

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

**TEMA:**

---

**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU  
INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL  
BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA  
(IMCE)**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Software aplicado a la ingeniería con elementos finitos.

**AUTOR:** LUIS DAMIÁN LÓPEZ PAZMIÑO

AMBATO – ECUADOR

2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor de la presente Tesis de Grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema “ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA (IMCE)”, ejecutado por el señor Luis Damián López Pazmiño, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO que la presente tesis fue elaborada en su totalidad por el autor y ha sido concluida en forma total, en apego al plan de tesis aprobado.

.....  
Ing. Gonzalo López, Mg.

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## **AUTORIA**

El contenido de la presente investigación desarrollada bajo el tema “ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA (IMCE)”, así como las opiniones e ideas, vertidas, comentarios de resultados y análisis son de exclusiva responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

A mí madre Laura que me apoyado en cada momento para llegar a cumplir este anhelado sueño. Te amo

A mí enamorada Cyntia; que supo acompañarme en momentos difíciles, brindándome su amor y paciencia. Te amo mi vida.

A todas las personas que estuvieron a mi lado insistiéndome en no decaer en momentos difíciles que se presentaron en el camino.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre por su apoyo condicional e incondicional, además de desinteresado.

A todas esas personas que se encontraron en constante apoyo durante toda mi vida estudiantil.

Al Ing. Christian Castro por sus consejos y enseñanzas, además de su apoyo constante y la oportunidad brindada.

Al Ing. Gonzalo López por su constante apoyo como tutor de tesis.

A todos los docentes y personal administrativo de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

A carrocerías IMCE por permitirme desarrollar el tema en tan prestigiosa empresa.

A todas aquellas personas que supieron colaborar de una o de otra manera para llegar a cumplir mi meta.

A Dios por brindarme la oportunidad de vivir y conocer a todas esas excelentes personas.

Gracias a todos.

## Índice General

Aprobación del tutor .....	ii
Autoría .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice General .....	vi
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tablas .....	xii
Resumen.....	xiv
Introducción .....	xv
Capítulo I.....	1
El problema .....	1
1.1 Tema .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	4
Capítulo II .....	5
Marco teórico .....	5
2.1 Antecedentes investigativos .....	5
2.2 Fundamentación filosófica .....	6
2.3 Fundamentación legal .....	6
2.4 Categorías fundamentales .....	7
2.5 Hipótesis.....	35
2.6 Señalamiento de variables.....	35
Capítulo III.....	37
Metodología .....	37

3.1 Modalidad básica de la investigación.....	37
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	37
3.3 Población y muestra .....	38
3.4 Operacionalización de variables .....	39
3.5 Plan de recolección de la información .....	41
3.6 Plan de procesamiento de la información .....	41
Capítulo IV.....	42
Análisis e interpretación de resultados.....	42
4.1 Análisis de resultados.....	42
4.2 Interpretación de datos .....	78
4.3 Verificación de la hipótesis.....	95
Capítulo V.....	97
Conclusiones y recomendaciones .....	97
5.1. Conclusiones .....	97
5.2. Recomendaciones.....	98
Capítulo VI.....	100
6. Propuesta.....	100
6.1 Datos informativos .....	100
6.2 Antecedente de la propuesta.....	101
6.3 Justificación.....	101
6.4 Objetivos .....	102
6.5 Análisis de factibilidad.....	102
6.6 Fundamentación .....	103
6.7 Metodología .....	116
6.8 Administración.....	128
6.8 Previsión de la evaluación.....	128

Bibliografía .....	129
Anexos .....	132
Anexo A .....	133
Anexo B .....	134
Anexo C .....	135
Anexo D .....	136
Anexo E.....	137
Anexo F.....	138
Anexo G .....	142

## Índice de Figuras

Figura 2.1 Elementos Básicos .....	9
Figura 2.2 Elementos Lineales .....	9
Figura 2.3 Elementos Planos (2D) .....	10
Figura 2.4 Elementos Sólidos .....	10
Figura 2.5 Carrocería con chasis independiente .....	12
Figura 2.6 Carrocería con chasis plataforma.....	12
Figura 2.7 Carrocería Autoportante .....	13
Figura 2.8 Estructura básica del chasis .....	14
Figura 2.9 Código del modelo.....	15
Figura 2.10 Chasis tipo Ladder (escalera) .....	16
Figura 2.11 Fuerzas verticales que actúan en la parte delantera de la carrocería .	20
Figura 2.12 Fuerzas Longitudinales .....	21
Figura 2.13 Fuerzas Transversales .....	22
Figura 2. 14 Ejemplos, aplicaciones y propiedades representativas de cada familia de materiales.....	26
Figura 2.15 Esquema de trabajo del péndulo de Charpy .....	30
Figura 2.16 Máquina Universal .....	31
Figura 2.17 Diagrama esfuerzo - deformación unitaria de materiales metálicos..	32
Figura 2.18 Durómetro para escalas Brinell, Rockwell y Vickers.....	33

Figura 2.19 Diagrama esquemático de un instrumento de ensayo de fatiga, para ensayo de rotación – flexión .....	34
Figura 2.20 Dimensiones de las probetas para ensayos a fatiga .....	35
Figura 4.1 Probetas ensayo de impacto.....	53
Figura 4.2 Distribución de cargas .....	68
Figura 4.3 Diagrama de fuerzas cortantes.....	69
Figura 4.4 Diagrama de momentos .....	70
Figura 4.5 Bastidor.....	70
Figura 4.6 Transversales .....	71
Figura 4.7 Apoyos delanteros .....	71
Figura 4.8 Apoyo posterior .....	72
Figura 4.9 Chasis.....	72
Figura 4.10 Sujeción con perfil en U y pernos al chasis.....	73
Figura 4.11 Sujeción la placa con pernos al chasis.....	73
Figura 4.12 Sujeción de placa con soldadura al chasis .....	74
Figura 4.13 Chasis con cargas, sujeciones y restricciones.....	75
Figura 4.14 Tensiones de Von Mises chasis con perfil en U.....	80
Figura 4.15 Desplazamientos chasis con perfil en U.....	81
Figura 4.16 Factor de Seguridad Chasis con perfil en U .....	81
Figura 4. 17 Vida total (ciclos) .....	83
Figura 4.18 Tensiones de Von Mises para una sección del chasis.....	84
Figura 4.19 Desplazamientos de una sección del chasis.....	84

Figura 4.20 Factor de seguridad para una sección del chasis. ....	85
Figura 4.21 Tensiones de Von Mises Chasis con placa.....	86
Figura 4.22 Desplazamientos Chasis con placa.....	86
Figura 4.23 Factor de seguridad chasis con placa.....	87
Figura 4. 24 Factor de carga.....	88
Figura 4.25 Tensiones de Von Mises sección del chasis con placa.....	88
Figura 4.26 Desplazamientos sección del chasis con placa.....	89
Figura 4.27 Factor de seguridad para sección de chasis con placa.....	90
Figura 4.28 Tensiones de Von Mises chasis con suelda.....	91
Figura 4.29 Desplazamientos chasis con suelda.....	91
Figura 4.30 Factor de seguridad chasis con suelda.....	92
Figura 4.31 Tensiones de Von Mises para sección de chasis con suelda.....	93
Figura 4.32 Desplazamientos de sección de chasis con suelda.....	94
Figura 4.33 Factor de Seguridad para sección de chasis con suelda.....	95
Figura 6.1 Suelda Eléctrica y Gas.....	103
Figura 6.2 Suelda Intermitente.....	104
Figura 6.3 Soldadura de Tapón.....	105
Figura 6.4 Forma correcta de cubrir.....	106
Figura 6.5 Puntos de suelda.....	106
Figura 6.6 Defectos de Soldadura.....	107
Figura 6. 7 Dimensiones para Taladrar.....	108

Figura 6.8 Procedimiento para Taladrar.....	109
Figura 6.9 Representación del daño de tuberías y mazos de cables .....	109
Figura 6.10 Evitar dañar el miembro transversal .....	110
Figura 6.11 Dimensiones después del corte en mm.....	111
Figura 6.12 Corte de la plancha para la base de 570 mm de largo .....	112
Figura 6.13 Dimensiones después del corte en mm.....	113
Figura 6.14 Corte de la plancha para la base de 570 mm de largo .....	113
Figura 6.15 Energía de distorsión .....	115
Figura 6.16 Representación gráfica de la teoría de la energía de la distorsión...	116
Figura 6.17 Modelo 3D.....	117
Figura 6.18 Modelo Unifilar .....	117
Figura 6.19 Distribución de la carga viva .....	120
Figura 6.20 Carga de resistencia del aire .....	121
Figura 6.21 Carga de Giro.....	122
Figura 6.22 Carga de Frenado .....	123
Figura 6.23 Desplazamiento Máximo .....	124
Figura 6.24 Verificación del estado tensional.....	124

### **Índice de Tablas**

Tabla 2.1 Cargas Vivas de diseño .....	23
Tabla 2.2 Velocidades, Radios Mínimos Y Peraltes En Carretera .....	24
Tabla 2.3 Características SAPH 440.....	27
Tabla 2.4 Características Acero EN-GJS-500-7 .....	28

Tabla 4. 1 Porcentaje de error de ensayo de tracción.....	50
Tabla 4.2 Accesorios del chasis .....	67
Tabla 4. 3 Estados de carga.....	74
Tabla 4.4 Promedio de ensayo .....	78
Tabla 4. 5 Promedio Ensayo Impacto .....	79
Tabla 4.6 Promedio Ensayo Dureza.....	79
Tabla 4. 7 Promedio Ensayo Fatiga .....	79
Tabla 4.8 Resultados de las simulaciones .....	96
Tabla 6.1 Varilla para Soldar .....	107
Tabla 6. 2 Carga Viva .....	120
Tabla 6.3 Desplazamientos Máximos .....	123
Tabla 6.4 Elemento más cargado .....	125
Tabla 6.5 Costo de material estándar .....	126
Tabla 6.6 Tiempos de producción fabricación perfil en U.....	126
Tabla 6.7 Resumen costo de material .....	127
Tabla 6.8 Análisis Económico .....	128

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

“ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU  
INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL  
BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA  
(IMCE)”

**Autor:** Luis Damián López Pazmiño

**Tutor:** Ing. Gonzalo López, Mg

**Fecha:** 06 de febrero de 2015

## RESUMEN

La investigación se basa en la simulación del bastidor junto con todas las cargas que constituyen sus accesorios, además de las cargas producidas por la carrocería construida por Industria Metálica Cepeda, mediante la utilización de un software de elementos finitos.

Para poder realizar la simulación se tomó en cuenta las propiedades por las cuales está constituido el chasis, las mismas que fueron comprobadas mediante ensayos de materiales en laboratorios; como son: ensayos de tracción, fatiga, dureza e impacto, obteniendo buenos resultados. Incluso se toma en cuenta las propiedades de los materiales por los cuales está constituido la carrocería.

Se efectúa la simulación del bastidor para comprobar cuál es el estado de soporte que brinda al momento de montar la carrocería. Para lo cual se realiza la modelación del mismo y se ejecuta. Con esto también se logra conocer cuál es el mejor tipo de anclaje que se puede ocupar para la unión chasis carrocería.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo denominado: “ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA (IMCE)” es de gran importancia para el sector metalmecánico del país, especialmente para Industria Metálica Cepeda que fue donde se realizó el presente estudio.

Se pudo contar el apoyo de la empresa, en obtener toda la información necesaria para poder realizar el estudio. Específicamente con los datos de la estructura del autobús, de la misma manera se realizó ensayos con el propósito de obtener ciertas propiedades con las cuales no se contaba al principio del estudio.

En Capítulo I, se encuentra el tema y problema junto con el planteamiento, contextualización, análisis crítico, la prognosis, justificación y los objetivos generales y específicos.

En el Capítulo II, tenemos el marco teórico con relación a la investigación, que cuenta con los antecedentes, fundamentación filosófica y legal, categorías fundamentales, hipótesis y señalamiento de variables.

En el Capítulo III, el cual está constituido por la metodología, el mismo que contiene la modalidad básica de la investigación, población y muestra, operacionalización.

En el Capítulo IV, formado por el análisis e interpretación de resultados del estudio y de la verificación de la Hipótesis.

En el Capítulo V, tenemos a las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente en el Capítulo VI se encuentra la propuesta, la misma que cuenta con la introducción, objetivos, justificación, análisis de factibilidad, fundamentación y metodología.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Tema

“ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CHASIS HINO AK8JRSA Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GENERAL DEL BUS INTERPROVINCIAL EN LA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA (IMCE)”

### 1.2. Planteamiento del problema

#### 1.2.1. Contextualización

A nivel mundial muchos países han realizado estudios acerca del comportamiento del chasis al someterle a carga con la ayuda de sistemas computarizados, cuyos países nos llevan una gran ventaja en lo referido a análisis y estudios tanto del chasis como de la estructura que conforma la carrocería.

En Sudamérica países como Colombia, Brasil, Perú han optado por realizar el diseño y el modelamiento utilizando herramientas CAE y CAD. En Colombia se ha evaluado las condiciones de diseño a las cuales va a estar sometido el chasis dichas condiciones son las cargas de tensión, compresión, flexión y fatiga utilizando herramientas computacionales como el SolidEdge y el Ansys Workbench.

(Parra , Ríos , Mantilla, & Rojas, 2007).

En Ecuador se ha realizado muy poca investigación sobre el tema, en consecuencia las técnicas para el análisis del chasis son poco utilizadas, así como también se desconoce el comportamiento que tiene el mismo al ser sometido a varios estados de cargas.

En la provincia de Tungurahua en la ciudad de Ambato, en la empresa IMCE no se ha contado con este tipo de estudio ya que los estudios más realizados han sido relacionados a lo que es la carrocería de los buses y se ha presentado este problema

debido a que el chasis es el que sufre las cargas transmitidas por la carrocería motivo por el cual se ha propuesto la siguiente investigación.

## **1.2. Análisis crítico**

El chasis de un vehículo está íntimamente relacionado con lo que es construcción y montaje de la carrocería, puesto que el conjunto chasis carrocería se funcionan para formar un solo conjunto es decir por medio de los diferentes tipos de sujeción de la carrocería al chasis se conforma un solo elemento estructural, por ende es necesario realizar el análisis del chasis en conjunto para determinar los esfuerzos y deformaciones existentes o resultantes en los elementos constitutivos del chasis.

### **1.2.2. Prognosis**

Si no se lleva a cabo el presente estudio se estaría desconociendo el comportamiento mecánico del chasis en conjunto con la estructura del bus.

### **1.2.3. Formulación del problema**

¿Incidirá el análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA en el comportamiento mecánico general del bus interprovincial en la Industria Metálica Cepeda?

### **1.2.4. Preguntas directrices**

¿Cuáles son los tipos de cargas y sus magnitudes que se aplica sobre el chasis Hino AK8JRSA?

¿Qué métodos se pueden aplicar para realizar el análisis y modelación del chasis Hino AK8JRSA?

¿Cuál es la parte más crítica del chasis Hino AK8JRSA?

¿Qué comportamiento mecánico tiene el chasis Hino AK8JRSA?

### **1.2.5. Delimitación**

#### **1.2.5.1. Delimitación temporal**

La presente investigación se realizó desde Febrero de 2014 hasta Enero 2014.

#### **1.2.5.2. Delimitación espacial**

La investigación se realizó en la empresa IMCE ubicada en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.

#### **1.2.5.3. Delimitación de contenido**

El presente estudio en su mayoría enfocó su realización en el área de Diseño Mecánico y Resistencia De Materiales.

### **1.3. Justificación**

En Industrias Metálicas Cepeda se busca maneras de aumentar las oportunidades de trabajo para las personas y esto se pudo lograr al aumentar la competitividad a nivel de empresas carroceras en el país con la que se obtendrá mayor trabajo.

Tomando en cuenta que la Agencia Nacional De Tránsito (ANT) exige un proceso de homologación de productos para las empresas carroceras con el propósito de mejorar la seguridad y competitividad de su producción, dicho proceso se lo realiza al certificar sus modelos de carrocería de acuerdo con el tipo de chasis homologado para el transporte de pasajeros.

Es aquí donde el chasis tiene un papel muy importante para la homologación de las carrocerías, que permita que el producto sea vendido bajo el reglamento general de homologación el cual permite registrar, validar y autorizar dicho producto dentro del marco legal de competencias.

Cabe recalcar además que los autobuses han llegado a formar parte esencial en la sociedad, por la necesidad de las personas y el servicio que estos prestan en sus diferentes ocupaciones dentro del transporte público (Coronel T. P., 2010).

Es por esto que en el Ecuador específicamente en la ciudad de Ambato se forma una empresa dedicada a desarrollar, diseñar e investigar los diferentes componentes que forman un chasis en conjunto con la carrocería.

No se debe olvidar que el chasis es el equivalente al esqueleto en un ser humano, sosteniendo el peso, aportando rigidez al conjunto y condicionando la forma y el movimiento final del mismo (Frank, Eichhorn, Leonardi, Gennaro, & Bruno, 2009).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar la estructura del chasis Hino AK8JRSA para determinar el comportamiento mecánico general del bus interprovincial en la Industria Metálica Cepeda

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los estados de carga estáticos sobre el chasis.
- Realizar la modelación y el análisis del chasis Hino AK8JRSA mediante la aplicación de métodos de elementos finitos utilizando los parámetros analizados anteriormente.
- Identificar la ubicación de la parte más crítica del chasis.
- Establecer el comportamiento mecánico que tiene el chasis Hino AK8JRSA.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes investigativos

En varios países se han realizados trabajos relacionados a lo que se refiere el análisis de la estructura de un chasis, cuyos trabajos han sido publicados en fuentes como internet. Pero únicamente se puede encontrar artículos de pocas páginas que tengan correlación con el tema. Entre estos se puede mencionar los siguientes:

Ríos Ricardo, Parra Jaime, Rojas Roldan y Mantilla David, en su artículo de investigación científica y tecnológica presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre de la ciudad de Bogotá DC, bajo el tema “Estudio del comportamiento bajo carga de un chasis para el transporte de pasajeros por medio de la tecnología de elementos finitos en la empresa EQUITEL CUMANDES S.A. realizada en el año de 2007 donde cuyo objetivo es el de determinar si las partes del chasis superan las condiciones de diseño a las que van a estar sometidas en Colombia, para que permita tramitar la respectiva homologación en el ministerio de transporte e importación de este producto al país. Para lo cual lo someten a cargas estáticas y de fatiga mediante el Método de Elementos Finitos y la utilización del software ANSYS WorkBench.

Marco Orozco y Juan Velásquez, en su tesis de grado presentada a la Escuela Politécnica del Ejercito Sede Latacunga, bajo el tema: “Diseño de una estructura de carrocería de bus por software de computador bajo normas técnicas internacionales” realizada en el año 2005, presenta un estudio de los factores que deben ser tomados en cuenta para brindar seguridad a personas que utilizan el servicio de transporte. Además de que utiliza las normas de B.O.E. (Boletín Oficial Español). Cabe mencionar que determina las zonas críticas que se encuentran al analizar la estructura fabricada en la empresa Patricio Cepeda.

Argoti Jefferson y Pozo Edwin, en su tesis de grado presentada a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, bajo el tema: “Diseño de una plataforma para ensayo de vuelco de carrocerías para autobuses según el RTE-INEN 1323”, realizada en el año 2010, presenta un estudio separado en dos etapas; la primera es de diseñar la plataforma cumpliendo con la norma 1323; y la segunda parte es de diseñar una nave industrial.

Daniel Eduardo Hidalgo Pérez, en su tesis de grado presentada a la Universidad Técnica de Ambato, bajo el tema: “Estudio estructural del bus urbano entrada baja de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 1323 para incrementar la competitividad de la empresa PICOSA” realizada en el año 2011, presenta un análisis estructural de acuerdo a la norma INEN 1323 y bajo los requerimientos de la empresa PICOSA LTA.

## **2.2 Fundamentación filosófica**

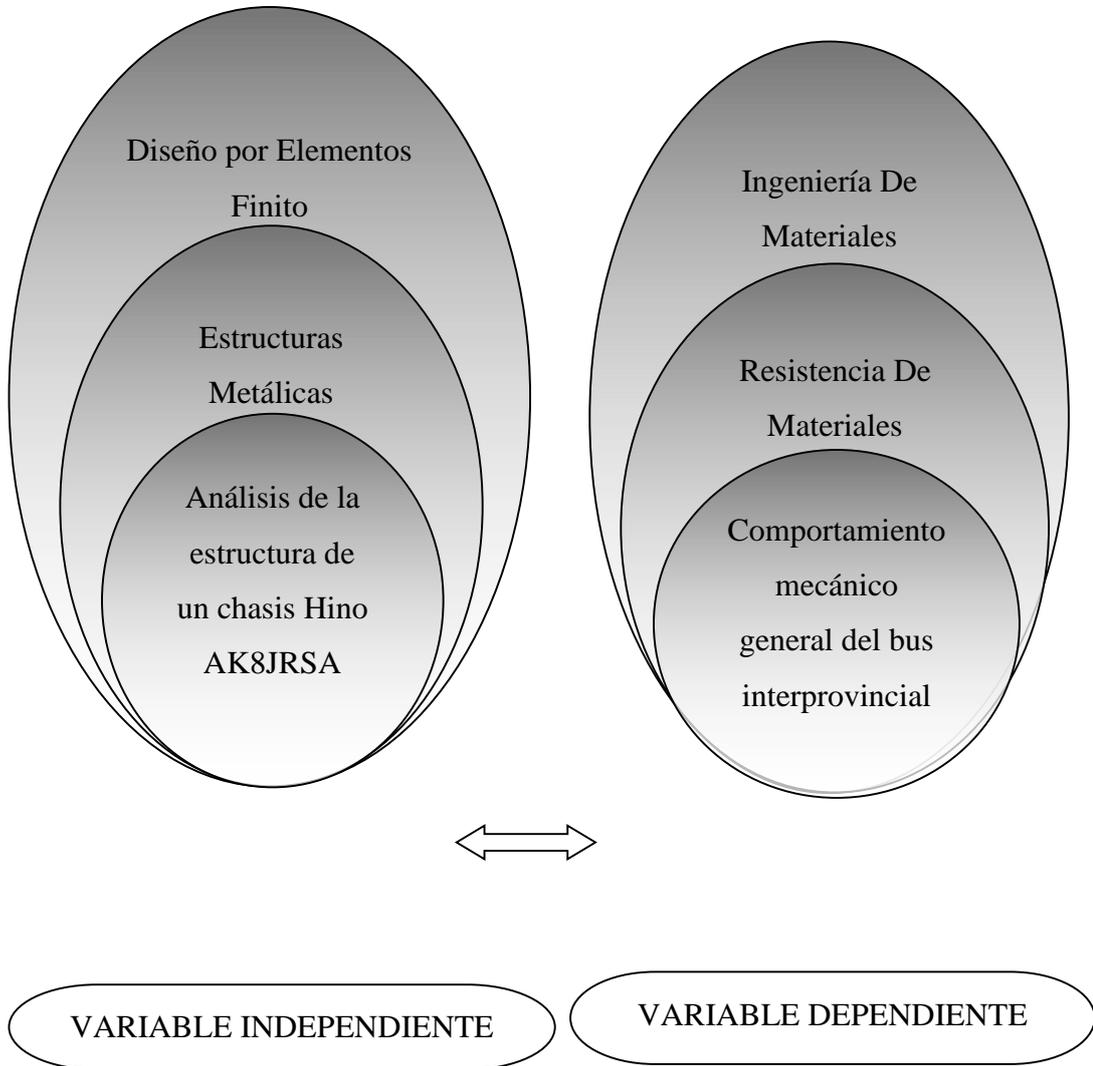
La presente investigación sobre el análisis estructural del chasis y su comportamiento mecánico está ubicada dentro del paradigma positivista, ya que es objetiva y el énfasis que se hace en el análisis es cualitativo, orientada al análisis de resultados, su verificación y confirmación.

## **2.3 Fundamentación legal**

La presente investigación estuvo fundamentada bajo las siguientes normas y manuales:

- Norma NTE INEN 1323
- RTE INEN 043
- Manual Montaje De Carrocería Modelo AK8JRSA
- ANT - Proceso De Homologación De Carrocerías Metálicas Sobre Un Chasis Homologado Para Transporte De Pasajeros.

## 2.4 Categorías fundamentales



### 2.4.1 Elementos finitos

#### 2.4.1.1 Introducción

El método de elementos finitos (MEF) en ingeniería ha adquirido una gran importancia en la resolución de varios tipos de problemas que matemáticamente eran muy difíciles de resolver. Por ende se conllevaba un elevado costo tanto en tiempo como económicamente puesto que se realizaban de forma iterativa. (Carnicero, 2007)

Este procedimiento numérico se lo puede aplicar a diversos problemas con condiciones de borde impuestas, teniendo como principales las restricciones y

cargas externas, que son utilizadas en la mayoría de los casos. “Existen dos tipos de caminos para su formulación, basándose en el principio de los trabajos virtuales, es decir, formulaciones variacionales,” (Ing. Pezzotti S., 2007)

Los elementos finitos están basados en la representación de un cuerpo mediante un ensamble que contiene varias subdivisiones que se los llama elementos, dichos elementos se interconectan a través de una cantidad finita de puntos llamados nodos. (Ing. Pezzotti S., 2007)

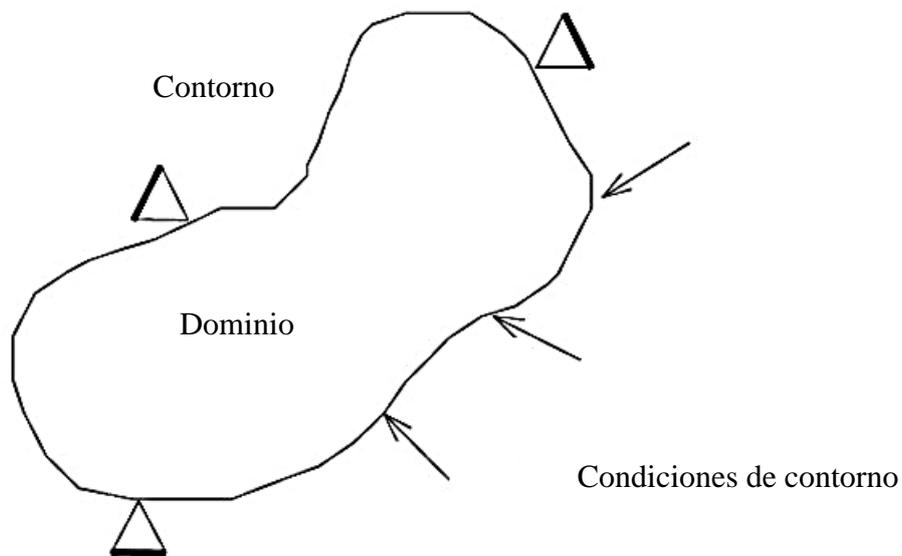
El método de elementos finitos es una formulación matemática que se lo puede considerar nuevo, aunque ya se conocía desde hace un buen tiempo la estructura matemática. Sin embargo en la actualidad y los últimos años se ha logrado un gran desarrollo puesto que se cuenta con avances informáticos cada vez mejor. Es por esto que hoy en día tenemos una gran cantidad de programas que permiten realizar los cálculos por el método de elementos finitos. Pero para lograr utilizar dichos programas se requiere de ciertas características como; un buen conocimiento para el manejo del programa a utilizar, además de saber cuáles son los principios del MEF. De ser así se puede estar garantizando que los resultados que se obtengan en los análisis sean lo más aproximados a la realidad. (Carnicero, 2007)

#### **2.4.1.2 Principios básicos y aplicaciones del MEF**

El principio básico que utiliza MEF es la discretización. Cuyo método consiste en la división del espacio geométrico del sistema en elementos que pueden ser puntos, líneas o superficies según sea lineal, bidimensional o tridimensional. (Cesar Arroba, 2013)

Independientemente del sistema a analizar se puede distinguir entre:

- Dominio: espacio geométrico en el cual se va a realizar el análisis del sistema.
- Condiciones de contorno: son aquellas variables que condicionan el cambio del sistema y que además son conocidas; cargas, desplazamientos, voltajes, temperaturas, etc.
- Incógnitas: son aquellos valores de las variables que necesitamos conocer una vez que se ha realizado el análisis con las condiciones de contorno que se han puesto; tensiones, temperatura, desplazamientos, etc.



**Figura 2.1** Elementos Básicos

**Fuente:** Introducción al MEF

### 2.4.1.3 TIPOS DE ELEMENTOS

Los ingenieros Pezzotti S. y Antico F., en su documento citan que los tipos de elementos que se usan por lo general son tres tipos que se los muestran a continuación:

- Elementos lineales



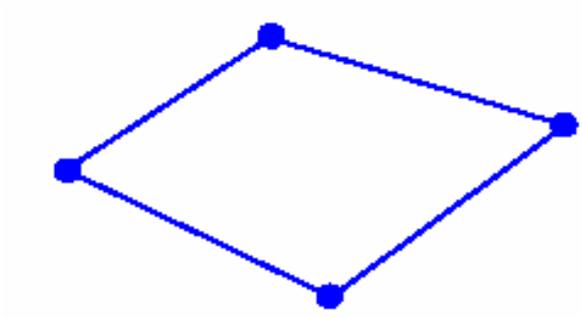
**Figura 2.2** Elementos Lineales

**Fuente:** Ing. Pezzotti S., 2007

Estos pueden ser:

- Resortes
- Barras
- Vigas
- Caños

- Elementos Planos (2D)

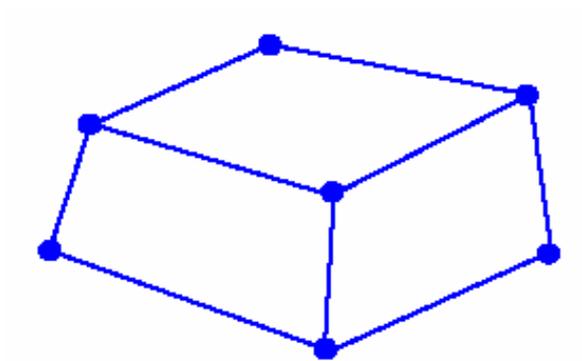


**Figura 2.3** Elementos Planos (2D)

**Fuente:** Ing. Pezzotti S., 2007

Estos pueden ser:

- Membranas
- Placas
- Elementos Sólidos



**Figura 2.4** Elementos Sólidos

**Fuente:** Ing. Pezzotti S., 2007

## 2.4.2 Estructuras metálicas

### 2.4.2.1 Carrocerías metálicas

Las formas de construcción de la estructura de un bus han ido cambiando con el paso de los años. Pero estos cambios han sido mejores en comparación de las estructuras hechas hace mucho tiempo. Esto ha sido en parte gracias a los reglamentos y normas que son aplicables en la actualidad, algunas de estas normas

y reglamentos son NTE INEN 1323, RTE INEN 043, RTE INEN 2205 entre otras, que son obligadas por la Agencia Nacional de Tránsito.

“Carrocerías Transporte Interprovincial: unidades no diseñadas para el transporte de pasajeros de pie, dotadas de gran comodidad y de espacios para carga (cajuelas) que los hacen aptos para recorrer grandes distancias.” (Arroba, 2013)

#### **2.4.2.2 Componentes principales en la fabricación de un bus**

Una unidad para el transporte de pasajeros está constituida por dos partes principales que son:

- Carrocería
- Chasis

##### **Carrocería.**

La carrocería del autobús es el sistema estructural destinado al transporte de pasajeros, en otras palabras es la parte física de la unidad de transporte en contacto con el pasajero, como por ejemplo los sistemas de soporte estructural.

Con el paso de los años se ha ido investigando varias modificaciones en busca de:

- ✓ Conseguir un espacio de supervivencia para los pasajeros mucho más seguro. En tal virtud se construyen carrocerías con mayor confiabilidad, puesto que absorben mejor el impacto ante una colisión, choque o estrellamiento mediante la deformación progresiva y controlada de las partes trasera y delantera del vehículo, sin que incida en el compartimiento de los pasajeros.
- ✓ Aumentar el confort y velocidad sin que se aumente el consumo de combustible; es entonces cuando se desarrolla la aerodinámica de los vehículos para tratar de encontrar mejores y más bajos coeficientes de resistencia al aire. (Andrade Luis, 2012)

##### **Tipos de carrocerías**

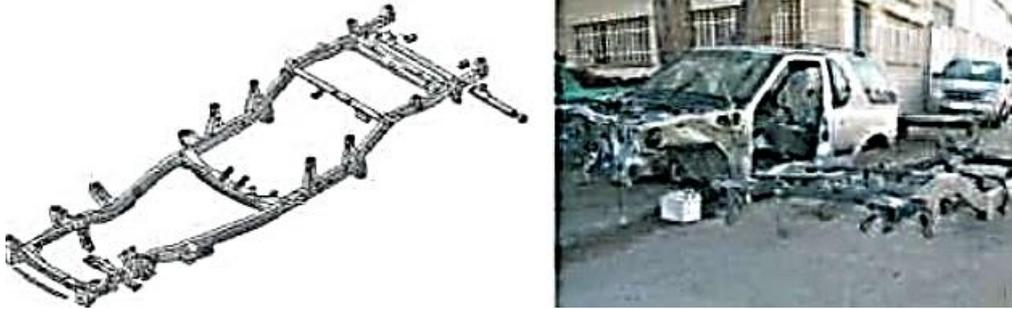
###### **a) Carrocería con chasis independiente**

Es el que está formado por un chasis o plataforma independiente en relación al resto de la carrocería, que se une al chasis por medio de pernos o soldadura.

Todos los componentes tanto mecánicos como los de la carrocería son fijados por separado.

- Destinados al transporte de mercancías o personas.
- Circulación por carreteras o caminos que se encuentren en mal estado.

La rigidez de esta estructura varía de acuerdo al tipo de trabajo al que sea sometido.



**Figura 2.5** Carrocería con chasis independiente

**Fuente:** Andrade Luis, 2012

#### **b) Carrocería con chasis plataforma**

El chasis es aligerado y se lo une por medio de soldadura, se lo utiliza en furgonetas y vehículos destinados al turismo que además suelen caminar por carreteras en mal estado. (Andrade Luis, 2012)



**Figura 2.6** Carrocería con chasis plataforma

**Fuente:** Andrade Luis, 2012

### c) Carrocería autoportante o compacta

Consiste en un ensamblado de chapas a lo largo de toda la carrocería. Además de que sobre este tipo de carrocería se montan los elementos exteriores como; puertas aletas delanteras y traseras hasta que quede totalmente completo el vehículo y los elementos mecánicos.



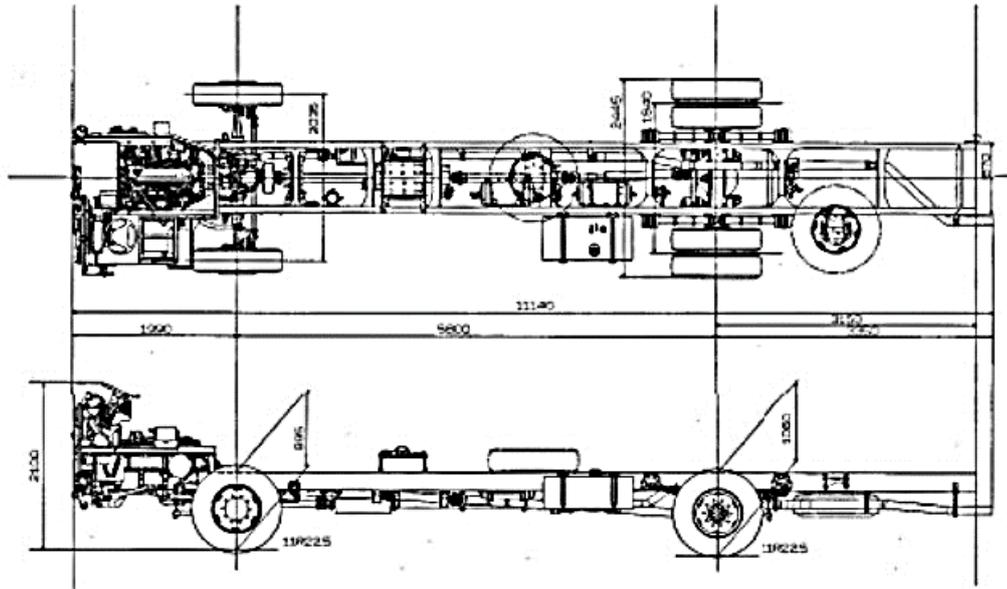
**Figura 2.7** Carrocería Autoportante

**Fuente:** Andrade Luis, 2012

### **Chasis**

Armazón del vehículo que comprende el bastidor, ruedas, transmisión con o sin motor, excluida la carrocería y todos los accesorios necesarios para acomodar al conductor, pasajeros o carga. (INEN 1323)

El mismo que está sometido a todas las cargas que se producen al montar la carrocería y posteriormente su funcionamiento. Existen varios tipos de chasis, de acuerdo a las empresas constructoras y de las necesidades que se requieran para su trabajo así como por ejemplo, la rigidez, precio y forma.



**Figura 2.8** Estructura básica del chasis

**Fuente:** Manual montaje de carrocería modelo AK8JRSA

El chasis comprende un proceso muy complejo de realización, dicho trabajo es realizado por personal calificado en varias áreas, sin embargo en el sector carrocerero de nuestro medio se le considera al chasis únicamente como la estructura rígida que va unida a la carrocería.

### **Bastidor**

Estructura rígida de acero que soporta los elementos estructurales de la carrocería a más de las partes mecánicas como motor, caja de cambios, transmisión, etc.

En la figura se muestra el código con el que cuenta el chasis Hino AK8JRSA, que se da en el manual de todos los chasis, mostrando diferentes características que se debe a cada una de las letras del chasis.

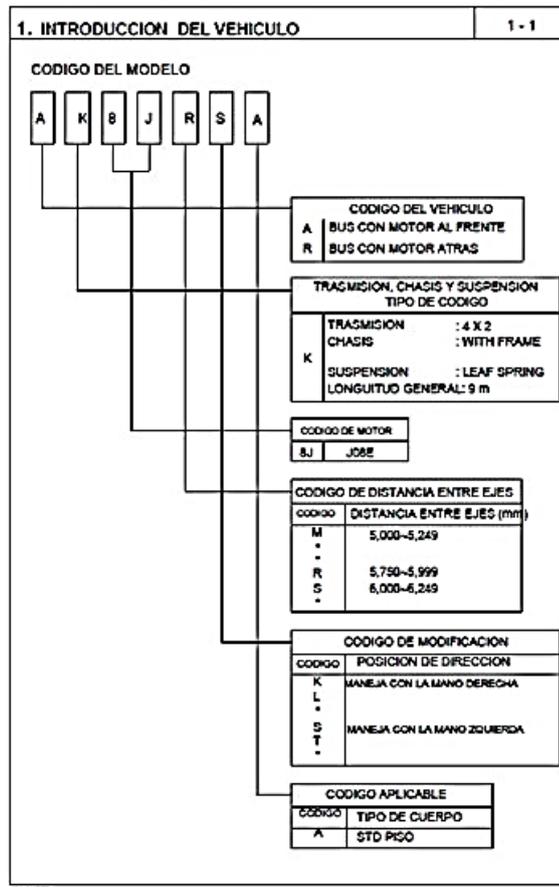


Figura 2.9 Código del modelo

Fuente: Manual de montaje de carrocería modelo AK8JRSA

### Diseño del chasis

Como se mencionó anteriormente los bastidores están diseñados como estructura de base rígida, capaces de soportar los esfuerzos a los que se verán sometidos en el transcurso de su vida útil, pueden ser de tracción provocados por la marcha del vehículo, de flexión debida al peso total soportado o de torsión como resultado de los desplazamientos verticales de los ejes.

- ✓ La rigidez a torsión con el que cuenta el bastidor de un autobús influirá considerablemente en el límite de vuelco al que se le someta, entonces la evaluación de torsión de un bus es un elemento esencial.

## **Tipos de chasis**

Jorge Cepeda, en su tesis de grado presentada a la Escuela Politécnica Del Ejercito, bajo el tema “Análisis del comportamiento mecánico del sistema estructural del autobús Feline para la empresa carrocera Miral Buses”, realizada en el año 2006, dice que hay una variedad de los tipos de chasis que se puede encontrar en el mercado, dependiendo del costo y su aplicación, aquí se menciona algunos tipos.

- Reforzados con miembros en X.
- Reforzados en cámara antivuelco.
- Reforzados con placas de acero.

Para transporte de pasajeros en el Ecuador el tipo de chasis que se ocupa es del tipo “Ladder” (escalera), el cual tiene dos bastidores y uno o varios transversales que los une.



**Figura 2.10** Chasis tipo Ladder (escalera)

**Fuente:** Cepeda, 2006

### **2.4.3 Análisis estructural**

Una estructura es un ensamblaje de cierta cantidad de miembros individuales. Cuando el ensamblaje se encuentre en su totalidad se lo llama armazón. Dicho armazón soporta diferentes cargas como las ejercidas por su propio peso y por el peso de los materiales del que está constituido (carga muerta), así como las cargas

impuestas por diferentes aspectos del contorno tales como las fuerzas de la naturaleza, impuestas por la gente entre otras (cargas vivas). (Marco Orozco, 2005)

El diseño a detalle de la unión chasis-carrocería incluye la determinación de las características, como forma y tamaño, de los miembros y de sus conexiones. Lo esencial es que la superestructura soporte todas las cargas mencionadas anteriormente con seguridad.

Estas acciones se deben a fenómenos físicos que resultan muy complejos, y para su evaluación se requiere de un modelo. Dicho modelo está basado en un sistema de fuerzas lineales o uniformes distribuidas, que simulan con la mayor aproximación el efecto de las acciones. (Coronel T. P., 2010)

En algunos casos, el modelo debe incluir en sus condiciones de rigidez lo siguiente:

- La respuesta no lineal del material fuera del rango elástico.
- La deformabilidad de ciertos elementos estructurales.
- La rigidez de las uniones.

Las acciones pueden clasificarse en un sin número de criterios que todos a su vez son diferentes: según su origen, según las condiciones de borde, etc. Para ofrecer seguridad y para un mejor diseño, se puede considerar como las más conveniente la duración con que obran sobre la estructura con una intensidad cercana a la máxima. Según el criterio mencionado se distinguen los siguientes tipos de acciones: (Coronel T. P., 2010)

**Acción permanente:** Es aquella que se le puede considerar que con el tiempo no varía, es decir que obra de forma de continua sobre la estructura.

**Acciones variables:** Son aquellas que con el tiempo varían y durante estas variaciones alcanzan valores significativos que duran grandes lapsos de tiempo. En esta categoría se incluyen las cargas vivas, cargas dinámicas, cargas de giro, cargas frontales de frenado, cargas de aceleración.

**Acciones accidentales:** Son aquellas que suceden por el funcionamiento de la estructura y que pueden tomar valores significativos durante pequeños lapsos de

tiempo de la vida útil, dos claros ejemplos de este tipo de acciones son los choques y volcamientos.

Existen varios métodos prácticos de cálculo estructural, que por más complicada que sea la geometría o el estado de cargas al que está sometido, permiten realizar el análisis de estructuras basándose en varias teorías y aplicando diferentes simplificaciones. Los métodos según el grado de simplificación se clasifican en:

a) Métodos clásicos de la resistencia de materiales

*Método basado en los teoremas de Mohr:* Se los suele aplicar en la teoría de la elasticidad además de su utilización en estructuras bidimensionales con bajo grado de hiperelasticidad.

b) Métodos iterativos. Su aplicación es sobre estructuras planas de barras con nudos rígidos, con esto se intenta evitar el sistema de ecuaciones que resulta de establecer la compatibilidad de giros en los nudos de las mismas. De esta manera se trata de resolver en forma iterativa un conjunto de estados un tanto más simples y cuya adición nos lleva al resultado teórico.

c) Métodos matriciales. Se los aplica en estructuras planas o espaciales de barras con nudos rígidos o articulados. Inclusive se los puede aplicar sobre teorías lineales o no lineales. Estos métodos aplican la algebra matricial a los cálculos estructurales que se han sabido apoyar en el desarrollo de los ordenadores en las últimas décadas y en el desarrollo conjunto de procedimientos numéricos apropiados. (Guijarro, 2010)

#### **2.4.3.1 Alcance**

El proyecto comprende el análisis y diseño de la estructura metálica de una carrocería para bus interprovincial. Para la realización del presente análisis se toma en cuenta lo siguiente:

- Revisión de información proporcionada por la empresa constructora de carrocerías. Aquí entra la parte dimensional de la carrocería, distribución de cargas requeridas por la norma NTE INEN 1323:2009 vigente (Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos)

- Cálculo y análisis del centro de gravedad, de acuerdo al dimensionamiento propuesto.
- Análisis y diseño de acuerdo a las condiciones de carga permanente (carga muerta, viva, de giro, de frenado, viento) y a la configuración espacial.
- Análisis y diseño de la estructura completa considerando todos los elementos estructurales utilizados para la construcción.

#### **2.4.3.2 Fuerzas actuantes sobre la carrocería de un bus**

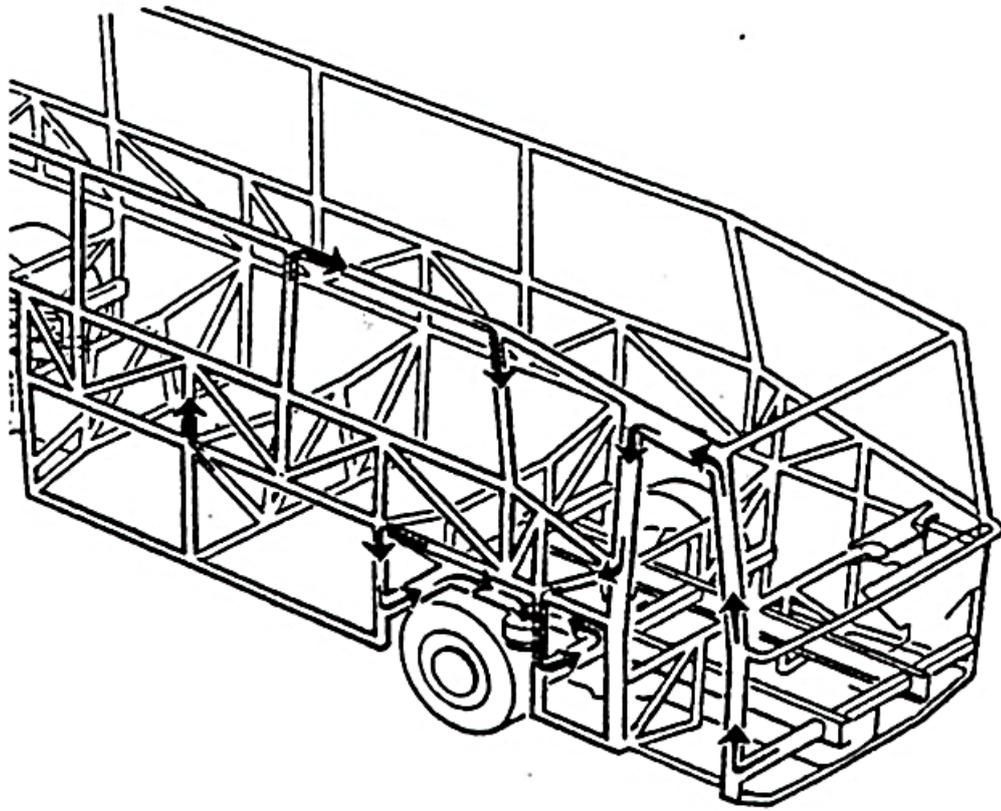
Para un bus es muy importante resistir todas las cargas dinámicas que actúan sobre él.

##### **a) Fuerzas Verticales**

Las fuerzas verticales son aquellas que aparecen o se forman por medio de las aceleraciones debidas al movimiento de la suspensión. De igual manera sucede al momento que se toma curvas, puesto que las fuerzas verticales actúan sobre los costados de la carrocería y también en las vigas sobresalientes.

Como caso extremo se puede dar que aparezcan torsiones, un claro ejemplo es cuando se conduce por caminos en mal estado y las ruedas tanto delantera de un lado como la rueda trasera del lado contrario son comprimidas al mismo tiempo contra el tope de las ballestas.

Otra situación se da con el peso de los pasajeros y equipaje, puesto que se concentra en la sección entre los ejes y, las fuerzas siguen el camino más rígido hacia los costados de la carrocería a los fuelles de la suspensión. (Marco Orozco, 2005)

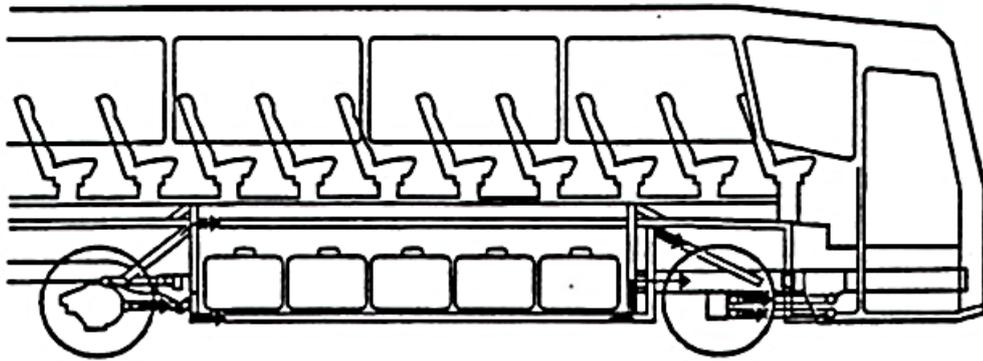


**Figura 2.11** Fuerzas verticales que actúan en la parte delantera de la carrocería

**Fuente:** Marco Orozco, 2005

#### **b) Fuerzas longitudinales**

Este tipo de fuerzas pueden darse por dos motivos ya sea al momento que el vehículo se frena o cuando se pasa por baches que existan en la carretera. La forma en cómo se comporta es que cuando se frena el vehículo la reacción del piso se transmite a los costados de la carrocería, donde lo absorbe los laterales y ventanas. Las fuerzas se reúnen en la parte inferior de los costados de la carrocería propagándose a través de las barras de reacción de las ruedas. El acoplamiento del chasis con la parte delantera y trasera es una parte de vital importancia en la armazón total de la carrocería. (Marco Orozco, 2005)



**Figura 2.12** Fuerzas Longitudinales

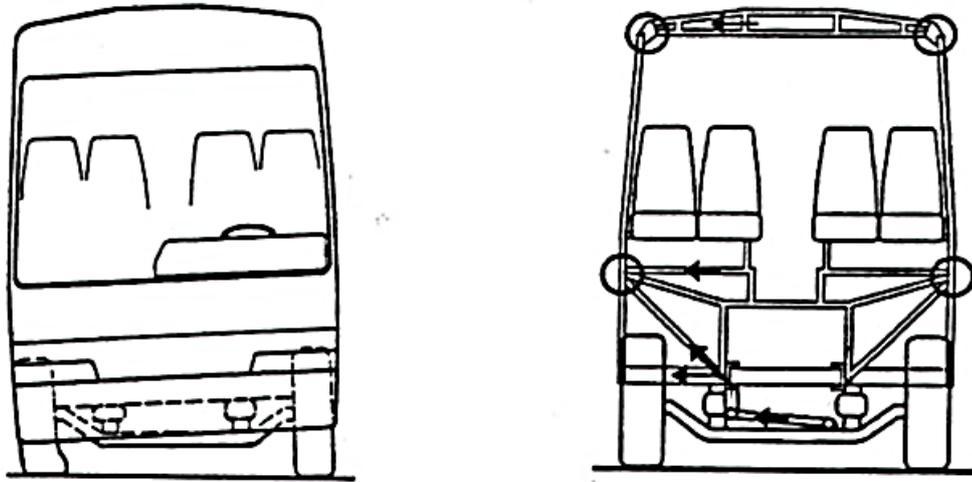
**Fuente:** Marco Orozco, 2005

**c) Fuerzas transversales**

Las fuerzas transversales son aquellas que aparecen cuando se cambia de carril o se toma una curva. En este punto sucede lo siguiente; la parte inferior de la carrocería y las ruedas sostienen el movimiento en el que la sección del techo es empujada hacia afuera. Es aquí donde la carrocería soporta las fuerzas transversales y vista desde un ángulo frontal, esta parece tomar la forma de un romboide.

No está por demás mencionar que todas las fuerzas transversales originadas por una carrocería completamente cargada con pasajero y equipaje constituyen fuerzas laterales en la sección del piso de la carrocería que transmite a las barras de reacción para finalmente ser absorbidas. Otra situación es que al tomar curvas se originan fuerzas transversales que tienden a flexionar todo el conjunto de la carrocería alrededor de la fijación de los ejes, al igual que en el caso anterior, estas fuerzas también son absorbidas por el piso de la carrocería y en un poco porcentaje por el techo.

Por esto es importante que el piso de las cajuelas así como el área de los pasajeros tengan una buena rigidez en sentido transversal. (Marco Orozco, 2005)



**Figura 2.13** Fuerzas Transversales

**Fuente:** Marco Orozco, 2005

### 2.4.3.3 Cargas Aplicadas

#### a) Cargas estáticas

##### 1. Carga muerta

“Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios”. (NTE INEN 1323:2009)

##### 2. Carga viva

“Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.” (NTE INEN 1323:2009)

En este tipo de carga se debe considerar varios valores tabulados por la Norma NTE INEN 1323:2009 vigente, como son el dato de peso de los pasajeros, la masa de los equipajes entre otros que se detallan a continuación:

**Tabla 2.1** Cargas Vivas de diseño

**Fuente:** NTE INEN 1323:2009

<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>MASAS DE UN OCUPANTE (Kg)</b>	<b>MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE POR MANO POR PASAJERO (Kg)</b>	<b>MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (Kg)</b>	<b>ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Urbano</b>	70	-	-	0,16
<b>Urbano (Escolar Institucional)</b>	70	-	-	Sin pasajeros de pie
<b>Inter Urbano (Intraprovincial)</b>	70	5	100*Vol	0,16
<b>Larga Distancia (Interprovincial y Turismo)</b>	70	5	100*Vol	Sin pasajeros de pie

**b) Cargas dinámicas**

**i. Carga de frenado.-** “Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.” (NTE INEN 1323:2009)

Para el cálculo de la carga de frenado se debe asumir una desaceleración que sea mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$  (NTE INEN 1323:2009)

**ii. Carga de aceleración brusca.-** “Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.” (NTE INEN 1323:2009)

**iii. Carga de giro.-** “Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.” (NTE INEN 1323:2009)

Para el cálculo de la carga de giro se lo debe hacer en función de la fuerza centrífuga que se genera en el vehículo al momento de ingresar a una curva que contenga un cierto radio de giro y a una determinada velocidad. Dicha fuerza tiene que ser menor a la a la fuerza de vuelco, después del respectivo cálculo con todas las cargas completas y con el centro de gravedad. Se asume una

velocidad crítica de al menos 90 Km/h y los radios de giro se presentan en la siguiente tabla. (NTE INEN 1323:2009)

**Tabla 2.2** Velocidades, Radios Mínimos Y Peraltes En Carretera

**Fuente:** NTE INEN 1323:2009

<b>Velocidad (del vehículo) (Km/h)</b>	<b>Radio de curvatura de la carretera (m)</b>	<b>Peralte</b>
80	250	8
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

iv. **Carga de viento.-** “Corresponde al movimiento del aire.” (NTE INEN 1323:2009)

v. **Carga de resistencia al aire frontal.-** “Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.” (NTE INEN 1323:2009)

Para el cálculo de la presente carga se usa la siguiente fórmula

$$Raf = \frac{1}{2} Cx * \rho * Af * V_2$$

Donde:

Raf = carga por resistencia aerodinámica, en (N).

$\rho$  = densidad del aire, kg / m<sup>3</sup>.

V = Velocidad del aire, en m/s. (Como mínimo 25 m/s)

Af = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje perpendicular, en (m<sup>2</sup>).

Cx = coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0,7)

#### **2.4.4 Ingeniería de materiales**

Los ingenieros se encuentran constantemente en contacto con la ingeniería de materiales, puesto que se los utiliza en el diseño y construcción de componentes estructurales. Es aquí donde se debe de seleccionar el material más adecuado y como es normal después analizar sus fallas.

Por ende los ingenieros deben tomar decisiones importantes al momento de seleccionar un material que se lo vaya a incorporar a un diseño, mirando si los materiales pueden transformarse de manera consistente en un producto. Así como se debe tomar en cuenta si las propiedades que presenta el material se las puede mantener de manera constante durante el uso, además, si el material es compatible con otras partes de un ensamble y si puede ser unido fácilmente a ellas; no se debe olvidar la parte ecológica que conlleva esto puesto que, el material debe poder reciclarse fácilmente e inclusive ver si la fabricación del material no afecta al medio ambiente.

La ingeniería de los materiales comprende la relación existente entre estructura, procesamiento, y propiedades de los materiales. De donde se puede sacar cinco grandes grupos: metales, polímeros, cerámicos, semiconductores y materiales compuestos. Los materiales de cada uno de estos grupos están constituidos por estructuras y propiedades diferentes.

En la siguiente figura se ilustra claramente varias diferencias que conservan cada uno de los grupos mencionados anteriormente así también como las aplicaciones que estos pueden tener. (Askeland, 1998)

Aplicaciones		Propiedades
<b>Metales</b>		
Cobre	Alambre conductor eléctrico	Alta conductividad eléctrica, buena formabilidad
Hierro fundido gris	Bloques para motor de automóvil	Moldeable, maquinable, absorbe vibraciones
Alcación de aceros	Llaves	Endurecidas de manera significativa mediante tratamientos térmicos
<b>Cerámicos</b>		
SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O-CaO	Vidrio para ventana	Ópticamente útil, aislante térmico
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, SiO <sub>2</sub>	Refractarios para contener metal fundido	Aislantes térmicos, se funden a alta temperatura, relativamente inertes ante metal fundido
Titanato de bario	Transductores para equipo de audio	Convierten sonido en electricidad (comportamiento piezoeléctrico)
<b>Polímeros</b>		
Poliétileno	Empacado de alimentos	Fácilmente conformable en delgadas películas flexibles e impermeables
Epóxicos	Encapsulado de circuitos integrados	Eléctricamente aislante y resistente a la humedad
Fenólicos	Adhesivos para unir capas de madera laminada	Fuertes, resistentes a la humedad
<b>Semiconductores</b>		
Silicio	Transistores y circuitos integrados	Comportamiento eléctrico único
GaAs	Sistemas de fibras ópticas	Convierte señales eléctricas en luz
<b>Compuestos</b>		
Grafito en matriz epóxica	Componentes para aeronaves	Relación elevada resistencia-peso
Carburo de tungsteno-cobalto	Herramientas de corte de carburo para maquinado	Alta dureza, y de una buena resistencia al impacto
Acero recubierto de titanio	Recipientes para reactores	Tiene el bajo costo y la alta resistencia del acero, con la resistencia a la corrosión del titanio

**Figura 2. 14** Ejemplos, aplicaciones y propiedades representativas de cada familia de materiales

**Fuente:** Askeland, 1998

#### 2.4.5 Resistencia de materiales

La Resistencia de Materiales es la disciplina que estudia los casos internos y las deformaciones que se producen en el cuerpo sometido a cargas suscitadas exteriormente. Feodosiev ha dicho que la Resistencia de Materiales puede considerarse como Mecánica de los Sólidos Deformables.

La finalidad de las resistencias de materiales es elaborar métodos simples de cálculo, que resulten aceptables desde un punto de vista práctico, de los materiales más utilizados en estructuras, mediante métodos aproximados de resolución.

### **Materiales utilizados en la fabricación de un chasis**

El material por el que está constituido básicamente un chasis Hino AK es un acero SAPH 440. La única variación del material son los espesores del chasis que corresponde a los transversales y los largueros. Este espesor corresponde a 6 mm en los largueros y 5 mm en los transversales, además de que existen varias placas que son colocadas en diferentes lugares como por ejemplo en la parte delantera entre el transversal y el larguero que corresponde a un espesor de 4 mm.

En la siguiente tabla se muestra las características que contiene un chasis Hino AK con acero SAPH 440.

**Tabla 2.3** Características SAPH 440

**Fuente:** Pocajt, P. D. (1999). *Total Materia* . Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de <http://www.keytometals.com>

<b>CARACTERISTICAS ACERO SAPH 440</b>		
<b>Resistencia de Fluencia</b>	305	Mpa
<b>Resistencia de Tracción</b>	440	Mpa
<b>Módulo de elasticidad</b>	205,9	Gpa
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0,25	

Los elementos originales con los que cuenta el chasis deben de mantenerse sin ninguna modificación, puesto que el fabricante lo recomienda. Sin realizar variaciones en el aspecto del diseño original. Además de que todos los procesos que se van a realizar para el montaje de carrocería deben estar guiados por los respectivos manuales de montaje de carrocería con los que deben contar los chasis. Para de esta forma poder realizar las perforaciones o sueldas que sean requeridas aunque con esto variaría un poco las características del chasis.

Básicamente un chasis puede tener diferentes tipos de materiales para los bastidores y otro material para las manos que sujetan las ballestas y donde se ejerce todas las cargas. Se puede visualizar en la siguiente tabla el tipo de material del cual está hecho los soportes de las ballestas de otros chasis diferentes al Hino Ak. Puesto que el manual del chasis Hino AK8JRSA no muestra una variación en el material de las ballestas.

**Tabla 2.4** Características Acero EN-GJS-500-7

**Fuente:** Pocajt, P. D. (1999). *Total Materia* . Recuperado el 21 de Agosto de 2014

<b>CARACTERISTICAS ACERO EN-GJS-500-7</b>		
<b>Resistencia de Fluencia</b>	300	Mpa
<b>Resistencia de Tracción</b>	450	Mpa
<b>Módulo de elasticidad</b>	169	Gpa
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0,275	
<b>Conductividad térmica</b>	35,2	w/m°C
<b>Densidad</b>	7,1	Kg/dm <sup>3</sup>
<b>Coefficiente Principal de Expansión Térmica</b>	12,5E-6	1/°C
<b>Capacidad específica térmica</b>	515	J/Kg°C
<b>Resistividad eléctrica específica</b>	0,51	Ωmm <sup>2</sup> /m

#### 2.4.5.1 Desplazamiento y deformación

Ningún material es completamente rígido, puesto que bajo la acción de fuerzas externas, dentro de ciertos límites, estos cambian su forma. (Arroba, 2013)

### **2.4.5.2 Deformaciones elásticas**

La deformación elástica o también llamada reversible, permite que el cuerpo recupere su forma original al anular la fuerza que le provoca la deformación. En este caso, el material, al modificar su estado tensional y aumentar su energía interna en tipo de energía potencial elástica, únicamente se considera que ha pasado por cambios termodinámicos reversibles. (Atacusi, 2013)

Aquí aparece el módulo de elasticidad o de Young que es el coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación, además es característico de cada material. El límite de fluencia es la tensión máxima que se puede alcanzar en esta región, siendo la causante de este fenómeno.

### **2.4.5.3 Fluencia**

Es la deformación brusca que se produce en la probeta sin que exista un incremento de la carga aplicada. “El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente. La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones. No todos los materiales presentan este fenómeno, en cuyo caso la transición entre la deformación elástica y plástica del material no se aprecia de forma clara” (Arroba, 2013)

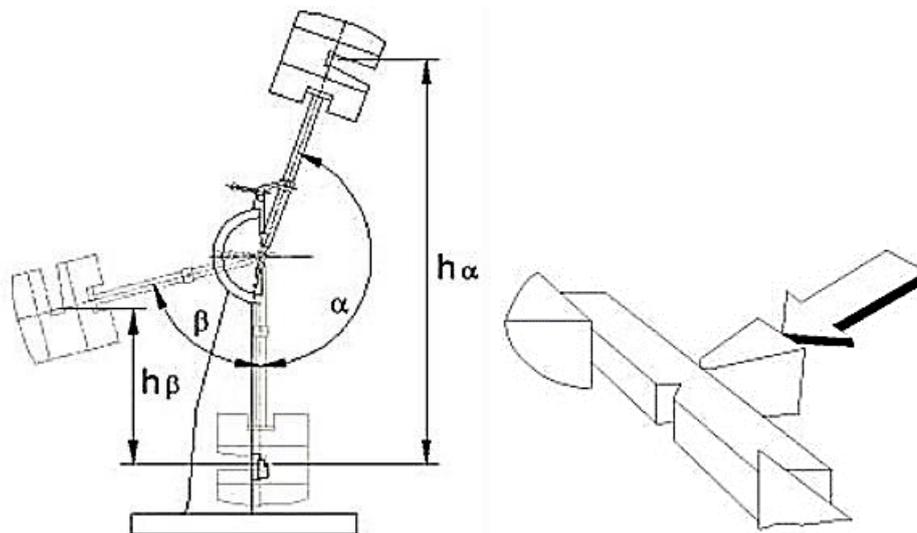
## **2.4.6 Comportamiento mecánico**

### **2.4.6.1 Impacto**

El estudio de impacto es uno de los que más interés causa en la ingeniería especialmente mecánica. Puesto que los vehículos están en constante contacto con la carretera y son propensos a sufrir colisiones tanto pequeñas como grandes, se ha visto en la necesidad de realizar este tipo de ensayos para conocer además las características que tiene el material del chasis Hino AK8JRSA.

Puesto que en el impacto cuenta con fallas y deformaciones locales, es por eso que se le considera como un fenómeno local. El impacto puede causar falla por desprendimiento en vista de que tiene ondas de esfuerzo elásticas y plásticas. Todo esto ocurre en microsegundos que es lo que generalmente dura un impacto en la realidad.

Para realizar el ensayo de impacto se utiliza el péndulo de Charpy bajo la misma norma que rige para las probetas, ya que debe estar acorde a la norma ASTM E-23 dejando ver una geometría algo sencilla, pero que se debe realizar de forma mecanizada para no alterar las propiedades tanto mecánicas como físicas que son las que se utilizan para posteriores análisis.



**Figura 2.15** Esquema de trabajo del péndulo de Charpy

**Fuente:** Gabriel Calle Trujillo, Laboratorio de resistencia de materiales UTP.

Ensayo de impacto

#### 2.4.6.2 Ensayo de tracción

Este tipo de ensayo es uno de los más importantes en cuanto a propiedades mecánicas de los materiales, puesto que en este tipo de ensayo se desglosan varias propiedades que son esenciales para un correcto análisis de cualquier tipo en ingeniería.

“El ensayo de tracción de acero comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina de ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas” (Arroba, C. 2013)

Las diferentes probetas a ser ensayadas deben de estar normadas, en otras palabras deben de cumplir con los estándares internacionales que especifique el diseño de la pieza que se piensa utilizar. Una de las normas que aplica para este tipo de ensayo es la norma ASTM E-8 que rige tanto para piezas cilíndricas como para piezas de sección rectangular.

Este tipo de ensayo se lo realiza en la máquina universal, la cual es una prensa hidráulica, que cuenta con dos cabezales, uno fijo y otro móvil. En la figura se muestra una máquina universal que es utilizada para este tipo de ensayos así como para otros tipos de ensayos mecánicos.

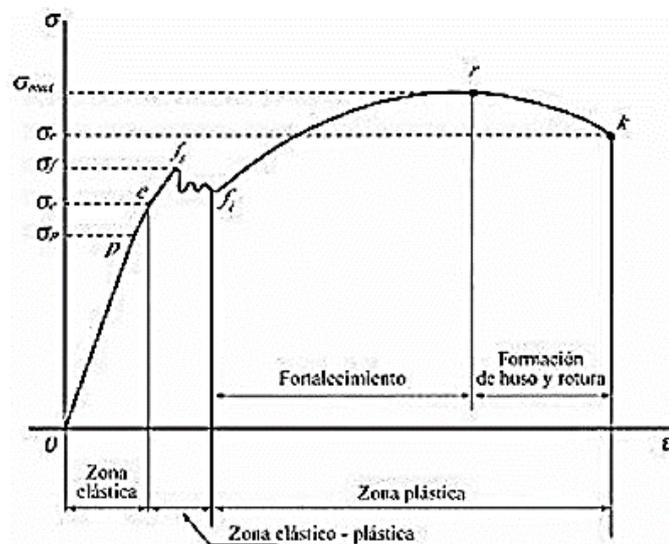


**Figura 2.16** Máquina Universal

**Fuente:** Arroba, C. 2013

## Diagrama de esfuerzo – deformación

En un diagrama de esfuerzo vs deformación unitaria se puede distinguir muy bien las propiedades físicas de los materiales. En el mismo gráfico se pueden diferenciar tres zonas las cuales son las principales de un material, la zona elástica, en la cual los átomos de los metales regresan a su posición inicial después de su deformación elástica quedando el metal con su forma original; la zona elástico-plástica y la zona plástica que es aquella en la cual el metal no se ha deformado hasta el extremo y no puede recuperar su forma original. En la figura 2.3 se muestra un ejemplo del diagrama de esfuerzo vs deformación unitaria para materiales metálicos.



**Figura 2.17** Diagrama esfuerzo - deformación unitaria de materiales metálicos

**Fuente:** Atacusi, B. 2013

## Porcentaje de alargamiento

El porcentaje de elongación se define como la variación de la longitud que ha sufrido un elemento después de haber sido sometido a un ensayo. Dicha longitud debe ser medida entre dos puntos que anteriormente han sido normalizados y se representa en porcentaje.

$$\% \text{ de alargamiento} = \frac{l_f - l_o}{l_o}$$

Dónde:

$l_f$  = longitud final

$l_o$  = longitud inicial

### 2.4.6.3 Ensayo de dureza

Se define como dureza a la resistencia que ofrecen los materiales a ser penetrados, o rayados, que son considerados como deformaciones permanentes. El escleroscopio de Shore, es el equipo más empleado en el ensayo de dureza, puesto que mide con respecto a la altura que produce el rebote del indentador. Se puede encontrar diferentes tipos de dureza, se citan los siguientes que son los más utilizados en cuestión de estudio para ensayos mecánicos:

- Dureza Brinell
- Dureza Vickers
- Dureza Rockwell

Para la realización de este tipo de ensayo se cuenta con un durómetro que tiene diferentes escalas como son las mencionadas anteriormente. Con el fin de mejor comprensión se ilustra en la siguiente figura el durómetro que se acaba de mencionar para el presente estudio.



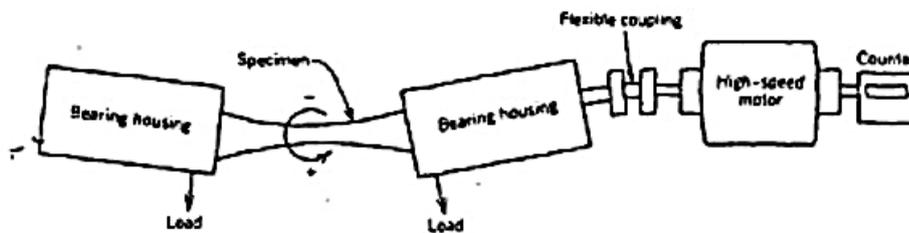
**Figura 2.18** Durómetro para escalas Brinell, Rockwell y Vickers.

**Fuente:** Universidad Técnica de Ambato

### 2.4.6.3 Ensayo de fatiga

El mecanismo que se utiliza con mayor frecuencia para este tipo de ensayos, es la máquina de viga rotatoria de R. R. Moore. Con esto se somete a las probetas a esfuerzos de flexión alternada y se lo hace mediante pesas, es conocida como flexión pura. (Simbaña, 2007)

A continuación se presenta un diagrama esquemático de la máquina de ensayo de rotación – flexión, que se utiliza generalmente para ensayos de fatiga, las tensiones tanto de compresión como de tracción se aplican en la probeta mientras se va curvando y girando simultáneamente. (Acosta, 2001)



**Figura 2.19** Diagrama esquemático de un instrumento de ensayo de fatiga, para ensayo de rotación – flexión

**Fuente:** Acosta, 2001

El primer paso para poder realizar este ensayo es tener una probeta de sección circular y proceder a someterle a una carga específica, mediante esto se logra hacer que la probeta se someta a un momento flexionante puro, a continuación la probeta gira mediante un motor. Para poder determinar la resistencia a fatiga de un material se sugiere realizar varios ensayos, debido que este fenómeno tiene una gran naturaleza estadística. (Acosta, 2001)

#### **Probetas para el ensayo de flexión rotativa**

Hay una variedad de probetas a ser utilizadas de acuerdo a las personas que han hecho estos experimentos. Por ejemplo su forma y dimensiones han ido variando, es decir algunas de estas personas han ocupado probetas cilíndricas, cónicas, variando entre estas los radios y dimensiones. De todos estos ensayos y experimentos se ha llegado a la conclusión de sacar una norma que encierre en sí todas las tipos de probetas con dimensiones específicas que sean las mejores para

los ensayos, es aquí donde aparece la norma ASTM E 606 que tiene los siguientes casos de probetas mostrados en la figura.

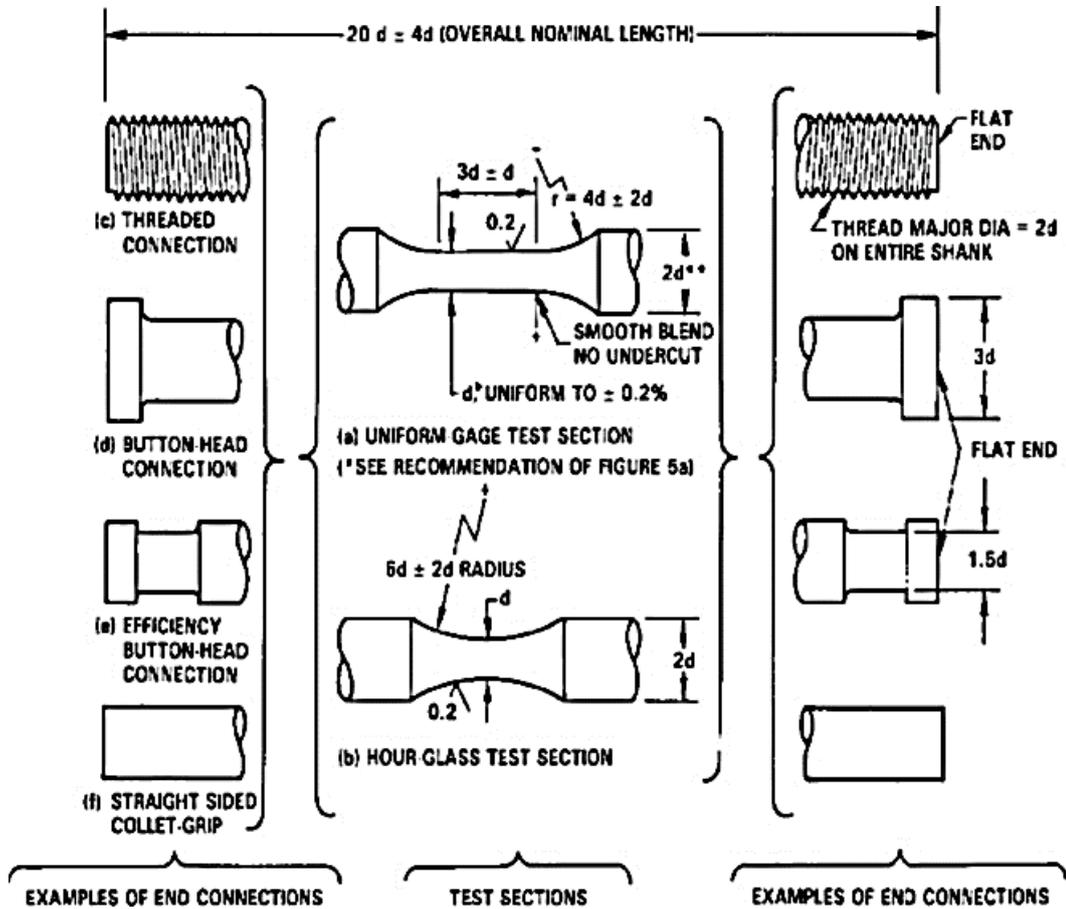


Figura 2.20 Dimensiones de las probetas para ensayos a fatiga

Fuente: ASTM E-606, Reapproved 1998

## 2.5 Hipótesis

El análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA incidirá en el comportamiento mecánico general del bus interprovincial de la Industria Metálica Cepeda.

## 2.6 Señalamiento de variables

### 2.6.1 Variable independiente

Análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA.

### **2.6.2 Variable dependiente**

Comportamiento mecánico general del bus interprovincial de la Industria Metálica Cepeda.

### **2.6.3 Termino de relación**

Incidirá.

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA**

### **3.1 Modalidad básica de la investigación**

#### **3.1.1 Bibliográfica**

El presente estudio fue de modalidad bibliográfica por requerir fuentes como libros, tesis, publicaciones, folletos e internet y más para obtener un buen trabajo.

#### **3.1.2 Experimental**

La investigación fue de modalidad experimental ya que el análisis de las características estructurales del bastidor del chasis forma parte esencial en el laboratorio de resistencias de materiales.

También para tener una correcta aplicación del método de elementos finitos es necesaria del uso de las computadoras, así como de técnicas numéricas.

### **3.2 Nivel o tipo de investigación**

#### **3.2.1 Descriptivo**

El propósito es que, el investigador describe situaciones y eventos, es decir, como es y cómo se manifiestan determinados fenómenos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sean sometidos a análisis, miden o evalúan con la precisión posible diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

La investigación que se presenta tiene nivel descriptivo porque se analizó las variables de manera independiente, describiendo las características que debe

cumplir el chasis mediante el uso de elementos finitos y analizar su comportamiento mecánico.

### **3.2.2 Exploratorio**

Este estudio tiene el nivel exploratorio porque se reconoció variables de interés investigativo, como la determinación de las propiedades del chasis, mediante ensayos realizados bajo las debidas normas, incluyendo las cargas que este debe soportar para su correcto funcionamiento, además se tomó en cuenta que es un problema poco estudiado en el ámbito de Diseño en la Ingeniería Mecánica puesto que las empresas carroceras prestan mayor atención a la carrocería del autobús, puesto que es esta parte la que actualmente se está homologando en la ANT.

### **3.2.3 Asociación de variables**

La importancia de asociar las variables en este proyecto fue fundamental ya que de esta manera se pudo determinar si en realidad la implementación de este estudio ayudará a la empresa carrocera IMCE.

## **3.3 Población y muestra**

### **3.3.1 Población**

La población para este estudio son los diferentes modelos homologados de acuerdo a la Agencia Nacional de Tránsito con el chasis Hino AK8JRSA los cuales son:

- SILVER CITY 3P/4P utilizado en la modalidad de bus urbano.
- SILVER LARGO utilizado en la modalidad de bus interprovincial.
- SILVER ESCOLAR utilizado en la modalidad de bus escolar. [4]

### **3.3.2 Muestra**

Para nuestro caso la muestra es el modelo SILVER LARGO el cual es utilizado en la modalidad de bus interprovincial según la Agencia Nacional de Tránsito.

### 3.4 Operacionalización de variables

#### 3.4.1 Variable independiente

Análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Chasis: Armazón del vehículo que comprende el bastidor, ruedas, transmisión, con o sin motor, excluida la carrocería y todos los accesorios necesarios para acomodar al conductor, pasajeros y equipaje.	Propiedades del material del bastidor  Tipos de unión chasis-carrocería	Propiedades que presenta el material del chasis  ¿Qué tipos de unión son los aplicables para realizar el ensamble de la superestructura al chasis?	Resistencia a la tracción  Dureza, Tenacidad.  Distribución de pernos en el anclaje  Diferentes configuraciones de tipos de bases	Observación bibliográfica  Observación bibliográfica  Simulación virtual



### **3.5 Plan de recolección de la información**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se recolectó la información por medio de la siguiente técnica con sus respectivos instrumentos.

#### **3.5.1 Observación**

Para poder obtener la información necesaria se realizó la observación para lo cual se toma nota de todo lo necesario, que sirva para analizar y describir la información que servirá como guía en la investigación.

#### **3.5.2 Documental**

Para la recolección de información del comportamiento estructural de un chasis se usaron: manuales, libros, publicaciones, informes técnicos y normas.

### **3.6 Plan de procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información se planificó lo siguiente:

Fabricación de probetas, en las cuales se determinaron los esfuerzos que se presentan en la misma.

Modelación virtual del chasis, donde se realizó el análisis de esfuerzos por el método de elementos finitos.

Además de que para el análisis de la información recolectada mediante los ensayos realizados se usaron hojas de toma de datos, que posteriormente fueron mejor detalladas usando las plantillas que sugiere la Universidad Técnica de Ambato.

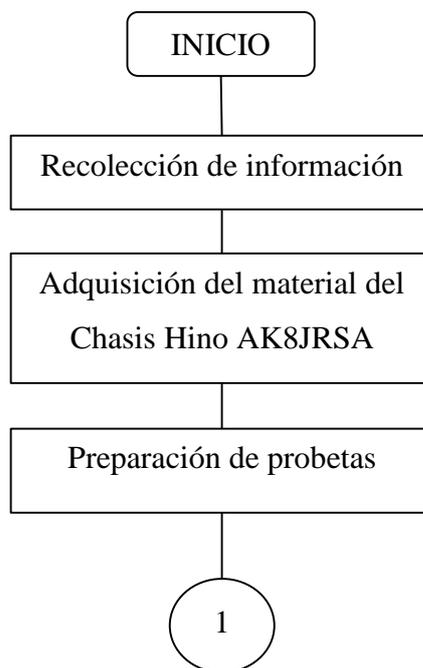
## CAPÍTULO IV

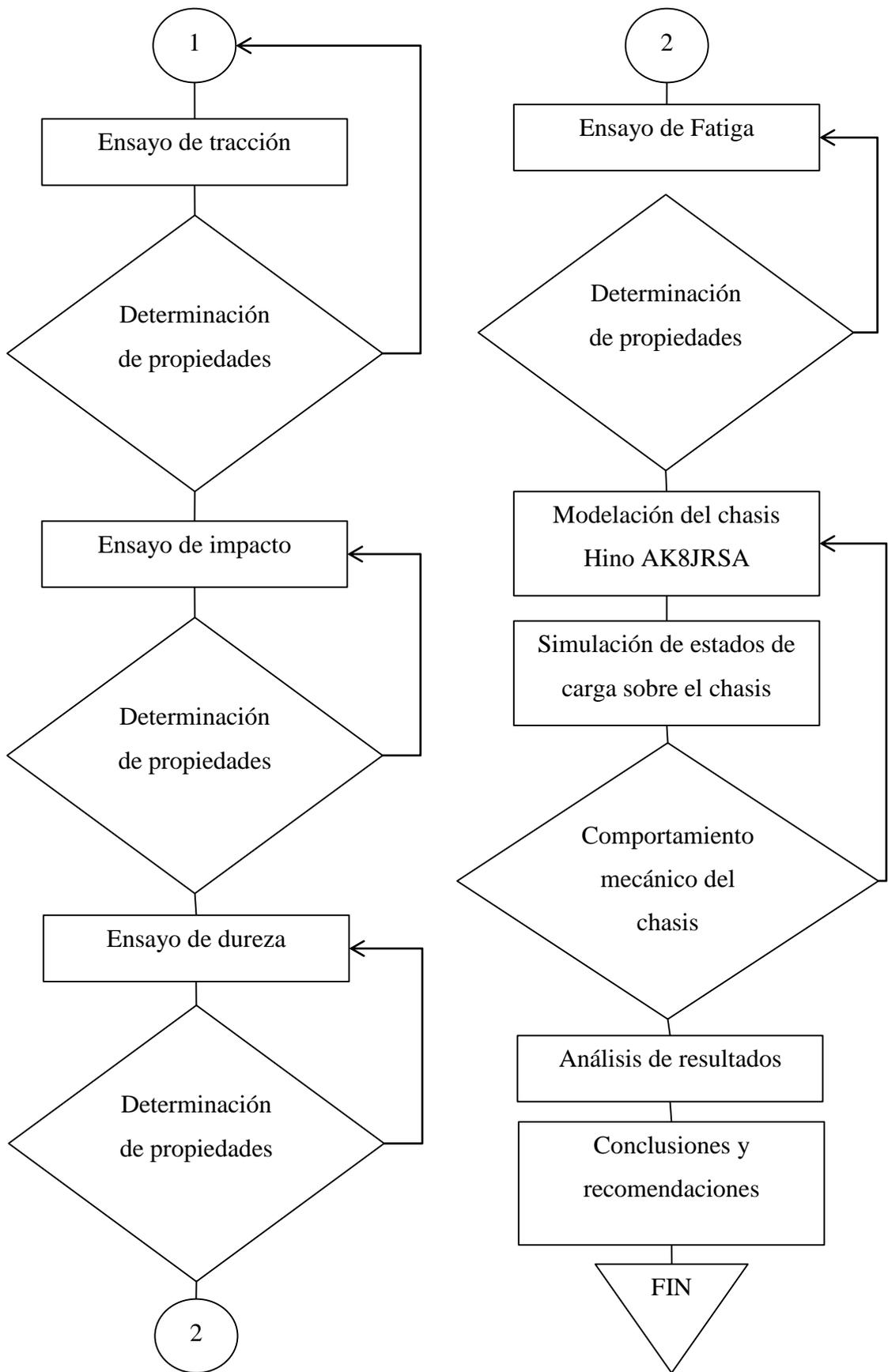
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

##### 4.1.1 Proceso propuesto para el análisis de resultados

El diagrama de flujo que se presenta a continuación muestra el proceso de obtención de resultados que ha sido adaptado al estudio análisis de la estructura del Chasis Hino AK8JRSA y su incidencia en el comportamiento mecánico general del bus interprovincial en la empresa Industria Metálica Cepeda (IMCE)





## **4.1.2 Ensayos**

### **4.1.2.1 Ensayo a tracción**

Los siguientes resultados corresponden a ensayos realizados en muestras de acero de un chasis Hino AK8JRSA, en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional, bajo la norma ASTM E8.



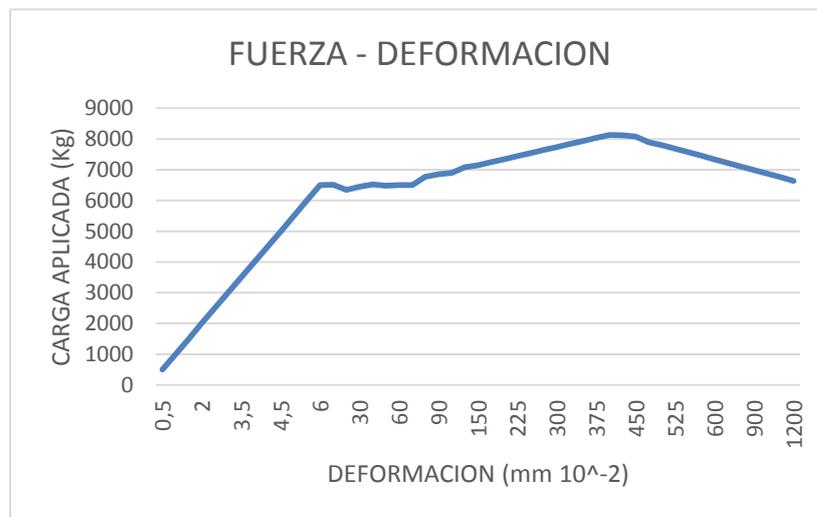
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE TRACCIÓN**

Probeta N°	1	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	NTE INEN 109:2009		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Ensayo de materiales-FICM		
Fecha de ejecución:	10/04/2015	Realizado por:	Luis López
		Supervisado por:	Ayudante de Ensayo de Materiales
Espesor:	6 mm	Longitud calibrada:	76 mm
Ancho:	30 mm		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**



**RESULTADOS REGISTRADOS**

Carga máxima:	8192,7 kg	Longitud Inicial	76 mm
Longitud final:	88 mm		

**RESULTADOS CALCULADOS**

Resistencia a la tracción (Sut):	425,2 MPa	Límite de fluencia	339,9 MPa
% de elongación:	15,8		



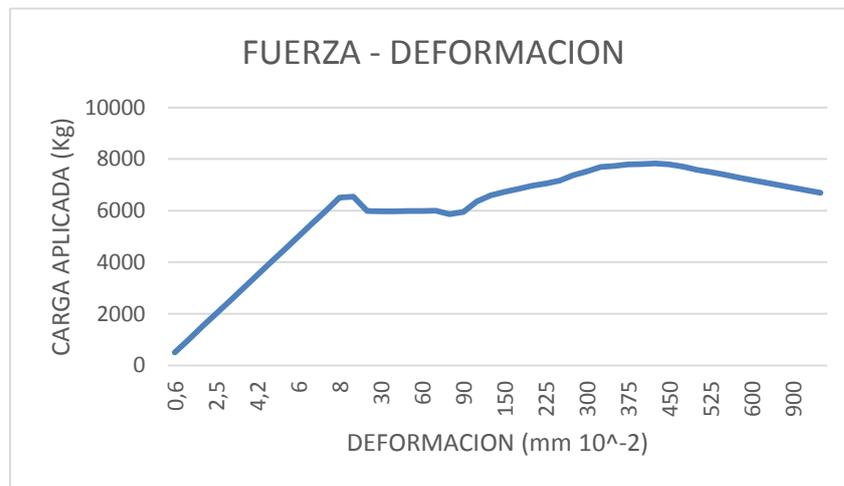
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE TRACCIÓN**

Probeta N°	2	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	NTE INEN 109:2009		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Ensayo de materiales-FICM		
Fecha de ejecución:	10/04/2015	Realizado por:	Luis López
		Supervisado por:	Ayudante de Ensayo de Materiales
Espesor:	6 mm	Longitud calibrada:	76 mm
Ancho:	30 mm		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**



**RESULTADOS REGISTRADOS**

Carga máxima:	7831,6 kg	Longitud Inicial	76 mm
Longitud final:	87 mm		

**RESULTADOS CALCULADOS**

Resistencia a la tracción (Sut):	434,06 MPa	Límite de fluencia	335,9 MPa
% de elongación:	14,47		



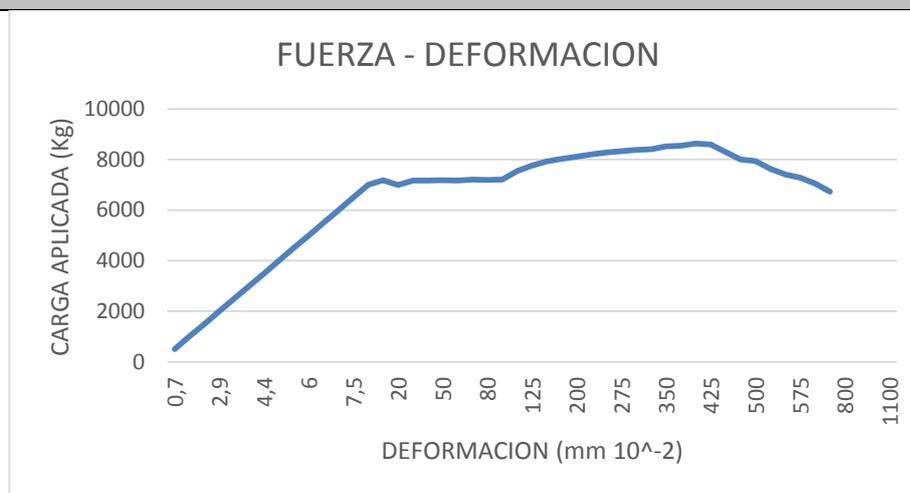
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE TRACCIÓN**

Probeta N°	3	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	NTE INEN 109:2009		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Ensayo de materiales-FICM		
Fecha de ejecución:	10/04/2015	Realizado por:	Luis López
		Supervisado por:	Ayudante de Ensayo de Materiales
Espesor:	6 mm	Longitud calibrada:	76 mm
Ancho:	30 mm		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**



**RESULTADOS REGISTRADOS**

Carga máxima:	8639,6	Longitud Inicial	76 mm
Longitud final:	85 mm		

**RESULTADOS CALCULADOS**

Resistencia a la tracción (Sut):	455,6 MPa	Límite de fluencia	379,86 MPa
% de elongación:	11,84		



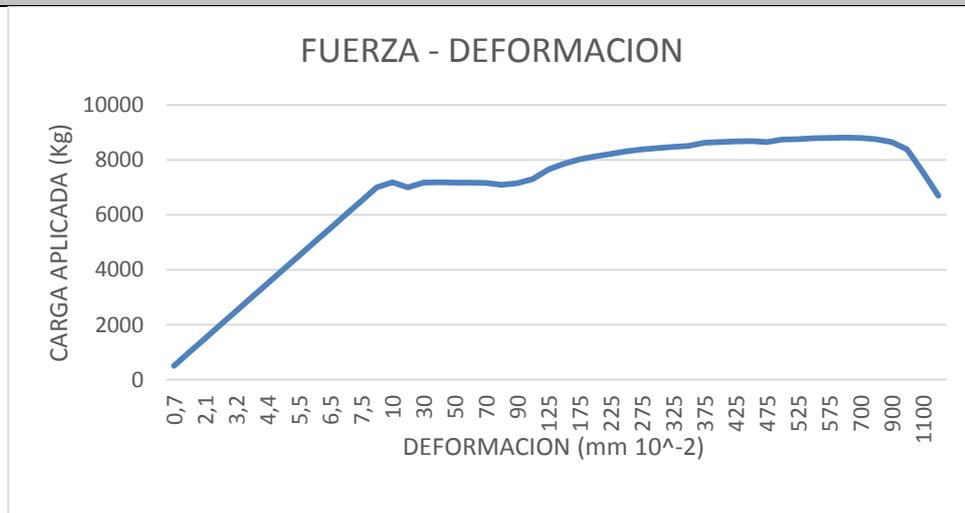
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE TRACCIÓN**

Probeta N°	4	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	NTE INEN 109:2009		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Ensayo de materiales-FICM		
Fecha de ejecución:	10/04/2015	Realizado por:	Luis López
		Supervisado por:	Ayudante de Ensayo de Materiales
Espesor:	6 mm	Longitud calibrada:	76 mm
Ancho:	30 mm		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**



**RESULTADOS REGISTRADOS**

Carga máxima:	8815 kg	Longitud Inicial	76 mm
Longitud final:	88 mm		

**RESULTADOS CALCULADOS**

Resistencia a la tracción (Sut):	464,96 MPa	Límite de fluencia	377,71 MPa
% de elongación:	15,8		



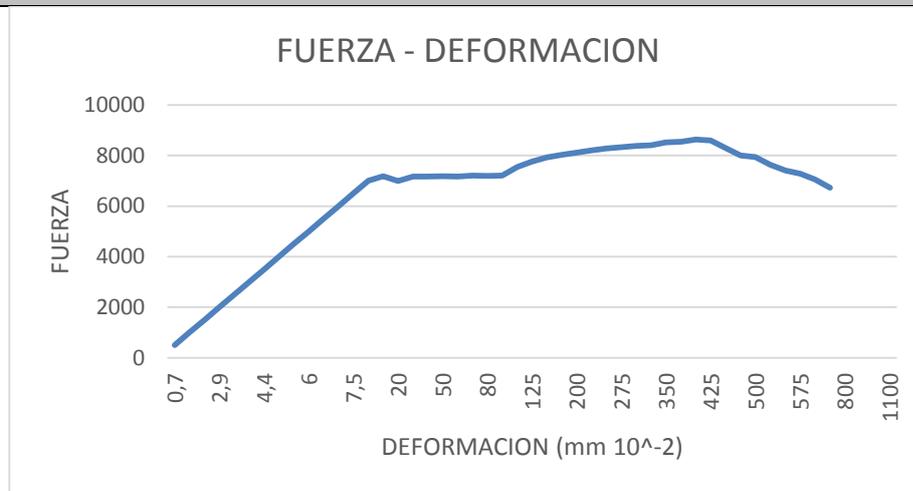
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE TRACCIÓN**

Probeta N°	5	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	NTE INEN 109:2009		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Ensayo de materiales-FICM		
Fecha de ejecución:	10/04/2015	Realizado por:	Luis López
		Supervisado por:	Ayudante de Ensayo de Materiales
Espesor:	6 mm	Longitud calibrada:	76 mm
Ancho:	30 mm		

**RESULTADOS DEL ENSAYO**



**RESULTADOS REGISTRADOS**

Carga máxima:	8801,1	Longitud Inicial	76 mm
Longitud final:	82 mm		

**RESULTADOS CALCULADOS**

Resistencia a la tracción (Sut):	456,82 MPa	Límite de fluencia	367 MPa
% de elongación:	7,89		

Para la validación de los resultados se procedió a realizar la simulación con el ensayo de tracción, en la tabla se puede visualizar los porcentajes de error que se

**Tabla 4. 1** Porcentaje de error de ensayo de tracción

**Fuente:** El Autor

Resultado Promedio del Ensayo Físico		Resultado del Ensayo Simulado		Error
Carga (N)	Deformacion Unitaria (mm/mm)	Carga (N)	Deformacion Unitaria (mm/mm)	%
4905	7,89E-05	4905	7,85E-05	0,52
9810	1,66E-04	9810	1,62E-04	2,56
14715	2,39E-04	14715	2,29E-04	4,53
19620	3,29E-04	19620	2,88E-04	12,53
24525	3,84E-04	24525	3,63E-04	5,63
29430	4,66E-04	29430	4,14E-04	11,12
34335	5,32E-04	34335	5,15E-04	3,25
39240	6,00E-04	39240	5,78E-04	3,62
44145	6,63E-04	44145	6,46E-04	2,51
49050	7,32E-04	49050	6,92E-04	5,41
53955	8,00E-04	53955	7,59E-04	5,13
58860	8,79E-04	58860	8,19E-04	6,81
63765	9,47E-04	63765	9,17E-04	3,22
63843,48	1,19E-03	63843,48	1,18E-03	1,22
62270,937	1,84E-03	62270,937	1,78E-03	3,51
63257,823	3,16E-03	63257,823	2,89E-03	8,41
63953,352	4,47E-03	63953,352	3,79E-03	15,24

63583,515	5,79E-03	63583,515	5,41E-03	6,52
63740,475	7,11E-03	63740,475	6,65E-03	6,35
63787,563	8,42E-03	63787,563	7,70E-03	8,57
66426,453	9,74E-03	66426,453	9,53E-03	2,15
67274,037	1,11E-02	67274,037	1,03E-02	6,45
67689	1,24E-02	67689	1,21E-02	2,19
69503,85	1,45E-02	69503,85	1,42E-02	2,16
70135,124	1,78E-02	70135,1235	1,51E-02	15,00
71099,839	2,11E-02	71099,8389	1,97E-02	6,48
72064,554	2,43E-02	72064,5543	2,30E-02	5,41
73029,27	2,76E-02	73029,2697	2,72E-02	1,54
73993,985	3,09E-02	73993,9851	2,91E-02	5,87
74958,701	3,42E-02	74958,7005	3,19E-02	6,81
75923,416	3,75E-02	75923,4159	3,56E-02	5,14
76888,131	4,08E-02	76888,1313	3,72E-02	8,74
77852,847	4,41E-02	77852,8467	4,21E-02	4,57
78817,562	4,74E-02	78817,5621	4,58E-02	3,22
79782,278	5,07E-02	79782,2775	4,79E-02	5,41
Promedio				5,65

Se utilizó un tamaño de mala basado en curvatura máximo de 2 mm y un mínimo de 1 mm con un control de mallado de 0,5 mm, el mismo que se lo ubica en la parte más crítica. En la siguiente figura se puede visualizar los datos mencionados anteriormente.

Nombre de modelo: probeta inen 109-bn  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
 Tipo de malla: Malla de lámina utilizando superficies



Malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla con elementos SHELL de superficies
Mallador utilizado	Malla basada en curvatura
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Control de malla	Definida
Tamaño máx. de elemento	2.02045 mm
Tamaño mín. de elemento	1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	43619
Número total de elementos	21528
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:02
Nombre de computadora	SAMSUNG_PC

Control de malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla con elementos SHELL de superficies
Entidades	2 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	0.505112
Coeficiente	1.5
Identificador	1

**Figura 4. 1** Mallado de probeta de tracción

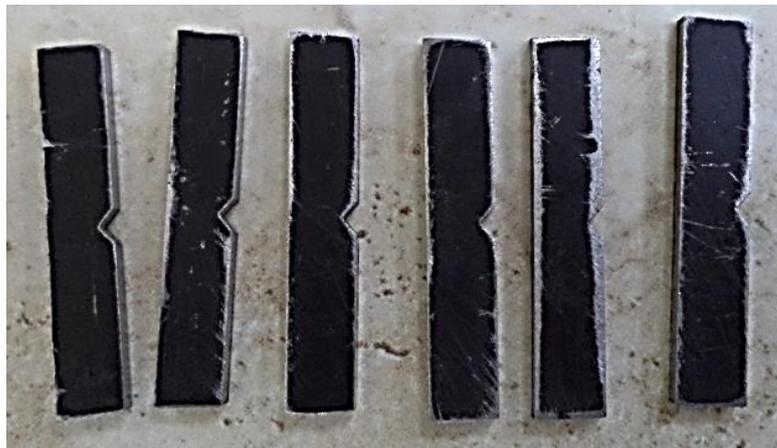
**Fuente:** Autor

#### 4.1.2.2 Ensayo de impacto

El material a estudiar fue sometido a ensayos de impacto de Charpy, con el fin de conocer cuál es su tenacidad.

Para lo cual se ocupa la probeta que es hecha bajo la norma ASTM-E23, de la misma manera que se ocupó el péndulo de Charpy que se encuentra en los Laboratorios de la Universidad Técnica De Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. Con la ayuda del encargado del Laboratorio de Resistencia de Materiales se prosiguió a efectuar el ensayo.

Las probetas que se muestran a continuación son las que se consideraron para efectuar el ensayo.



**Figura 4.1** Probetas ensayo de impacto

**Fuente:** El Autor

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE IMPACTO			
Probeta N°	1	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tenacidad	25 J		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE IMPACTO			
Probeta N°	2	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			

Tenacidad	18 J	
-----------	------	---

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ENSAYO DE IMPACTO</b>			
Probeta N°	3	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
Tenacidad	17 J		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE IMPACTO			
Probeta N°	4	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tenacidad	20 J		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE IMPACTO			
Probeta N°	5	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tenacidad	23 J	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO DE IMPACTO			
Probeta N°	6	Muestra de:	Chasis Hino AK8JRSA
Normas aplicables:	ASTM-E23		
Lugar del ensayo:	Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
Fecha de ejecución:	25/07/2014	Realizado por:	Luis López
		Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Espesor:	3 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tenacidad	25 J		

Cabe recalcar que cada probeta tenía un espesor de 3 mm, y fueron tomadas de los partes transversales que tiene el chasis. En adición a esto, se puede mencionar que todas las partes del chasis están hechas del mismo material y por tal motivo se puede obtener los datos que necesitemos con este tipo de probetas.

Además las probetas fueron realizadas mediante una fresadora, asegurando de esta forma la exactitud para la práctica del ensayo de impacto.

#### 4.1.2.3 Ensayo de dureza

Para la realización de los ensayos de dureza se ocupó la dureza Rockwell B, tomando 4 probetas y en cada una de estas se produjo una cantidad de 5 puntos, saliendo un total de 20 puntos en las 4 probetas. Los mismos que fueron realizados en los Laboratorios De La Universidad Técnica De Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera De Ingeniería Mecánica. Con la ayuda del encargado del Laboratorio De Resistencia De Materiales. Obteniéndose los siguientes resultados:

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE DUREZA			
DATOS INFORMATIVOS			
<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	3
<b>Identificación del componente de estudio</b>		Probeta N°1	
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	08/08/2014
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>		LABORATORIO DE MATERIALES –FICM	
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Gonzalo López
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
<b>Método:</b>		Rockwell B, según Norma ASTM E18-03	
<b>Tipo de penetrador</b>		1/16	
<b>Cantidad de carga aplicada</b>		980 N	
<b>Resultado</b>			
<b>N°</b>	<b>Dureza HRB</b>		
1	72,5		
2	70,5		
3	73		
4	71		
5	72		
<b>Promedio</b>	71,8		
La dureza promedio es: 71,8			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE DUREZA**

**DATOS INFORMATIVOS**

<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	3
<b>Identificación del componente de estudio</b>	Probeta N° 2		
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	08/08/2014
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>	LABORATORIO DE MATERIALES -FICM		
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Gonzalo López
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico		

**PARÁMETROS DEL ENSAYO**

<b>Método:</b>	Rockwell B, según Norma ASTM E18-03		
<b>Tipo de penetrador</b>	1/16		
<b>Cantidad de carga aplicada</b>	980 N		
<b>Resultado</b>			
<b>N°</b>	<b>Dureza HRB</b>		
1	69,2		
2	71		
3	69,5		
4	65,5		
5	66		
<b>Promedio</b>	68,24		
La dureza promedio es: 68,24			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ENSAYO DE DUREZA**

**DATOS INFORMATIVOS**

<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	3
<b>Identificación del componente de estudio</b>	Probeta N°3		
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	08/08/2014
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>	LABORATORIO DE MATERIALES -FICM		
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Gonzalo López
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico		

**PARÁMETROS DEL ENSAYO**

<b>Método:</b>	Rockwell B, según Norma ASTM E18-03		
<b>Tipo de penetrador</b>	1/16		
<b>Cantidad de carga aplicada</b>	980 N		
<b>Resultado</b>			
<b>N°</b>	<b>Dureza HRB</b>		
1	65,1		
2	67		
3	68,7		
4	71,2		
5	71		
<b>Promedio</b>	68,6		
La dureza promedio es: 68,6			

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	3
<b>Identificación del componente de estudio</b>		Probeta N° 4	
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	08/08/2014
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>		LABORATORIO DE MATERIALES -FICM	
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Gonzalo López
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método:</b>		Rockwell B, según Norma ASTM E18-03	
<b>Tipo de penetrador</b>		1/16	
<b>Cantidad de carga aplicada</b>		980 N	
<b>Resultado</b>			
<b>N°</b>	<b>Dureza HRB</b>		
1	66,5		
2	67		
3	65,5		
4	66		
5	68		
<b>Promedio</b>	66,6		
La dureza promedio es: 66,6			

#### 4.1.2.4 Ensayo de fatiga

El ensayo a fatiga se lo realizó en la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo en la Facultad de Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales para lo cual se tomó en consideración 6 probetas, las mismas que para realizar su respectivo ensayo se las tuvo que maquinar de tal manera que las probetas queden en forma circular para la máquina de ensayo a fatiga.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE FATIGA (ANEXO C)			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo De Estudio	De Laboratorio	Ensayo N°	4
Identificación del componente de estudio		Probeta N°1	
Solicitado por	UTA – FICM	Fecha:	25-09-2014
Centro de Estudio y Análisis		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH	
Realizado por:	Luis López	Supervisado por:	William Lemache
Lugar:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Carga (kg)		2	
Diámetro promedio		5.6 mm	
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Resistencia máxima (kg/mm <sup>2</sup> )	1,195		
Revoluciones por minuto (RPM)1	1689		
Tiempo de vida (Horas )	00:01:56:71 2		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE FATIGA (ANEXO C)			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo De Estudio	De Laboratorio	Ensayo N°	4
Identificación del componente de estudio	Probeta N°2		
Solicitado por	UTA – FICM	Fecha:	25-09-2014
Centro de Estudio y Análisis	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH		
Realizado por:	Luis López	Supervisado por:	William Lemache
Lugar:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Carga (kg)	2		
Diámetro promedio	6 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Resistencia máxima (kg/mm <sup>2</sup> )	0,971		
Revoluciones por minuto (RPM) <sup>1</sup>	1145		
Tiempo de vida (Horas )	00:01:30:567		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE FATIGA (ANEXO C)			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo De Estudio	De Laboratorio	Ensayo N°	4
Identificación del componente de estudio	Probeta N°3		
Solicitado por	UTA – FICM	Fecha:	25-09-2014
Centro de Estudio y Análisis	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH		
Realizado por:	Luis López	Supervisado por:	William Lemache
Lugar:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales		

PARÁMETROS DEL ENSAYO		
Carga (kg)	2	
Diámetro promedio	6,1 mm	
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Resistencia máxima (kg/mm <sup>2</sup> )	0,971	
Revoluciones por minuto (RPM) <sup>1</sup>	4961	
Tiempo de vida (Horas )	00:03:23:760	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
ENSAYO DE FATIGA (ANEXO C)			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo De Estudio	De Laboratorio	Ensayo N°	4
Identificación del componente de estudio	Probeta N°4		
Solicitado por	UTA – FICM	Fecha:	25-09-2014
Centro de Estudio y Análisis	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH		
Realizado por:	Luis López	Supervisado por:	William Lemache
Lugar:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales		
PARÁMETROS DEL ENSAYO			
Carga (kg)	2		
Diámetro promedio	5,8 mm		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Resistencia máxima (kg/mm <sup>2</sup> )	1,022		
Revoluciones por minuto (RPM) <sup>1</sup>	33715		
Tiempo de vida (Horas )	00:09:28:860		

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ENSAYO DE FATIGA (ANEXO D)</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	4		
<b>Identificación del componente de estudio</b>	Probeta N°5				
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	25-09-2014		
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH				
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	William Lemache		
<b>Lugar:</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>					
<b>Carga (kg)</b>	2				
<b>Diámetro promedio</b>	6,3 mm				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Resistencia máxima (kg/mm<sup>2</sup>)</b>	0,839				
<b>Revoluciones por minuto (RPM)1</b>	31467				
<b>Tiempo de vida (Horas )</b>	00:08:50:690				

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ENSAYO DE FATIGA (ANEXO C)</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo De Estudio</b>	De Laboratorio	<b>Ensayo N°</b>	4		
<b>Identificación del componente de estudio</b>	Probeta N°6				
<b>Solicitado por</b>	UTA – FICM	<b>Fecha:</b>	25-09-2014		
<b>Centro de Estudio y Análisis</b>	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES –ESPOCH				
<b>Realizado por:</b>	Luis López	<b>Supervisado por:</b>	William Lemache		
<b>Lugar:</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Resistencia de Materiales				

<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO</b>		
<b>Carga (kg)</b>	2	
<b>Diámetro promedio</b>	5,9 mm	
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		
<b>Resistencia máxima (kg/mm<sup>2</sup>)</b>	1,023	
<b>Revoluciones por minuto (RPM)1</b>	28900	
<b>Tiempo de vida (Horas )</b>	00:06:14:128	

#### **4.1.3 Etapa de modelamiento**

##### **Cálculo analítico**

Antes de realizar la simulación del chasis con la utilización del software, se realiza un cálculo analítico considerando todas las cargas que actúan en el chasis, excepto aquellas que están por debajo de los bastidores.

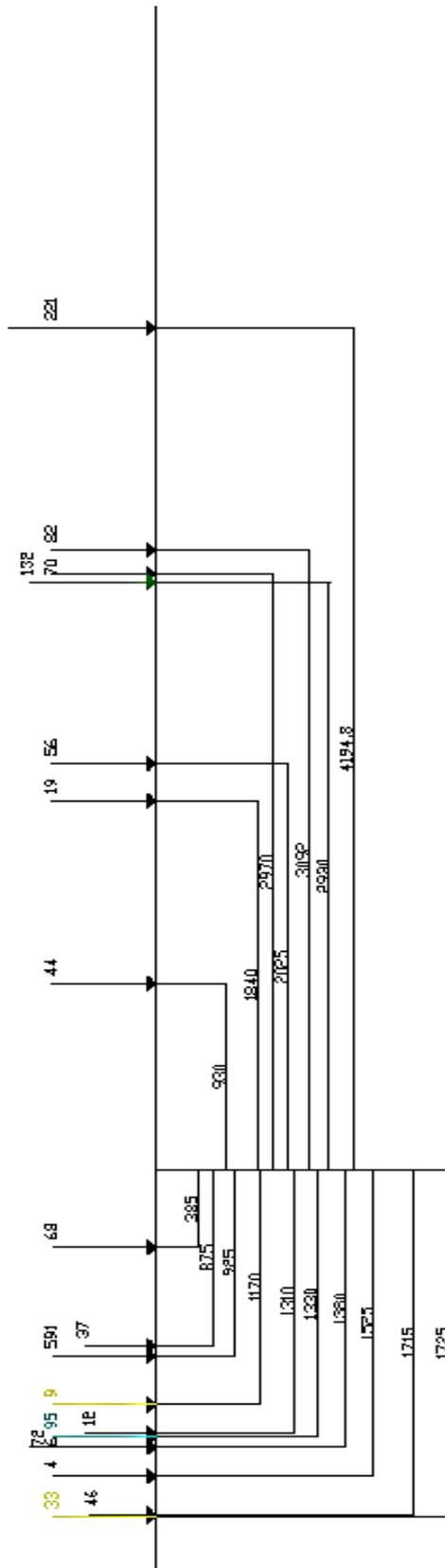
Dichas cargas se sacaron de la tabla que se encuentra en el Body Mounting Manual AK8JRSA (Manual Montaje De Carrocería AK8JRSA)

Tabla 4.2 Accesorios del chasis

Fuente: Body Mounting Manual AK8JRSA

MODEL  ITEM	MODEL: AK8JRSA			WHEELBASE: 5800 mm		
	T/M:	MFDGS		TIRE: 11R22.5-16PR		
	MASS (kg)	GRAVITY POSITION FROM F.A.C (mm)	FR AXLE MASS (kg)	RR AXLE MASS (kg)	GRAVITY HEIGHT FROM FRAME UPPER SURFACE (mm)	MOMENT FROM FRAME UPPER SURFACE (kg-mm)
FUEL TANK	221	4195	61	160	-258	-57018
COOLING SYSTEM	46	-1715	60	-14	0	0
EXHAUST SYSTEM	82	3090	38	44	-380	-31160
AIR INTAKE SYSTEM	37	-875	43	-6	68	2516
BATTERY SETTING	58	2025	36	20	109	6104
ELECTRIC SYSTEM	44	930	37	7	68	2904
CLUTCH CONTROL	6	-1380	7	-1	377	2262
TRANSMISSION CONTROL	12	-1310	15	-3	370	3840
SERVICE BRAKE COMPONENT	70	2970	34	38	-188	-13020
SERVICE BRAKE PIPING	19	1840	13	6	-129	-2451
ENGINE ROOM	0	0	0	0	0	0
FRAME	674	3235	288	378	-117	-78858
FR FENDER	72	-1380	89	-17	370	26840
ENGINE CONTROL	4	-1525	5	-1	441	1764
STEERING	95	-1330	117	-22	-105	-9975
STEERING CONTROL	9	-1170	11	-2	250	2250
METER AND FINAL PARTS	33	-1725	43	-10	429	14157
BUS BODY ACCESSORY PARTS	0	0	0	0	0	0
ENGINE ASSY	591	-925	685	-94	-16	-9456
CLUTCH ENGINE SIDE	68	-385	73	-5	-135	-9180
TRANSMISSION MAIN UNIT	222	80	219	3	-188	-41736
MAIN SHIFT UNIT	0	0	0	0	0	0
CLUTCH TRANSMISSION SIDE	0	0	0	0	0	0
RETARDER	0	0	0	0	0	0
PROPELLER SHAFT	132	2930	85	87	-346	-45672
AUTO TRANSMISSION						
FRONT SUSPENSION	241	-55	243	-2	-422	-101702
FRONT TIRE AND WHEEL	196	0	196	0	-485	-95060
FRONT AXLE, FRONT	267	70	264	3	-486	-129762
WHEEL BRAKE, FRONT	174	0	174	0	-485	-84390
REAR SUSPENSION	349	5945	-9	358	-327	-114123
REAR TIRE AND WHEEL	391	5800	0	391	-538	-210358
REAR AXLE, FRONT	271	5800	0	271	-538	-145798
WHEEL BRAKE, FRONT	237	5800	0	237	-538	-127506
DIFFERENTIAL CARRIER	134	5700	2	132	-547	-73298
DIFF OIL	9	5800	0	9	-547	-4923
HUB GREASE	3	5800	0	3	-538	-1614

Posteriormente se ubican las cargas en el bastidor, tomándolo a este como una barra, para cuestión de análisis. Se considera únicamente las cargas que se encuentran por encima del bastidor.



**Figura 4.2** Distribución de cargas

**Fuente:** El Autor

Posteriormente se realiza el cálculo obteniéndose los siguientes resultados:

$$\Sigma Fy = 0$$

$$-33 - 46 - 4 - 78 - 95 - 12 - 9 - 591 - 37 - 68 + R_A - 44 - 19 - 56 - 70 - 82 - 221 + R_B - 674 = 0$$

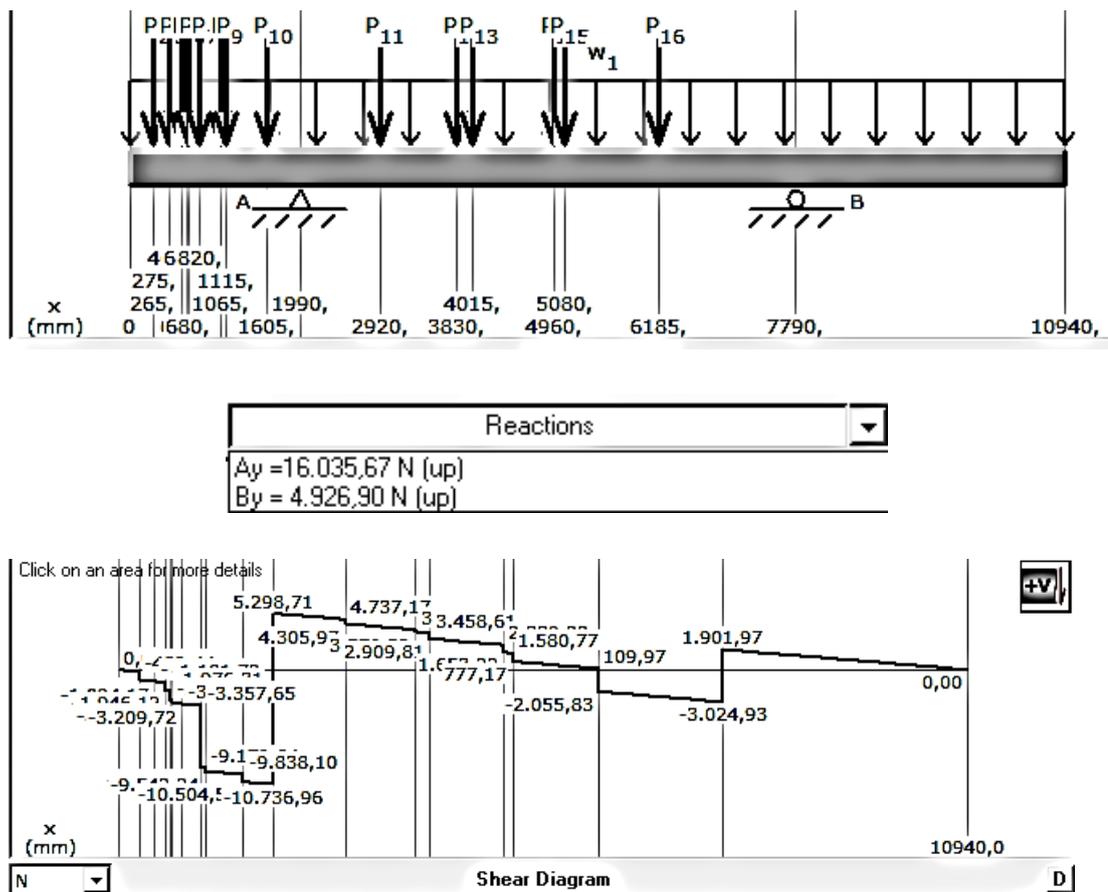
$$R_A + R_B = 2139$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_B = 502,706 \text{ kg}$$

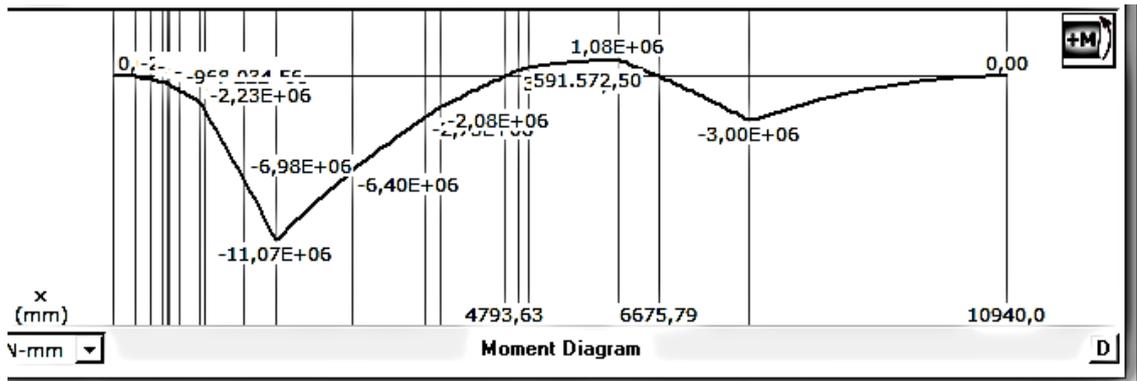
$$R_A = 1636,294 \text{ kg}$$

Para su respectiva comprobación se utilizó un software dando los siguientes resultados:



**Figura 4.3** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** El Autor



**Figura 4.4** Diagrama de momentos

**Fuente:** El Autor

### Modelamiento

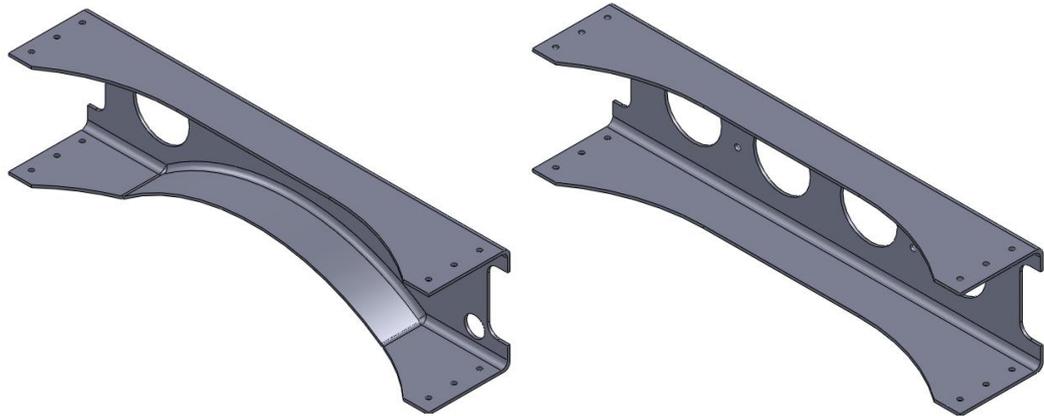
Como primer punto se procedió revisar el manual de montaje de carrocería, el cual nos da la sección con la que cuenta el bastidor, así como sus dimensiones. Posteriormente se realizó la medición de las perforaciones con las que cuenta el bastidor porque son necesarias para la simulación. Esta etapa llevo varios días ya que el bastidor cuenta con un gran número de accesorios los cuales necesitan de dichos agujeros. Esta toma de medidas se las realizó en varias ocasiones puesto que se encontraron errores al momento del modelamiento. En la figura se puede ilustrar como queda el bastidor al momento de modelar con las perforaciones completas y correctas.



**Figura 4.5** Bastidor

**Fuente:** El Autor

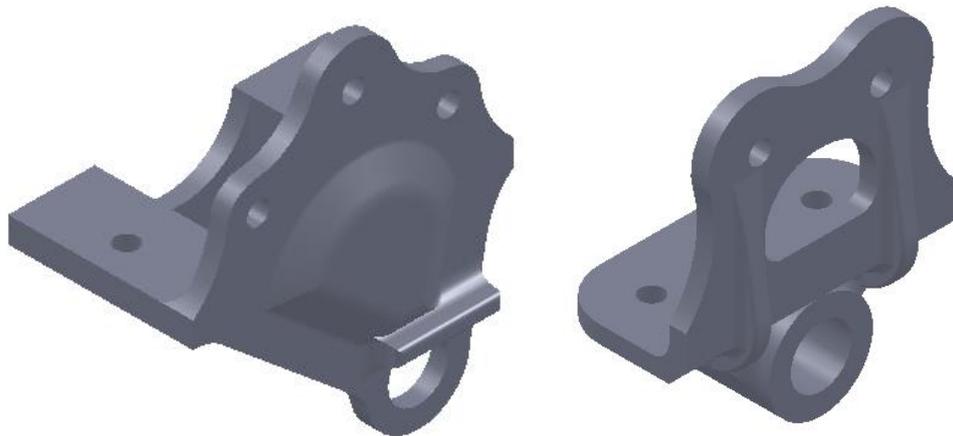
Al momento de finalizar con el modelamiento de los dos bastidores se procede a realizar el modelamiento de los transversales, los mismos que cuentan con variedad de formas en relación a los agujeros. Para su mejor comprensión se puede ilustrar en la figura 4.6 un ejemplo de dos tipos de transversales que ocupa el chasis.



**Figura 4.6** Transversales

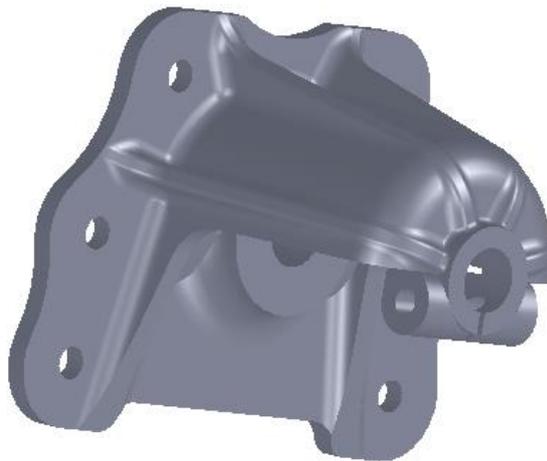
**Fuente:** El Autor

Una vez finalizado con el modelamiento de los bastidores y de los transversales, se procedió a modelar las ballestas, ya que estos son los que van fijos en el chasis, soportando la mayor parte de la carga, distribuida en los mismos. En las figuras 4.7 y 4.8 se muestran la configuración que tienen los apoyos.



**Figura 4.7** Apoyos delanteros

**Fuente:** El Autor



**Figura 4.8** Apoyo posterior

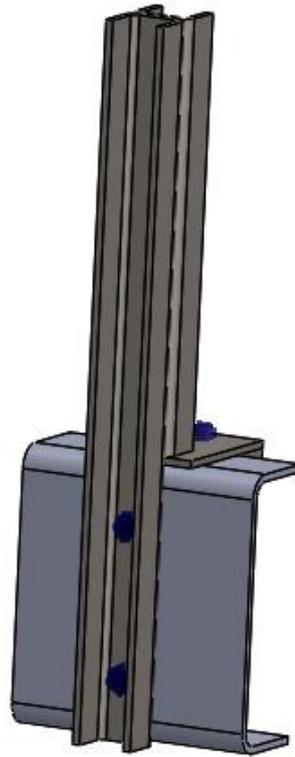
**Fuente:** El Autor

Posteriormente se procede a realizar el ensamble de todas las partes que componen el chasis y a continuación realizar su respectivo análisis. Llegando a conformar el chasis de la siguiente manera.



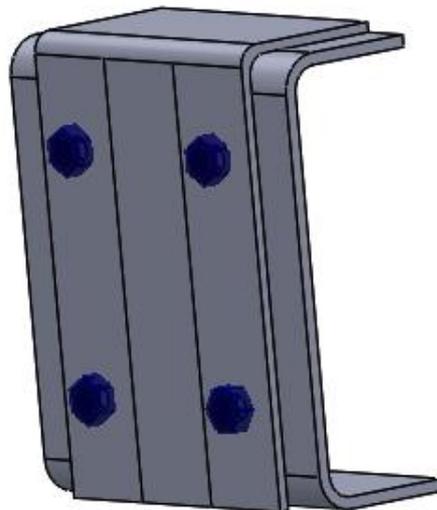
**Figura 4.9** Chasis

**Fuente:** El Autor



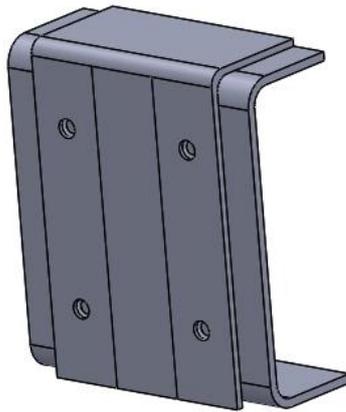
**Figura 4.10** Sujeción con perfil en U y pernos al chasis

**Fuente:** El Autor



**Figura 4.11** Sujeción la placa con pernos al chasis

**Fuente:** El Autor



**Figura 4.12** Sujeción de placa con soldadura al chasis

**Fuente:** El Autor

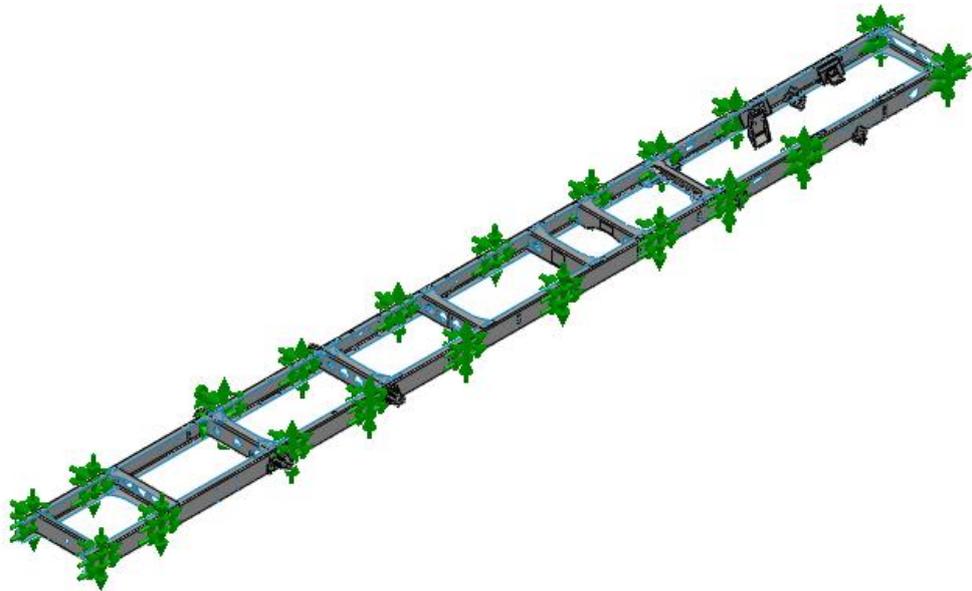
A continuación se muestra una tabla donde se encuentran los estados de carga que se aplican al chasis, cabe mencionar que se tomaron en cuenta únicamente las reacciones en el eje perpendicular al piso.

**Tabla 4. 3** Estados de carga

**Fuente:** Body Mounting Manual AK8JRSA y Análisis Estructural de la Empresa

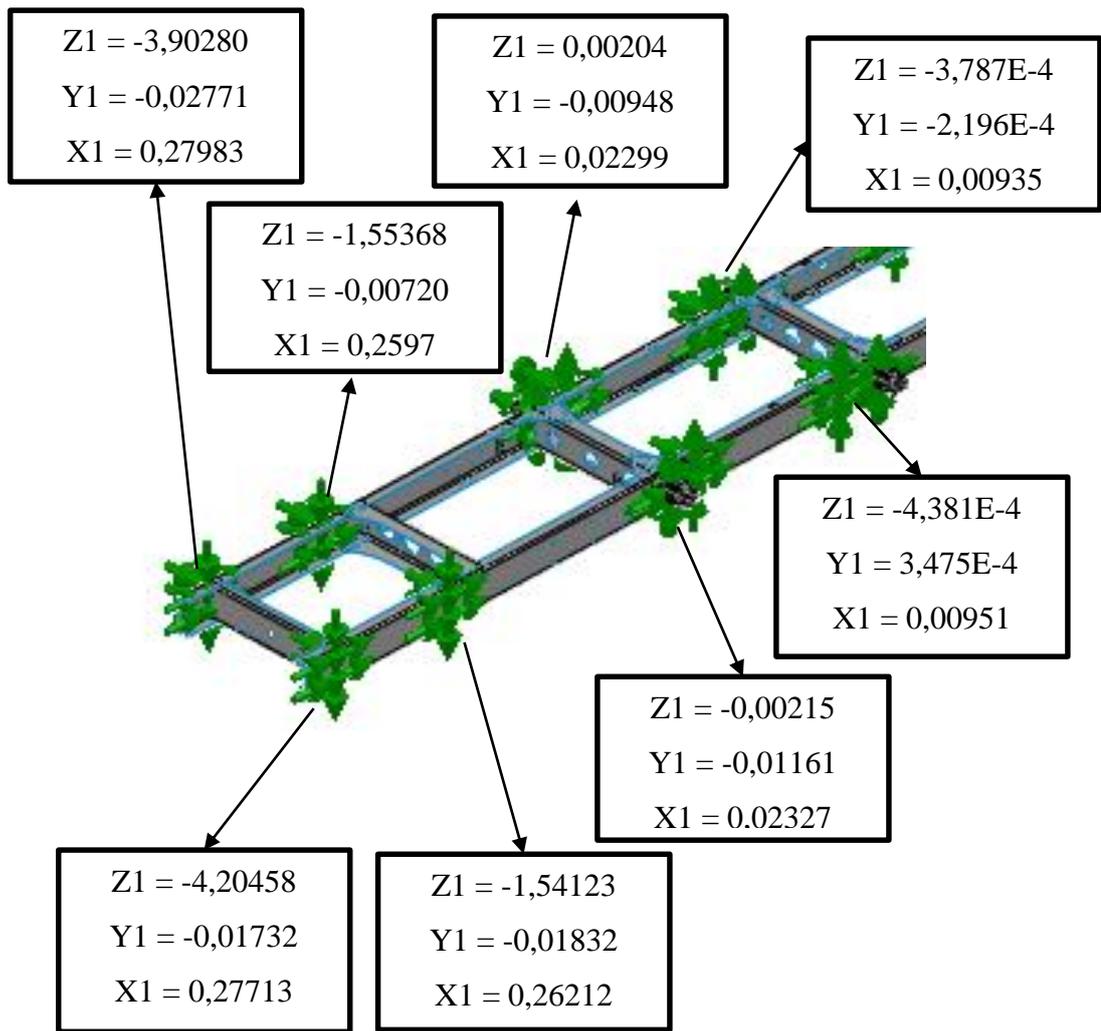
Estados de Carga			
Fuerza 1	2165,8	N	Tanque gasolina
Fuerza 2	830,76	N	Sistema de escape
Fuerza 3	362,6	N	Sistema de admisión de aire
Fuerza 4	548,8	N	Batería
Fuerza 5	431,2	N	Sistema eléctrico
Fuerza 6	58,8	N	Control de embrague
Fuerza 7	117,6	N	Control de transmisión
Fuerza 8	686	N	Componente del servicio de freno
Fuerza 9	186,18	N	Tubería del servicio de freno
Fuerza 10	705,6	N	Parachoques
Fuerza 11	39,2	N	Control del motor
Fuerza 12	931	N	Dirección
Fuerza 13	88,2	N	Control de la dirección
Fuerza 14	323,4	N	Partes finales
Fuerza 15	450,8	N	Sistema de refrigeración
Fuerza 16	5791,8	N	Motor
Fuerza 17	666,4	N	Lado del motor de embrague
Fuerza 18	9,81	m/s <sup>2</sup>	

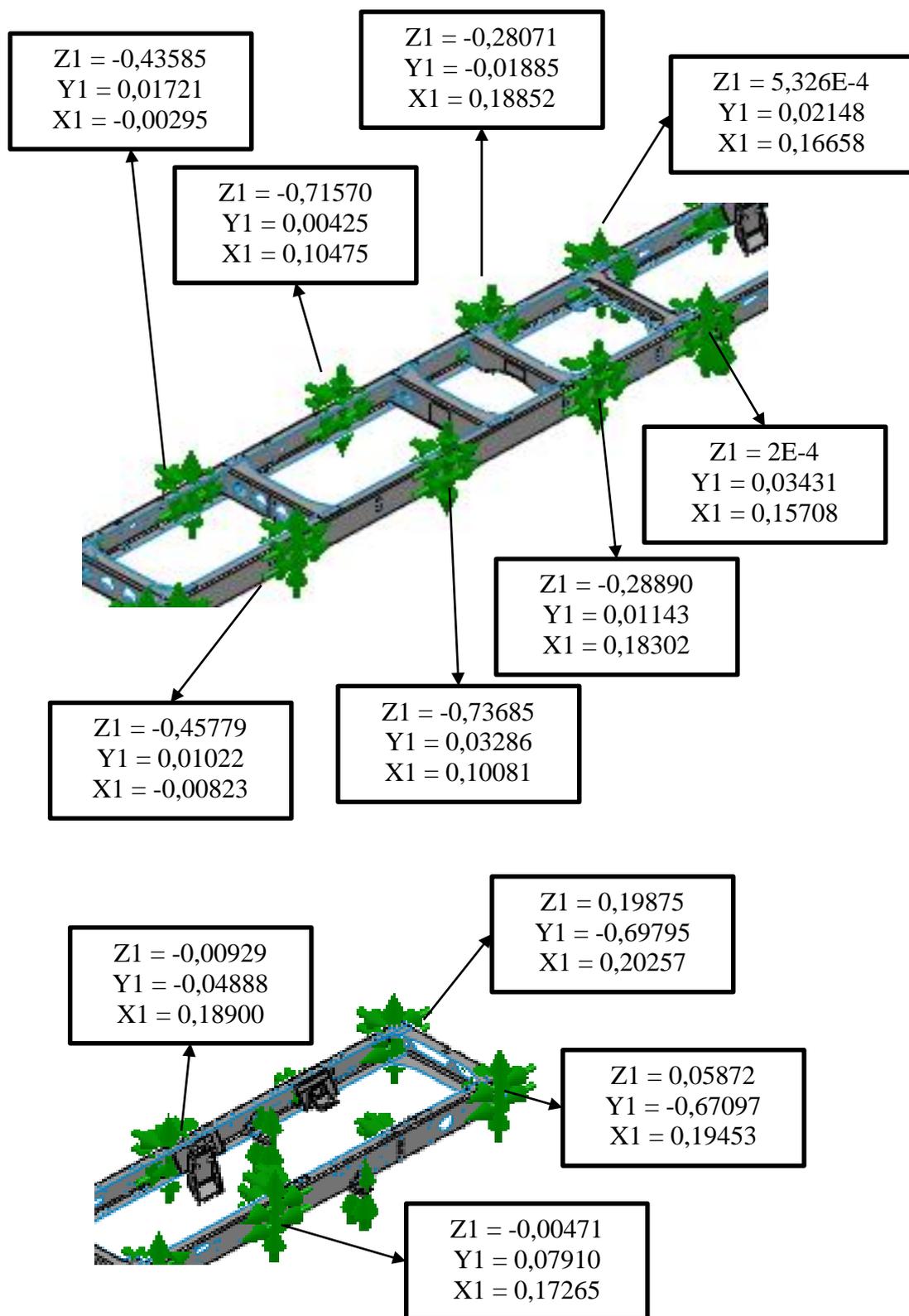
Se continúa con la ubicación de las cargas que comprenden el chasis y que se encuentran por encima del bastidor, así como también los tipos de conexiones que tiene cada agujero con respecto a los transversales y a los apoyos, de la misma manera se procede con las restricciones del chasis que van ubicados en los agujeros de los apoyos quedando de la siguiente manera.



**Figura 4.13** Chasis con cargas, sujeciones y restricciones.

**Fuente:** El Autor





**Figura 4. 2** Distribución de desplazamientos

**Fuente:** El Autor

Las cargas que corresponden a las diferentes configuraciones que se van a simular son obtenidas del análisis estructural que la empresa realizó para la homologación de sus diferentes modelos. Pero para este caso se toma en cuenta el modelo Silver Largue que corresponde a la modalidad interprovincial que es el que se está estudiando. Además para no tener mayor problema al momento de realizar la simulación se lo puso a todo el chasis en superficies, puesto que si se lo deja en estado sólido conllevaría mayor potencia computacional.

Se puede considerar que el estudio a partir de superficies es prácticamente correcto y lo más exacto a la realidad. También se debe considerar que el tipo de apoyo con respecto a los planos en el caso de utilizar una geometría de referencia sea correcto.

#### 4.2 Interpretación de datos

Para la interpretación de datos se tiene en cuenta las simulaciones realizadas con cada uno de los casos mencionados anteriormente. Para una mejor comprensión se puede visualizar en las siguientes imágenes y tablas.

#### Promedios de los ensayos realizados

##### Tracción

**Tabla 4.4** Promedio de ensayo

**Fuente:** El Autor

Nº	ESPESOR e (mm)	CARGA MAXIMA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCION (Mpa)	% elongación
1	6,3	8192,7	339,88	425,24	15,78947
2	5,9	7831,6	335,90	434,06	14,47368
3	6,2	8639,6	379,86	455,67	11,84210
4	6,2	8815,1	377,71	464,93	15,78947
5	6,3	8801,1	367,00	456,82	7,894736
		Promedio	360,07	447,34	13,15789

## Impacto

**Tabla 4. 5** Promedio Ensayo Impacto

**Fuente:** El Autor

<b>Probeta</b>	<b>Tenacidad (J)</b>
1	25
2	18
3	17
4	20
5	23
6	25
<b>Promedio</b>	21,33

## Dureza

**Tabla 4.6** Promedio Ensayo Dureza

**Fuente:** El Autor

<b>Probeta</b>	<b>Dureza HRB</b>
1	71,8
2	68,24
3	68,6
4	66,6
<b>Promedio</b>	68,81

## Fatiga

**Tabla 4. 7** Promedio Ensayo Fatiga

**Fuente:** El Autor

<b>Probeta</b>	<b>Resistencia Máxima (kg/mm2)</b>	<b>Tiempo de Vida (Horas)</b>	<b>RPM</b>
1	1,195	00:01:56:712	1689
2	0,91	00:01:30:567	1145
3	0,971	00:03:23:760	4961
4	1,022	00:09:28:860	33715
5	0,839	00:08:50:690	31467
6	1,023	00:06:14:128	28900
<b>Promedio</b>	0,99		16979,50

## Chasis con perfil en u

Para realizar la simulación con el perfil en U se utilizó un perfil de 40X50X40X6, la cual cuenta con dos perforaciones en el bastidor para poder unir el anclaje con el bastidor. Para esto se utiliza pernos de grado 8 con un diámetro de 13 mm, mediante esto se obtuvo los siguientes resultados.

### Tensiones de Von Mises

En la figura 4.14 se muestra la tensión de Von Mises en una escala de deformación de 200, mostrando como quedaría la estructura a esa escala.

Nombre de modelo: chasis con perfil en u  
Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 200



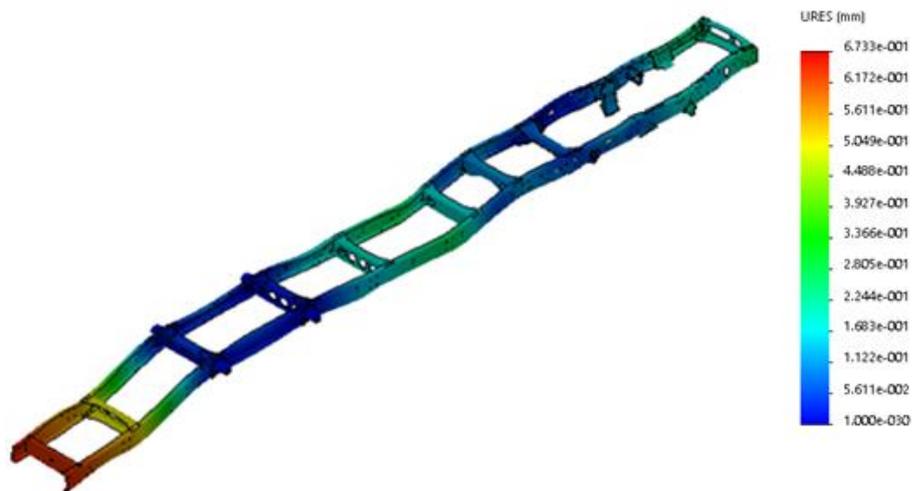
**Figura 4.14** Tensiones de Von Mises chasis con perfil en U

**Fuente:** El Autor

### Desplazamientos

En la figura 4.15 se puede visualizar los desplazamientos que se producen en la estructura a una escala de deformación de 200.

Nombre de modelo: chasis con perfil en u  
Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 200



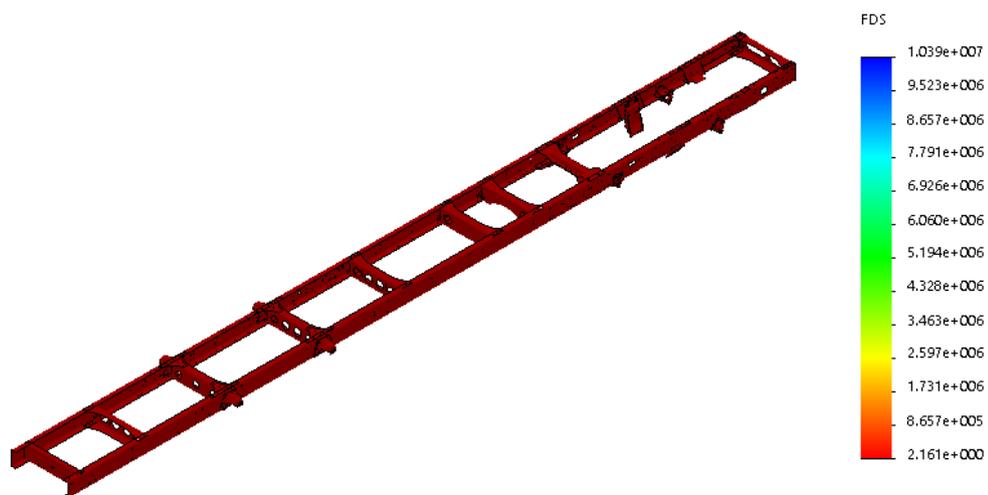
**Figura 4.15** Desplazamientos chasis con perfil en U

**Fuente:** El Autor

### Factor de seguridad

En la figura 4.16 se muestra el factor de seguridad mínimo con el que cuenta el chasis después de la simulación respectiva.

Nombre de modelo: chasis con perfil en u  
 Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.2



**Figura 4.16** Factor de Seguridad Chasis con perfil en U

**Fuente:** El Autor

A continuación se realiza una simulación de fatiga con las siguientes condiciones, las mismas que se las ocuparan para cada caso:

El factor de concentración de esfuerzos es tomando mediante la siguiente ecuación

$$k_f = \frac{1}{1 + \frac{k_t - 1}{1 + \sqrt{\frac{a}{r}}}}$$

De donde

$$\sqrt{a} = 245799 - (0,307794 * 10^{-2}) Sut + (0,150874 * 10^{-4}) Sut^2 - (0,266978 * 10^{-7}) Sut^3$$

$$\sqrt{a} = 0,104 \text{ Pulg}$$

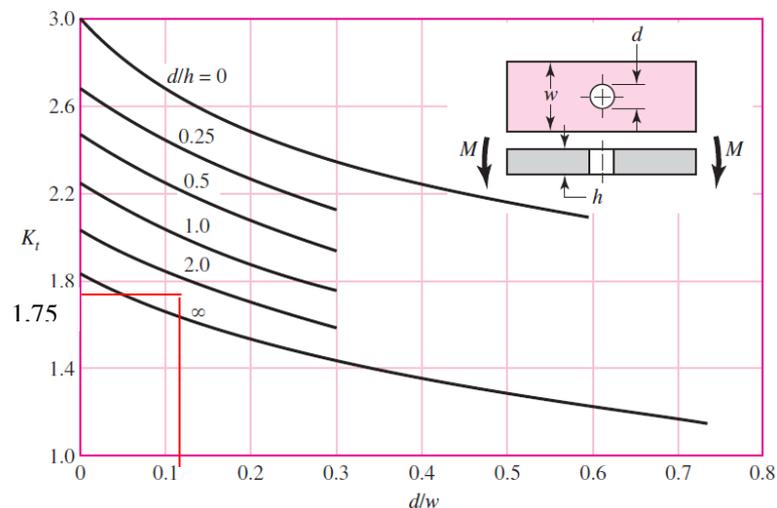
$$\sqrt{a} = 2,64 \text{ mm}$$

$$\sqrt{r} = 0,104$$

$k_t$  es tomado de la figura 4.3 con los siguientes valores

$$\frac{d}{h} = 2,17 \quad \frac{d}{w} = 0,12$$

Obteniéndose un valor de  $k_t = 1,75$



**Figura 4. 3** Barra rectangular con agujero transversal en flexión  
**Fuente:** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8va edición

Entonces tenemos que:

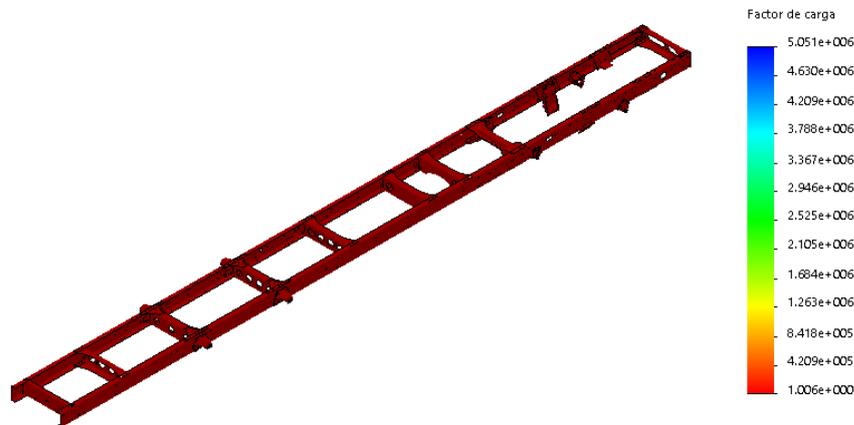
$$k_f = \frac{1}{1 + \frac{1,75 - 1}{1 + \sqrt{\frac{2,64}{2,55}}}}$$
$$k_f = 0,73$$

El criterio de falla por fatiga es Goodman puesto que es el criterio más aceptado para el presente tipo de estudios en comparación con Soderberg y Gerber.

### Factor de carga

En la siguiente figura se muestra el factor de seguridad que se obtiene al realizar una simulación en fatiga.

Nombre de modelo: chasis con perfil en u  
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Fatiga(El factor de carga puede ocasionar fallos) Resultados3  
Los factores de carga menores de 1.0 indican un fallo



**Figura 4. 17** Vida total (ciclos)

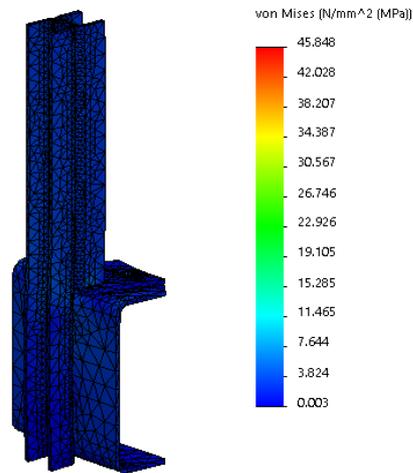
**Fuente:** El Autor

Posteriormente se realizó una simulación de una sección del chasis con el perfil en U de 40x50x40x6 obteniéndose los siguientes resultados:

### Tensiones de Von Mises

A continuación en la figura 4.18 se muestra la tensión de Von Mises para una sección del chasis junto con el anclaje con perfil en U a una escala de deformación de 2000.

Nombre de modelo: con perfil en u  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 2000



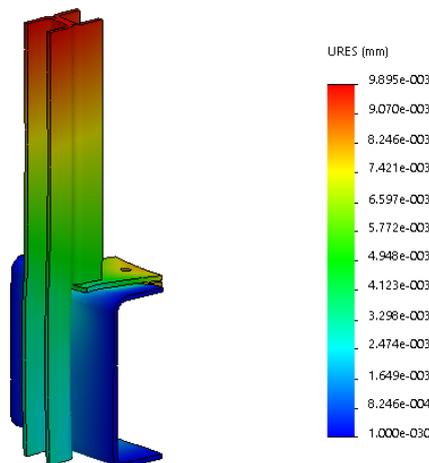
**Figura 4.18** Tensiones de Von Mises para una sección del chasis.

**Fuente:** El Autor

### Desplazamientos

En la figura 4.19 se muestra los desplazamientos de una sección del chasis con el anclaje de perfil en U a una escala de deformación de 2000.

Nombre de modelo: con perfil en u  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 2000



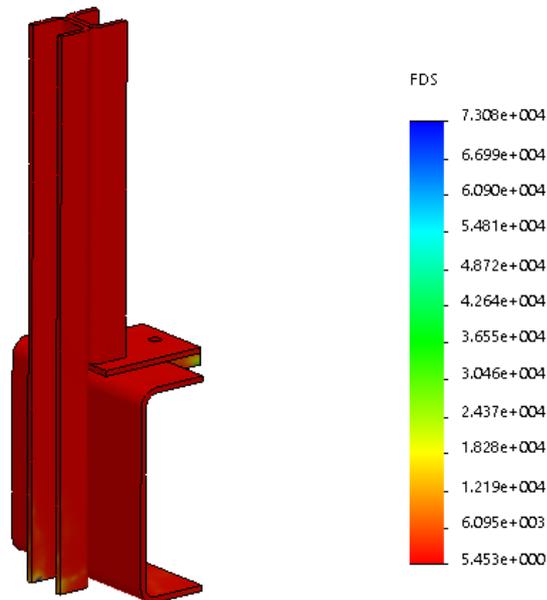
**Figura 4.19** Desplazamientos de una sección del chasis.

**Fuente:** El Autor

## Factor de Seguridad

A continuación en la figura 4.20 se observa el factor de seguridad con el que cuenta una sección del chasis junto con el anclaje de perfil en U.

Nombre de modelo: con perfil en u  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 5.5



**Figura 4.20** Factor de seguridad para una sección del chasis.

**Fuente:** El Autor

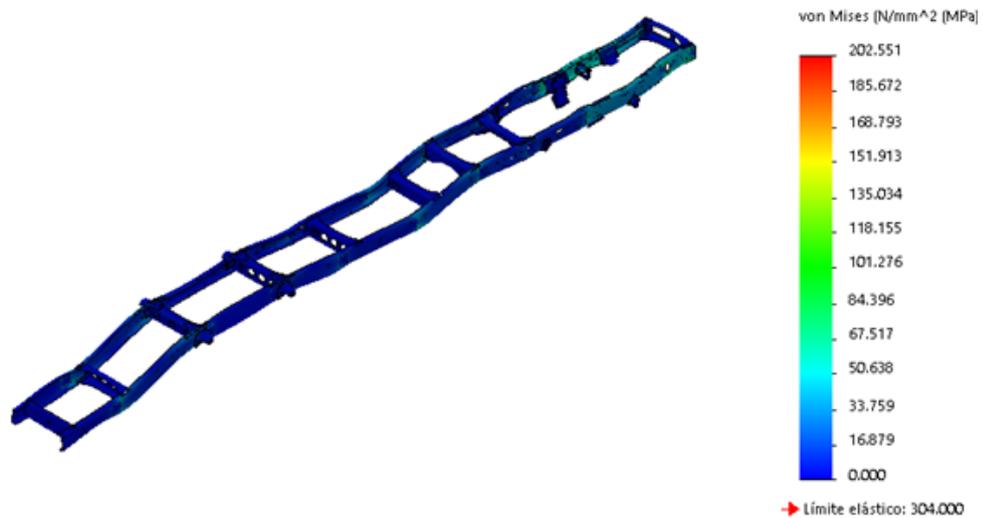
## Chasis con placa

En el caso del chasis con placa, se utiliza una placa con las siguientes dimensiones 224 mm de alto, 150 mm de ancho y 5 mm de espesor, ubicado 4 perforaciones en las placas de 13 mm de diámetro y por ende 4 perforaciones en el bastidor del mismo diámetro. El perno que se utiliza es de grado 8, el mismo que tiene una resistencia de tracción de 73,82 kg/mm<sup>2</sup>.

## Tensiones de Von Mises

En la figura 4.21 se muestra la tensión de Von Mises para el chasis con placa, a una escala de deformación de 200.

Nombre de modelo: chasis con placa  
Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 200



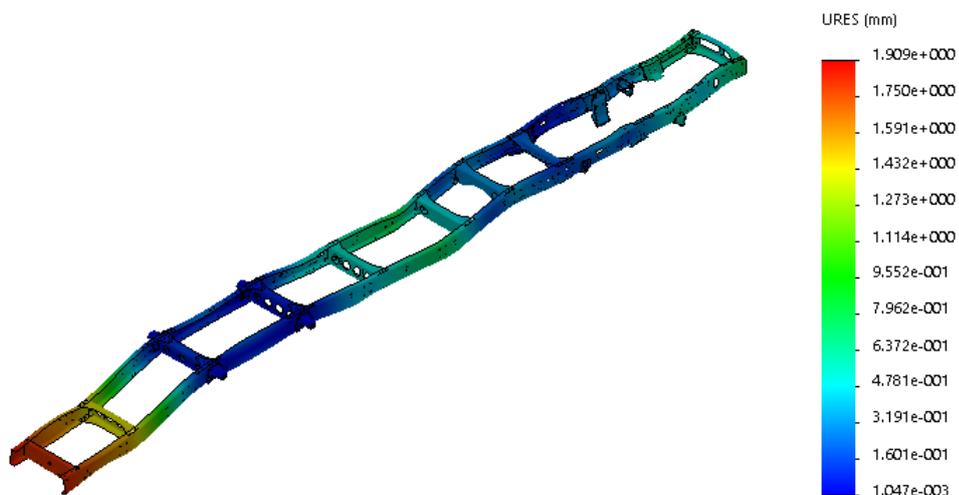
**Figura 4.21** Tensiones de Von Mises Chasis con placa

**Fuente:** El Autor

### Desplazamientos

En la figura 4.22 se muestra los desplazamientos que sufre el chasis con la placa a una escala de deformación de 200

Nombre de modelo: chasis con placa  
Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 200



**Figura 4.22** Desplazamientos Chasis con placa

**Fuente:** El Autor

### Factor de seguridad

A continuación se muestra en la figura 4.23 el factor de seguridad con el que cuenta el chasis con placa el mismo que es de 2.

Nombre de modelo: chasis con placa  
Nombre de estudio: Estudio 2[-Predeterminado-]  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.0



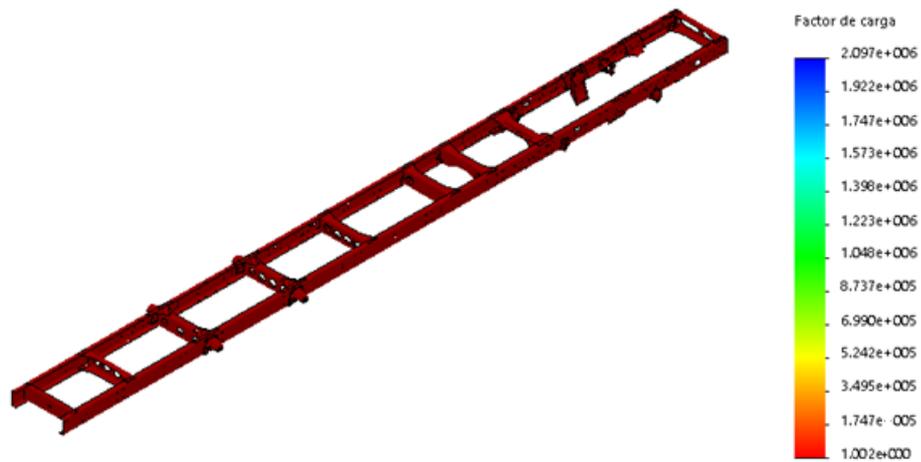
**Figura 4.23** Factor de seguridad chasis con placa

**Fuente:** El Autor

### Factor de carga

En la figura 4.24 se puede visualizar el factor de seguridad que proporciona la simulación a fatiga.

Nombre de modelo: chasis con placa  
Nombre de estudio: Fatiga 1[-Predeterminado-]  
Tipo de resultado: Fatiga(El factor de carga puede ocasionar fallos) Resultados3  
Los factores de carga menores de 1.0 indican un fallo



**Figura 4. 24** Factor de carga

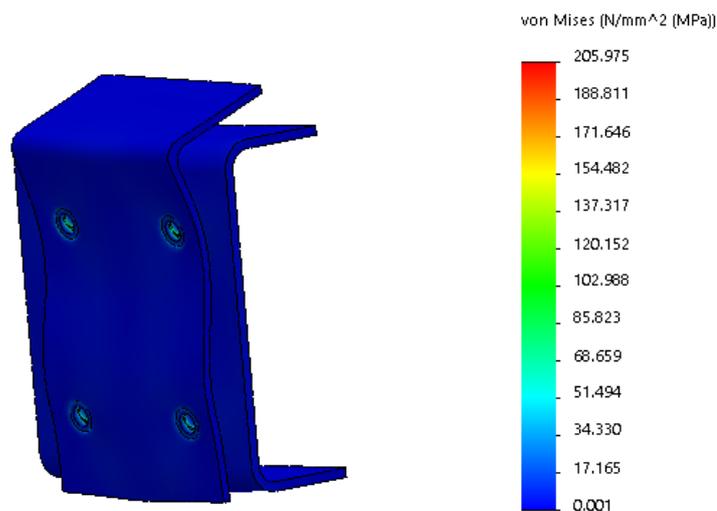
**Fuente:** El Autor

A continuación se presenta una sección del chasis con la placa cuyas dimensiones fueron explicadas, se pueden visualizar los siguientes resultados.

### Tensiones de Von Mises

En la figura 4.25 se muestra las tensiones de Von Mises para una sección del chasis con placa a una escala de deformación de 1961.

Nombre de modelo: Placa  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 1961.08



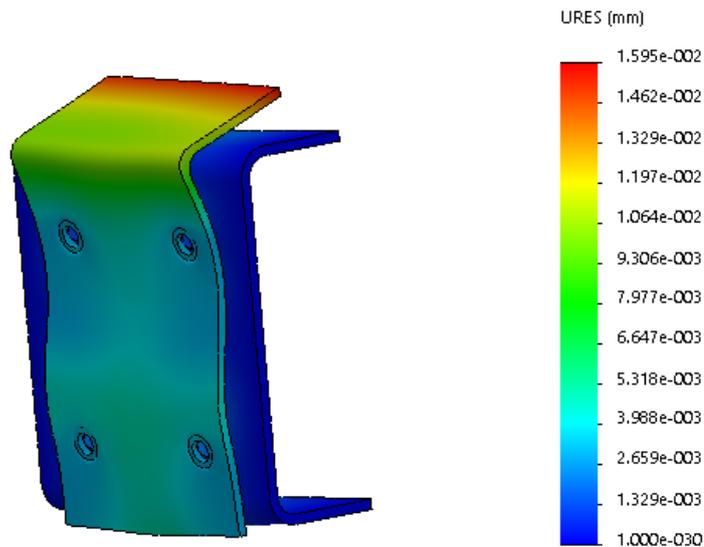
**Figura 4.25** Tensiones de Von Mises sección del chasis con placa

**Fuente:** El Autor

## Desplazamientos

En la Figura 4.26 se muestra los desplazamientos que sufre el chasis con placa a una escala de 1961, pudiendo observarse la parte más crítica de color rojo.

Nombre de modelo: Placa  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 1961.08



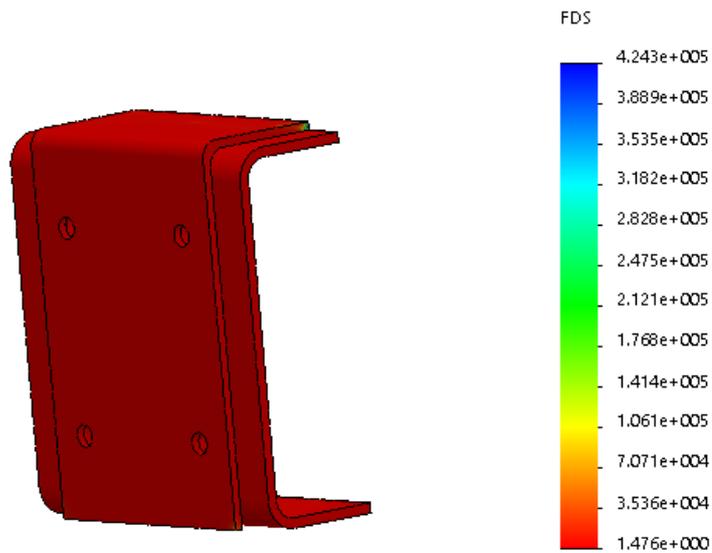
**Figura 4.26** Desplazamientos sección del chasis con placa

**Fuente:** El Autor

## Factor se Seguridad

En la 4.27 se muestra el factor de seguridad mínimo con el que cuenta una sección del chasis con placa.

Nombre de modelo: Placa  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.5



**Figura 4.27** Factor de seguridad para sección de chasis con placa

**Fuente:** El Autor

### **Chasis con suelda**

Para este caso se utiliza una placa con dimensiones similares a la última simulación, para el tipo de suelda se ocupa una especial que tenga las características lo más parecidas posibles al material a soldar. La varilla de suelda para este caso en el que el chasis cuenta con una resistencia a la tensión de  $45 \text{ kgf/mm}^2$  es el JIS D4301 o ISO E432

### **Tensiones de Von Mises**

En la figura 4.28 se muestra las tensiones de Von Mises para el chasis con suelda a una escala de deformación de 200.

Nombre de modelo: chasis con suelda  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 200



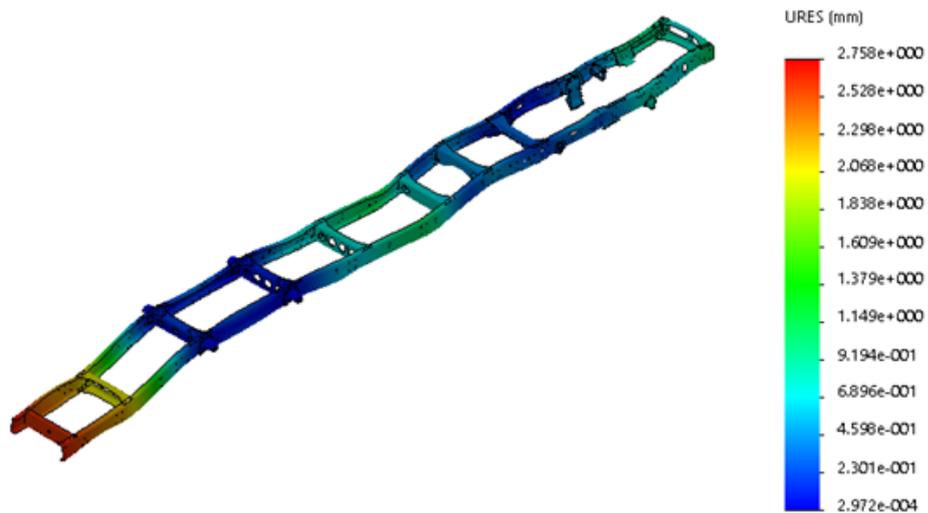
**Figura 4.28** Tensiones de Von Mises chasis con suelda

**Fuente:** El Autor

### Desplazamientos

En la figura 4.29 se muestra los desplazamientos que se presentan en el chasis con suelda después de su respectiva simulación, a una escala de 100.

Nombre de modelo: chasis con suelda  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 100



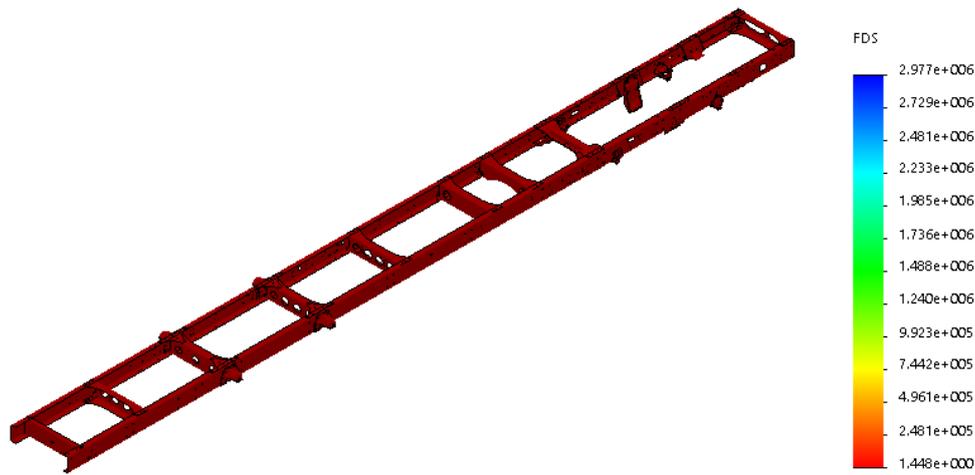
**Figura 4.29** Desplazamientos chasis con suelda

**Fuente:** El Autor

## Factor de seguridad

A continuación se presenta en la figura 4.30 el factor de seguridad mínimo con el que cuenta el chasis con suelda.

Nombre de modelo: chasis con suelda  
Nombre de estudio: Estudio 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.4



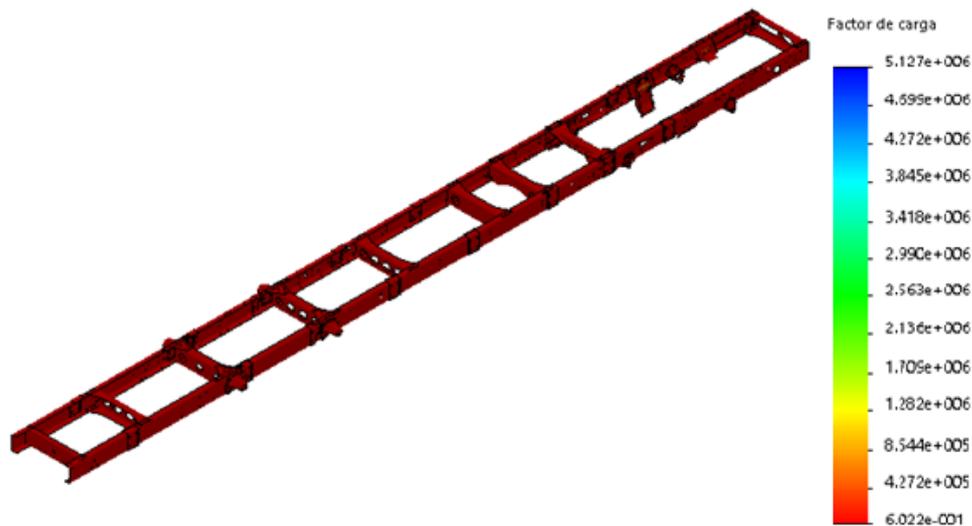
**Figura 4.30** Factor de seguridad chasis con suelda

**Fuente:** El Autor

## Factor de carga

A continuación se presenta el factor de carga que se considera como factor de seguridad para fatiga.

Nombre de modelo: chasis con suelda  
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Fatiga(El factor de carga puede ocasionar fallos) Resultados3  
Los factores de carga menores de 1.0 indican un fallo

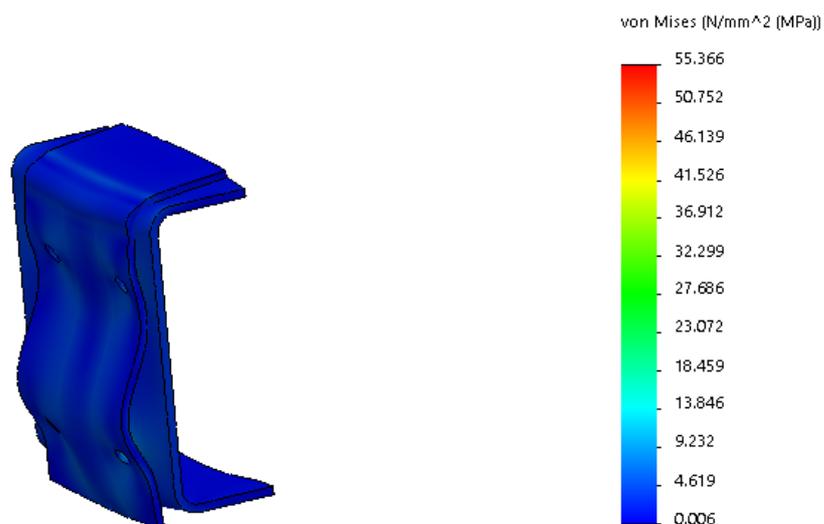


Al igual que en los casos anteriores se realiza una simulación con una sección del chasis junto con una placa que va soldada, cabe mencionar que el tipo de suelda que se utiliza ya se dio a conocer anteriormente.

### Tensiones de Von Mises

En la figura 4.32 se muestra las tensiones de Von Mises para una sección del chasis con suelda, a una escala de deformación de 4873.

Nombre de modelo: suelda  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 4873.16



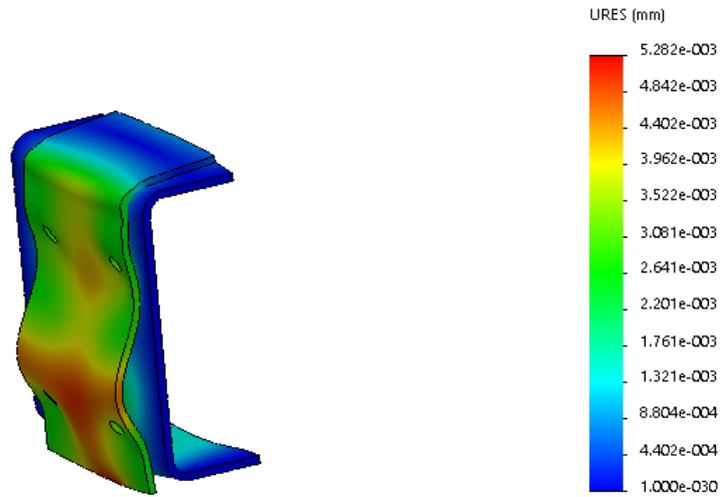
**Figura 4.31** Tensiones de Von Mises para sección de chasis con suelda

**Fuente:** El Autor

## Desplazamientos

En la figura 4.33 se muestra los desplazamientos para una sección del chasis con suelda a una escala de deformación de 4873. Logrando observarse la parte más crítica de color rojo.

Nombre de modelo: suelda  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 4873.16



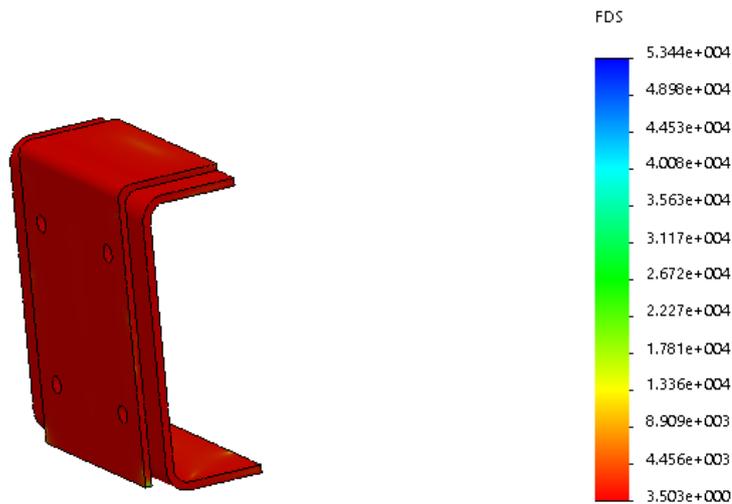
**Figura 4.32** Desplazamientos de sección de chasis con suelda.

**Fuente:** El Autor

## Factor de Seguridad

En la figura 4.34 se puede observar el factor de seguridad mínimo con el que cuenta una sección del chasis con suelda.

Nombre de modelo: suelda  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 3.5



**Figura 4.33** Factor de Seguridad para sección de chasis con suelda.

**Fuente:** El Autor

Como se pudo observar el comportamiento mecánico del chasis cambia con respecto al tipo de anclaje que se utiliza, mostrándose un cambio en el factor de seguridad así como también en sus desplazamientos y en las tensiones de Von Mises. En la tabla 4.8 se puede apreciar en valores la diferencia existente.

### 4.3 Verificación de la hipótesis

Para la verificación de la hipótesis se debe tomar en cuenta que el análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA se lo hace mediante del tipo del trabajo para lo cual fue diseñado, el mismo que consiste en ensamblar una carrocería sobre el chasis mediante los anclajes. Posteriormente se conoce que al momento de ensamblar el chasis junto con la carrocería se forma un solo conjunto, motivo por el cual cada uno de los desplazamientos ejercidos sobre el chasis se transmiten a la carrocería por medio de los respectivos anclajes que posteriormente se conectan con el piso de la carrocería y a la final se distribuye en toda la estructura.

En la tabla 4.8 se muestra de mejor manera las características que resultaron de las simulaciones con sus valores.

**Tabla 4.8** Resultados de las simulaciones

**Fuente:** El Autor

	<b>Tensiones Von Mises (MPa)</b>	<b>Desplazamientos (mm)</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Factor de Seguridad (Fatiga)</b>
<b>Chasis con perfil en U</b>	140.669	6.733e-1	2.161	1.006
<b>Chasis con Placa</b>	202.551	1.909	2.022	1.002
<b>Chasis con Suelda</b>	209.949	2.758	1.448	6.002e-1

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Al realizar los diferentes ensayos se ha llegado a determinar las propiedades que posee el chasis, las cuales se compararon con las que existen en el manual del montaje de carrocería del modelo Hino AK8JRSA sin tener mayor diferencia, existiendo únicamente un bajo porcentaje de variación, que consiste en el 12%.
- El análisis de cargas fue realizado de forma manual, obteniéndose los siguientes resultados de las reacciones  $R_a = 1636,294$  kg;  $R_b = 502,706$  kg y su comprobación con la utilización de un software, demostrando que los cálculos realizados están correctos.
- Se ha establecido los estados de carga a los que está sometido el chasis que básicamente son aquellas que se transmiten de la carrocería hacia el chasis en función de la norma NTE INEN 1323:2009 vigente.
- Se define bajo términos técnicos y mecánicos la parte más crítica del chasis conociendo las propiedades del mismo y después de haber realizado su respectiva simulación, según desplazamientos obtenidos del software es la parte posterior del bastidor izquierdo.
- Se determinó que el anclaje con la utilización de soldadura es el menos adecuado para la formación de la superestructura, puesto que al soldar al chasis en varias secciones donde van colocadas las placas de sujeción, este perdería sus propiedades y por ende no tendría la suficiente capacidad para realizar un trabajo en buenas condiciones, poniendo en riesgo así la vida de las personas que ocupen dicho medio de transporte.

- El tipo de anclaje con placa y perforaciones cumplía con los requerimientos que se necesitan para que la unidad junto con el chasis trabajen sin tener ningún inconveniente, pero el factor de seguridad que es 1,448 en comparación al tipo de anclaje que utiliza un perfil doblado en U que es 1,501, es más bajo.
- El tipo de anclaje que utiliza un perfil doblado en U, que se encuentra utilizando la empresa, es el más idóneo para este tipo de trabajo ya que nos brinda un factor de seguridad de 1,501 que es mucho más alto en comparación al estudio con la placa además de que permite que las propiedades del chasis Hino AK8JRSA varíen significativamente.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para realizar los ensayos se debe contar con probetas que hayan sido maquinadas en una fresadora o un torno para tener la precisión adecuada al momento que se requiera los resultados.
- Se debe tomar cuidadosamente las medidas de las perforaciones con las que cuenta el bastidor y los transversales para que se realice un análisis sin mucha dificultad y con la mayor precisión posible.
- Para realizar el análisis de cargas se debe considerar la distancia que da el manual de carrocerías con respecto al eje posterior y de esta forma aplicar el método de carga distribuida.
- Se debe tener vital cuidado al momento que se realiza el análisis de cargas para no cometer errores, puesto que existe una buena cantidad de cargas que se aplican al chasis, además de las distancias que los constituyen.
- Utilizar superficies para que se pueda realizar la simulación del chasis Hino AK8JRSA sin problemas.
- Reducir el mallado para que no de errores al momento de realizar el mismo, verificando que no exista interferencias en ninguna de las partes.
- Al momento de utilizar las superficies se debe de realizar nuevamente el estudio porque las geometrías cambian y no se podrá realizar el mallado ni la simulación con éxito.

- Se recomienda realizar un rediseño del tipo de anclaje utilizando un perfil en U y verificando que tipo de material es mejor, además de las perforaciones correctas que se debe realizar con respecto al manual, puesto que este tipo de perfil es el que mejor se adapta a los diferentes tipos de cargas a los que está sometido el chasis mientras se encuentra trabajando.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA**

**TEMA DE PROPUESTA: “REDISEÑO DEL TIPO DE ANCLAJE PARA LA UNIÓN CHASIS-CARROCERÍA DEL AUTOBÚS INTERPROVINCIAL EN INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA.”**

#### **6.1 Datos informativos**

El presente estudio de análisis de la estructura del chasis Hino AK8JRSA y su incidencia en el comportamiento mecánico general del bus interprovincial se lo realizó en Industria Metálica Cepeda, con el fin de dar mayor seguridad en los tipos de apoyos o anclajes que ocupa la empresa con relación otras variaciones en los mismos.

Después de haber realizado el análisis del comportamiento mecánico con los diferentes tipos de anclajes con los que se podría construir una carrocería utilizando un chasis Hino AK8JRSA, se ha determinado que el tipo de anclaje el cual se encuentra ocupando la empresa es el más idóneo para el trabajo que se realiza.

El tipo de anclaje que se encuentra utilizando la empresa es un perfil en U sujeto al chasis mediante pernos, conformando la superestructura.

Los ensayos del chasis que se realizaron tanto en los laboratorios de análisis de esfuerzos y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional como en los laboratorios de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, se ocuparan para el desarrollo de la propuesta.

## **6.2 Antecedente de la propuesta**

El sector carrocerero por medio de la ANT (Agencia Nacional de Tránsito) está sometido a varias pruebas que garanticen que la estructura que ocupan así como el tipo que anclaje por el que es montado al chasis, sean hechos de materiales resistentes asegurando una sujeción correcta al chasis que se encuentran utilizando, para los diferentes tipos de modelos que ocupa la empresa y que desean homologar para futuros diseños.

Ríos Ricardo, Parra Jaime, Rojas Roldan y Mantilla David, en su artículo de investigación científica y tecnológica presentado en la Facultad de Ingeniería de Universidad Libre de la ciudad de Bogotá DC, bajo el tema “Estudio del comportamiento bajo carga de un chasis para el transporte de pasajeros por medio de la tecnología de elementos finitos en la empresa EQUITEL CUMANDES S.A. realizada en el año de 2007 donde cuyo objetivo es “el de determinar si las partes del chasis superan las condiciones de diseño a las que van a estar sometidas en Colombia, para que permita tramitar la respectiva homologación en el ministerio de transporte e importación de este producto al país. Para lo cual lo someten a cargas estáticas y de fatiga con la mediante el Método de Elementos Finitos y la utilización del software ANSYS WorkBench”, es la investigación que más coincide con el estudio que se está realizando.

## **6.3 Justificación**

La Agencia Nacional de Transito (ANT), pide realizar la homologación de sus unidades, para lo cual la unión chasis-carrocería debe estar acorde a la norma NTE INEN 1323, la misma menciona que se debe de seguir las indicaciones dadas por el fabricante del chasis, esto lo podemos encontrar en el manual de fabricación y montaje de carrocerías común para todos los modelos de buses HINO.

Por ende la Empresa Industria Metálica Cepeda (IMCE) se encuentra en constante investigación para brindar seguridad en el diseño y construcción de sus carrocerías de acuerdo al tipo de servicio su configuración cambia, entonces es aquí donde se

comprueba que el chasis junto con la carrocería soportan el trabajo al que están sometidos.

En tal motivo el tipo de sujeción que se pretende ocupar, cumple un papel muy importante puesto que es la base para que la carrocería con todos sus accesorios se encuentre bien sujeto al chasis que se lo suele considerar como un elemento rígido y que proporciona estabilidad al momento de someterlo a diferentes cargas. Ya que si el tipo de anclaje que se ocupa no está perfectamente sujeto al chasis, la carrocería correría mucho riesgo de que no soporte algún impacto o vuelco que se pudiera ocasionar. Dejando al chasis con una variedad de irregularidades en el momento que ocurra dichos sucesos.

Con esto la Empresa Industria Metálica Cepeda estaría asegurando que el tipo de unión chasis-carrocería que se encuentran utilizando, cumple con la mayor seguridad para el tipo de servicio que se encuentra realizando.

## **6.4 Objetivos**

### **6.4.1 Objetivo General**

Rediseñar el tipo de anclaje con perfil en U para la unión chasis-carrocería verificando factores que se consideran de importancia.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una selección de los materiales existentes y adecuados para realizar el diseño
- Ejecutar un análisis cuasi-estático de la estructura.
- Realizar los planos correspondientes.

## **6.5 Análisis de factibilidad**

El rediseño del tipo de anclaje con perfil en U para la unión chasis-carrocería es totalmente factible, puesto que existe la tecnología necesaria, además del recurso humano que es suficientemente capacitado para el trabajo a desempeñar. De la misma manera se cuenta con el apoyo de la Industria Metálica Cepeda. Así como también con

los datos necesarios de dimensiones de los componentes en el proceso de fabricación de carrocerías IMCE para este modelo.

En relación a costos para el rediseño es manejable, puesto que se requiere de conocimientos del investigador, tiempo, manuales de programas CAD Y CAE y datos bibliográficos.

## 6.6 Fundamentación

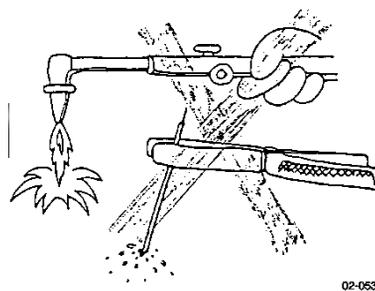
### 6.6.1 Tipos de anclajes

Existen diferentes tipos de anclajes entre el chasis y la carrocería, pero los más conocidos son los empernados y la suelda. Además en el caso de ser empernado tiene varias configuraciones que depende de la carrocería fabricante. A continuación se detalla cada uno de los tipos de anclajes mencionados anteriormente.

#### 6.6.1.1 Soldaduras en el bastidor del chasis

Este método puede afectar gravemente a las propiedades mecánicas con las que cuenta el bastidor, no está por demás mencionar que una suelda de mala calidad puede dañar seriamente el bastidor y producir grietas y por ende roturas.

El manual de montaje de carrocería común para todos los modelos de buses HINO dice que “sin excepción, la soldadura eléctrica o a gas del bastidor del chasis mientras la carrocería está montada no es permitida”



**Figura 6.1** Suelda Eléctrica y Gas

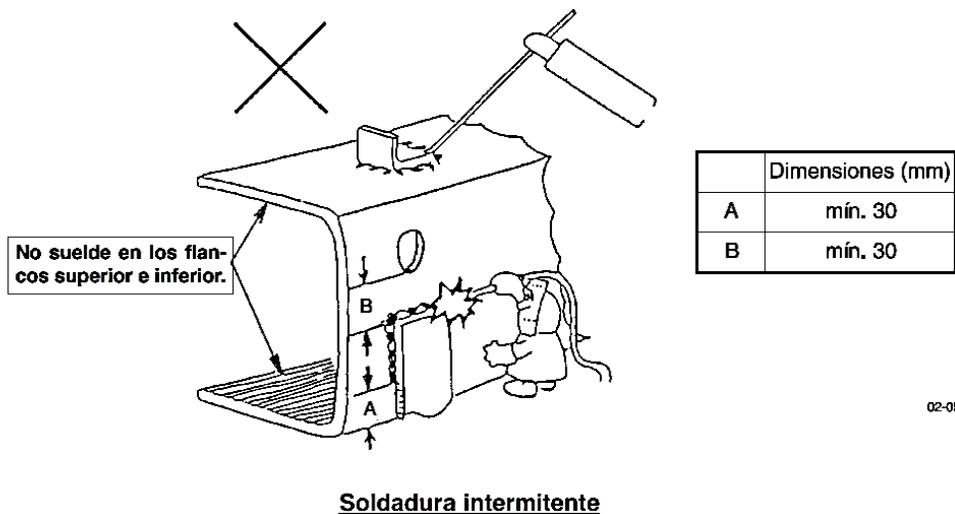
**Fuente:** Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelos de buses  
HINO

Es recomendable usar suelda eléctrica únicamente cuando sea necesario colocar un soporte de la carrocería o cualquier otra parte que no vaya a afectar seriamente al bastidor del chasis, la excepción es cuando se junte o monte un larguero transversal para la construcción del piso de la carrocería, pero antes se debe tomar en cuenta las siguientes precauciones.

### Precauciones al momento de usar soldadura

Antes de usar la suelda eléctrica se debe tener en cuenta varias características que son importantes, tales como:

- Desconectar el terminal a tierra de la batería, para evitar que se presenten daños a todas las partes eléctricas, como por ejemplo la computadora y otros componentes auxiliares o secundarios con los que cuenta el chasis.
- No se debe por ninguna circunstancia soldar los flancos superior e inferior de la parte lateral del chasis.
- En el caso de soldar la superficie del tramado del miembro lateral del bastidor del chasis, no soldar a partir de los 30 mm los cuales son medidos desde el filo del flanco superior e inferior y los filos de los orificios.

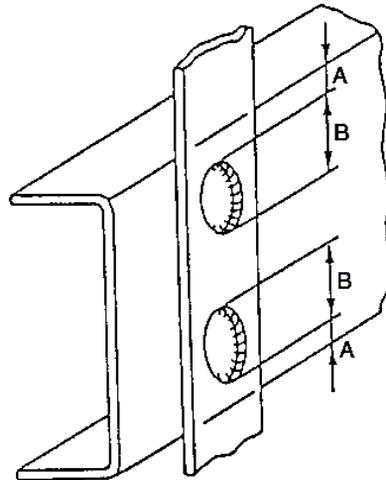


**Figura 6.2** Suelda Intermitente

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses

HINO

- En el caso de soldar y de existir una parte con taladrados y estos a su vez deben ser usados en la unión con el bastidor del chasis, se debe soldar todo el contorno que debe ser de un diámetro de 30 mm, este tipo de soldadura es conocido como soldadura de tapón.



	Dimensiones (mm)
A	mín. 30
B	mín. 30

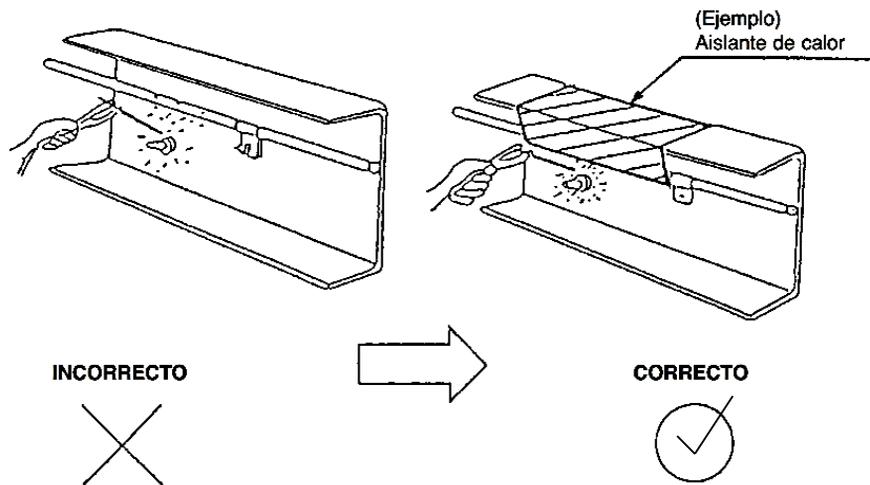
02-05

### **Soldadura de tapón**

**Figura 6.3** Soldadura de Tapón

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

Se debe tener mucho cuidado con los demás componentes que se encuentran en el chasis puesto que al momento de soldar existen chispas que pueden afectar a dichas partes como mangueras, tubería del freno, mazos de cables y neumáticos, es por esta razón que se tiene que cubrir además de lo mencionado, el volante de dirección, con cubiertas a prueba de fuego.

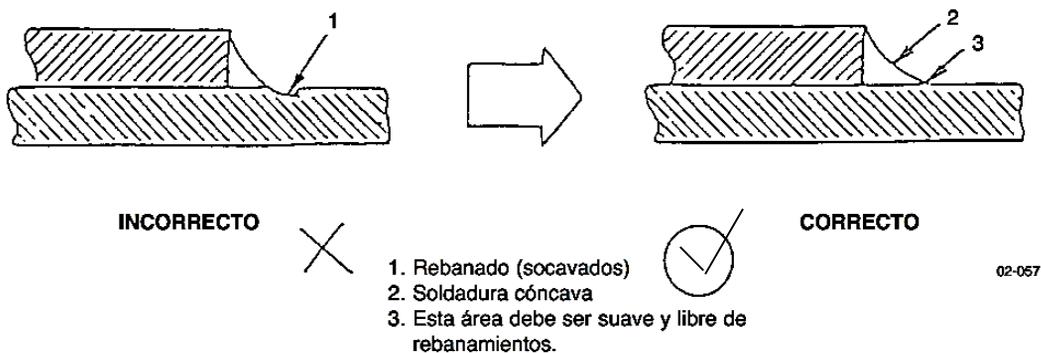


**Figura 6.4** Forma correcta de cubrir

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

### Forma de los puntos de suelda

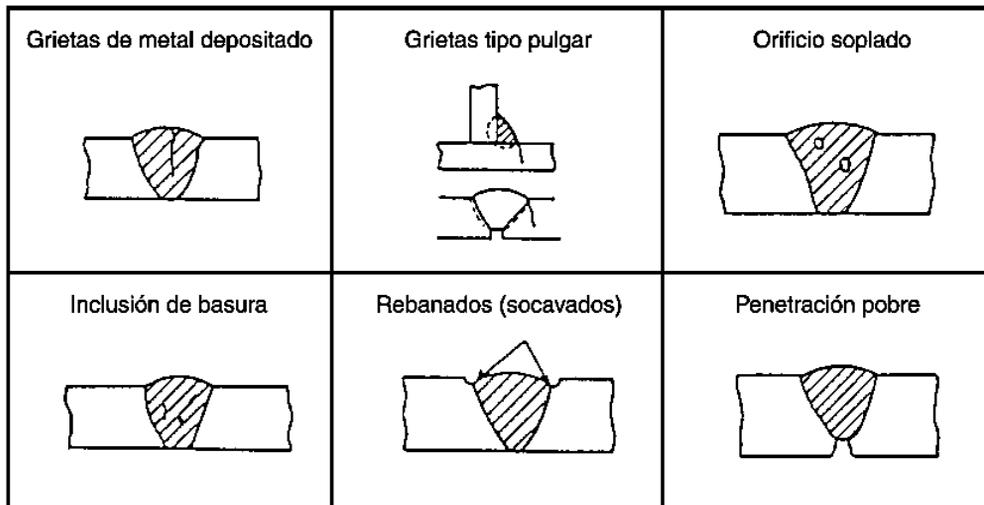
Los puntos de suelda deben ser lo más correctos posibles y para esto se muestra en la siguiente figura una comparación entre la forma correcta de soldar y la forma incorrecta.



**Figura 6.5** Puntos de suelda

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

Al momento de soldar hay que evitar cometer los siguientes defectos para asegurar de esta manera la estabilidad necesaria en la unión chasis-carrocería.



**Figura 6.6** Defectos de Soldadura

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

Además de que la varilla de suelda correcta para soldar el bastidor del chasis no es común, sino que se debe utilizar varillas de suelda especiales para aceros de alta tensión, esto es debido a que la suelda debe tener la misma resistencia que la del metal base.

En la tabla que se presenta a continuación se muestra que tipo de varilla es la recomendable para realizar este trabajo.

**Tabla 6.1** Varilla para Soldar

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

<b>METAL BASE (BASTIDOR)</b>	<b>VARILLA DE SUELDA</b>
Placa de acero laminada al calor: Resistencia a la tensión 45 kgf/mm <sup>2</sup>	Misma resistencia a la tensión que el metal base (JIS D4301 o ISO E 432)
Placa de acero laminada al calor: Resistencia a la tensión 55 kgf/mm <sup>2</sup>	Misma resistencia a la tensión que el metal base (JIS DA5001G o ISO E 513)

### 6.6.1.2 Taladrado del Bastidor

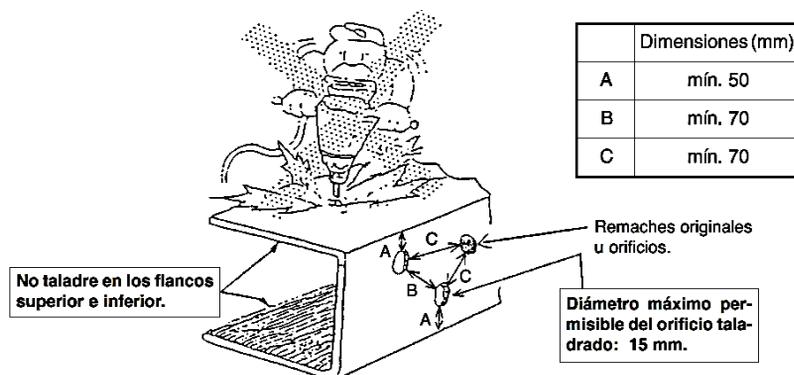
Al igual que en el caso anterior el taladrar afecta en una gran magnitud a las propiedades mecánicas del bastidor. De la misma manera en el caso de realizar un taladramiento incorrecto este podría dañar al bastidor puesto que produciría grietas y lo que es aún más complicado rotura.

Al momento de montar la carrocería del autobús hay que tratar lo más posible de evitar taladrar el bastidor del chasis. El manual de montaje de carrocería recomienda “perforar solo cuando se deba montar un larguero transversal en el bastidor del chasis para construir el piso de la carrocería.”

Al momento de taladrar es necesario seguir las siguientes recomendaciones que nos indica el fabricante del chasis para no afectar tanto el bastidor del chasis.

Antes de nada se debe considerar la posición para taladrar, a partir de aquí tomar en cuenta los puntos a continuación mencionados:

- Al igual que en la soldadura nunca taladrar o perforar los flancos superiores o inferiores de los miembros laterales que constituyen parte del bastidor del chasis.
- Tomar en cuenta los diámetros máximos permisibles, así como las distancias con respecto a otros agujeros o los flancos superiores e inferiores de los miembros laterales del chasis.



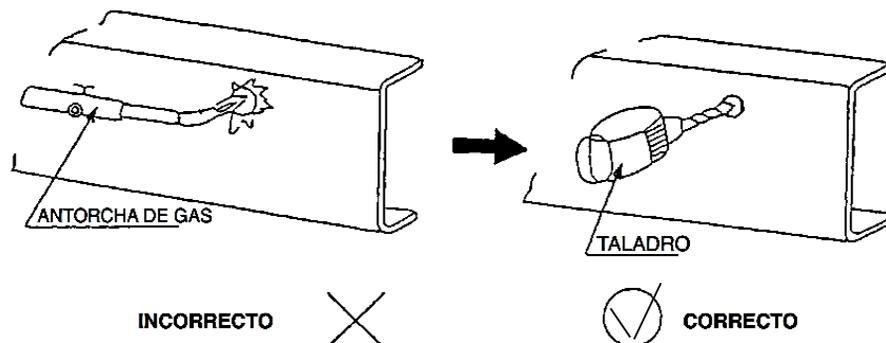
**Figura 6. 7 Dimensiones para Taladrar**

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

## Procedimiento para taladrar

Antes de nada usar el taladro correcto y no usar antorchas de gas.

Una vez taladrado siempre hay que chaflanar los filos de los orificios.

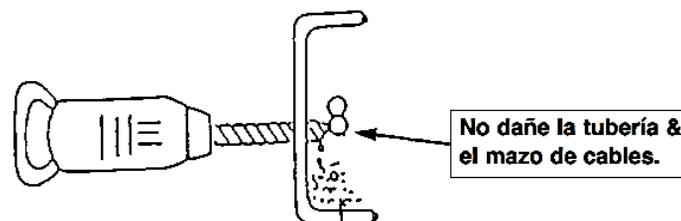


**Figura 6.8** Procedimiento para Taladrar

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses

HINO

Tener cuidado de no dañar las tuberías y los mazos de cableado eléctrico, los mismo que están dentro del bastidor.

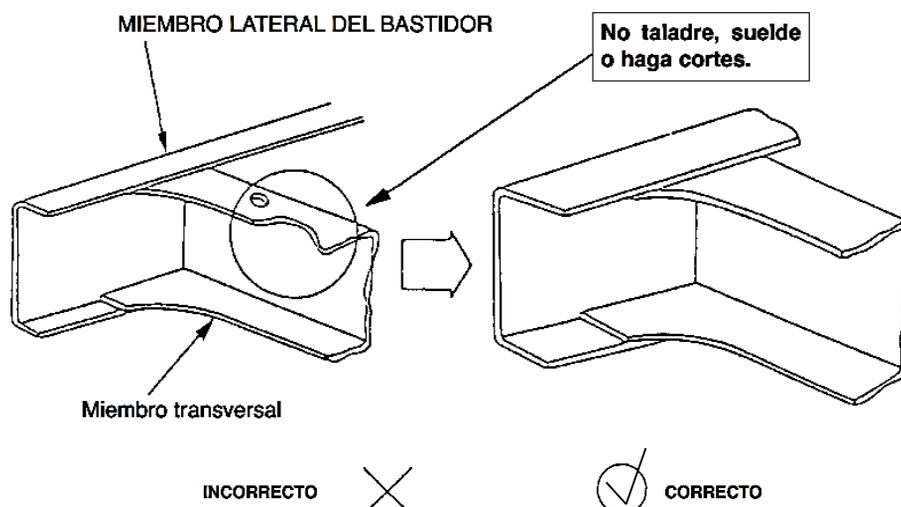


**Figura 6.9** Representación del daño de tuberías y mazos de cables

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses

HINO

No se debe hacer de ninguna manera, algún taladrado, suelda o corte en los miembros transversales del chasis, puesto que estas partes son esenciales para la resistencia del mismo.



**Figura 6.10** Evitar dañar el miembro transversal

**Fuente:** Manual de Montaje de Carrocerías común para todos los modelos de buses HINO

### 6.6.2 Selección de materiales

Para la realización de los anclajes se puede considerar varios materiales pero el material que mejor resiste a los esfuerzos mediante la investigación realizada es el perfil en U. De aquí se puede sacar dos formas de obtener el perfil en U, la una es mediante un proceso de producción realizada por la empresa carrocera y la otra es comprar los perfiles conformados de forma estandarizada.

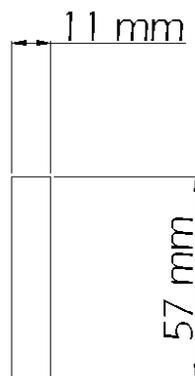
En el caso de que los perfiles sean comprados de forma estandarizada, se tiene un catálogo que es obtenido de DIPAC, esta no es la única empresa fabricante, se puede consultar con otras empresas, esto depende de la facilidad que proporcione la empresa para obtener la materia prima.

Las características del perfil en U se pueden visualizar en el Anexo D, el mismo que cuenta con dimensiones de 80mmX40mmX6mm.

El perfil resaltado es el recomendable para el uso del anclaje entre en la carrocería y el bastidor.

En el caso de ser conformado por la empresa carrocera, el procedimiento es el siguiente:

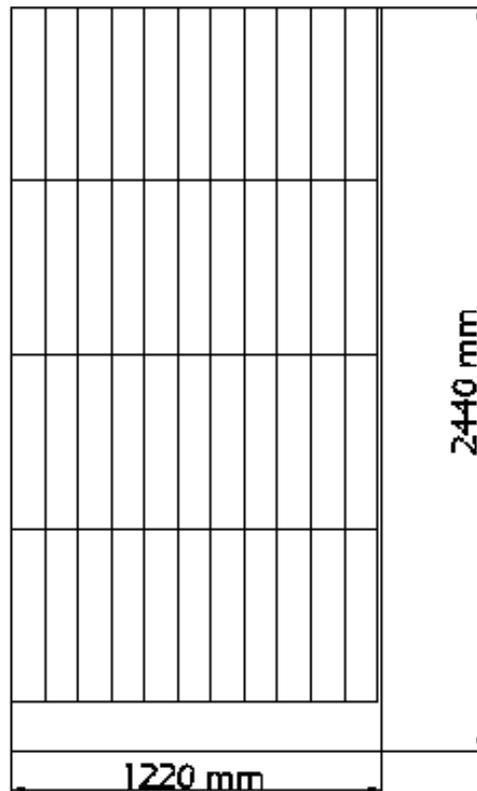
Primero se compra el material primario el cual es una plancha de acero comercial completa de 2440 mm x 1220 mm x 6 mm de dimensiones. Posteriormente se procede a realizar las mediciones para realizar los cortes de cada uno de los perfiles. Entonces se tiene que en el caso de los perfiles que tienen una longitud de 570 mm se obtiene 44 cortes, para posteriormente realizar los dobleces respectivos para dejar conformado el perfil en U.



**Figura 6.11** Dimensiones después del corte en mm.

**Fuente:** Carrocerías IMCE

cortes para la base de 570mm  
de largo

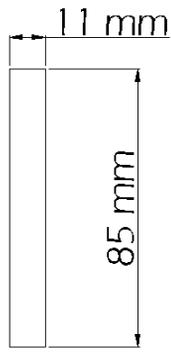


**Figura 6.12** Corte de la plancha para la base de 570 mm de largo

**Fuente:** Carrocerías IMCE

De la misma manera se ejecuta para el caso del perfil con una longitud mayor. En esta vez el número de cortes que se puede realizar para un perfil de 870 mm de largo es de 28 unidades. Al igual que en el caso anterior una vez cortado se procede a realizar sus respectivos dobleces para finalmente dejar conformado el perfil en U.

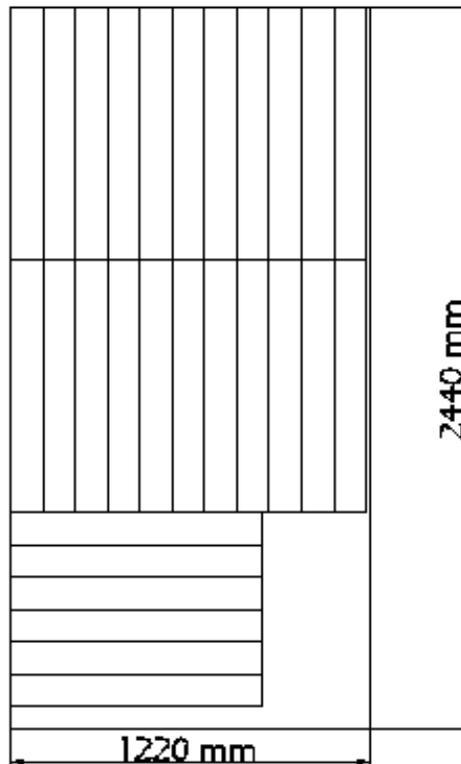
A continuación se visualiza como se realiza los cortes de cada uno de los perfiles dependiendo de la longitud que estos necesiten.



**Figura 6.13** Dimensiones después del corte en mm

**Fuente:** Carrocerías IMCE

**cortes para la base de 854mm  
de largo**



**Figura 6.14** Corte de la plancha para la base de 570 mm de largo

**Fuente:** Carrocerías IMCE

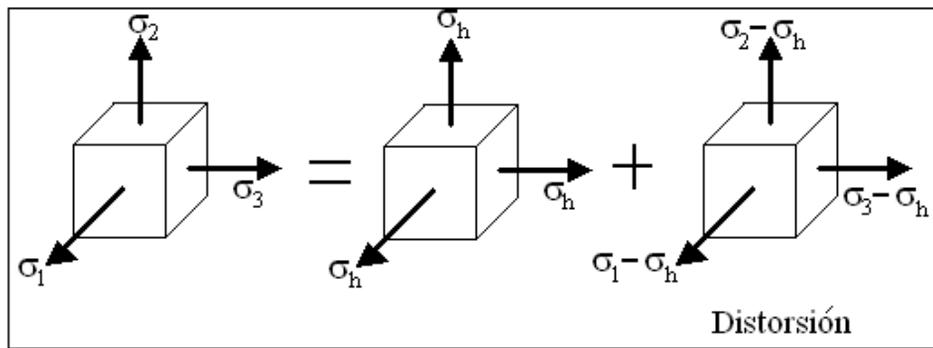
### 6.6.3 Análisis Cuasi-Estático

La estructura será analizada cuasi-estáticamente y está diseñada para soportar todo el peso de la carrocería, transmitida todas sus reacciones por medio de los anclajes, cabe mencionar que el transporte de pasajeros es para rutas nacionales y servicio interprovincial.

Mediante el método de elementos finitos y con la ayuda del programa de análisis estructural, será posible realizar la simulación y comprobación de la resistencia que proporciona la estructura. Aplicando todas las cargas que ocurren y que pueden ocurrir durante el funcionamiento, lo cual podría influir en posibles fallas de la estructura.

En adición los diferentes cálculos de cargas están en conformidad a la norma ecuatoriana NTE INEN 1323 segunda revisión 2014 vigente (Vehículos Automotrices. Carrocerías de Buses. Requisitos). Para iniciar el proceso de simulación se tiene que realizar el modelo de la estructura en forma tridimensional junto con sus apoyos o anclajes, manteniendo todas las cargas que se transmiten del análisis estructural de la carrocería a los anclajes, y estos a su vez se los transmiten a los pernos que están sujetos al bastidor del chasis. Asumiendo de esta manera que el chasis soporta las cargas ejercidas por la carrocería.

Con el análisis cuasi-estático se puede obtener valores tales como el esfuerzo Von Mises el cual nos da en MPa, los desplazamientos que nos da en mm, deformaciones unitarias y el factor de seguridad. Con la ayuda del programa de elementos finitos se puede realizar controles de mallado en las partes o piezas más complejas, obteniendo con esto resultados muy buenos y cercanos a la realidad. (Castro, 2005)



**Figura 6.15** Energía de distorsión

**Fuente:** Castro, 2005

Después de una serie de resolución matemática se tiene que la formula general para la energía de disposición y se la presenta a continuación.

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3} = S_y$$

$$\sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} = S_y$$

Entonces el esfuerzo de Von Mises se define como:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}$$

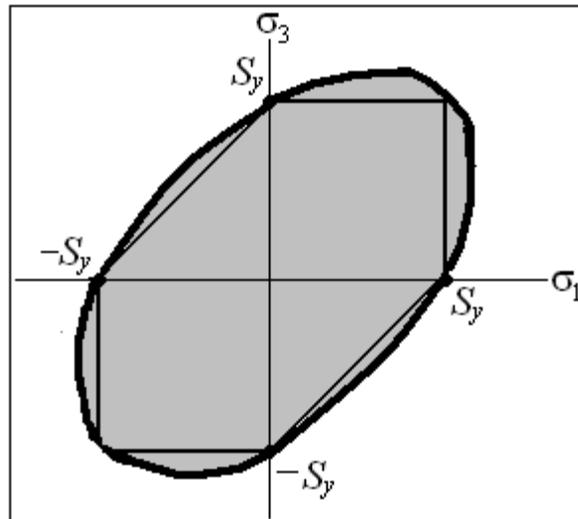
Y la falla se da cuando

$$\sigma' = S_y$$

En el caso bidimensional  $\sigma_2 = 0$  y el esfuerzo de Von Mises es:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3}$$

Para el caso bidimensional, en el plano  $\sigma_1 - \sigma_3$ , de forma gráfica la teoría de Von Mises se ilustra a continuación



**Figura 6.16** Representación gráfica de la teoría de la energía de la distorsión

**Fuente:** Castro, 2005

En este caso la falla ocurre cuando:  $\sqrt{3S_{sy}} = S_y$  (Castro, 2005)

## 6.7 Metodología

### Análisis estructural

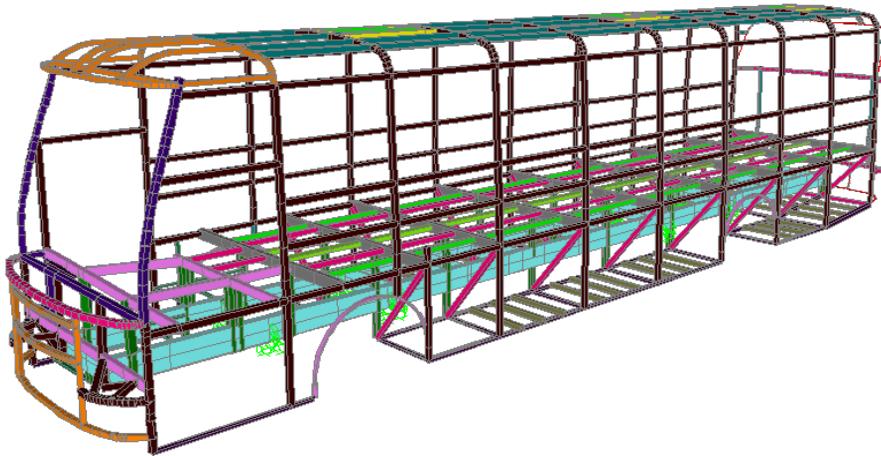
Para la realización del presente análisis estructural se tomó en cuenta los requerimientos de la norma NTE INEN 1323:2009 vigente (Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos) y el reglamento RTE INEN 043:2010 (Bus Interprovincial e Intraprovincial). En los cuales se incluyen las cargas necesarias que una carrocería en funcionamiento debería soportar sin que suceda ningún problema.

En secuencia a obtener los resultados se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- El material del cual está conformado la carrocería, debe ser de acero y por ende se lo considera en todo el estudio como un elemento elástico lineal.
- Las cargas se las aplicaran de forma distribuida o puntual, dependiendo del tipo de carga.

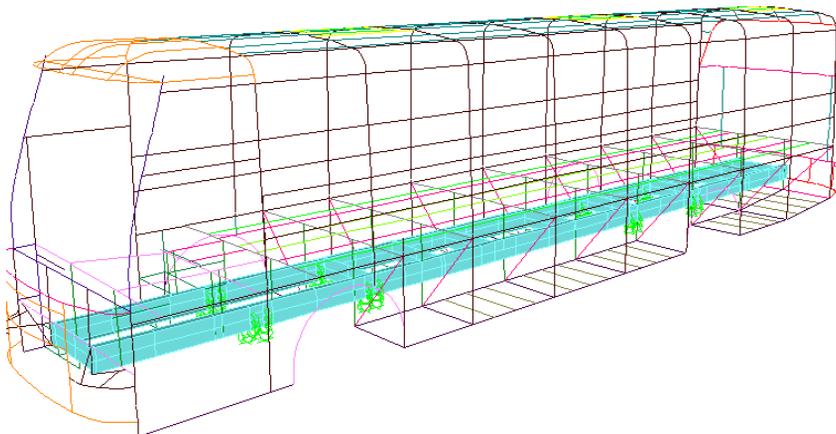
Para este caso de estudio se considera como acero estructural ASTM A36 a todos los elementos del cual está conformado la carrocería. Por otra parte el material del bastidor tendrá las mismas características con las cuales se ha venido trabajando en todo el documento.

A continuación se muestra el modelo a ser estudiado en tres dimensiones y el modelo unifilar de la carrocería.



**Figura 6.17** Modelo 3D

**Fuente:** El Autor



**Figura 6.18** Modelo Unifilar

**Fuente:** El Autor

## Combinaciones de cargas

Tomando como referencia la norma NTE INEN 1323 se tiene las cargas que se asume en la carrocería junto con sus respectivas combinaciones. Es entonces cuando la carrocería diseñada debe de resistir los esfuerzos determinados en relación a las combinaciones de cargas básicas de la ASD (Allowed Strength Design)

1.  $M$
2.  $M + V$
3.  $M + V + G$
4.  $M + V + F$
5.  $M + V + F + R_{AF}$
6.  $M + V + R_{AF}$
7.  $M + V + A_B$
8.  $M + V + A_B + R_{AF}$

Donde:

**Carga muerta (M):** Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

**Carga viva (V):** Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

**Carga por resistencia del aire frontal (Raf).** Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

**Carga de giro (G).** Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.

**Carga de frenado (F).** Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.

**Carga de aceleración brusca (Ab).** Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.

## Cargas de diseño

**Carga muerta (M):** Como se mencionó anteriormente es el peso estructural del acero multiplicado por un factor de mayoración lo que incluye: el peso de forros, asientos, parabrisas y demás accesorios que se hayan puesto en el bus.

- Peso del vehículo integral sin ocupantes: 10620,0 Kg
- Peso del chasis HINO AK: 5030,0 Kg
- Peso de la estructura: 2010,5 Kg

Calculo factor de mayoración

Factor de mayoración

$$= \frac{\text{Peso carrocería equipada sin ocupantes} - \text{peso chasis} - \text{peso de estructura}}{\text{peso de estructura}}$$

$$\text{factor de mayoración} = \frac{10620 - 5030 - 2010,5}{2010,5} = \frac{3579,5}{2010,5}$$

Factor de mayoración: 1,78

**Carga viva (V):** Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

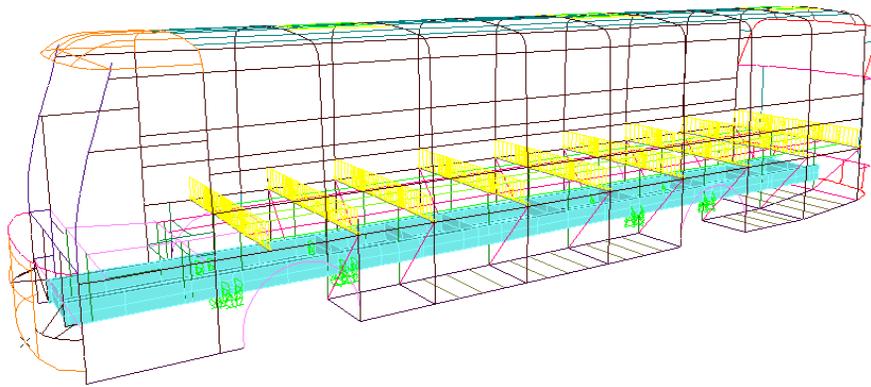
El Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 043:2010 define al bus interprovincial como un vehículo diseñado y equipado para viajes a largas distancias entre provincias y no lleva pasajeros de pie.

Se diseña la carrocería con chasis **HINO AK8JRSA** para una capacidad de 45 pasajeros sentados incluyendo el controlador y conductor.

**Tabla 6. 2** Carga Viva

**Fuente:** El Autor

NUMERO DE PASAJEROS SENTADOS	CANTIDAD DE PASAJEROS DE PIE	MASA DE UN OCUPANTE (KG)	TOTAL EN PLATAFORMA	MASA DE EQUIPAJE DE MANO (KG)	ESPACIO POR PASAJERO DE PIE (M2)	MASA EN BODEGAS (KG)	CARGA VIVA
				5			kg
45	0	70	3150	225	0,16	860	<b>4235</b>



**Figura 6.19** Distribución de la carga viva

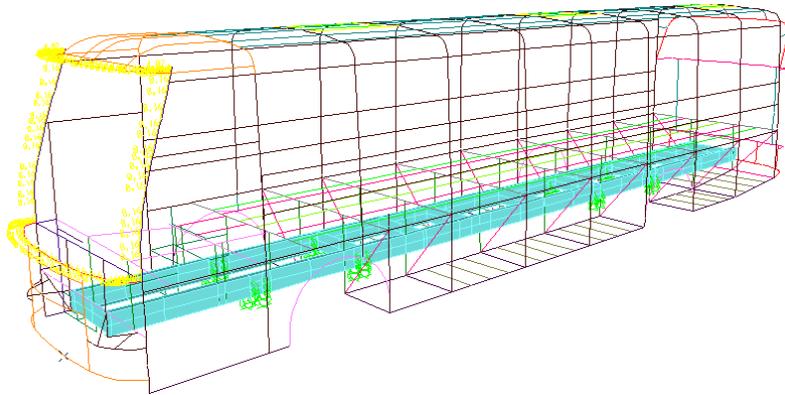
**Fuente:** El Autor

**Carga por resistencia del aire frontal ( $R_{af}$ ):** Corresponde a la fuerza producida por la velocidad relativa del viento y se la aplica como la fuerza de aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en el plano perpendicular a su eje longitudinal. Se asume una desaceleración mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$

$$R_{af} = \frac{C_x * \rho * A_f * V^2}{2}$$

$$R_{af} = \frac{0,7 * 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 7,73\text{m}^2 * \left(25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

Carga de Resistencia del aire total = 146,51 Kgf



**Figura 6.20** Carga de resistencia del aire

**Fuente:** El Autor

**Carga de giro (G):** Corresponde a la fuerza producida por el giro de la unidad y se calcula en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio a cierta velocidad.

Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2. Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera correspondiente a la INEN NTE 1323:5.1.1.2.

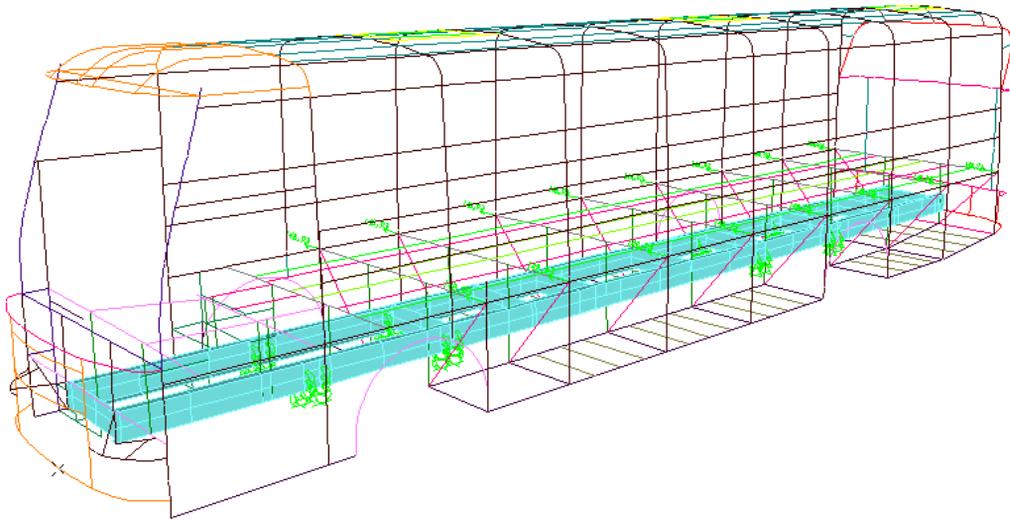
Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_g = PBV * \frac{V^2}{R}$$

$$F_g = 13700 \text{ kg} * \frac{\left(25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{350 \text{ m}}$$

$$F_g = 13700 \text{ kg} * \frac{9,8 \text{ m/s}^2}{9,8 \text{ m/s}^2}$$

Carga de Giro= 2496,36 Kgf.



**Figura 6.21** Carga de Giro

**Fuente:** El Autor

**Carga de frenado (F):** Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo. Se toma en consideración una desaceleración mayor o igual a 4 m/s.

Se calcula con la siguiente expresión

$$F = M \cdot a$$

$$F = \frac{13700 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m/s}}{9,8 \text{ m/m}^2}$$

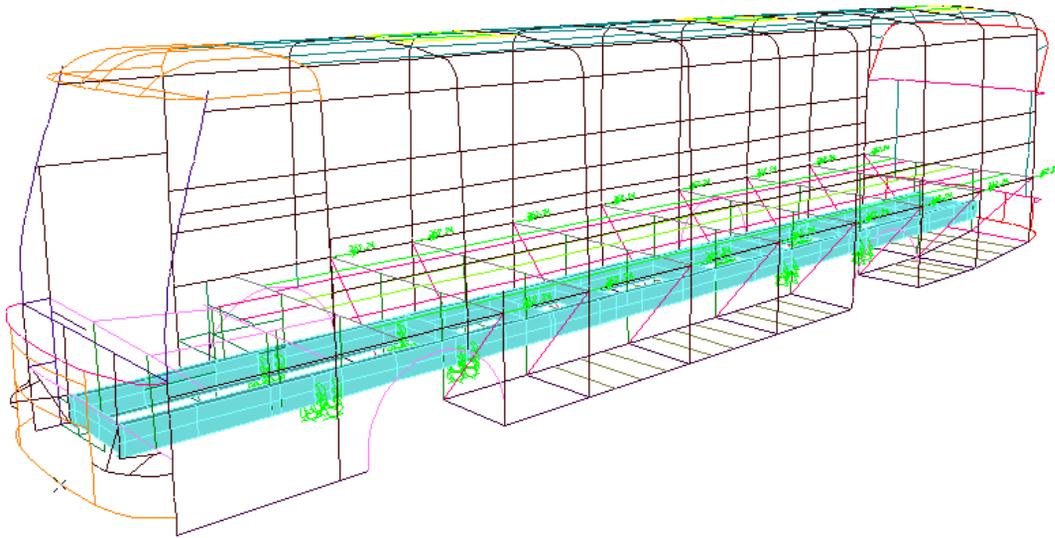
Donde:

F = Fuerza

M = Masa de la carrocería

a = Desaceleración

Carga de Frenado= 5591,84 Kgf



**Figura 6.22** Carga de Frenado

**Fuente:** El Autor

## Resultados del análisis

### Desplazamientos máximos

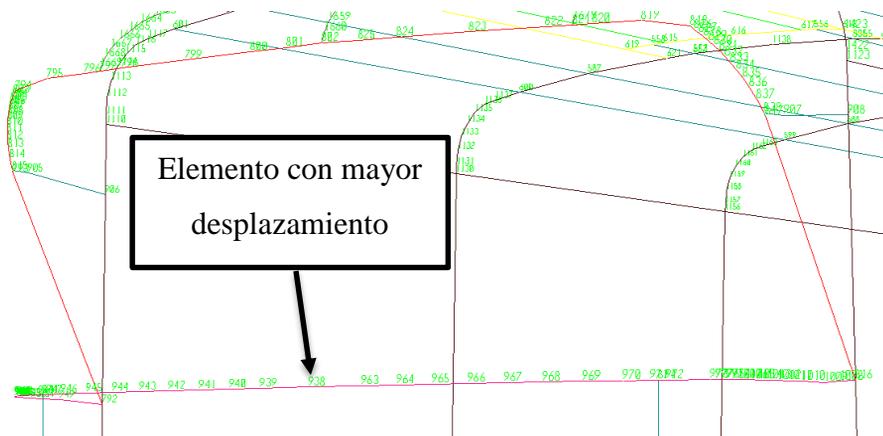
El desplazamiento máximo se encuentra en el tubo cuadrado de 40x40x3 el mismo que se lo utiliza en la parte frontal de la estructura y cuyo elemento se encuentra dentro de los límites de desplazamiento.

**Tabla 6.3** Desplazamientos Máximos

**Fuente:** El Autor

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	Def. Perm.
Text	Text	Text	cm	cm	cm	L/240
938	COMB5	Combination	0,383367	0,002579	-0,596787	1,25
938	COMB6	Combination	0,043714	0,011276	-0,382008	
938	COMB7	Combination	0,361203	0,002416	-0,581773	
938	COMB8	Combination	0,383367	0,002579	-0,596787	
939	DEAD	LinStatic	-0,006242	0,007839	-0,198647	
939	COMB1	Combination	-0,006242	0,007839	-0,198647	
939	COMB2	Combination	0,022628	0,011075	-0,366108	
939	COMB3	Combination	-0,013051	-0,03803	-0,327776	

Según la norma NTE INEN 1323, para cargas combinadas todos los componentes de la estructura de la carrocería deben alcanzar una deformación elástica iguales o menores a 1/240 veces su longitud. Por lo tanto el máximo desplazamiento se presente en el nodo 938 siendo igual a 0,5967 que corresponde al 45% del límite permisible.

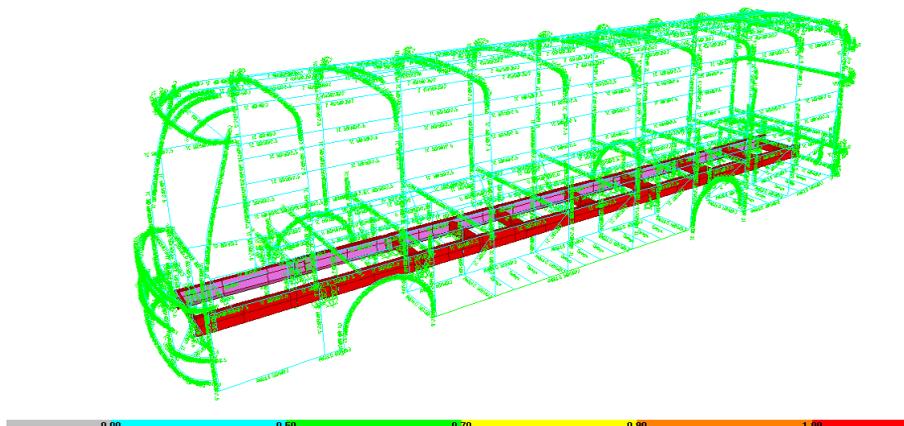


**Figura 6.23** Desplazamiento Máximo

**Fuente:** El Autor

### Verificación del estado tensional

En la figura 6.24 se muestra los estados de deformación para los estados de carga que se aplicaron y la resultante de las razones de los esfuerzos en condiciones extremas.



**Figura 6.24** Verificación del estado tensional

**Fuente:** El Autor

### Verificación del Elemento más Cargado

A continuación se muestra la tabla 6.3 en la cual se visualiza el elemento más cargado, siendo este el 103, un perfil en U de 50x15x2 de acero estructural ASTM-A36. Así también se muestra cual es combo más que produce que exista el elemento más cargado, el mismo que es el combo 5: M + V + F + Raf.

**Tabla 6.4** Elemento más cargado

**Fuente:** El Autor

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
102	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,036557	PMM	COMB5
103	CU 50X15X2	Column	No Messages	0,932746	PMM	COMB5
104	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,383086	PMM	COMB5
105	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,351979	PMM	COMB5
106	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,501694	PMM	COMB5
107	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,511058	PMM	COMB5
108	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,510849	PMM	COMB5
109	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,380209	PMM	COMB5
110	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,31629	PMM	COMB5
111	CU 50X15X2	Brace	No Messages	0,654148	PMM	COMB5

Como se puede visualizar la estructura soporta las cargas y combinaciones aplicadas y requeridas por la norma NTE INEN 1323 sin ningún problema, puesto que tiene un valor de razón de esfuerzos de 0,9327.

Para finalizar con la parte de la propuesta se hace un análisis entre lo que es costo y tiempos de producción al momento de fabricar un perfil en U por la empresa mismo, en relación con comprar un perfil prefabricado de una empresa externa.

Como pudimos observar el análisis cuasi-estático fue realizado con un perfil U comercial de medidas estándares de 80mmx40mmx6mm. El mismo tiene un costo actual de 40,20 dólares por unidad que se encuentra en el anexo D, además de que solamente requiere de una negociación previa para adquirir el producto sin demora lo cual no llevaría a tener tiempos de producción.

De las cuales se requieren 3 en toda su longitud para completar los anclajes en toda la carrocería de un bus. Saliendo un total de 120,60 dólares.

**Tabla 6.5** Costo de material estándar

**Fuente:** DIPAC

Material	Cantidad	Costo
Perfil en U de 80mmX40mmX6mm	3	120,6

Por otro lado si se utiliza un perfil en U fabricado en la empresa carrocera IMCE se estaría entrando en cuestión de tiempos de producción como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6.6** Tiempos de producción fabricación perfil en U

**Fuente:** Carrocería IMCE

OPERACIÓN		CORTE PERFIL U 6mm											TRABAJADORES			
TIEMPO ESTANDAR (horas)		0,019											T1	Principal		
TIEMPO BASE (min)		1,09											T2	Ayudante		
SUPLEMENTOS (min)		0,08											T3			
No.	ACTIVIDAD	DIAGRAMA / FOTOGRAFIA	PIE	AGACHADO	TENDIDO	LEV. PESO KG	PRECISO	MUY PRECISO	INT. FUERTE	TONO ALTO	EFICIENCIA	Tiempo (min)	trabajador	Trabajador	Suplemento	TIEMPO (min)
1	Tomar perfil U almacenado en coche y colocar en mesa base de cortadora TARGET. Medir longitud y marcar.		2								0,98	0,31	T1	T2	0,01	0,30
2	Posicionar perfil U en base de maquina cortadora de disco TARGET, accionar el corte. Disponer el perfil cortado		2								0,98	0,80	T1	T2	0,016	0,78



Como se puede observar el costo a construir un perfil en U en la empresa IMCE en relación a la adquisición de otro mediante un distribuidor es mayor y se recomienda la utilización de un distribuidor para abaratar costos y reducir tiempos de producción mejorando de esta manera la producción de la empresa que es lo que todo propietario busca.

## 6.8 Administración

A continuación se detallan mediante una tabla los costos que fueron necesarios para ejecutar el estudio.

**Tabla 6.8** Análisis Económico

**Fuente:** El Autor

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
Computadora	1	300
Ensayos	4	600
Probetas	30	400
Material de oficina		200
Internet		50
Transporte		100
Imprevistos (10%)		165
Total		1815

## 6.8 Previsión de la evaluación

Una vez finalizado la presente investigación, la misma que se la realizo en la empresa Industria Metálica Cepeda. Se aconseja tener muy en cuenta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el presente trabajo, tanto en futuras construcciones así como en otras investigaciones que se den con respecto a este tema.

Una vez finalizado la presente investigación se determina que el tipo de anclaje para unir la carrocería junto con el chasis Hino AK8JRSA que mejor soporta es perfil en U, el mismo que se encuentra ocupando la empresa pero en distintas dimensiones al analizado.

## BIBLIOGRAFÍA

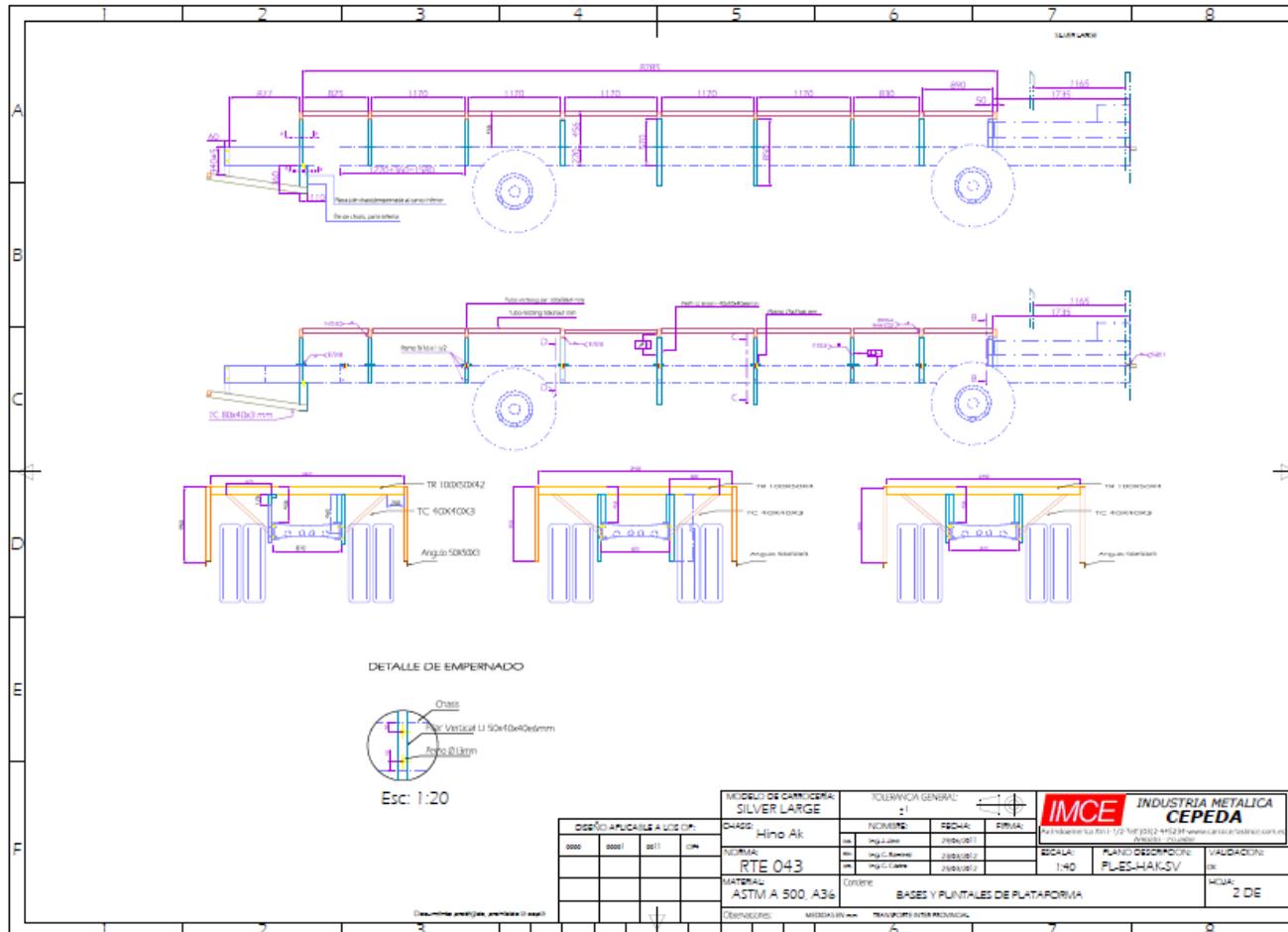
1. Acosta, I. B. (2001). *DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA NUEVA TÉCNICA DE ENSAYO NO DESTRUCTIVO, BASADA EN EL POTENCIAL TERMOELÉCTRICO, PARA EL CONOCIMIENTO DEL ENVEJECIMIENTO DE LOS ACEROS DE VASIJA DE REACTORES NUCLEARES*. Madrid.
2. Agencia Nacional de Tránsito. (25 de Septiembre de 2013). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/transito-12/documentos-del-proceso/file/1786-listado-de-empresas-fabricantes-de-carrocerias-autorizadas-por-ant-23-09-13>
3. Andrade Luis, M. P. (2012). *Estudio del diseño de una carrocería con análisis de esfuerzos estáticos y dinámicos de un autobús de la marca patricio cepeda calificada con norma iso 9001-2008 mediante la aplicación de un software para el cálculo de las fuerzas*. Latacunga .
4. Argoti Vera, J. J., & Pozo Sofla, E. R. (2010). *Diseño de una plataforma para ensayo de vuelco de carrocerías para autobuses segun el RTE-INEN 1323*. Riobamba .
5. Arroba, C. (2013). *Estudio del comportamiento mecánico de una sección de la superestructura del autobús interprovincial marca Miral Infiniti en chasis Hino Ak sometida a volcadura, mediante los programas Ansys Ls-Dyna y su incidencia en el espacio de supervivencia*. Ambato.
6. Askeland, D. R. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. Missouri.
7. Atacusi, B. (2013). *Estudo del tratamiento térmico de normalizado en el hierro fundido gris y su incidencia en la dureza y la resistencia*. Ambato.
8. Carnicero, A. (2007). *Introducción al Método de Elementos Finitos*.
9. Castro, C. A. (2005). *Teoria de fallas bajo cargas estaticas*.
10. Cepeda, J. (2006). *Análisis Del Comportamiento Mecánico Del Sistema Estructural Del Autobús Feline Para La Empresa Carrocera Miral Buses*.

11. Coronel, T. P. (2010). *Diseño de una estructura de carrocería de bus por software de computador bajo normas técnicas internacionales*. Cuenca .
12. Coronel, T. P. (2010). Incidencia del uso de un chasis de carga en el transporte masivo de pasajeros, propuesta de normalización . Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca .
13. Frank, G., Eichhorn, J., Leonardi, B., Gennaro, S., & Bruno, A. (2009). *ANÁLISIS DINÁMICO DE UN CHASIS DE SEMIRREMOLQUE DE SERVICIO PESADO*. Tandil, Argentina.
14. Guijarro, A. (2010). *Análisis de la rigidez de la estructura de un autobús real utilizando la técnica de análisis dimensional*. Madrid.
15. Ing. Pezzotti S., I. A. (2007). *Introducción a la Teoría de Elementos Finitos* . La Plata .
16. Ltd, H. M. (2010-2012). *Manual de Montaje de Carrocería Modelo AK8JRSA*. Tokio.
17. Marco Orozco, J. V. (2005). *Diseño de una estructura de carrocería de bus por software de computador bajo normas técnicas internacionales*. Latacunga.
18. Orozco Salcedo, M. A., & Velásquez Benalcázar, J. C. (2005). *DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERÍA DE BUS POR SOFTWARE DE COMPUTADOR BAJO NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES*. Latacunga.
19. Parra , J., Ríos , R., Mantilla, D., & Rojas, R. (2007). ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO BAJO CARGA DE UN CHASIS PARA TRANSPORTE DE PASAJEROS POR MEDIO DE LA TECNOLOGIA DE ELEMENTOS FINITOS EN LA EMPRESA EQUITEL CUMANDES S.A.
20. Pérez, D. E. (2011). *ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BUS URBANO ENTRADA BAJA DE ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1323 PARA INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA PICOSA*. Ambato.

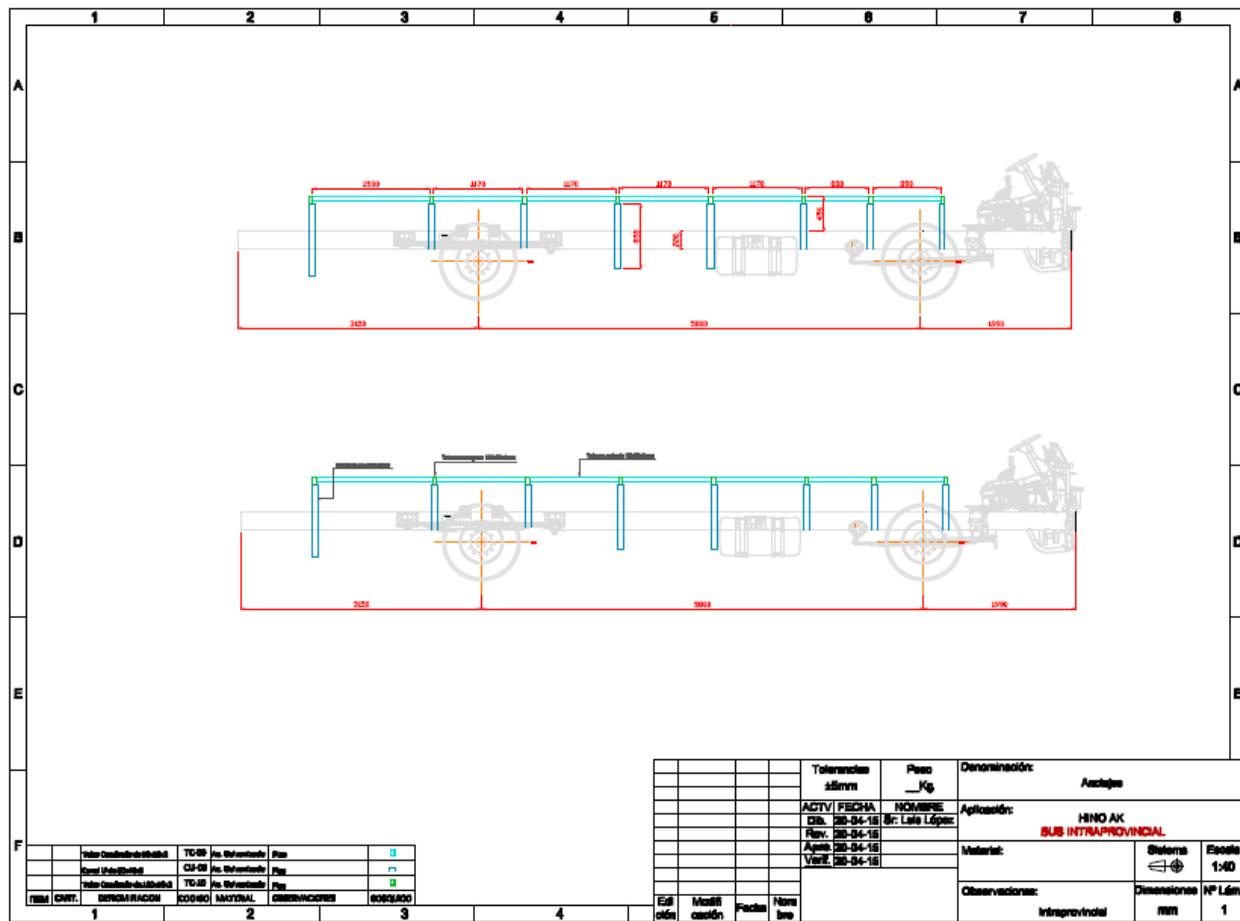
21. Pocajt, P. D. (1999). *Total Materia* . Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de <http://www.keytometals.com>
22. Simbaña, C. (2007). *Estudio de fatiga en ciclos altos en el acero AISI 1045 para determinar la ocurrencia de falla cumpliendo normas ASTM E-606*. Ambato.

# ANEXOS

# Anexo A



# Anexo B



# Anexo C



## esPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECANICA  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

### ENSAYO DE FATIGA

**MATERIAL ENSAYADO:** ALEACIONES JAPONESA (SAPH 440)

**SOLICITADO POR:** LUIS DAMIAN LOPEZ PAZMIÑO

**OBRA:** TESIS (INGENIERIA MECANICA)

#### RESULTADOS DEL ENSAYO:

No	CARGA (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/mm <sup>2</sup> )	REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM)	TIEMPO DE VIDA (HORAS)	TIPO FRACTURA
1	2	5,6	1,195	1689	00:01:56:712	Picos pronunciados
2	2	6	0,971	1145	00:01:30:567	Picos pronunciados
3	2	6,1	0,971	4961	00:03:23:760	Picos pronunciados
4	2	5,8	1,022	33715	00:09:28:860	Picos pronunciados
5	2	6,3	0,839	31467	00:08:50:690	Picos pronunciados
6	2	5,9	1,023	28900	00:06:14:128	Picos pronunciados

Riobamba, 25 de Septiembre 2014

OBSERVACIONES: Los Ensayos Realizados de Fatiga son de acuerdo a la Norma ASTM E606

Aprobado por:

Asis.  William O. Lemacho Velarde

ASISTENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
DE RESISTENCIA DE MATERIALES



# Anexo D



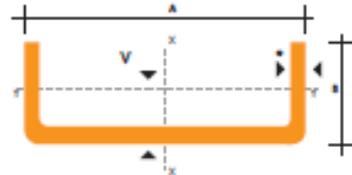
**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

CANALES "U"

## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

### Especificaciones Generales

- Norma:** INEN 1 623: 2000
- Otras calidades:** Previa consulta
- Largo normal:** 6mts
- Otros largos:** Previa consulta
- Espesores:** Desde 1.5mm hasta 12mm
- Acabado:** Natural
- Otro acabado:** Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
40	25	2	7.06	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.60	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	81.50	12.30	3.59	9.72	2.55	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.30	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.06	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

También en galvanizado e inoxidable



# Anexo F



## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 323:2009**  
**Primera revisión**

---

### **VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES REQUISITOS.**

**Primera Edición**

**ROADVEHICLES BUS BODIES REQUIREMENTS**

**First Edition**

---

DESCRIPTORES: ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos  
MC 01.01-401  
CDU: 629.11.011.6  
CIIU: 3843  
ICS: 43.020.60

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</p>	<p><b>VEHÍCULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES.</b> <b>REQUISITOS</b></p>	<p><b>NTE INEN</b> <b>1 323-2009</b> Primera Revisión <b>2009-02</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional. (Ver nota 1).</p> <p>2.2 Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de la presente NTE INEN se adoptan las definiciones establecidas en las NTE INEN ISO 3833 vigente, NTE INEN 1 155 vigente, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Carga de aceleración brusca (<math>A_b</math>)</i>. Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.</p> <p>3.1.2 <i>Carga de frenado (F)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.</p> <p>3.1.3 <i>Carga de giro (G)</i>. Corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.</p> <p>3.1.4 <i>Carga por Resistencia del Aire frontal (<math>R_{af}</math>)</i>. Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.</p> <p>3.1.5 <i>Carga muerta (M)</i>. Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.</p> <p>3.1.6 <i>Carga viva (V)</i>. Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.</p> <p>3.1.7 <i>Carrocería</i>. Conjunto de estructura, elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas.</p> <p>3.1.8 <i>Carrocería autoportante</i>. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.</p> <p>3.1.9 <i>Bastidor o chasis</i>. Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).</p> <p>3.1.10 <i>Espacio de supervivencia</i>. Es el volumen que se obtiene en el compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal indicado en la figura 1, de manera que se pase el punto <math>S_R</math> de la figura 2 desde el punto <math>S_R</math> del último asiento exterior a través del punto <math>S_R</math> de cada asiento exterior intermedio hasta el punto <math>S_R</math> del primer asiento exterior del ocupante.</p> <p><b>NOTA 1.-</b> La definición de buses de acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-9989 - Baños de San Carlos - Píezama - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

## 5. REQUISITOS

## 5.1 Estructura de las carrocerías de buses

5.1.1 Cargas de Diseño. Para el análisis cuasi estático de la estructura de la carrocería se aplicarán las cargas especificadas en el presente numeral.

5.1.1.1 Cargas vivas. Se determinarán de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1. Cargas vivas de diseño.

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m <sup>3</sup> )
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e Institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intra provincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

5.1.1.2 Carga de Giro (G). Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al ingresar el vehículo en una curva de determinado radio de giro y a cierta velocidad. Esta fuerza centrífuga deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del bus a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establece en función de la tabla 2.

TABLA 2.- Velocidades, radios mínimos y peraltes en carretera. (Ver Nota 5)

Velocidad (del vehículo) (km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)	Peralte (%)	
80	250	8	
85	300		
90	350		
95	400		
100	450		
105	500		
110	550		
115	600		
120	700		
125	800		7,51
130	900		6,97
135	1050	6,25	
140	1250	5,49	
145	1475	4,84	
150	1725	4,29	

NOTA 3.- De acuerdo a la NTE INEN ISO 3833 vigente y al Reglamento de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre vigente.

NOTA 4.- Vol.- Volumen de las bodegas portaequipajes en m<sup>3</sup>

NOTA 5.- Tabla determinada al documento Norma 3.14C

(Continúa)

5.1.1.3 Carga de frenado (F). Se asume una desaceleración mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$  (ver Nota 6).

5.1.1.4 Carga de aceleración brusca ( $A_b$ ). Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

5.1.1.5 Carga por resistencia del aire frontal ( $R_w$ ). Se la aplicará como la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = (1/2) \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2$$

Donde:

$R_w$  = Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).

$\rho$  = Densidad del aire, en ( $\text{kg/m}^3$ ).

$V$  = Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).

$A_f$  = Área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal, en ( $\text{m}^2$ ).

$C_x$  = Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7)

5.1.2 *Combinaciones de cargas básicas.* Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base al menos a las siguientes combinaciones de cargas básicas:

5.1.2.1 Según método ASD (Allowable strength design)

- 1: M
- 2: M + V
- 3: M + V + G
- 4: M + V + F
- 5: M + V + F +  $R_w$
- 6: M + V +  $R_w$
- 7: M + V +  $A_b$
- 8: M + V +  $A_b$  +  $R_w$

5.1.2.2 Según método LRFD (Load resistance factor design)

- 1: 1,4M+V
- 2: 1,2M + 1,6V + 0,5G
- 3: 1,2M + 0,5V + 1,6G
- 4: 1,2M + 1,6F + 0,8  $R_w$
- 5: 1,2M + 0,5 V+ 0,5F+ 1,3 $R_w$
- 6: 1,2M +1,5 $A_b$  +0,5V
- 7: 0,9M – 1,3 $R_w$
- 8: 0,9M + 1,3 $R_w$

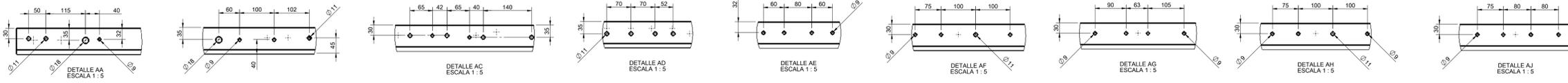
5.1.3 *Factores.* Los factores a utilizarse según el método ASD o LRFD serán los indicados en: Specification for Structural Steel Buildings (AISC) y North American Specification for the design of Cold Formed Steel-Structural Members (AIS).

5.1.4 Las cargas combinadas, según los dos métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

NOTA 5. De acuerdo con el Ensayo del Tipo D con motor embragado para vehículos clase N de la DIRECTIVA 98/12/CE DE LA COMISIÓN EUROPEA, Anexo 2, Ensayos de frenado y rendimiento de los dispositivos de frenado.

(Continúa)

**Anexo G**  
**PLANOS**



DETALLE AB  
ESCALA 1:5

DETALLE AC  
ESCALA 1:5

DETALLE AD  
ESCALA 1:5

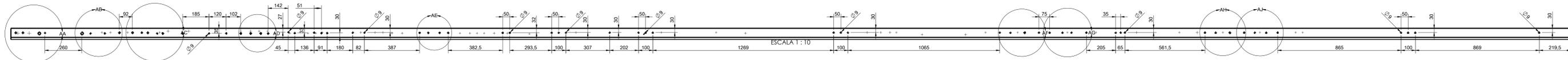
DETALLE AE  
ESCALA 1:5

DETALLE AF  
ESCALA 1:5

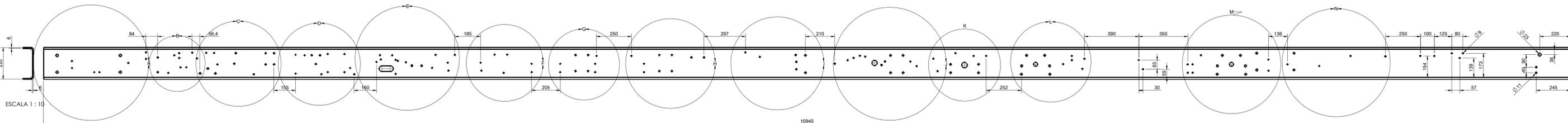
DETALLE AG  
ESCALA 1:5

DETALLE AH  
ESCALA 1:5

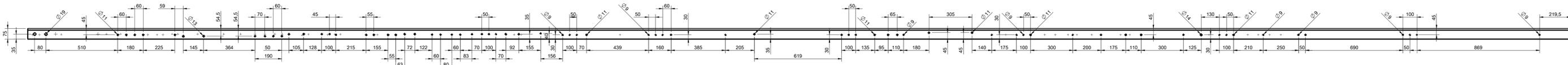
DETALLE AJ  
ESCALA 1:5



ESCALA 1:10

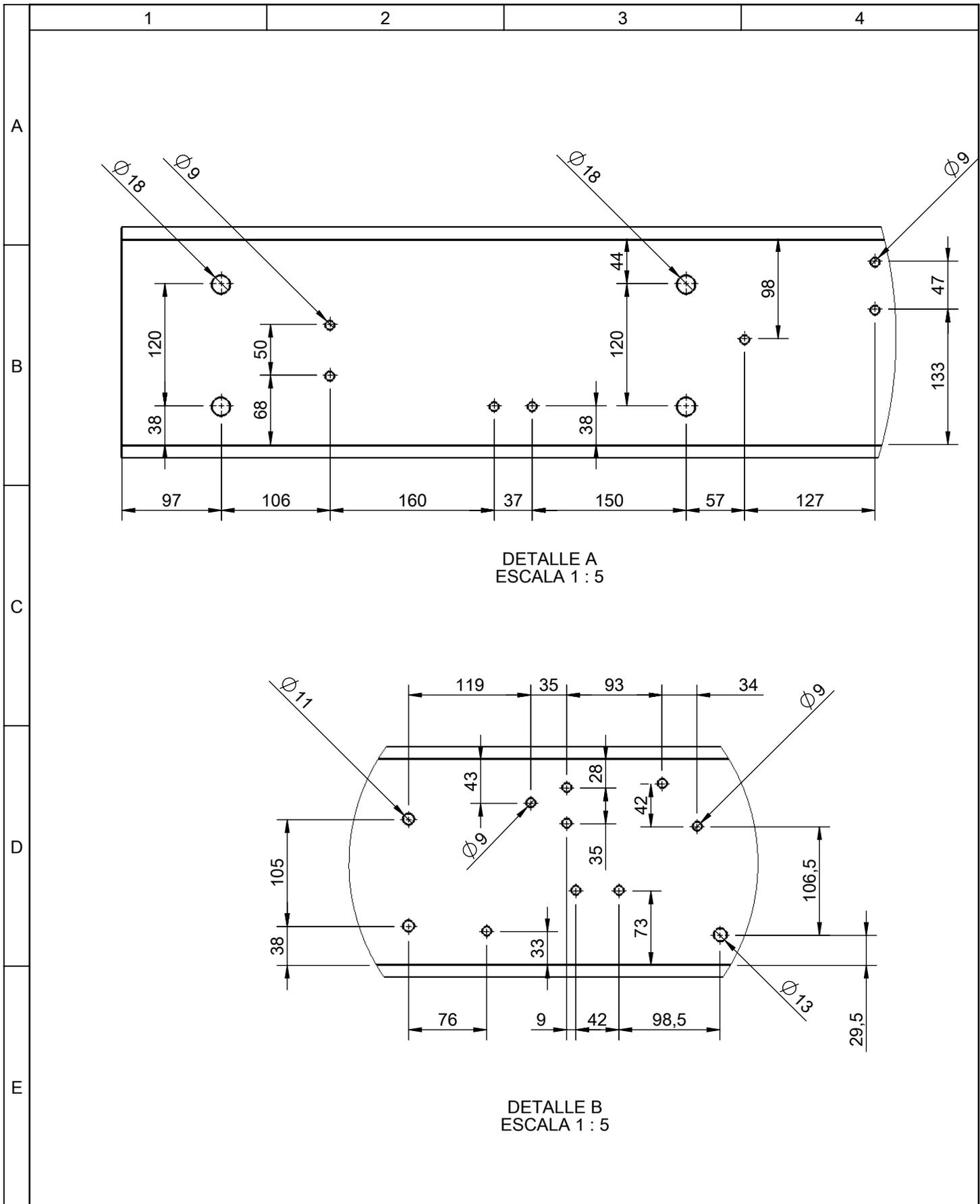


ESCALA 1:10



ESCALA 1:10

Tolerancia	(Peso)	Materiales:	Escala:
±0.5	164.2 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
Fecha	Nombre	Denominación:	1:10
09/02/15	Eng. López G.	<b>BASTIDOR IZQUIERDO</b>	
Revisó	09/02/15	Ing. López G.	Número del dibujo: 01 de 37
Aprobó	09/02/15	Ing. López G.	
UTA		Ing. Mecánica	(Sustitución)

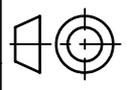


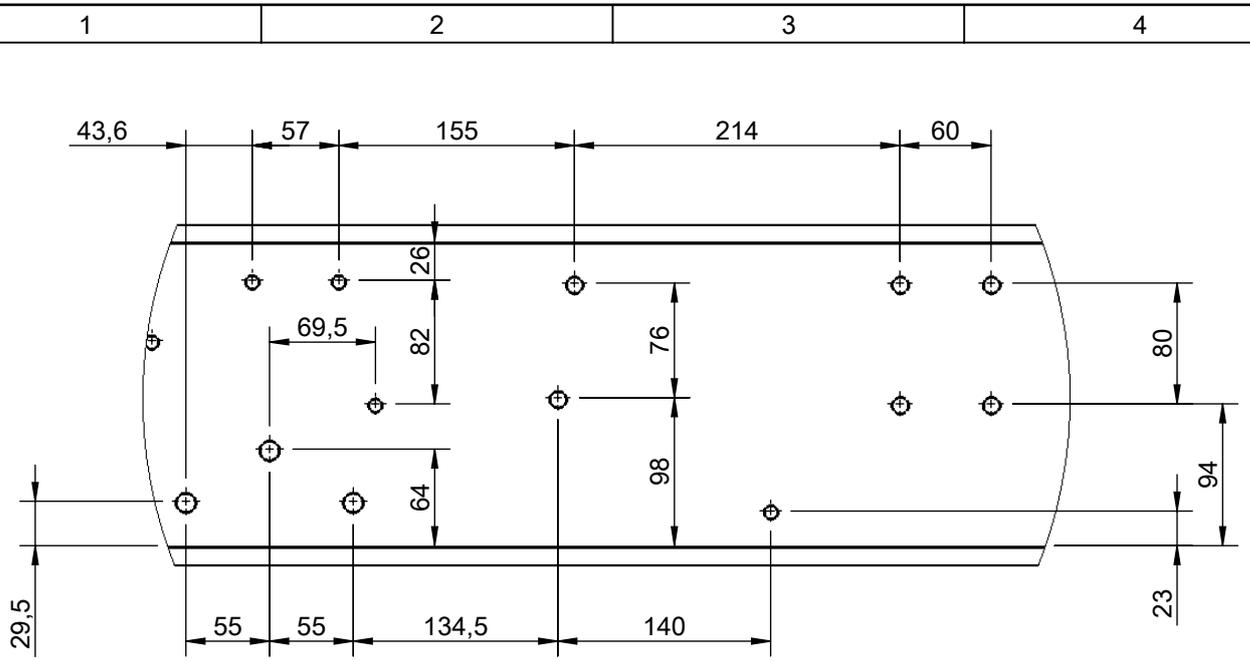
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

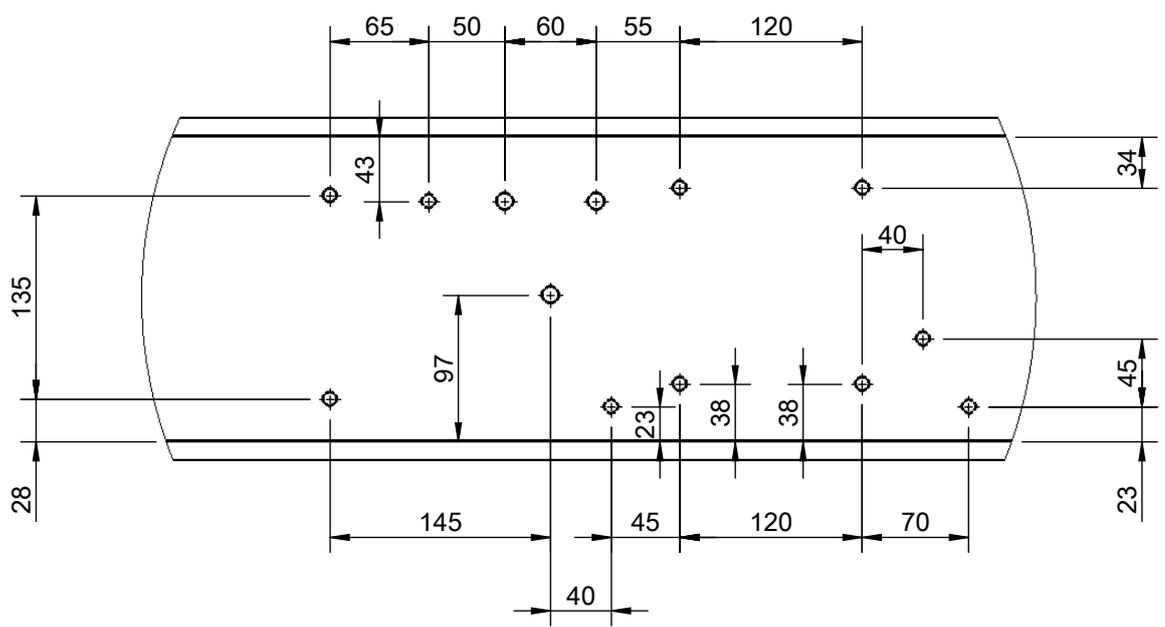
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.			
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.			
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:5	
				UTA		Número del dibujo:		02 de 37
				Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

# Detalle Bastidor Izq.



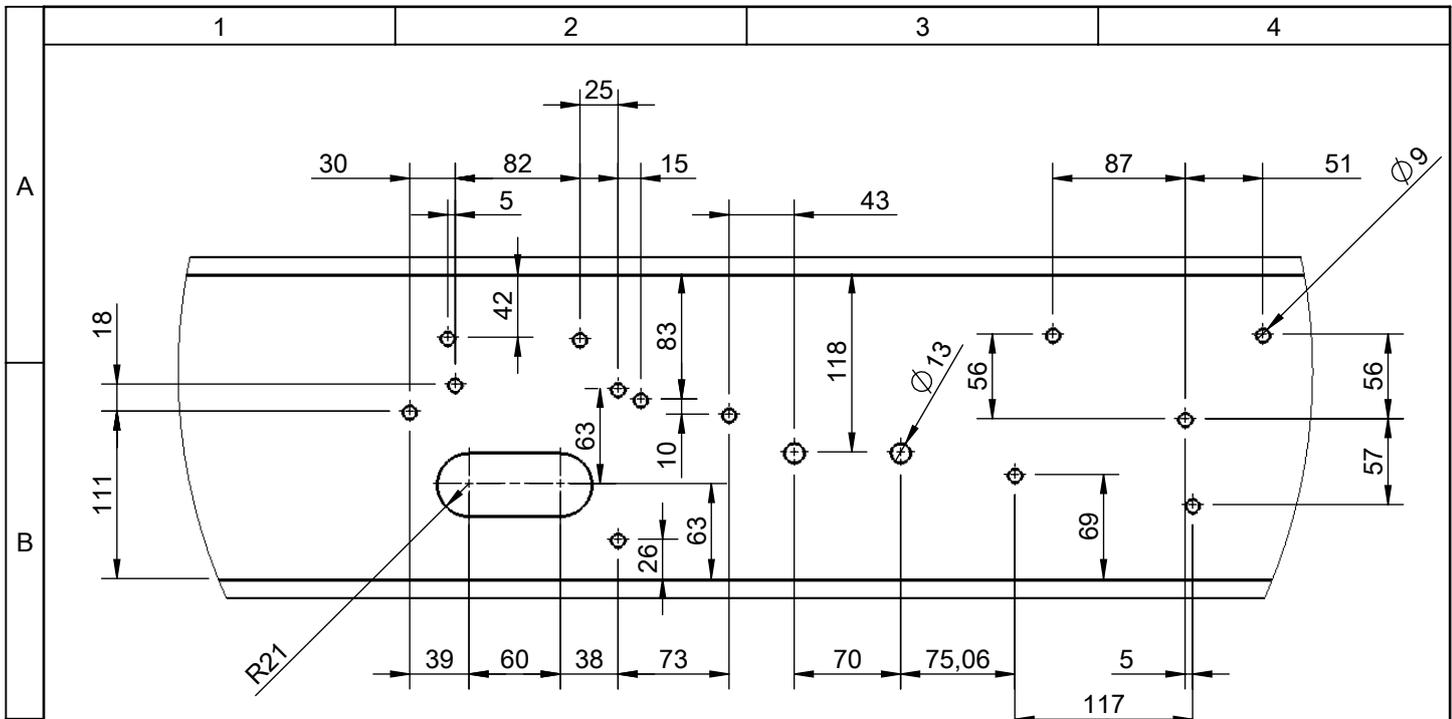


DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

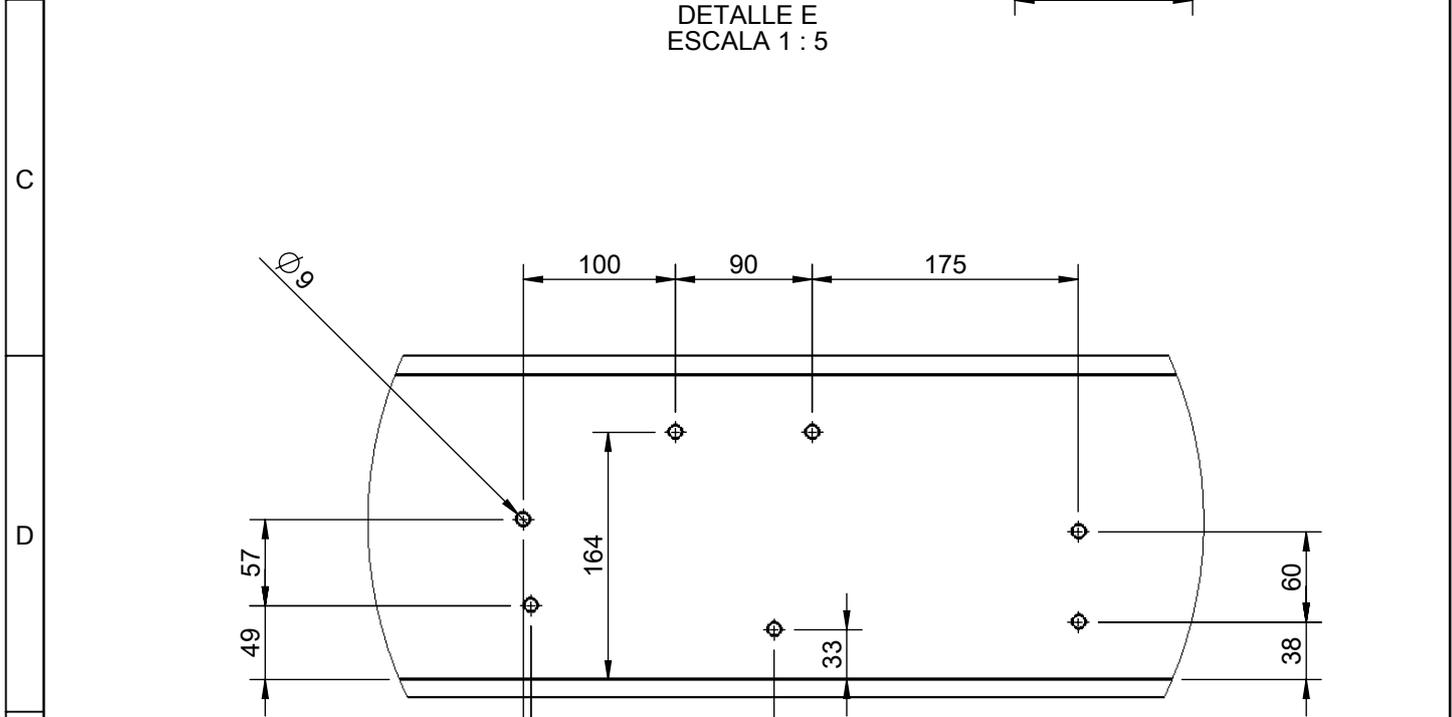


DETALLE D  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Detalle Bastidor Izq.</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

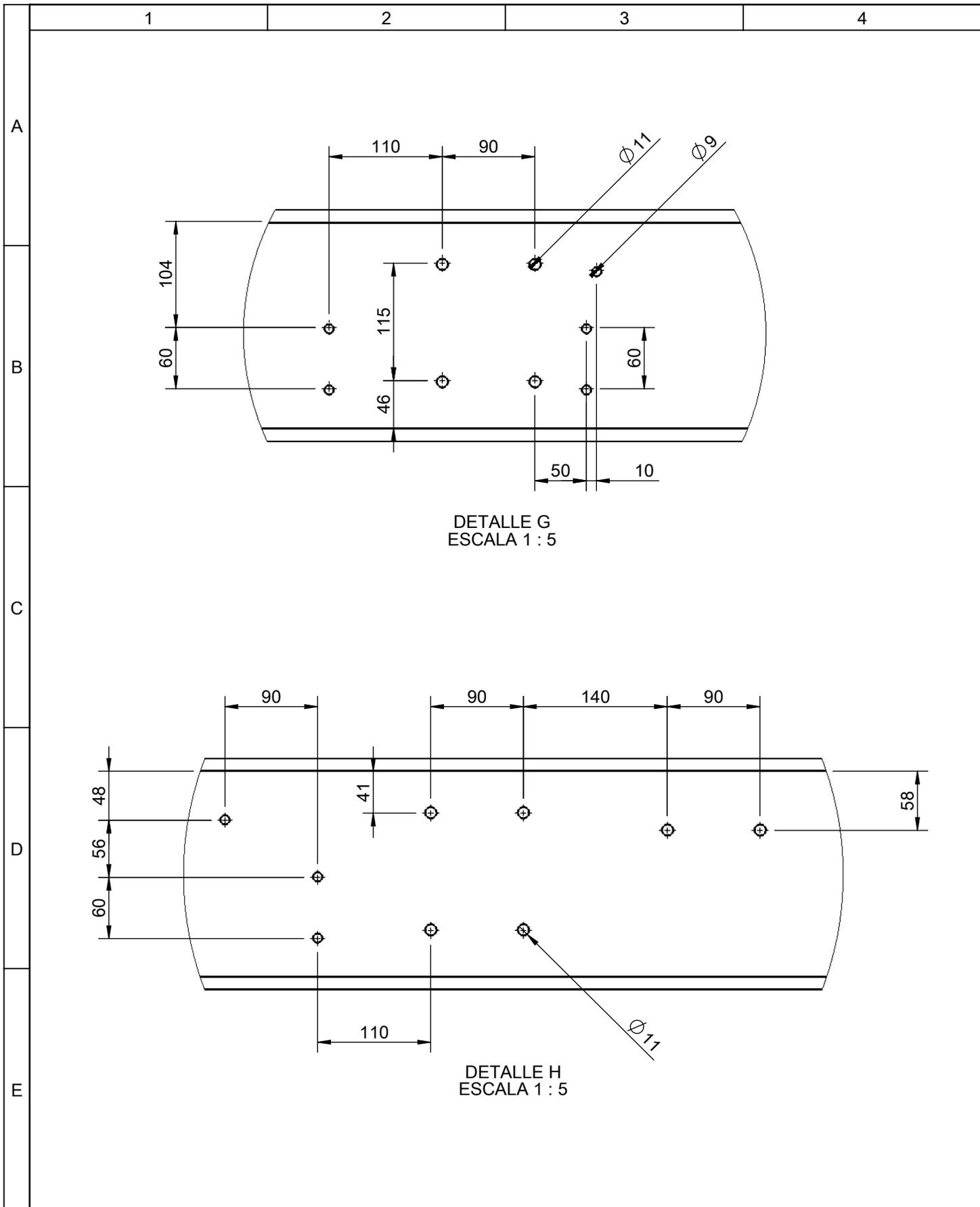


DETALLE E  
ESCALA 1 : 5



DETALLE F  
ESCALA 1 : 5

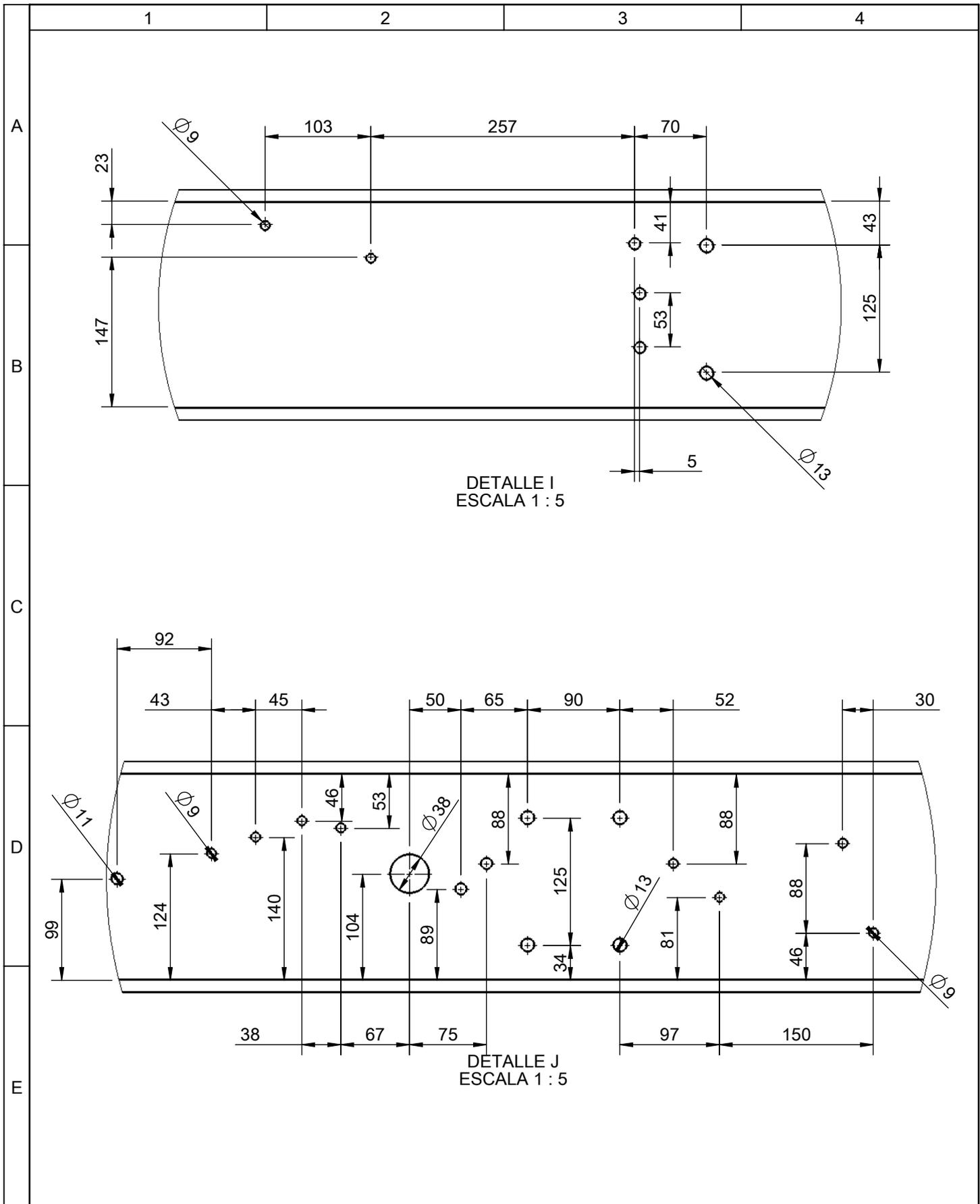
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.	<h2 style="text-align: center;">Detalle Bastidor Izq.</h2>	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE G  
ESCALA 1 : 5

DETALLE H  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.	Detalle Bastidor Izq.	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

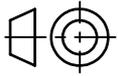


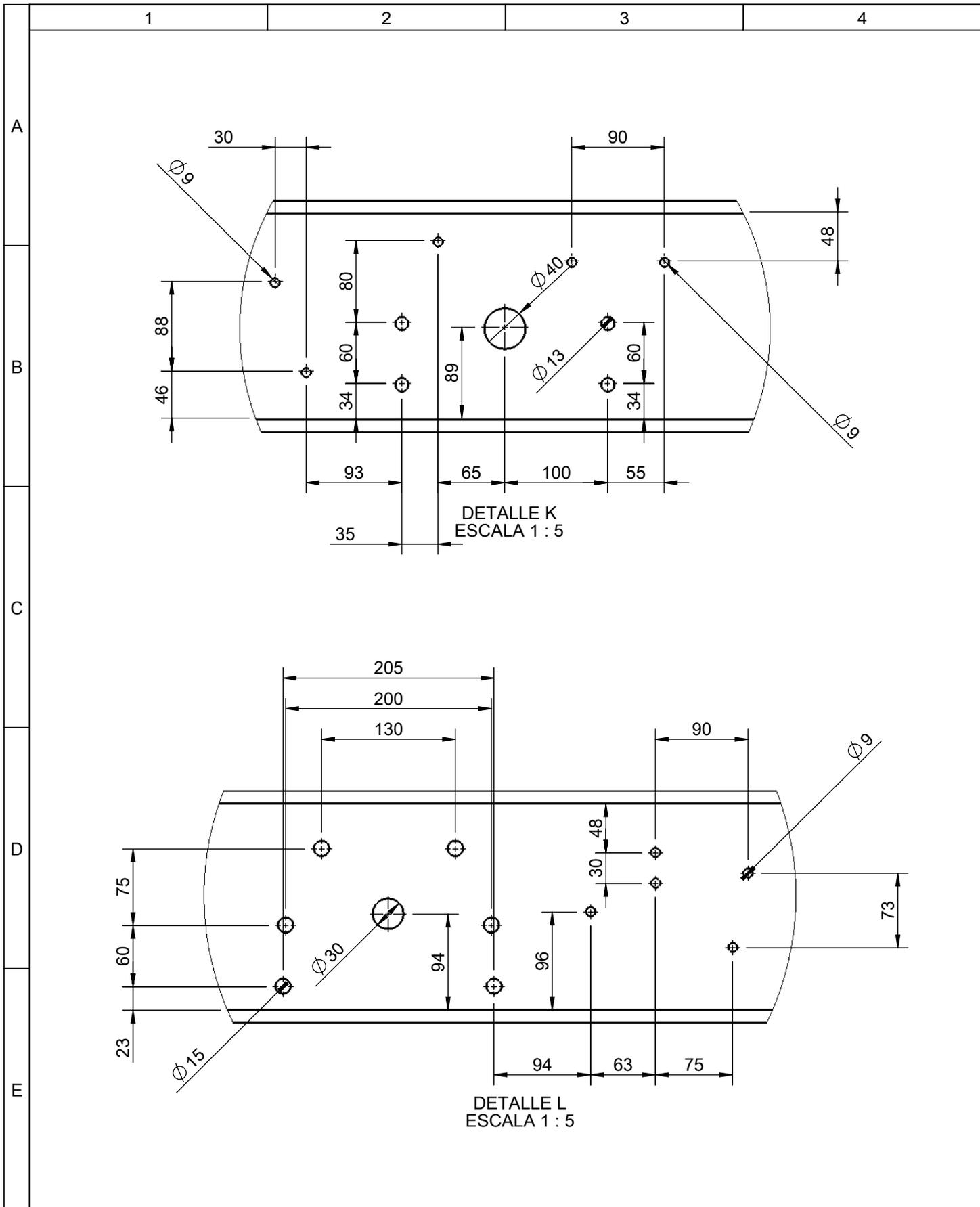
DETALLE I  
ESCALA 1 : 5

DETALLE J  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:5
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

**Detalle Bastidor Izq.**



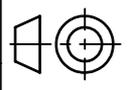


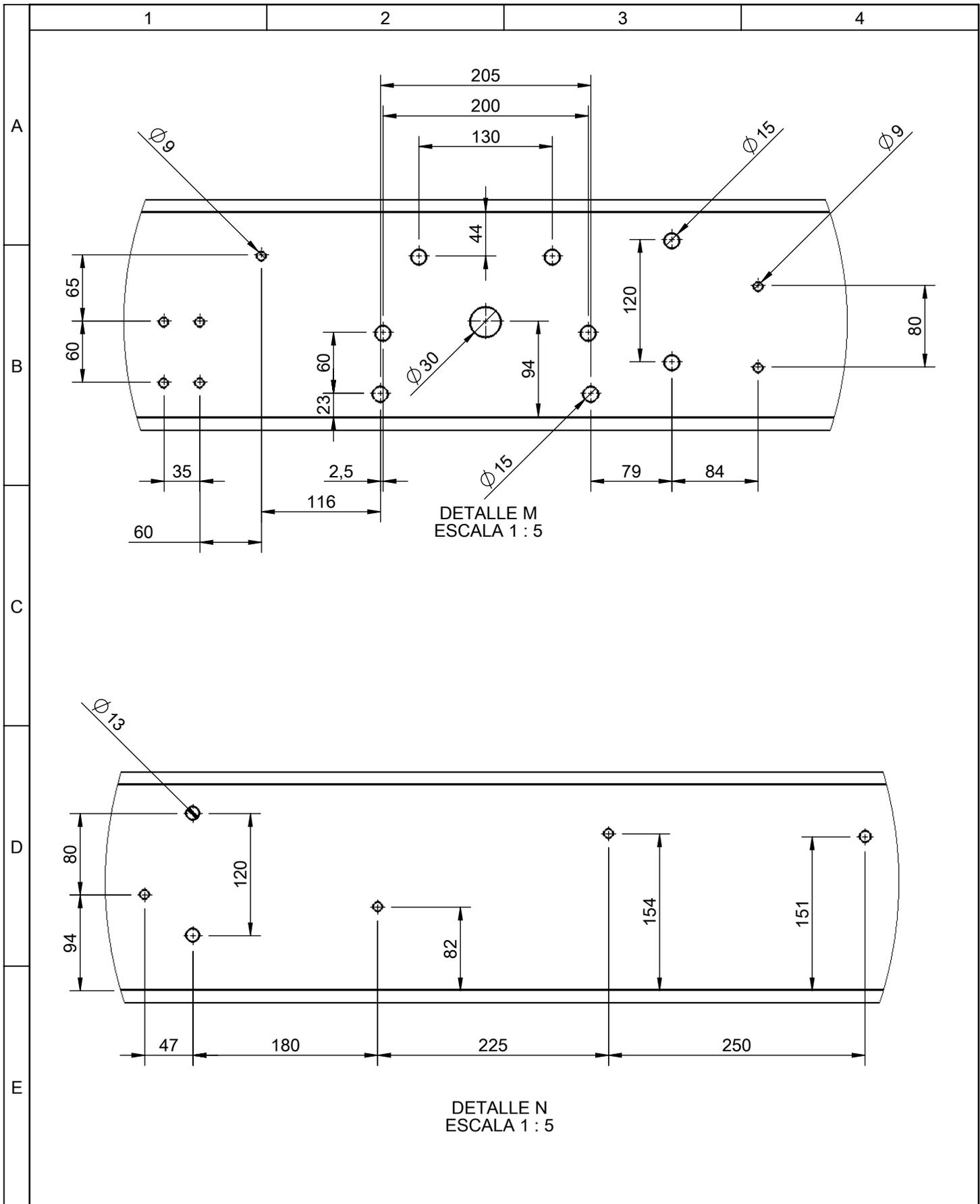
DETALLE K  
ESCALA 1 : 5

DETALLE L  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.			
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.			
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:5	
				UTA		Número del dibujo:		07 de 37
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)		

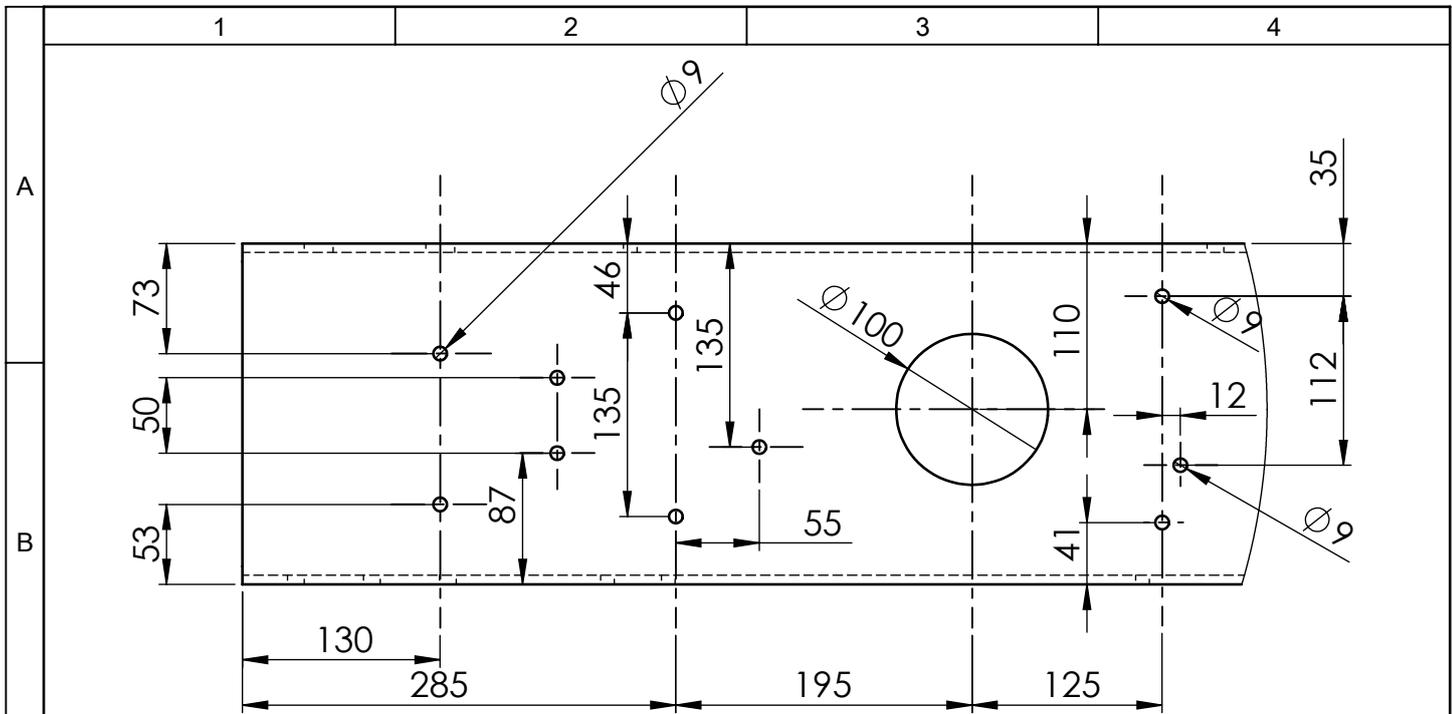
# Detalle Bastidor Izq.



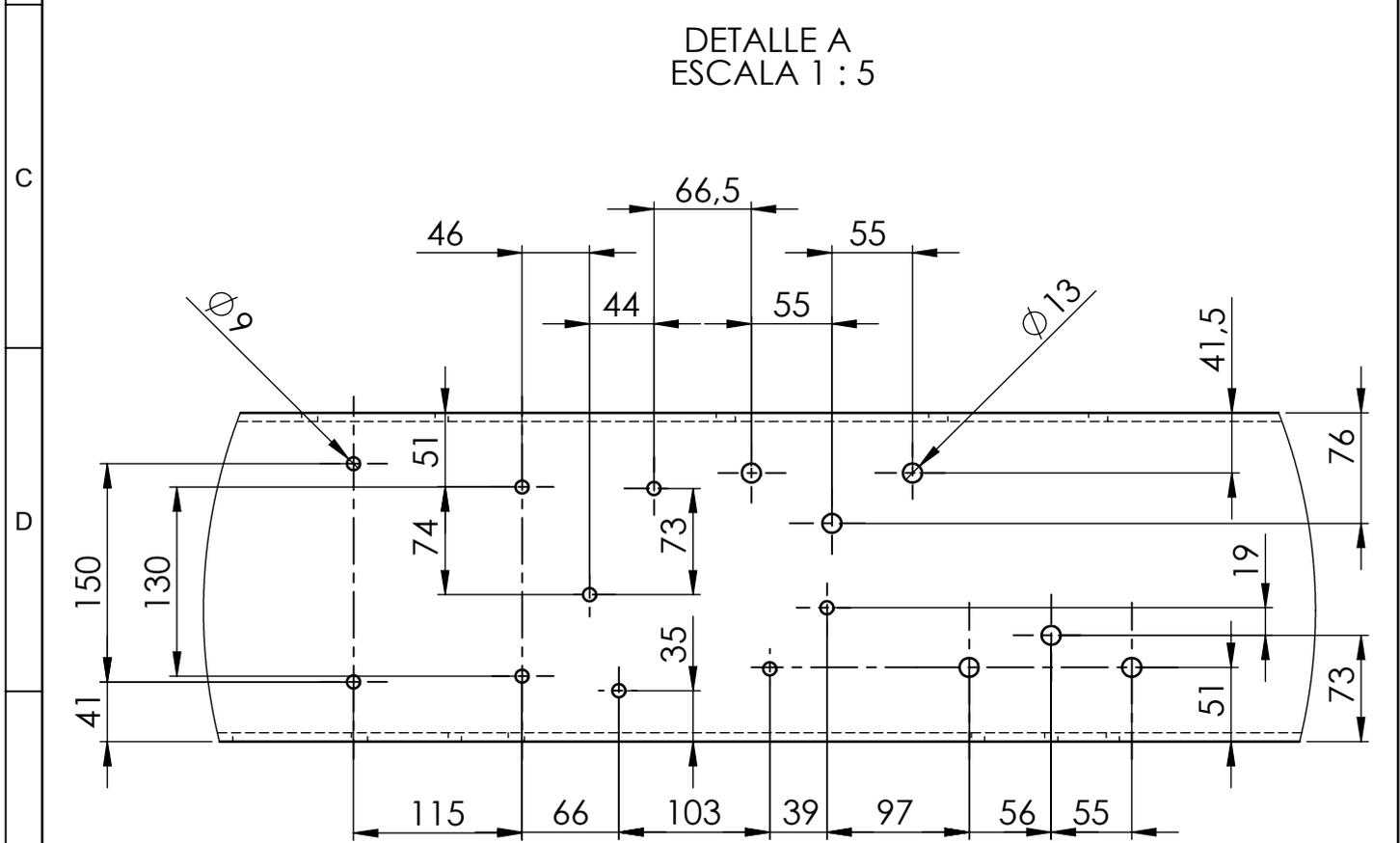


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.	<b>Detalle Bastidor Izq.</b>	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





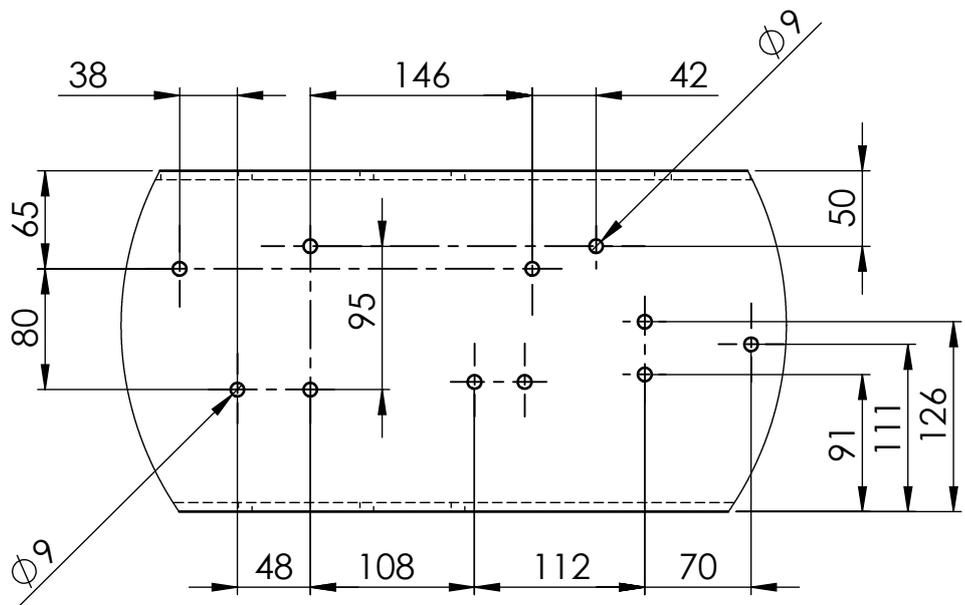
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



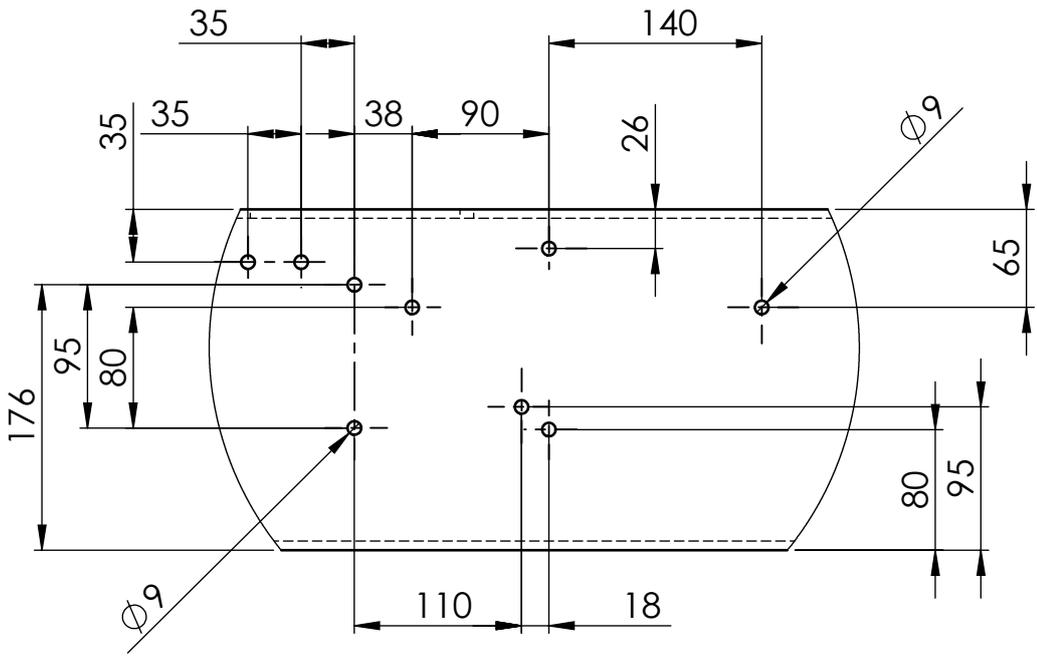
DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Detalles Bastidor Derecho</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 10 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



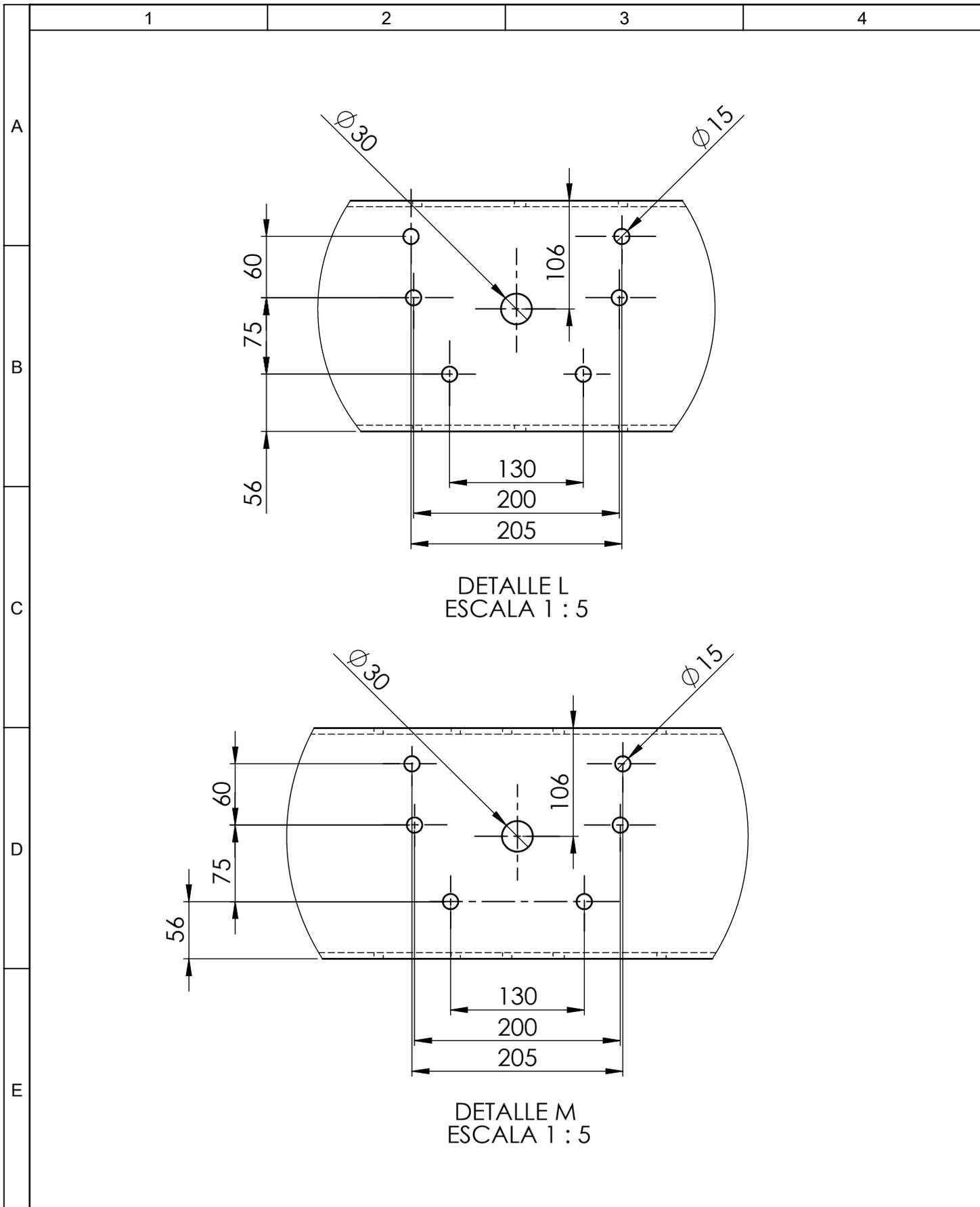


DETALLE F  
ESCALA 1 : 5

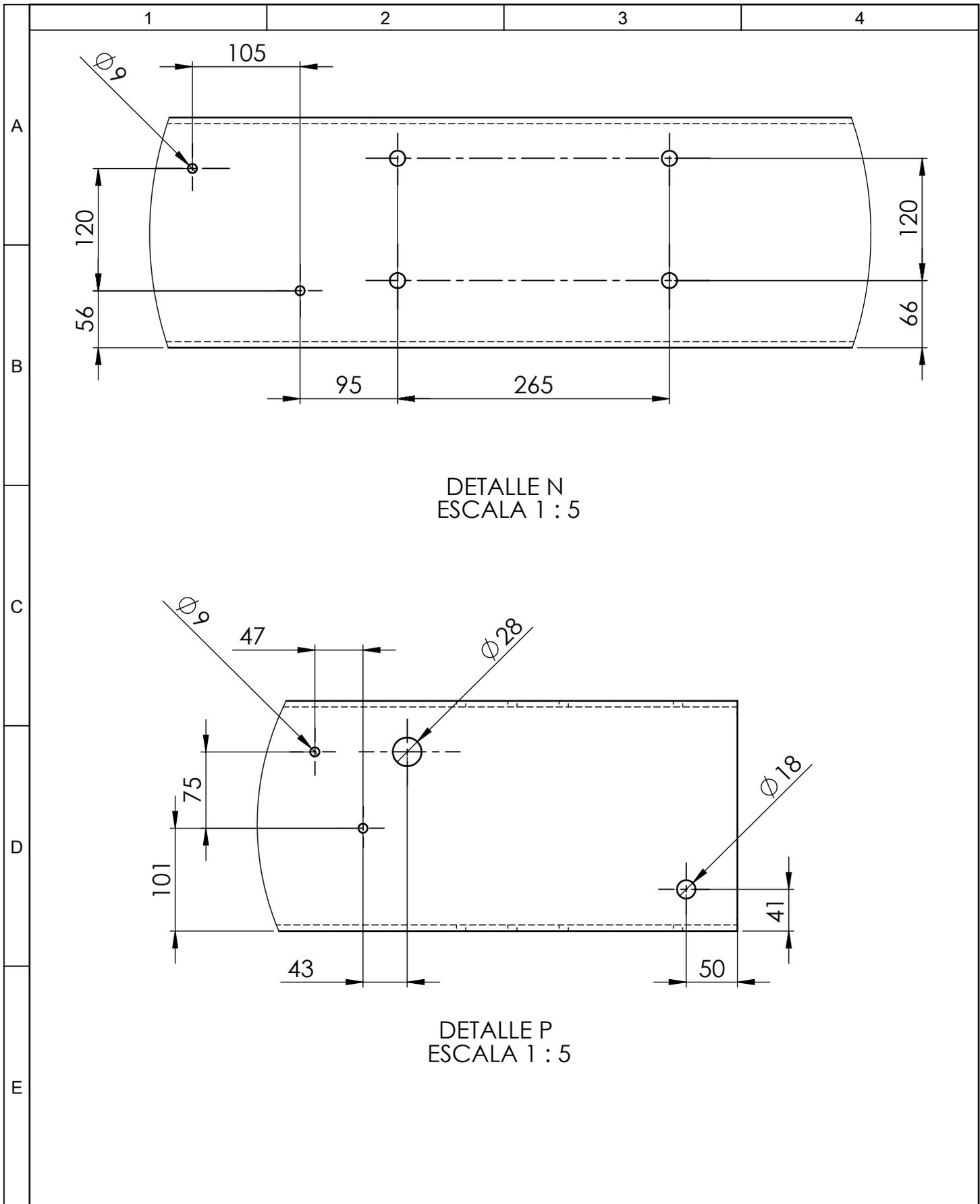


DETALLE G  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Detalles Bastidor Derecho</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 12 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



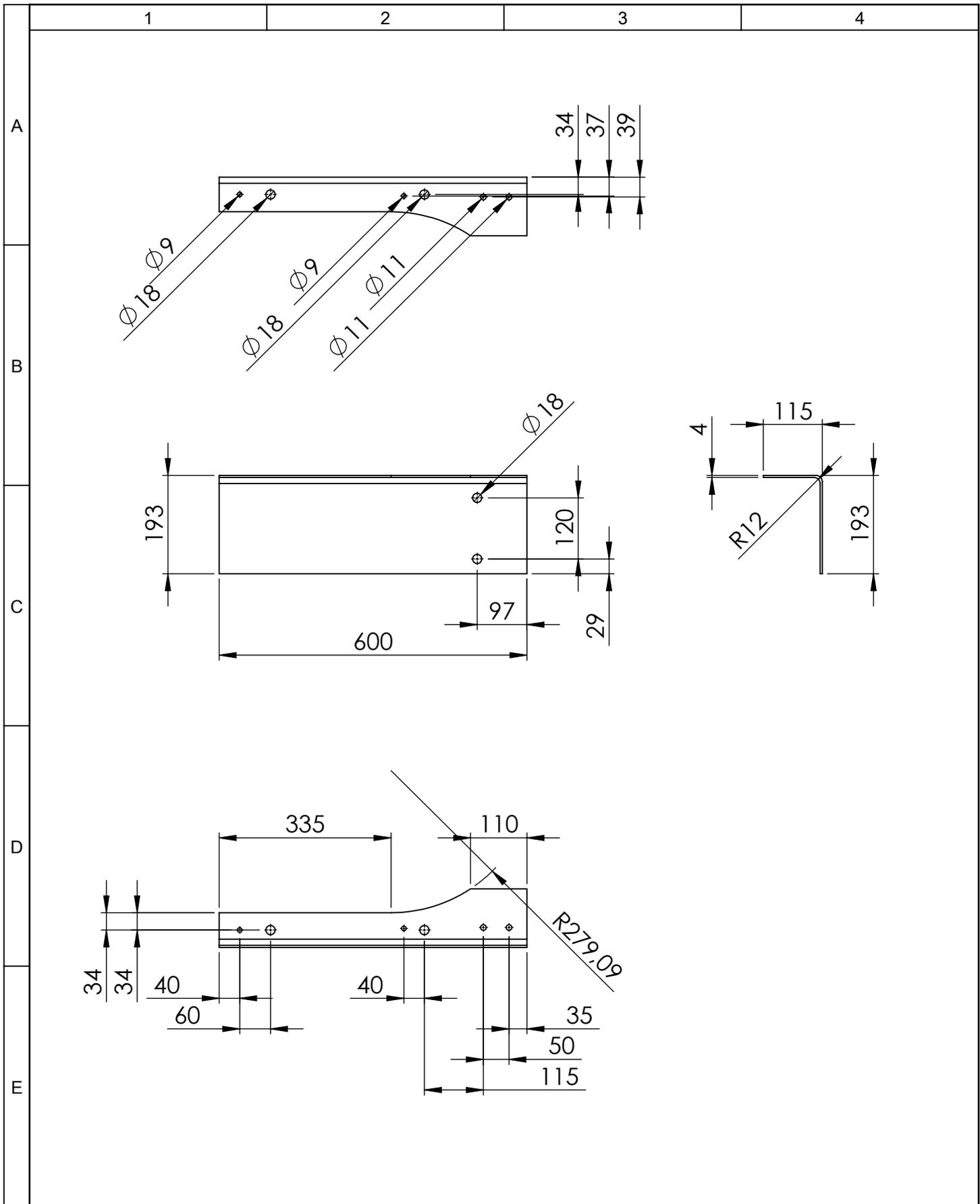
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Detalles Bastidor Derecho</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



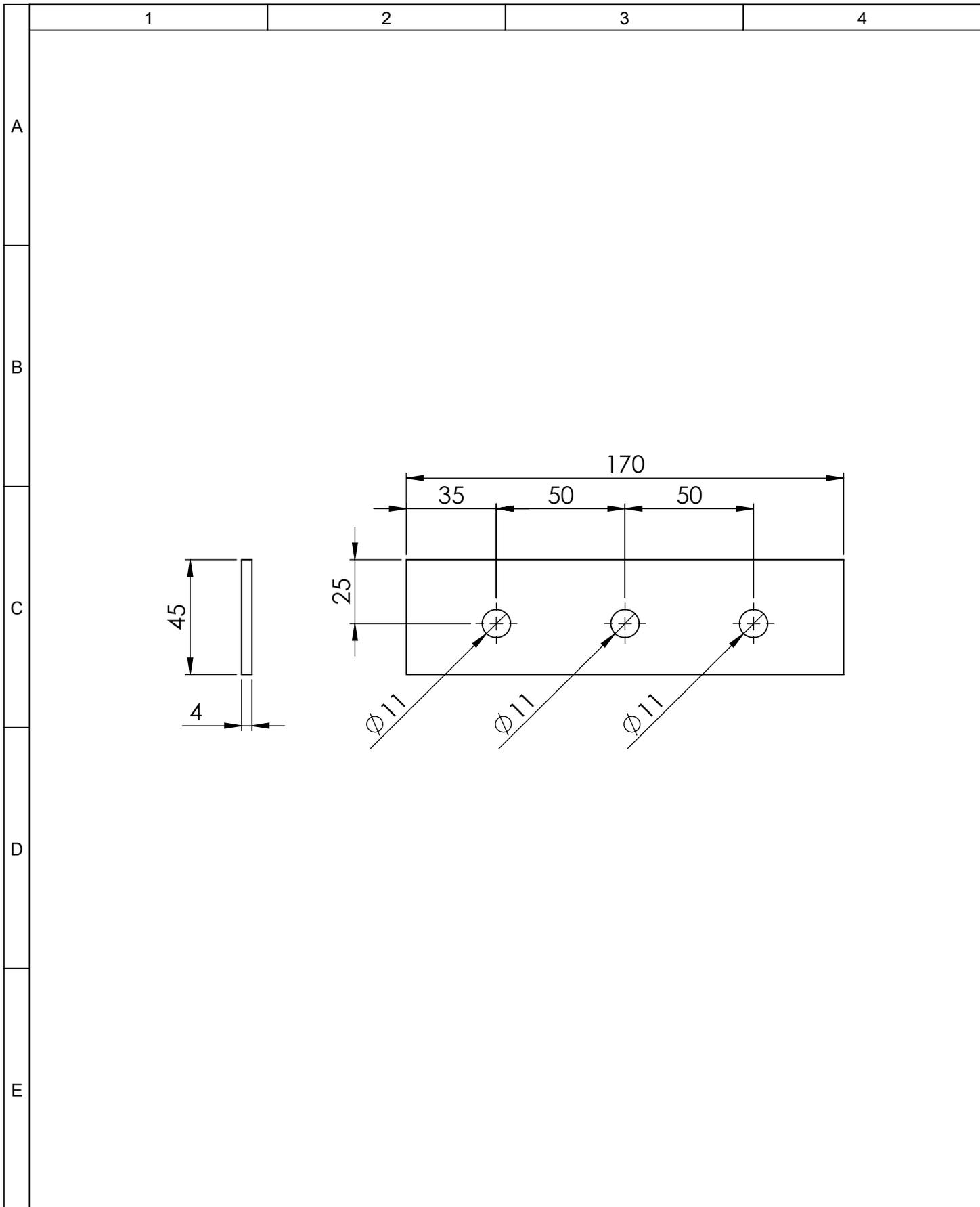
DETALLE N  
ESCALA 1 : 5

DETALLE P  
ESCALA 1 : 5

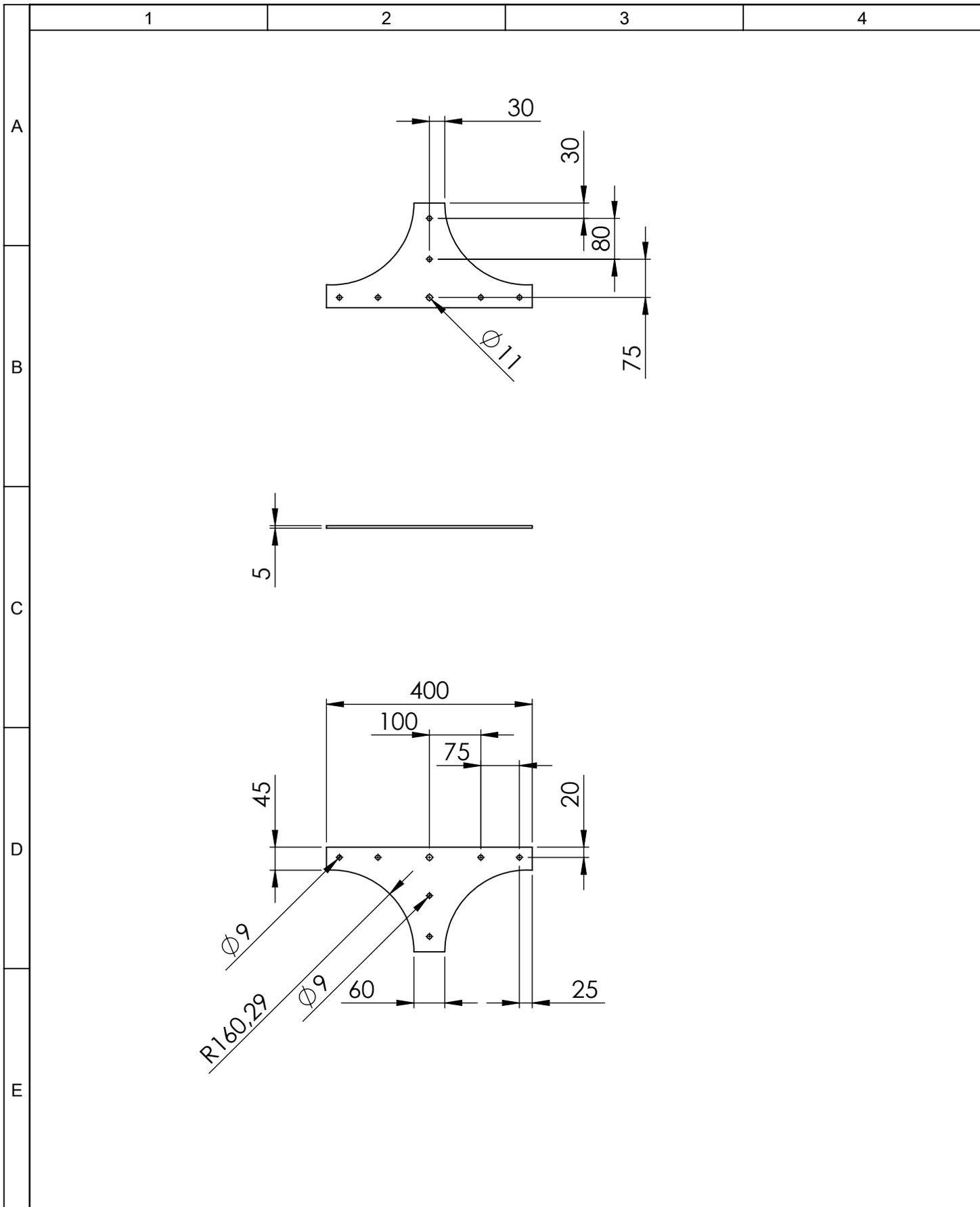
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	- Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Detalles Bastidor Derecho</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 14 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



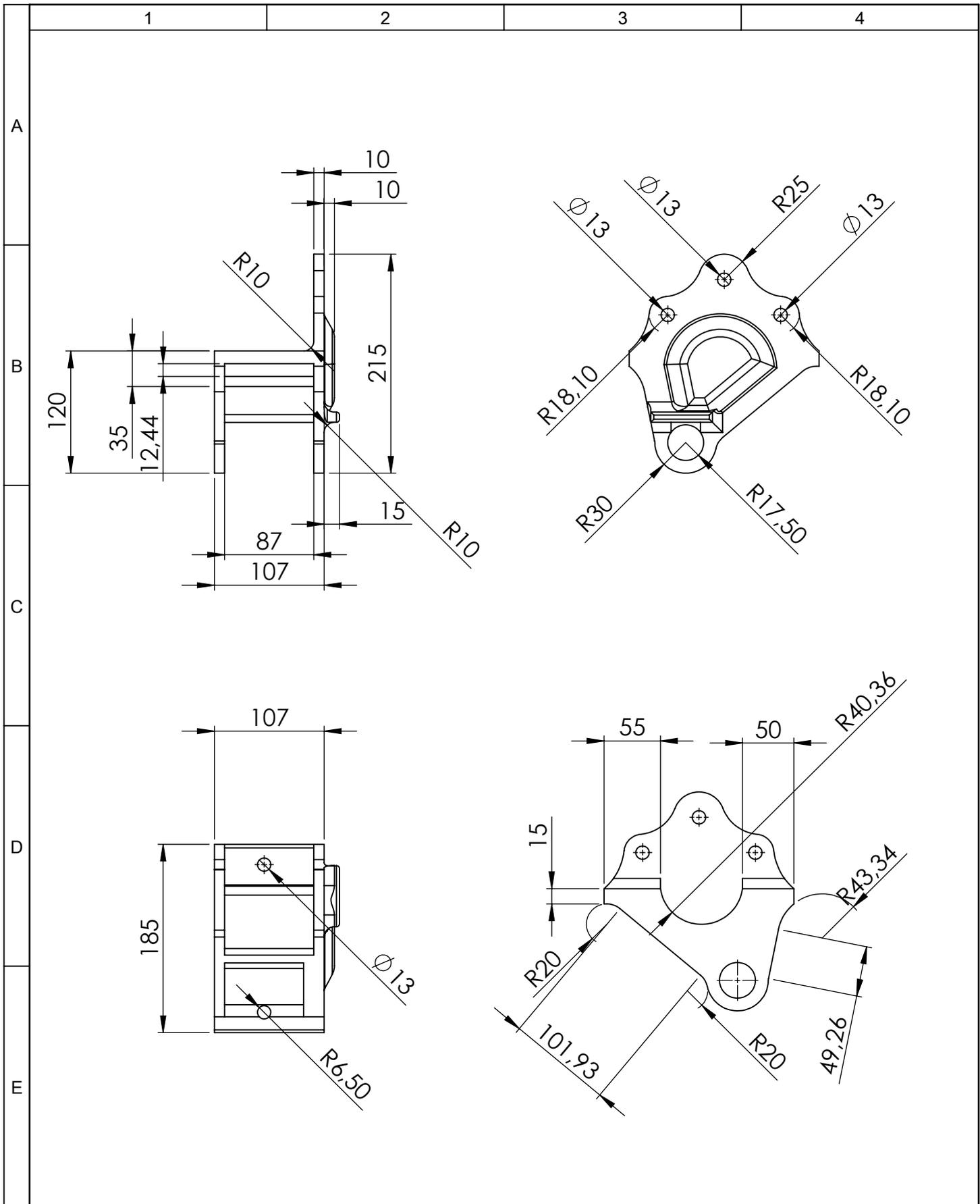
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	4,55 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.			
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.			
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:10	
				UTA		Número del dibujo:		15 de 37
				Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



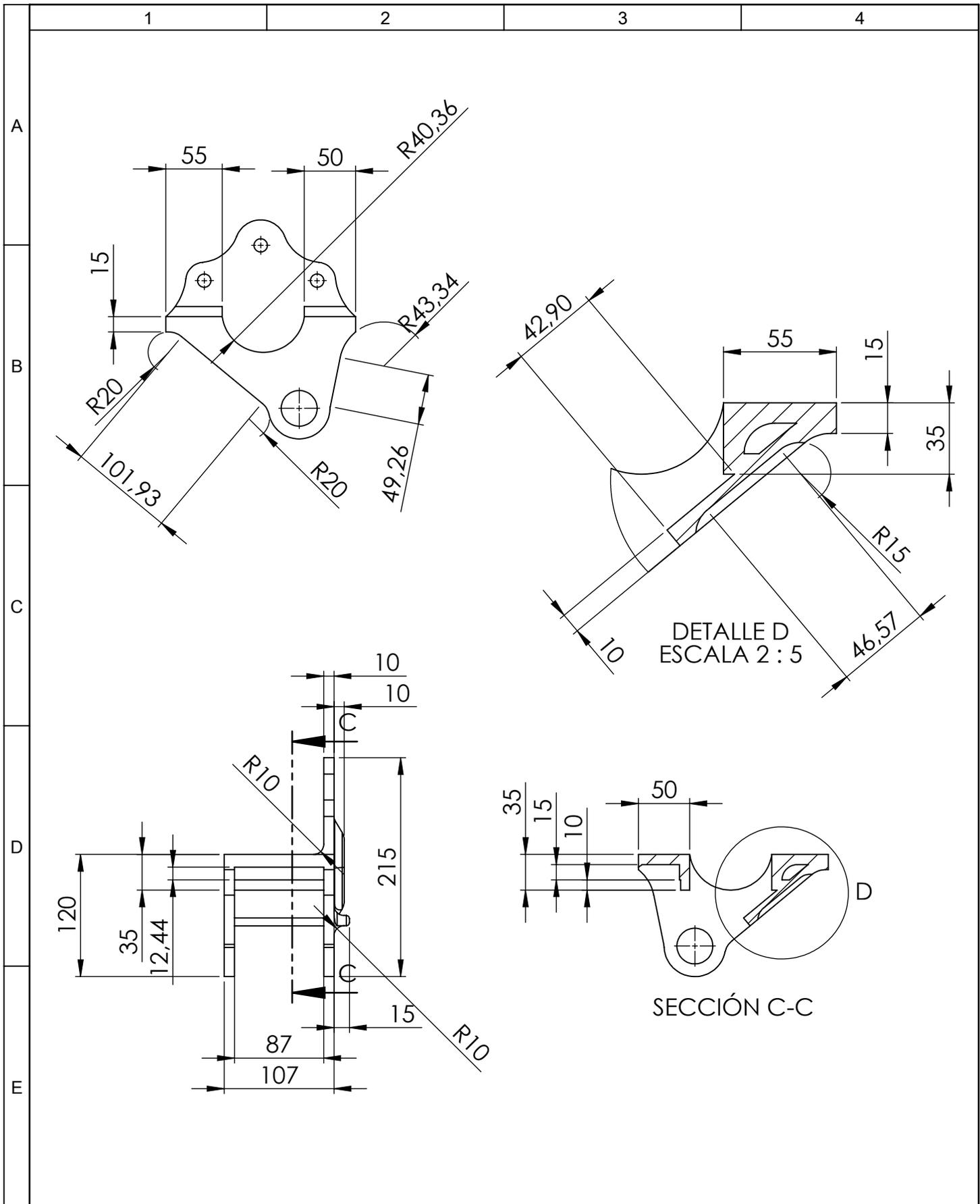
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	2,23 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.	<b>Placa intermedia delantera</b>
				Revisó:	09/02/15	Ing. López G.	
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	
				UTA		Número del dibujo: 16 de 37	
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:2	



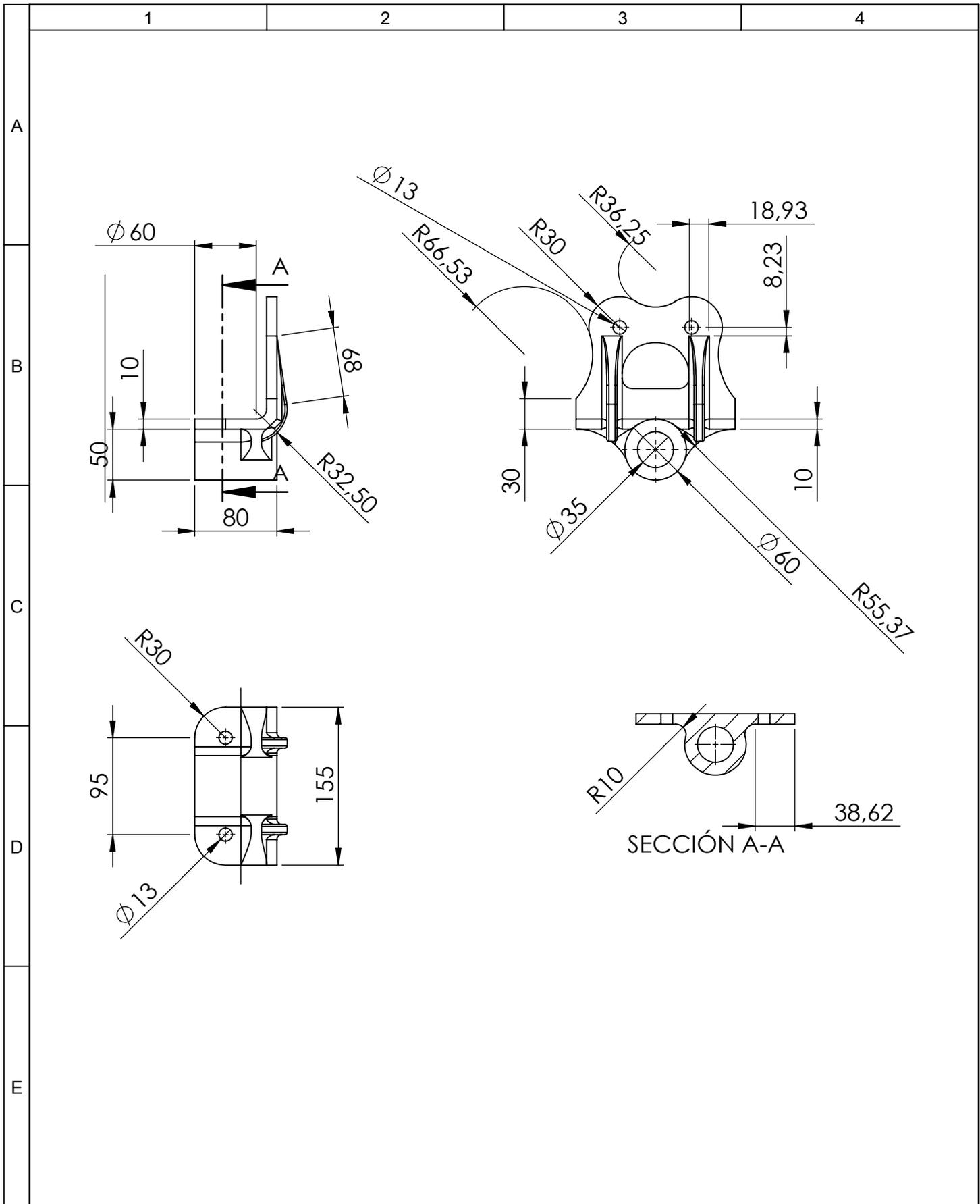
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	1,35 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.	<b>Placa Superior Posterior</b>
				Revisó:	09/02/15	Ing. López G.	
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	
				UTA		Número del dibujo: 17 de 37	
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:10	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	4,06 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Apoyo Ballestas Delanteras</b>	
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA		Número del dibujo:	18 de 37
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:5	

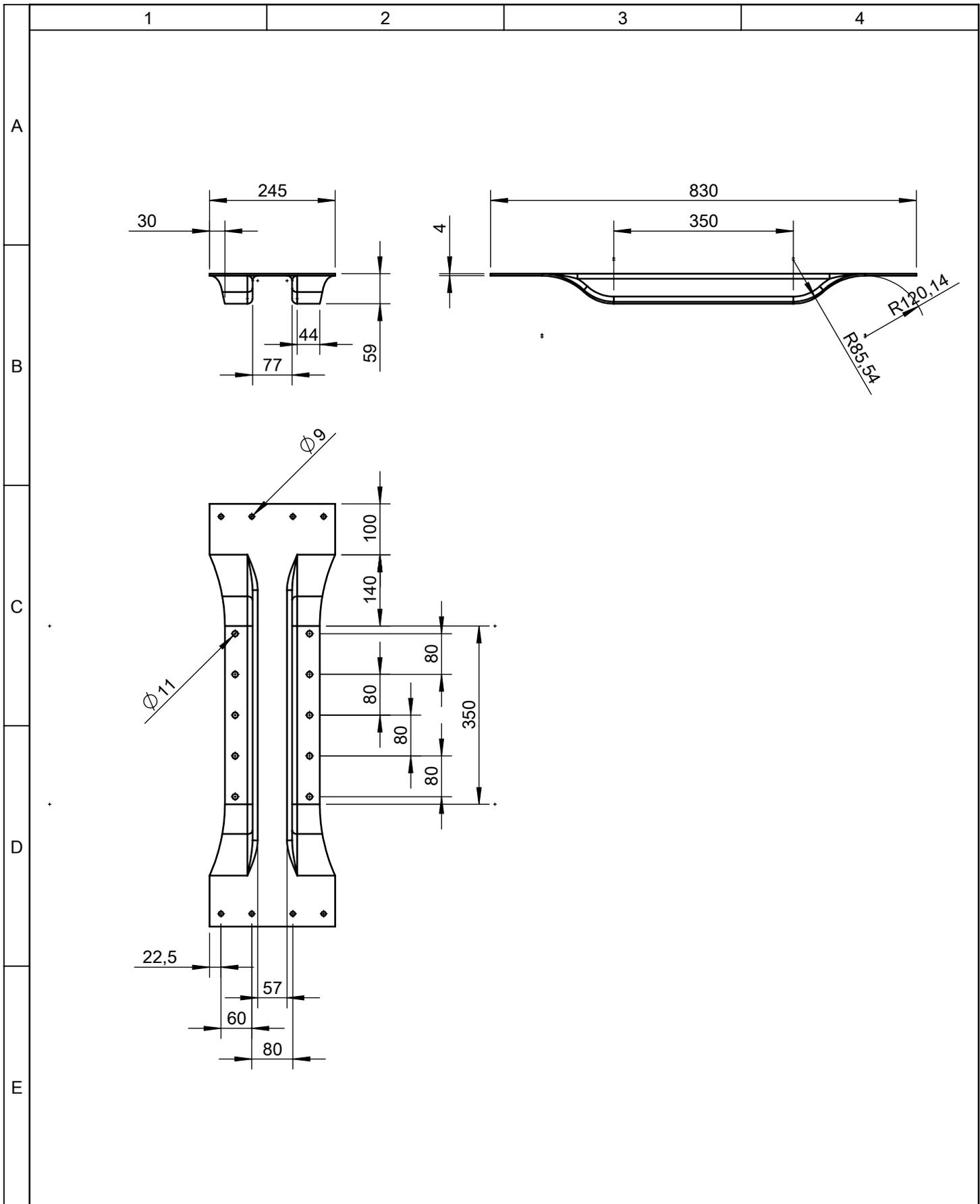


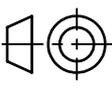
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	4,06 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Apoyo ballestas delanteras</b>	1:5
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

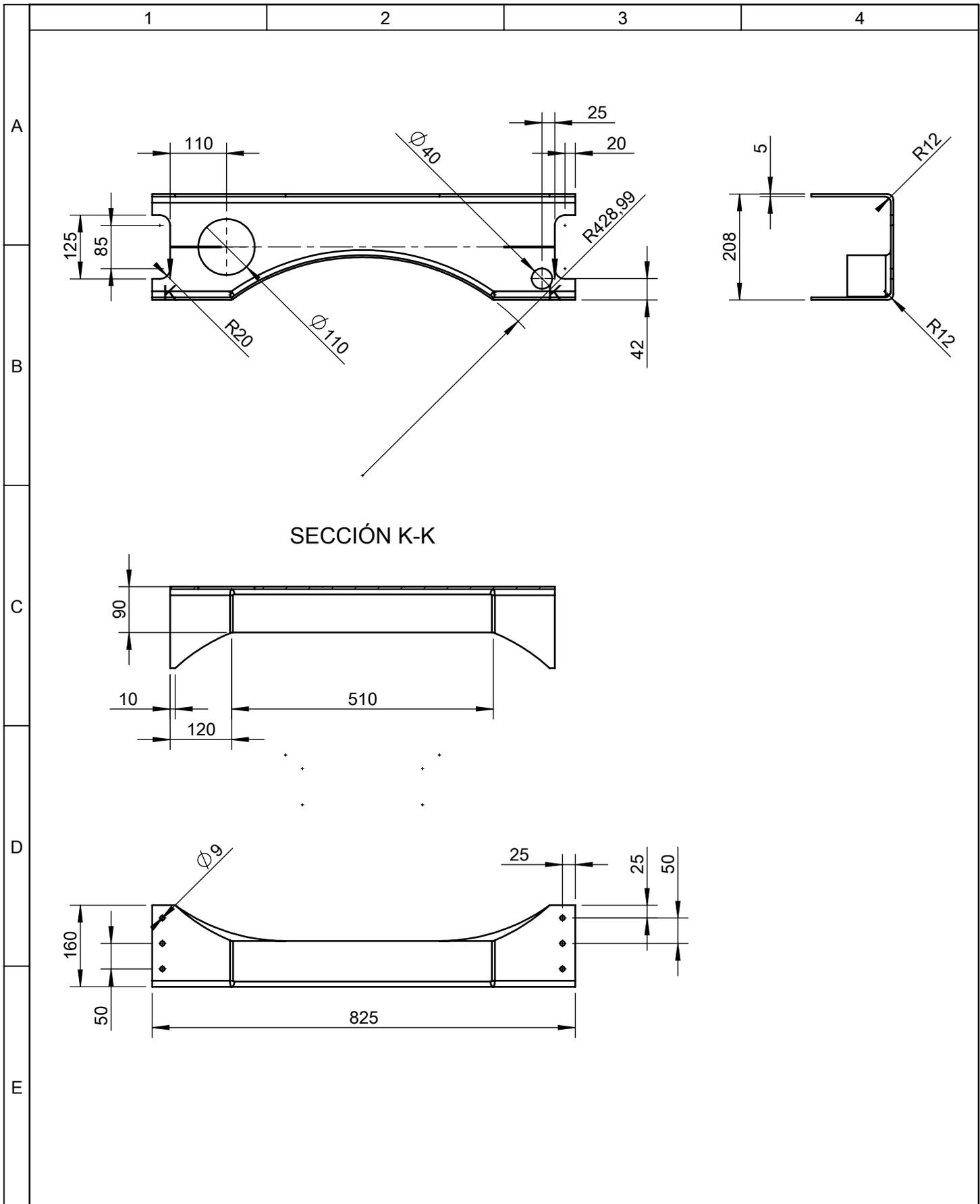


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,5$	2,84 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Segundo Apoyo Ballestas Delanteras</b>		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.			Escala:
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.			1:5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	20 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



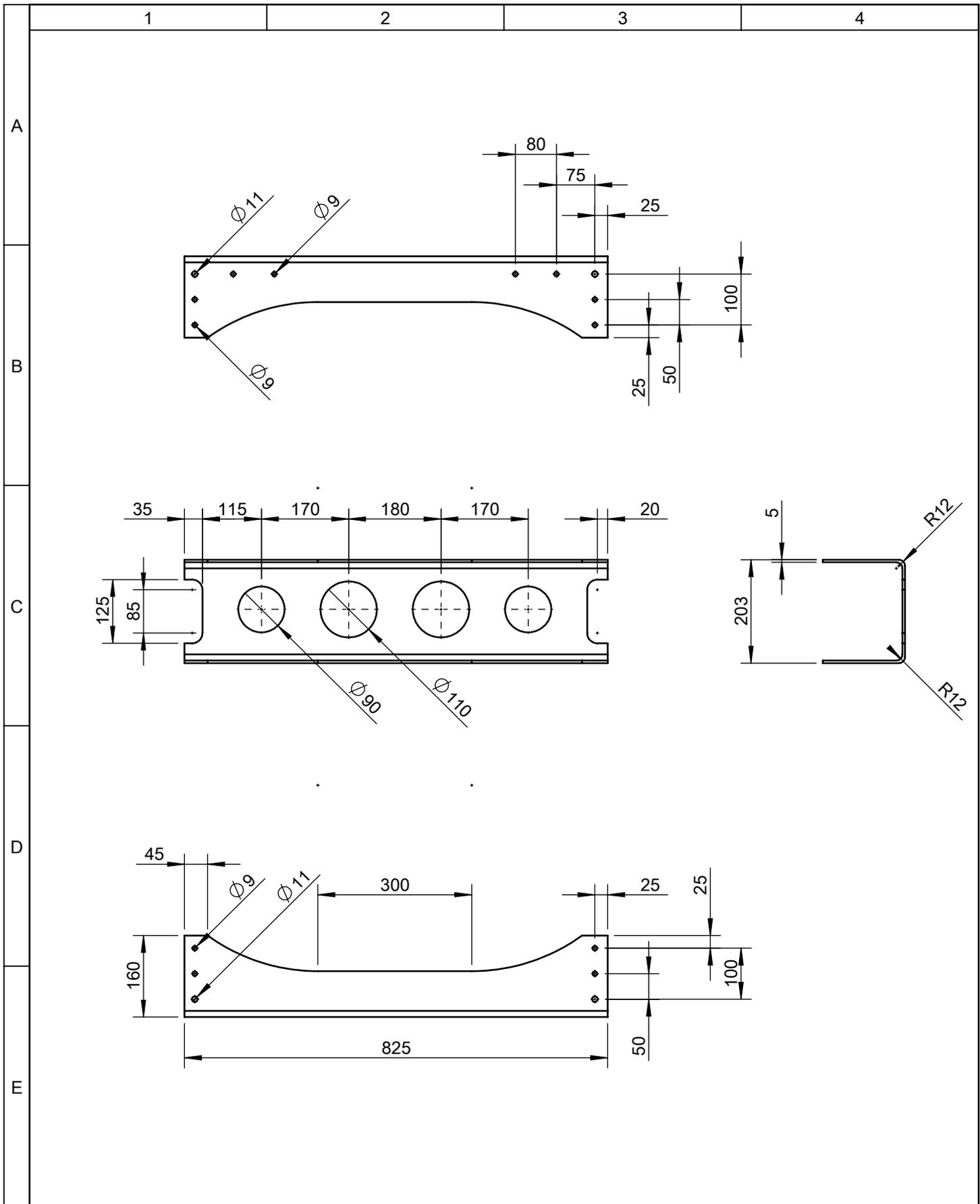


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,5$	6,32 Kg	Aleación Japonesa SAPH440		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Segundo Transversal Superior</b>		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.			Escala:
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.			1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 22 de 37		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		
								

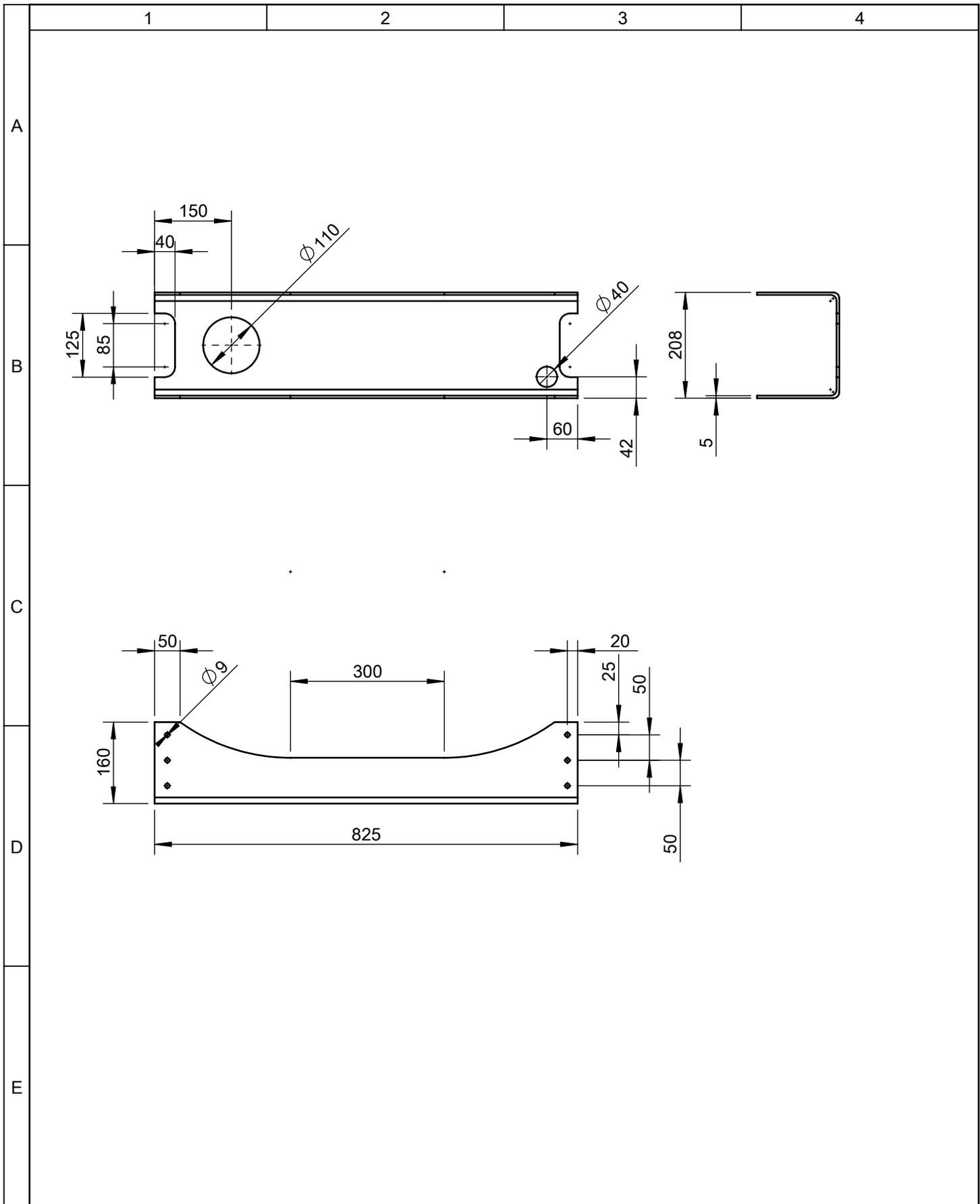


SECCIÓN K-K

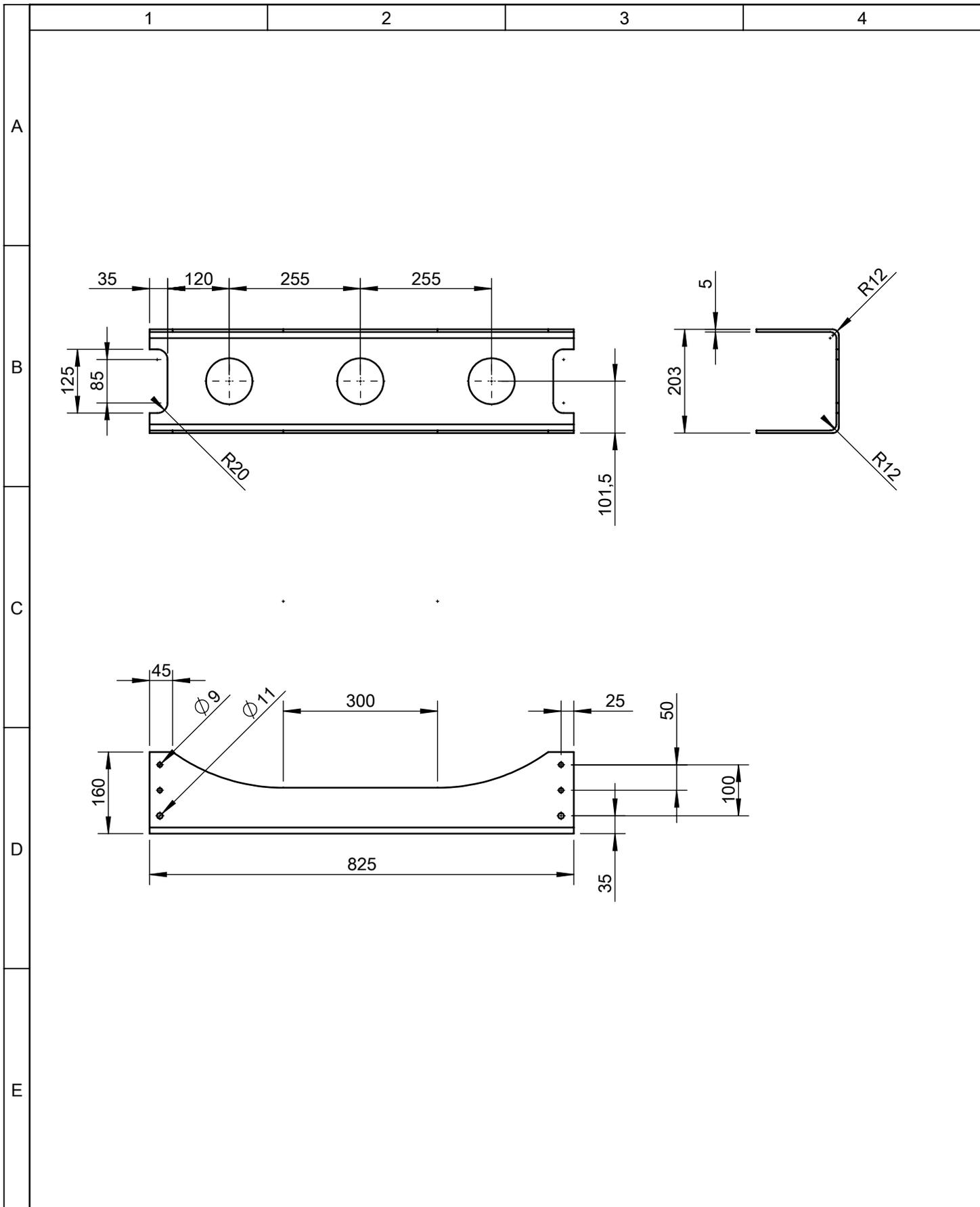
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	10,15 Kg	Aleación Japonesa SAPH440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/11	Egdo. López L.	<b>Tercer Transversal</b>	1:10
				Revisó: 09/02/11	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/11	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 23 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	10,59 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Cuarto Transversal</b>	1:10
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 24 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



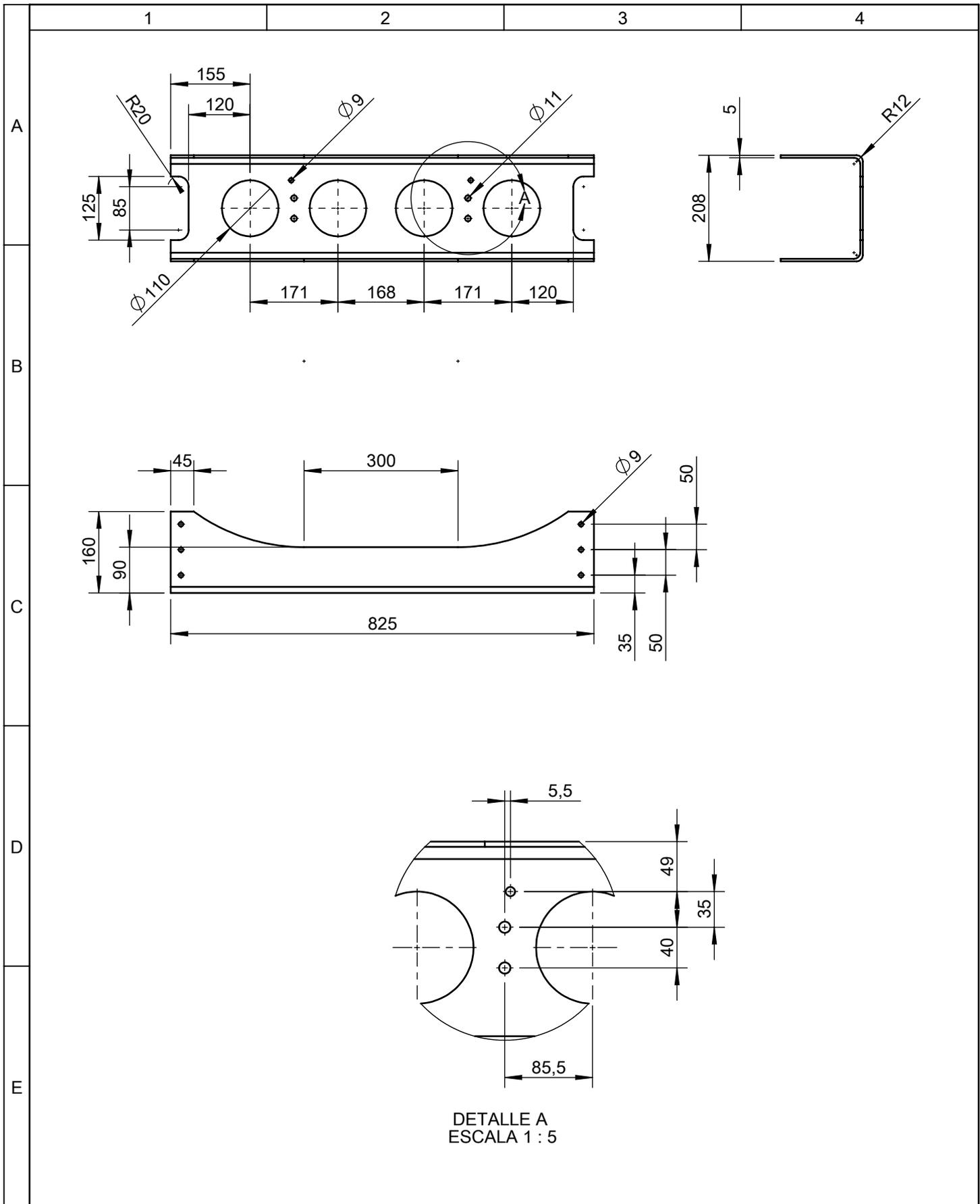
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	11,5 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:10
				UTA		Número del dibujo: 25 de 37	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	11,04 Kg	Aleación Japonesa SAPH440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:10
				UTA		Número del dibujo: 26 de 37	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

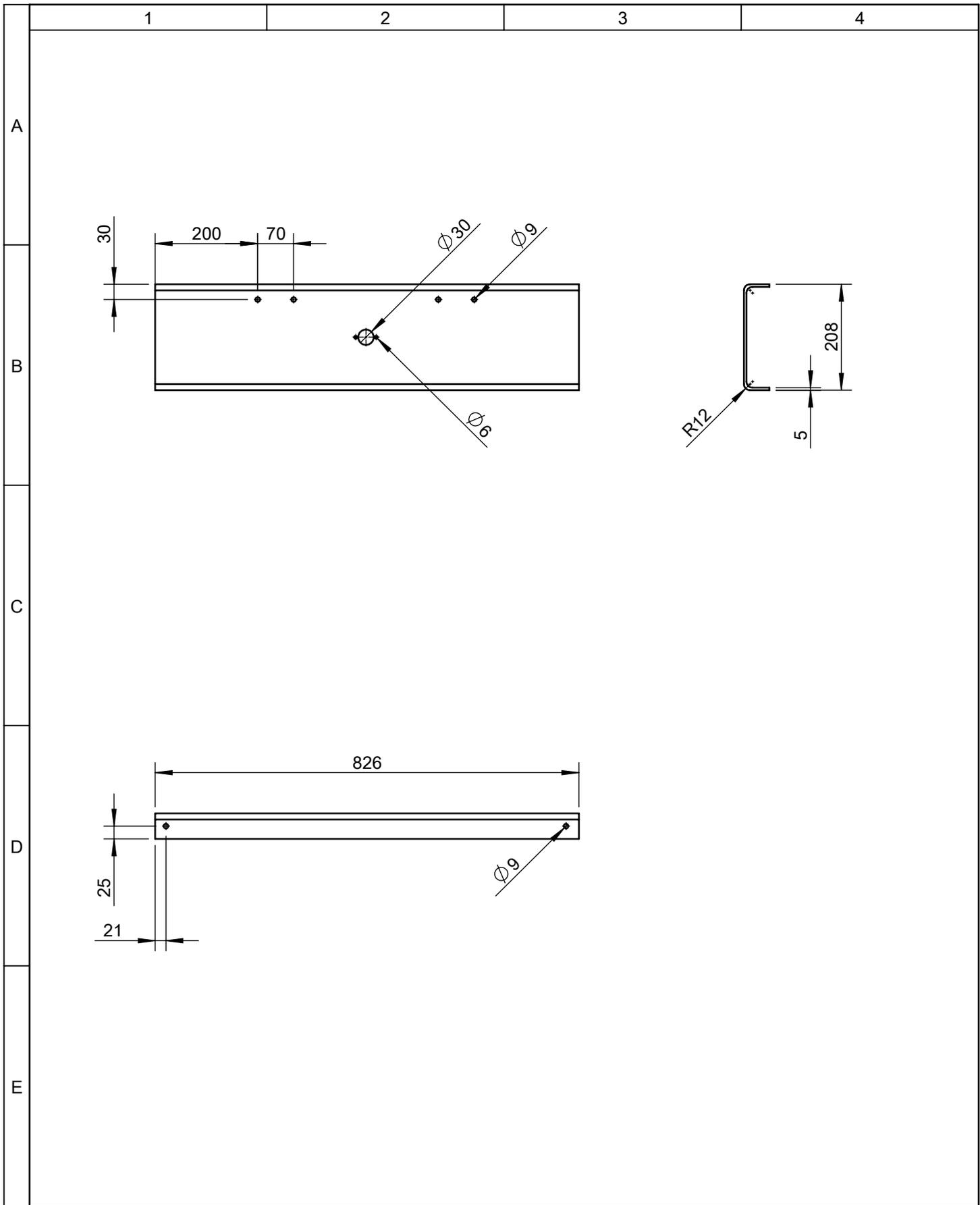
# Séptimo Transversal





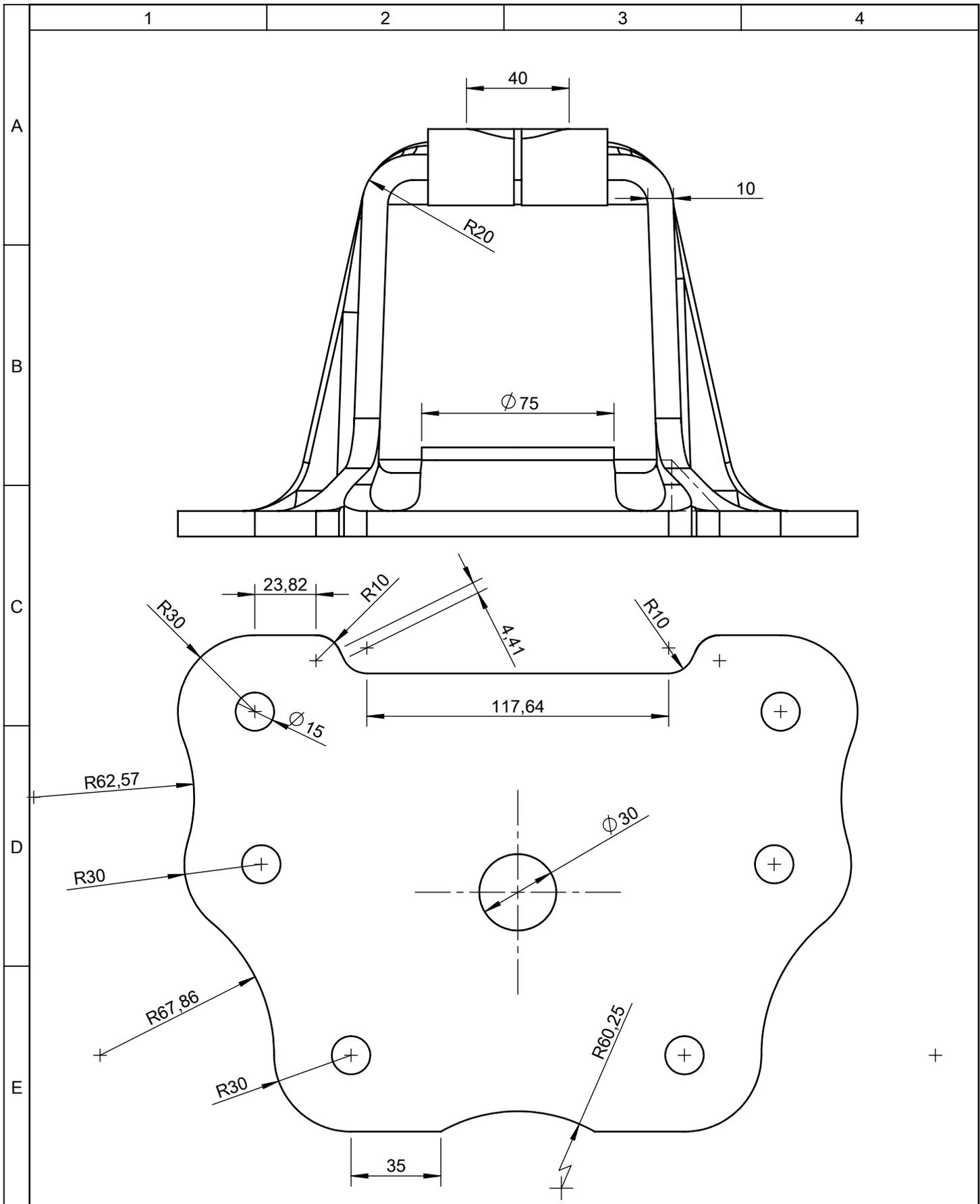
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	10,51 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:10
				UTA		Número del dibujo: 28 de 37	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



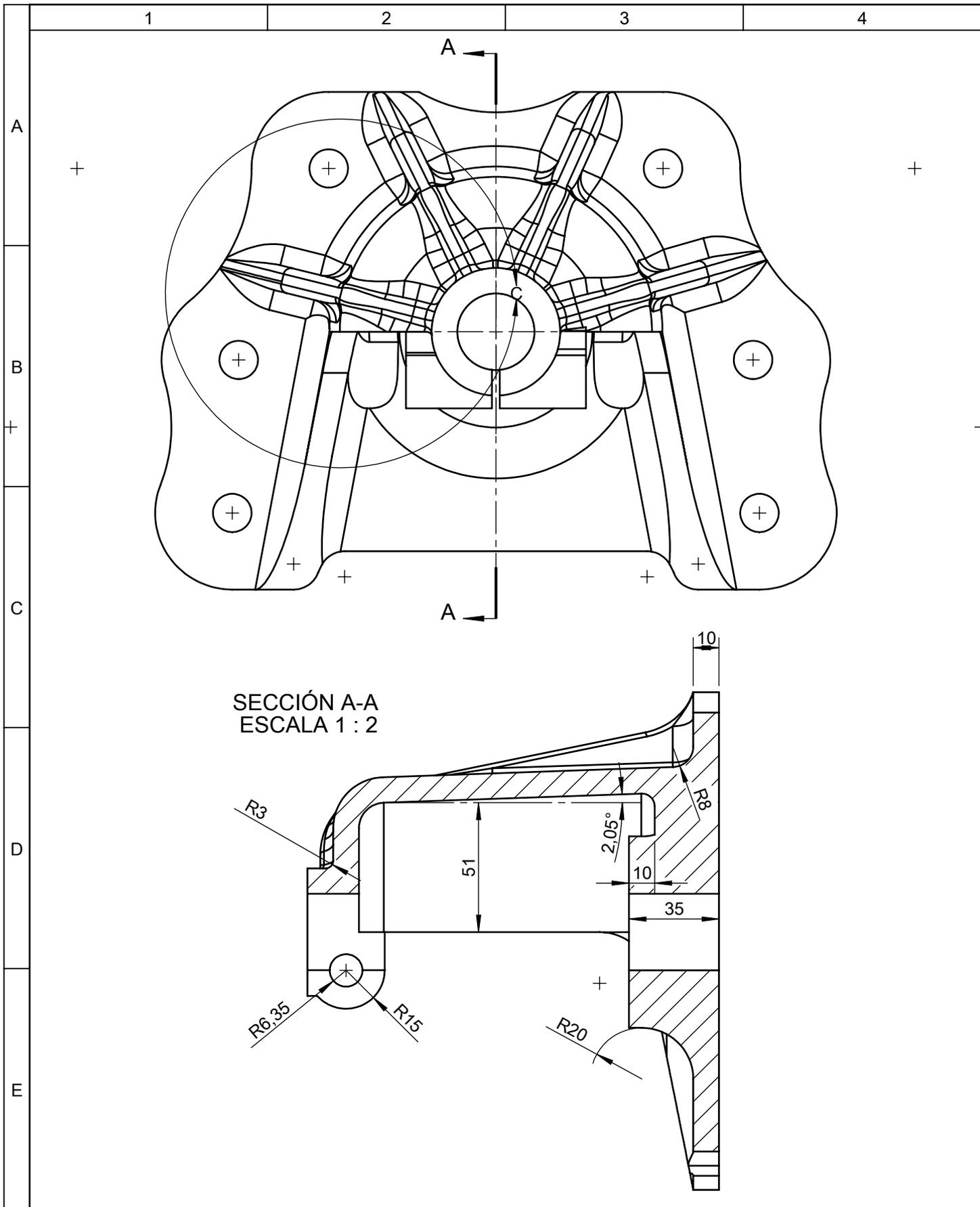
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	8,68 Kg	Aleación Japonesa SAPH440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:10
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		29 de 37	
						(Sustitución)	

# ÚLTIMO TRANSVERSAL



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	7,01 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:2
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 30 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

## Apoyo Ballestas Posteriores



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	7,01 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Apoyo Ballestas Posteriores</b>	1:2
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 31 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

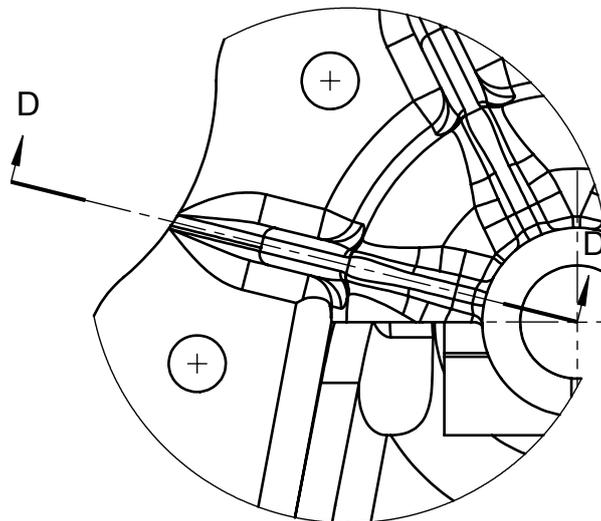
1

2

3

4

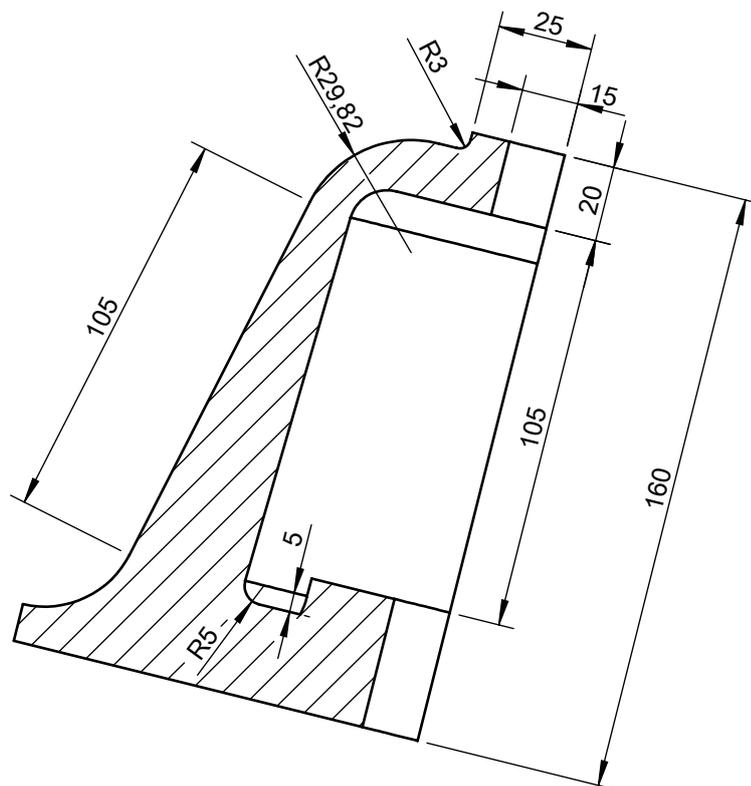
A



B

DETALLE C  
ESCALA 1 : 2

C

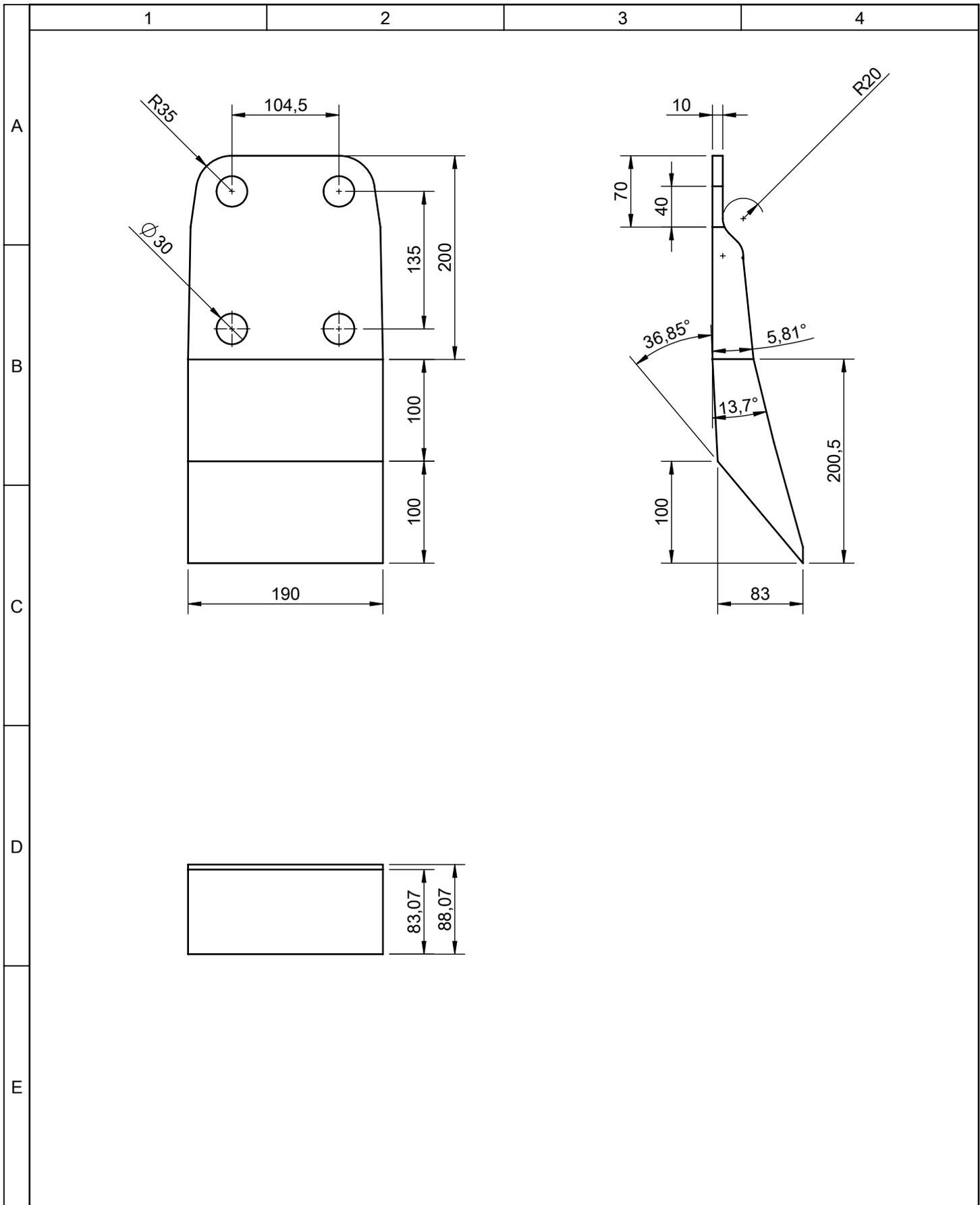


D

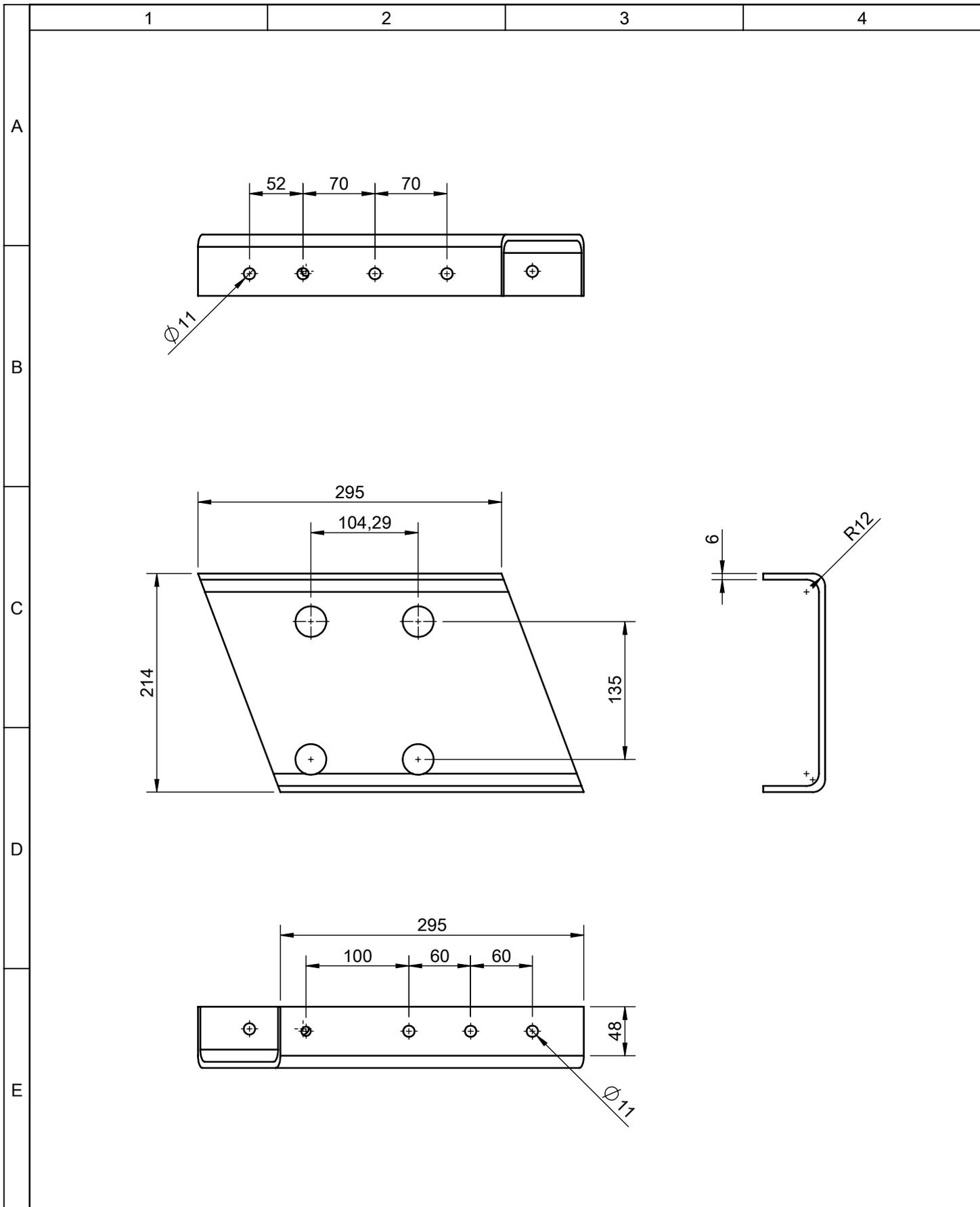
SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 2

E

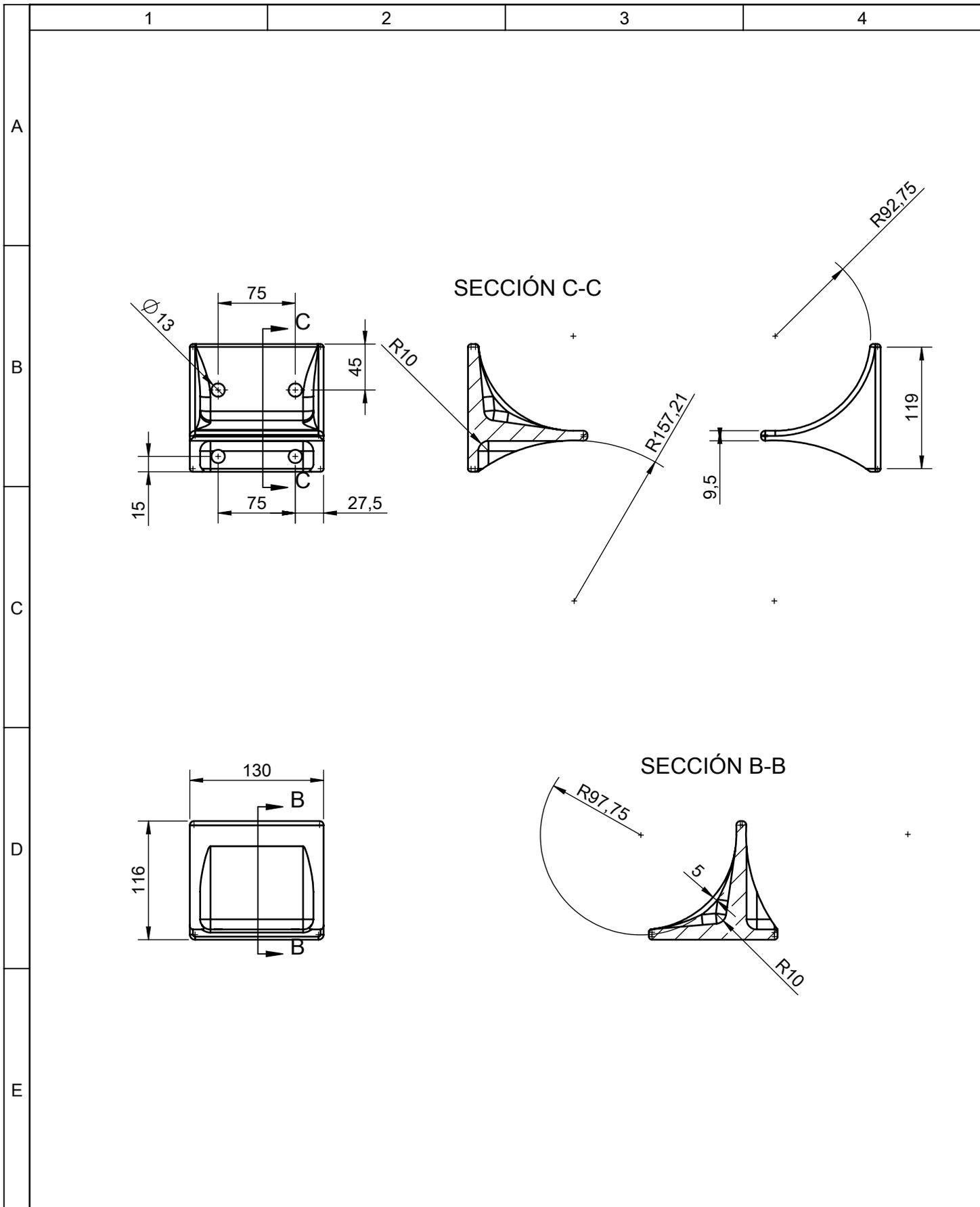
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	7,01 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.	<b>Apoyo Ballestas Posteriores</b>		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.			Escala:
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.			1:2
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	32 de 37	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	11,6 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/02/15	Egdo. López L.		
				Revisó: 09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 09/02/15	Ing. López G.	<h1 style="text-align: center;">Apoyo Motor</h1>	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

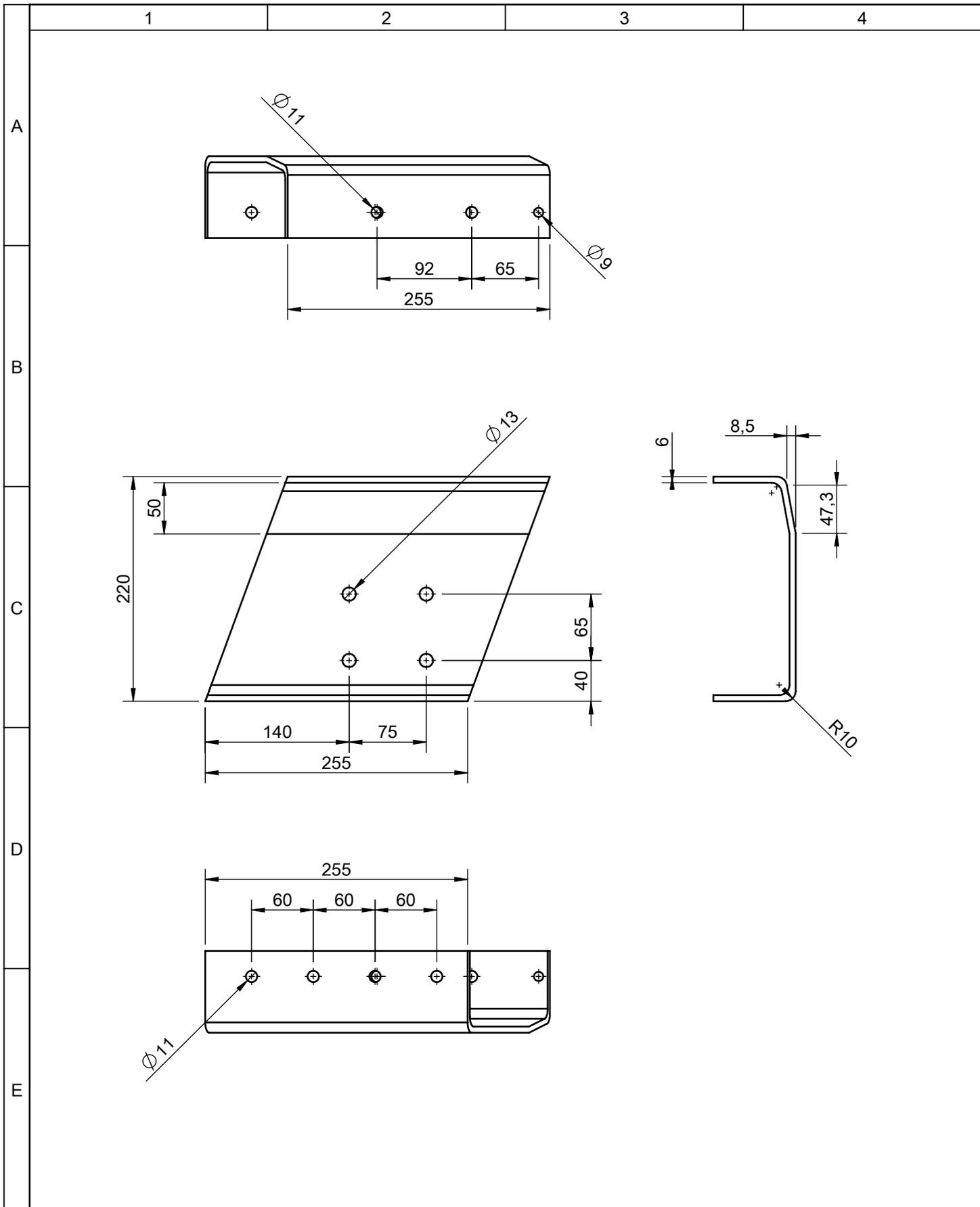


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	3,9 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.		
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:5
				UTA		Número del dibujo: 34 de 37	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

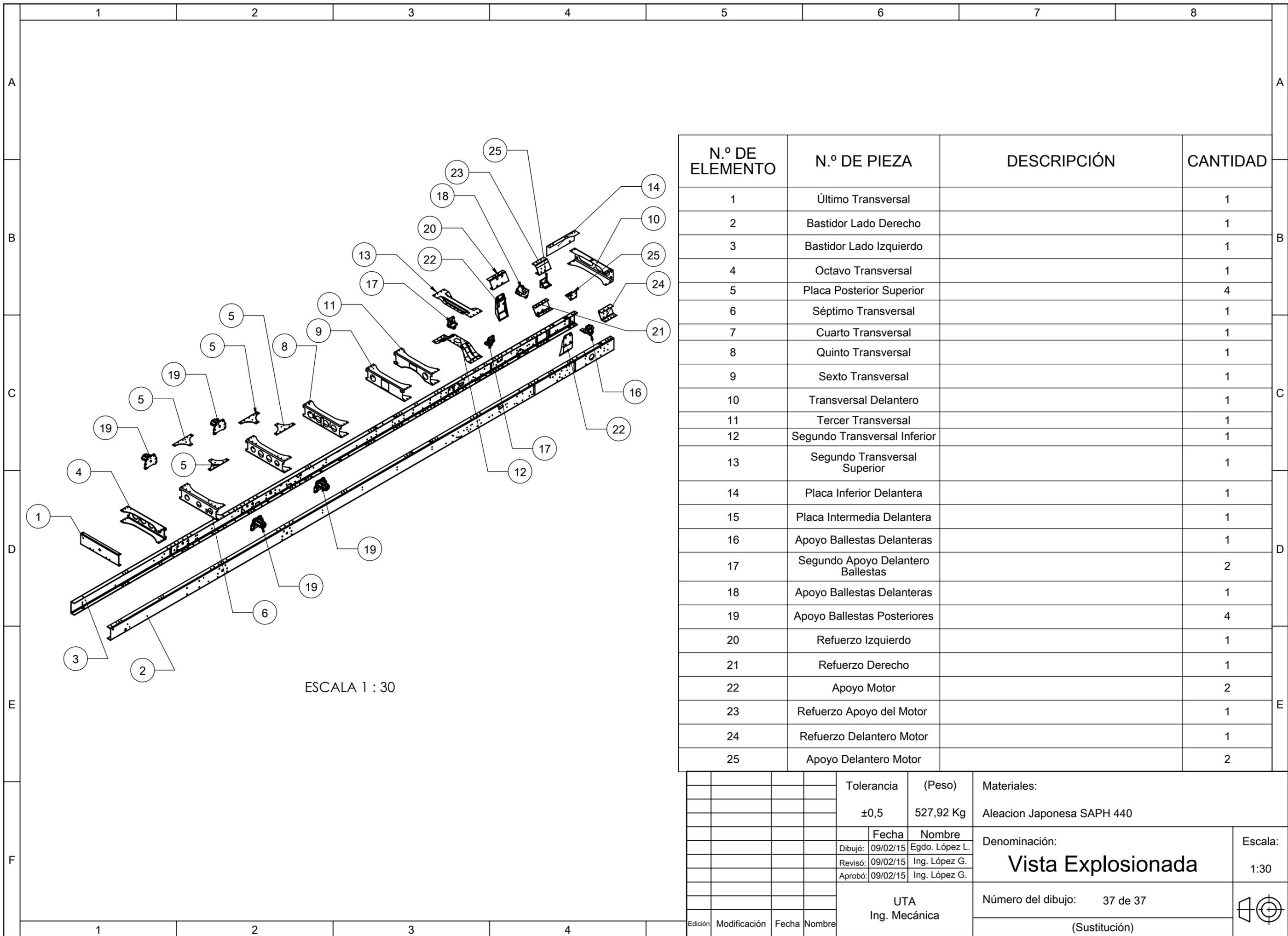


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	3,08 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.			
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.			
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	1:5	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:		35 de 37
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

# Refuerzo Delantero Motor



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,5$	3,85 Kg	Aleación Japonesa SAPH 440		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.			
			Revisó:	09/02/15	Ing. López G.			
				Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.	Segundo Refuerzo Motor	
				UTA		Número del dibujo:		36 de 37
				Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Último Transversal		1
2	Bastidor Lado Derecho		1
3	Bastidor Lado Izquierdo		1
4	Octavo Transversal		1
5	Placa Posterior Superior		4
6	Séptimo Transversal		1
7	Cuarto Transversal		1
8	Quinto Transversal		1
9	Sexto Transversal		1
10	Transversal Delantero		1
11	Tercer Transversal		1
12	Segundo Transversal Inferior		1
13	Segundo Transversal Superior		1
14	Placa Inferior Delantera		1
15	Placa Intermedia Delantera		1
16	Apoyo Ballestas Delanteras		1
17	Segundo Apoyo Delantero Ballestas		2
18	Apoyo Ballestas Delanteras		1
19	Apoyo Ballestas Posteriores		4
20	Refuerzo Izquierdo		1
21	Refuerzo Derecho		1
22	Apoyo Motor		2
23	Refuerzo Apoyo del Motor		1
24	Refuerzo Delantero Motor		1
25	Apoyo Delantero Motor		2

ESCALA 1 : 30

Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
±0,5		527,92 Kg	Aleacion Japonesa SAPH 440	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dibujó:	09/02/15	Egdo. López L.	<b>Vista Explosionada</b>	
Revisó:	09/02/15	Ing. López G.		
Aprobó:	09/02/15	Ing. López G.		
UTA Ing. Mecánica			Número del dibujo: 37 de 37	Escala: 1:30
Edición	Modificación	Fecha	(Sustitución)	