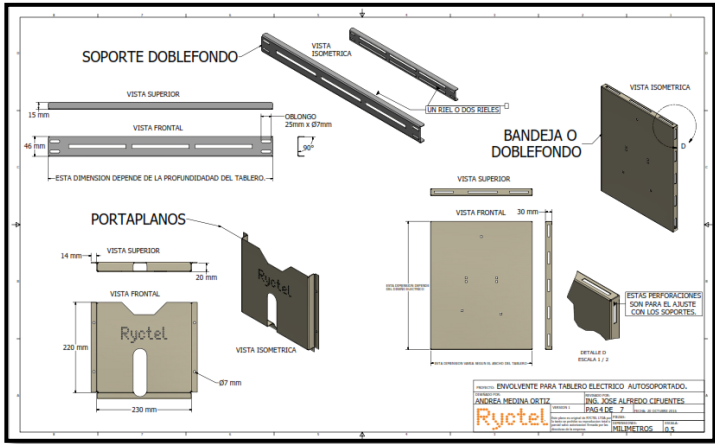


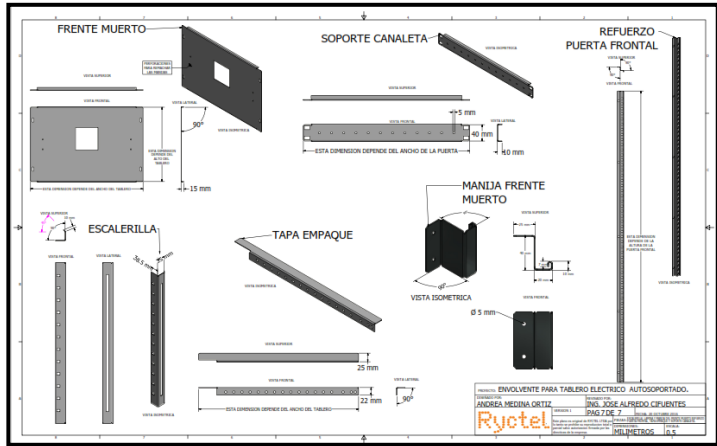
## Anexo C. Plano de conjunto tablero eléctrico autoportado (Explosionado).



## Anexo D. Cartas o planos de producción de cada pieza.







# Anexo E. Instructivo codificación piezas tablero autosoportado.

**Ryctel** INSTRUCTIVO CODIFICACION PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO

**INSTRUCTIVO CODIFICACION PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO**

**1. TAMAÑO TABLEROS AUTOSOPORTADOS**

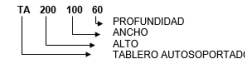
A continuación se relaciona las medidas que se manejarán en los Tableros Auto soportados

CODIGO	TIPO DE TABLERO	DIMENSIONES (mm)	POTENCIA DISIPADA POR AUTOCONECCION (W)
01	TABLERO AUTOSOPORTADO	1600 x 600 x 600	500
02	TABLERO AUTOSOPORTADO	1600 x 800 x 400	475
03	TABLERO AUTOSOPORTADO	1600 x 800 x 600	565
04	TABLERO AUTOSOPORTADO	1600 x 1000 x 400	568
05	TABLERO AUTOSOPORTADO	1600 x 1000 x 600	667
06	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 600 x 600	610
07	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 600 x 800	
08	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 800 x 400	576
09	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 800 x 600	678
10	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 800 x 800	781
11	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 600 x 600	660
12	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 600 x 800	
13	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 800 x 400	742
14	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 800 x 600	735
15	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 800 x 800	845
16	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 1000 x 400	686
17	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 1000 x 600	799
18	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 1000 x 800	911
19	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 1000 x 600	865
20	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 1000 x 800	983
21	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 1200 x 600	919
22	TABLERO AUTOSOPORTADO	2000 x 1200 x 800	1040
23	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 1200 x 600	994
24	TABLERO AUTOSOPORTADO	2200 x 1200 x 800	1122

**Ryctel** INSTRUCTIVO CODIFICACION PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO

**2. ESPECIFICACIONES DEL DESGLOSE DE PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO**

- PARALES (P):** para referenciar los paraleles se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ALTO) P**  
EJEMPLO: Tenemos un tablero autosoportado de TA 200\*100\*60



**TA 200 P**----- Significa que son paraleles para tablero autosoportado de 200.

Las codificaciones de los **PARALES**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 160P - TA 200P - TA220P

- FRONTAL O TRAVESAÑOS (T):** para referenciar los travesaños se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) T**  
TA60T TA 80T TA 100T TA120T
- LATERALES (L):** para referenciar los laterales se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (PROFUNDIDAD) L**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA60 L  
Las codificaciones de los **LATERALES**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
TA 40 L TA 60 L TA 80 L
- PUERTA FRONTAL (P):** para referenciar las puertas principales se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ALTO)-(ANCHO) P**. Siguiendo el ejemplo anterior TA200-100 P  
Las codificaciones de los **PUERTAS PRINCIPALES**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 160-60 P TA 200-60 P TA 220-60 P  
- TA 160-80 P TA 200-80 P TA 220-80 P  
- TA 160-100 P TA 200-80 P TA 220-100 P
- PUERTA O TAPA LATERAL Y POSTERIOR (TLP):** para referenciar las puertas o tapas laterales y posteriores que son un mismo diseño se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ALTO)-(PROFUNDO) TLP**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA200-60 TLP  
Las codificaciones de las **TAPAS LATERALES Y POSTERIORES**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 160-60 TLP TA 200-40 TLP TA 220-40 TLP  
- TA 160-40 TLP TA 200-60 TLP TA 220-60 TLP  
- TA 160-80 TLP TA 200-80 TLP TA 200-80 TLP  
- TA 160-100 TLP TA 200-100 TLP TA 200-100 TLP

**Ryctel** INSTRUCTIVO CODIFICACION PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO

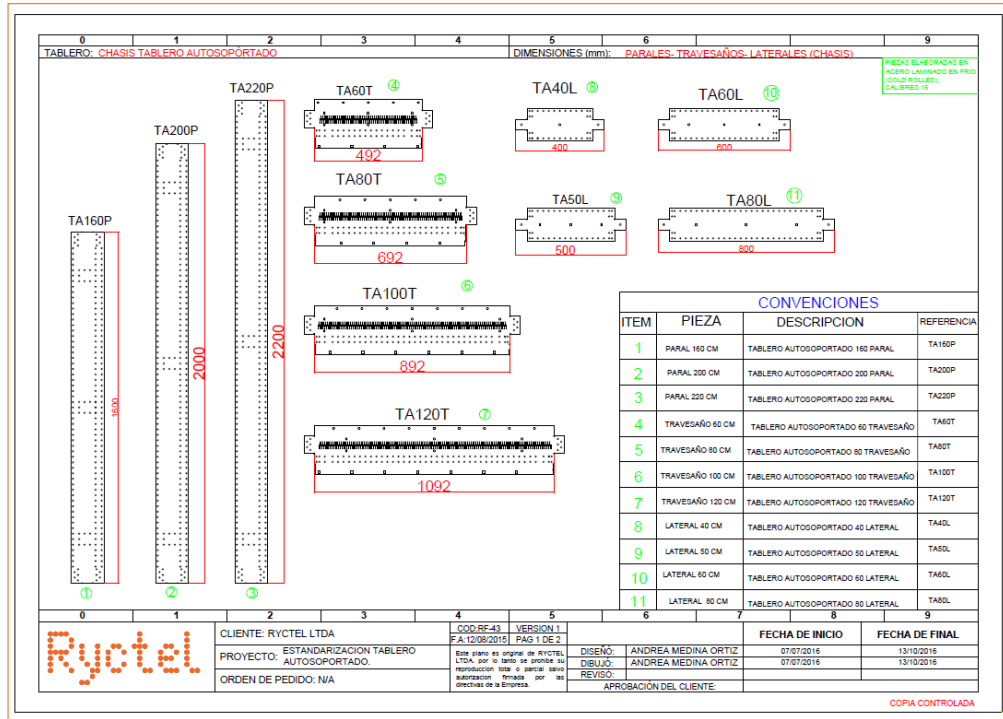
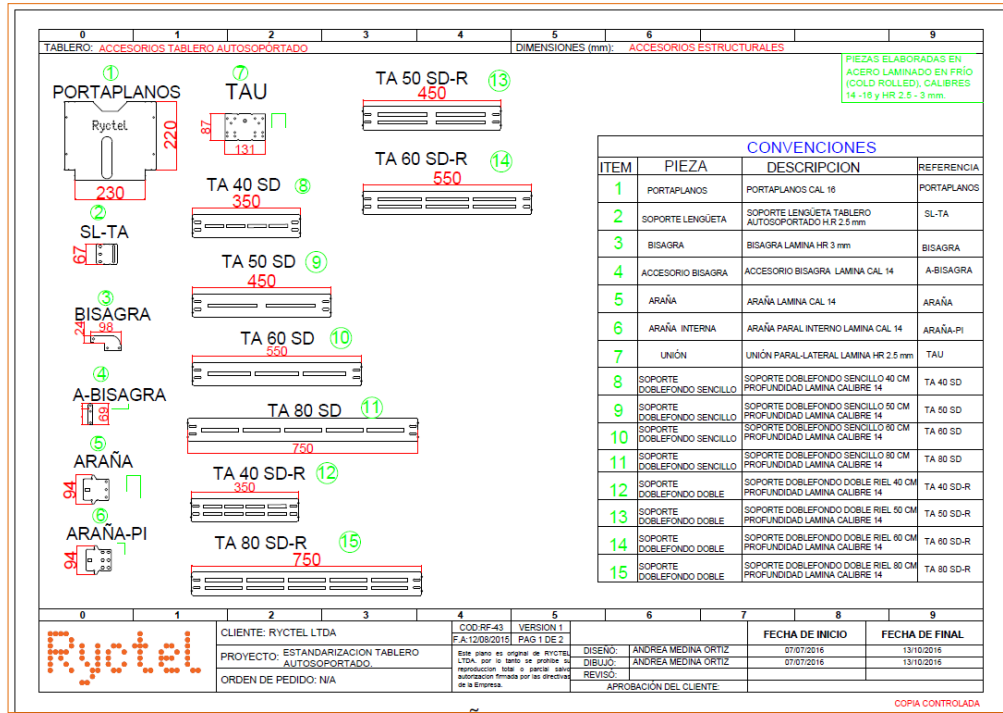
- REFUERZO PUERTA (RF):** para referenciar los refuerzos puertas se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ALTO)RF -A O TA (ALTO)RF -B** depende del doblez  
Siguiendo el ejemplo anterior TA200RF - A  
Las codificaciones de los **REFUERZOS PUERTA**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 160 RF-A - TA 200 RF-A -TA 220 RF-A
- TAPA FRONTAL SUPERIOR (TFS):** para referenciar la tapa frontal superior se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) TFS**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA100 TFS  
Las codificaciones de los **TAPAS FRONTAL SUPERIOR**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
TA 60 TFS TA 80 TFS TA 100 TFS TA 120 TFS
- TAPA FRONTAL INFERIOR (TFI):** para referenciar la tapa frontal inferior se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) TFI**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA100 TFI  
Las codificaciones de los **TAPAS FRONTAL INFERIOR**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
TA60 TFI TA 80 TFI TA 100 TFI TA 120 TFI
- UNIONES (TAU):** para referenciar las uniones se va a utilizar la siguiente codificación: **TAU**
- BISAGRAS:** Se va a manejar el mismo nombre.
- UNIÓN PUERTAS:** para referenciar la unión puerta se va utilizar el nombre de **ARAÑAS**
- SOPORTE DE LENGÜETA (SL):** para referenciar el soporte de lengüeta se va a utilizar la nomenclatura **SL**
- TECHO (TE):** para referenciar los techos se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) - (PROFUNDO) TE**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA100-60 TE  
Las codificaciones de los **TECHOS**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 80-40 TE TA 100-40 TE TA 120-40 TE  
- TA 80-60 TE TA 100-60 TE TA 120-60 TE  
- TA 80-80 TE TA 100-80 TE TA 120-80 TE

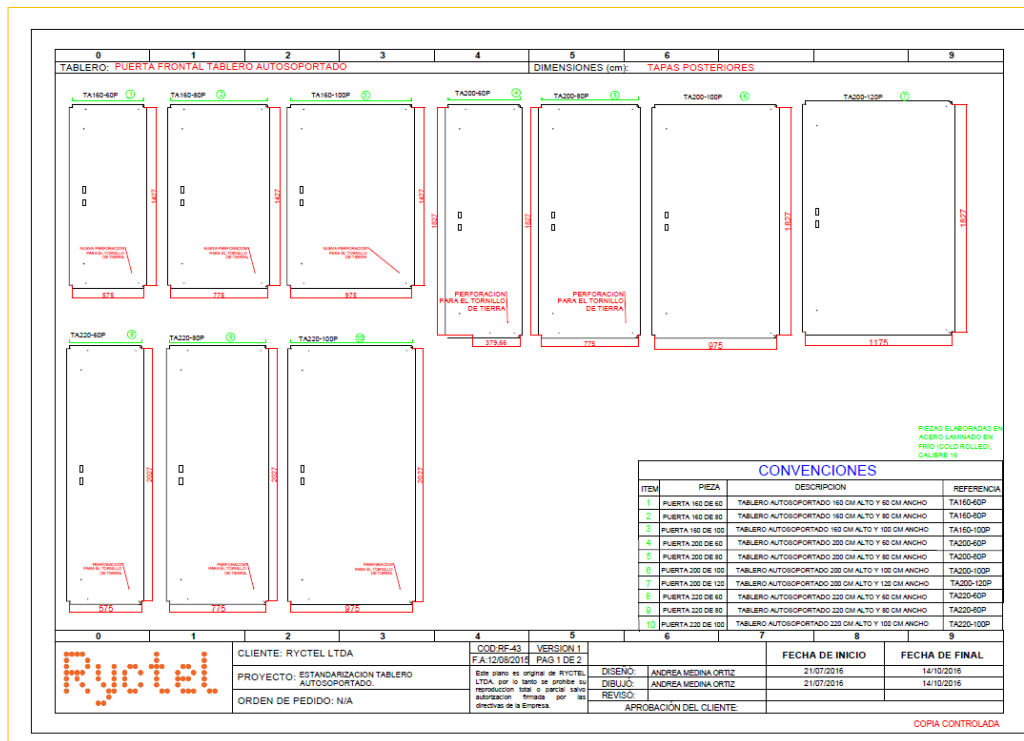
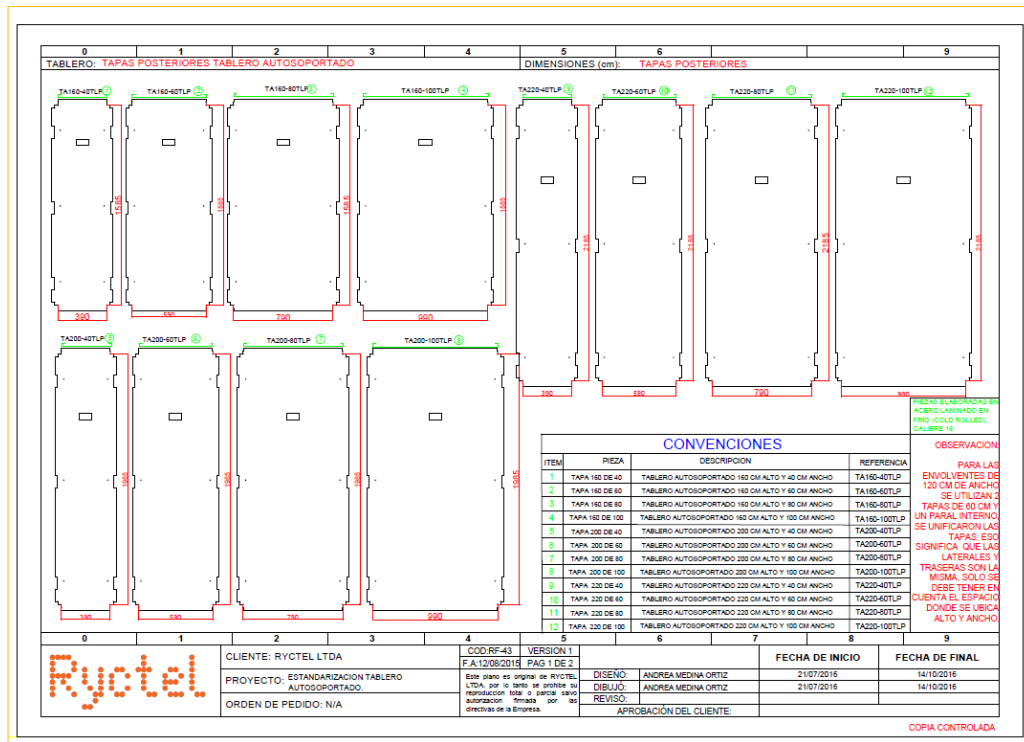
**Ryctel** INSTRUCTIVO CODIFICACION PIEZAS TABLERO AUTOSOPORTADO

- OMEGA PISO (OP):** para referenciar los omegas pisos se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) OP**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA60 OP  
Las codificaciones de los **OMEGAS PISOS**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 80 OP TA 100 OP TA 120 OP
- PISO TRASERO (PT):** para referenciar los pisos traseros se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) - (PROFUNDIDAD) PT**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA100- 60 PT  
Las codificaciones de los **PISOS TRASEROS**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 80-40 PT TA 100-40 PT TA 120-40 PT  
- TA 80-60 PT TA 100-60 PT TA 120-60 PT  
- TA 80-80 PT TA 100-80 PT TA 120-80 PT
- PISO DELANTERO (PD):** para referenciar los pisos delanteros se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ANCHO) - (PROFUNDIDAD) PD**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA100- 60 PD  
Las codificaciones de los **PISOS DELANTEROS**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
- TA 80-40 PD TA 100-40 PD TA 120-40 PD  
- TA 80-60 PD TA 100-60 PD TA 120-60 PD  
- TA 80-80 PD TA 100-80 PD TA 120-80 PD
- SOPORTE DE DOBLEFONDO (SD):** para referenciar los soportes de doblefondo se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (PROFUNDIDAD) SD**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA60 SD  
Las codificaciones de los **LATERALES**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
TA 40 SD TA 60 SD TA 80 SD
- PORTAPLANO:** Se va a manejar el mismo nombre.
- PARAL INTERNO (PI):** para referenciar los paraleles internos se va a utilizar la siguiente codificación: **TA (ALTO) PI**  
Siguiendo el ejemplo anterior TA200 PI  
Las codificaciones de los **PARALES INTERNOS**, para las medidas ya establecidas son las siguientes:  
TA 160 PI TA 200 PI TA 220 PI

**NOTA: Se adjunta PLANOS DE BIBLIOTECA DE PIEZAS PARA SU REFERENCIA**

## Anexo F. Planos biblioteca de piezas tablero autoportado.





## Anexo G. Ficha técnica de la pintura utilizada libre de TGIC BTC.



FICHA TÉCNICA  
PINTURA EN POLVO POLIÉSTER LIBRE DE TGIC BTC

REFERENCIA Y COLOR		
CÓDIGO PRODUCTO	REFERENCIA	COLOR
10113550		GRIS RAL 7032 TEXTURIZADO

<b>PRESENTACIÓN</b>	Cajas de 25 kilos. Cantidades menores están sujetas a la existencia del producto en inventario.
---------------------	---

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>Pinura en polvo formulada con resina Poliéster, ofrece alta resistencia química, mecánica, rayado superficial y alta dureza.</p> <p>Estos recubrimientos presentan excelentes propiedades de protección y decoración.</p> <p>Son recubrimientos de alta resistencia al exterior, tiene una gran retención de brillo, estabilidad de color y resistencia a los rayos UV.</p>
--------------------	--

<b>USOS</b>	Para decorar y proteger todo tipo de piezas de uso exterior.
-------------	--

ESPECIFICACIONES		
PROPIEDAD/MÉTODO	RANGO	UNIDAD
ADHERENCIA EN CUADRÍCULA/I-098-01	100 a 100	%
COLOR INSTRUMENTAL (Delta E)/I-048-12	0 a 0.5	Adimens
DUREZA A LAPIZ/I-098-12	H - 3H	
ESPESOR DE PELÍCULA/	60 a 70	µm
FLEXIBILIDAD MANDRIL CONICO 1/8"/I-053-08	Pasa	
IMPACTO DIRECTO INVERSO/I-098-08	80 a 160	lb/in
RENDIMIENTO TEÓRICO APLICADO A 60µm	9.83 a 9.83	m <sup>2</sup> /kg

<b>ESTABILIDAD EN EL ENVASE</b>	1 año a 25°C y 65% HR
---------------------------------	-----------------------

<b>PREPARACIÓN DE SUPERFICIE</b>	Tratamiento químico y/o mecánico es necesario para obtener excelente resistencia a la corrosión y óptimas propiedades mecánicas, la superficie a aplicar debe estar libre de oxidación, manchas y suciedad para obtener excelente apariencia y desempeño del producto.
----------------------------------	--

<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<p>Son diseñados para aplicación electrostática en equipos corona, lecho fluidizado ó aplicación por tñbo.</p> <p>Una pistola de carga por corona, ofrece más ajustes para diferencias de tamaños en piezas y geometrías.</p>
-----------------------------	---

<b>CONDICIONES NECESARIAS DE APLICACIÓN</b>	<p>Ciclo de Curado (Temperatura y Tiempo Efectivos del Metal): 160° C 15' ó 190° C 5' ó 200° C 3'.</p> <p>Las pruebas fueron realizadas sobre probetas de acero cold rolled desengrasado de 0.8 mm de espesor, con aplicación tipo corona y a un espesor dentro del rango especificado.</p> <p>Los resultados pueden variar si las condiciones de aplicación o de curado son distintas a las aquí especificadas.</p>
---	--