



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**"Diseño y Construcción de un ROBOT de batalla
Telemanipulado."**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(PROYECTO DE GRADUACIÓN)**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Gustavo Milton Ortega Navarro

Guayaquil – Ecuador

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme las fuerzas para culminar mis estudios. Al ingeniero Ignacio Wiesner, por su apoyo constante y motivador en la creación de este proyecto. A toda mi familia.

A todo el personal docente y administrativo de la ESPOL.

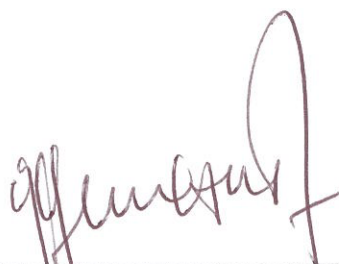
DEDICATORIA

A mis padres, en especial a mi madre que con su esfuerzo constante logro dirigirme en mis estudios. A mis amigos de aulas con los que compartí esta maravillosa experiencia y a todos mis profesores. A mi hermana Patricia que se convirtió en el ejemplo a seguir.

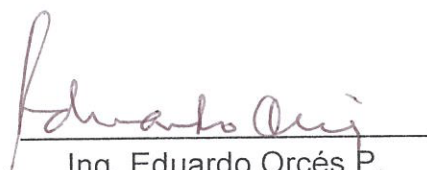
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Eduardo Orcés P.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Gustavo Milton Ortega Navarro

RESUMEN

El este proyecto se diseñó y se construyó un robot de pelea, capaz cumplir con el reglamento nacional para la categoría robot de batalla.

Para este fin se utilizó diversas técnicas de la ingeniería mecánica con la finalidad de diseñar la estructura del robot así como seleccionar los motores, bandas, sistema de control y demás dispositivos de control.

El robot cuenta con un módulo de transmisión que se encargará de enviar señales del tipo FM.

Se seleccionó el módulo de control para que este reciba las señales, estas señales fueron enviadas al módulo de potencia mismo que cumple la función de suministrar la energía desde la batería hacia los motores.

Para la selección de todos estos dispositivos se tuvo que diseñar la estructura en solidwork así como seleccionar los materiales.

Además, se analizó los esfuerzos de la presente en la estructura y se dimensionó los diferentes materiales.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS.....	v
SIMBOLOGÍA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE PLANOS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Objetivo General.....	4
1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Alcances.....	5
1. 4 Justificación Tecnológica.....	5
1.5 ¿Que es el CER ?.....	6
1.6 Bases del Concurso.....	7
1.7 Tipo de Sistema de Control.....	20
1.8 Prototipo de Robot.....	22

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT.....	23
2.1 Diseño.....	23
2.2 Cálculos de Componentes y Selección de Materiales.....	24
2.3 Cálculo de la Potencia de los Motores.....	36
2.4 Selección del Sistema de Mando.....	39
2.5 Ensamblaje del Equipo y Pruebas de Funcionamiento.....	47

CAPÍTULO 3

3. Evaluación Técnica.....	48
3.1 Evaluación Técnica y Pruebas.....	48
3.2 Costos de la Construcción.....	50

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones.....	52
--	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

m	metros
m/s	metro sobre segundo
mm ²	milímetros cuadrados
pulg	pulgada
M	momento
As	Área cortante
Ab	Área de aplastamiento
Sy	Resistencia mínima a la fluencia
I	Inercia
pulg ²	pulgada cuadrada
rpm	Revoluciones por minuto
GPM	Galones por minuto
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
máx.	Máximo
min	Mínimo
minu	Minutos
p	presión
F	Fuerza
D, d	Diámetro
V	Voltios
t	Tiempo
L	Litro
M	Momento
N	Factor de seguridad
hp	Potencia en caballos de fuerza
Kgf	kilogramos fuerza
Lbf	Libras fuerza

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
\$	Dólares
E	Modulo de elasticidad
Q	Caudal
I	Inercia
σ	Esfuerzo
σ_l, σ_t	Esfuerzo longitudinal, tangencial
°C	Grado centígrado

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Transmisor marca FUTABA	21
Figura 1.2 Receptor marca FUTABA.....	22
Figura 1.3 Diseño de forma del Robot.....	22
Figura 2.1 Diseño de forma del Chasis.....	25
Figura 2.2 Modelo Matemático del Chasis.....	25
Figura 2.3 Diagrama de Fuerza Cortante.....	30
Figura 2.4 Diagrama de Momento Flector.....	31
Figura 2.5 Diagrama de Cuerpo Libre del Guarda Choque.....	31
Figura 2.6 Diagrama de cuerpo Libre de los Pernos del Guarda Choque.....	32
Figura 2.7 Ubicación de Pernos.....	35
Figura 2.8 Diagrama de Cuerpo Libre del Robot.....	36
Figura 2.9 Motor Seleccionado.....	39
Figura 2.10 Tarjeta de Control.....	41
Figura 2.11 Datos Técnicos de Cables.....	42
Figura 2.12 Receptor Futaba.....	43
Figura 2.13 Diagrama Eléctrico Fuente Reguladora 12 a 5 Voltios.....	44
Figura 2.14 Tarjeta de Circuito Impreso.....	45
Figura 2.15 Diagrama 3D Fuente Reguladora.....	46
Figura 3.1 Premiación al Tercer Lugar del Robot	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Puntuación de Batalla 16
Tabla 2	Tabla de Diseño..... 24
Tabla 3	Selección de Perfil L de Lados Iguales para Chasis..... 26
Tabla 4	Especificaciones SAE para Pernos de Acero..... 34
Tabla 5	Coeficiente de Fricción.....37
	Página 133 libro Serway quinta edición
Tabla 6	Datos Técnicos de los Motores.....39
Tabla 7	Selección de Cables.....42
Tabla 8	Costo de Materiales Estructurales..... 50
Tabla 9	Costo de Materiales Eléctricos..... 51

ÍNDICE DE PLANOS

(Ver en Apéndices)

Plano	1	Diseño de Forma
Plano	2	Estructura
Plano	3	Chasis
Plao	4	Guarda Choque
Plano	5	Carrocería 1
Plano	6	Carrocería 2
Plano	7	Carrocería 3

INTRODUCCIÓN

Con el presente proyecto se pretende diseñar y construir un robot de pelea que sirva para representar a la ESPOL en el Campeonato Ecuatoriano de Robótica, categoría "Robot de Batalla" Fomentando el avance de la robótica en la ESPOL y a su vez desarrollando destrezas tanto en el campo de la ingeniería mecánica como en la electrónica y robótica.

Se pretende demostrar que la aplicación de ingeniería mecánica es parte fundamental en la robótica ya que en este proyecto se necesitará la ayuda tanto de sistemas electrónicos, informáticos y mecánicos.

Conociendo esto, se divide este libro en 4 capítulos, el primero hace referencia al marco teórico el cual comprende los conceptos en referencia al reglamento para esta categoría, así como la teoría entorno a los motores y actuadores como son: Tarjeta de control, sistema de comunicación, fuente de alimentación entre otros.

En el capítulo dos se procede al cálculo y selección de motores, en este capítulo se procede conforme a ingeniería para calcular la potencia, el torque, amperaje y rpm. De igual manera en este capítulo se trabajará con el programa de diseño Solidwork mismo que será utilizado para diseñar los

componentes, dimensiones, diseño de forma y documentar los planos.

Continuando en el capítulo tres con la demostración física del funcionamiento de la máquina, para esto se procederá con pruebas de arrastre, pruebas de pesos y velocidad de reacción.

Finalizando en el capítulo cuatro con los resultados obtenidos y realizando prácticas de peleas con otros modelos existentes en la ESPOL, también en este capítulo se expondrán las recomendaciones y conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

La creación de aparatos electrónicos capaces de realizar acciones de forma autónoma, conocidos comúnmente como robots, ha sido una actividad por mucho tiempo analizada solo en los salones de clases de los estudiantes de ingeniería de electrónica y de sistemas.

En los últimos años el interés de universidades y estudiantes no solo ha impulsado la creación de laboratorios de robótica en ciertas instituciones sino que, además, ha convocado a 330 aficionados en el primer campeonato ecuatoriano de robots CER 2005.

El encuentro, organizado por el Centro de Visión y Robótica de la Espol (Escuela Superior Politécnica del Litoral), se desarrolló entre el 19 y 21 de agosto del 2005 en el centro de convenciones de la plaza Rodolfo Baquerizo Moreno de Guayaquil.

Conocimientos, autoaprendizaje y creatividad son los ingredientes

empleados por los participantes, cuyos diseños están dominados por aspectos electrónicos y mecánicos.

Unas de las categorías del eventos es el robot de batalla, muestra la fuerza y resistencia de los prototipos; la característica diferenciadora son las armas de pelea.

Es ahí donde nace esta tesis, proponiendo un diseño capaz de proteger y defender todos los sistemas electrónicos internos así como proponer una estructura basada en chasis la cual haga frente a los constantes golpes normales en esta categoría. Para esto se pretende superar unos de los mayores retos de la ingeniería, la cual es el peso máximo del diseño, una limitante en este concurso no debiendo superar los 50 KG.

1.1 Objetivo General

Construir un robot que cumpla con toda la reglamentación técnica exigida en el CER.

1.2 Objetivos específicos

- Diseñar componentes y partes mecánicas que soporten los esfuerzos a los que estará sometido en batalla.
- Seleccionar ejes, pernos, motores y demás actuadores.

- Selección el sistema de control apropiado.
- Ensamblaje de las diferentes partes.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar ajustes y corrección de errores.
- Realizar pruebas de funcionalidad.

1.3 Alcances

- Levantar planos y documentación técnica.
- Seleccionar componentes en base a los resultados obtenidos en la teoría de diseño.
- Compra de los actuadores y elementos de control en el mercado nacional o Internacional.
- Realizar mecanizado a los componentes y probar su funcionamiento.
- Familiarizarse con el sistema de control.
- Acoplar los sensores y medidas de protección.

1.4 Justificación Tecnológica.

- Con la aplicación de tecnología de software (solidwork), se pretende en primera instancia producir un modelo que no supere el peso máximo propuesto por el reglamento, así como lograr un diseño que permita introducir todos los componentes electrónicos

necesarios.

- Con la utilización de conceptos de diseños de maquinaria se dimensionará los componentes mecánicos tales como estructura, rodamientos y ejes.

1.5 ¿Que es el CER?

CER, Campeonato Ecuatoriano de Robótica, es un torneo de robótica enfocado principalmente a los estudiantes de ingeniería, torneo que surgió tras el interés de las universidades en el campo de la robótica. Este torneo fue implementado por primera vez en el año 2005, torneo organizado por el Centro de Visión y Robótica de la Espol (Escuela Superior Politécnica del Litoral), se desarrolló los días del 19 al 21 de agosto en el centro de convenciones de la plaza Rodolfo Baquerizo Moreno de Guayaquil.

Con 400 participantes aproximadamente, entre los que se encontraban estudiantes de múltiples universidades del país así como un equipo brasileño.

El CER cuanta con múltiples categorías:

- Robot Bailarín.
- Robot seguidor de Línea.
- Creatividad.

- Fútbol Robótico Simulado (Simurosot)
- Fútbol Robótico Real (Mirosot)
- Categoría Libre.
- Batalla de robot.

Cada categoría tiene reglamentos establecidos.

El objetivo en la categoría Batalla de robot, es inhabilitar al robot contrario para esto se podrá utilizar: Brazos neumáticos, armas giratorias, actuadores mecanismos entre otros, es por tal motivo que el robot con mejor diseño tanto en la parte electrónica como en la parte mecánica será el vencedor de esta categoría.

1.6 Bases del Concurso

El Reglamento para la categoría Batalla de Robot ha sufrido múltiples cambios con el paso de los años, con la finalidad de ir mejorando la categoría.

Para las ediciones futuras, se encuentra vigente el siguiente reglamento.

DISPOSICIONES GENERALES

- Cada delegación bajo autorización del representante podrá inscribir como máximo 2 equipos, los cuales estarán conformados

por un máximo de 5 estudiantes.

- El jurado calificador podrá aplicar en cualquier circunstancia el presente reglamento y tendrá las atribuciones necesarias para decidir cualquier aspecto o eventualidad que no esté contemplada en el mismo.
- Todos los participantes deberán acogerse a lo estipulado en el Reglamento General en cuanto a inscripciones, participación y penalizaciones generales.
- El presente reglamento es una evolución sujeta a mejoras continuas que toma como referencia reglamentos presentados por las universidades anfitrionas en eventos anteriores y concursos realizados a nivel mundial.

DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO.

- El robot de batalla es un robot construido con materiales resistentes que le permiten soportar las presiones mecánicas de un combate agresivo. Todos los robots deberán sujetarse a las especificaciones técnicas detalladas en el presente capítulo. El incumplimiento de alguno de estos puntos será motivo de

descalificación del robot ya sea en el preámbulo o durante la competencia.

Dimensiones: El robot con sus armas desplegadas debe poseer dimensiones tales que pueda inscribirse en un prisma de 1m de largo por 1m de ancho y 1m de alto.

Peso: Los robots serán pesados con todos sus equipamientos y accesorios (exceptuando el control re-moto) al inicio de cada round, estos deberán tener un peso máximo de 50 kilogramos sin margen de tolerancia.

Alimentación: La fuente de energía para alimentar los circuitos eléctricos de control y los motores del robot será interna, considerándose cualquier tipo de baterías de corriente continua.

- El robot de batalla deberá ser construido bajo ciertas normas y requisitos de tal manera que brinde las garantías de seguridad para todos los competidores, el jurado, el público en general y el espacio físico donde se desarrolla la competencia, entendiéndose como requisitos de seguridad los siguientes:
- El robot deberá poseer una llave "ON/OFF" externa o pulsador de

emergencia visible y de fácil acceso que lleve a condiciones de paro total al sistema.

- Si el robot utiliza tanques, reservorios y/o componentes hidroneumáticos estos deberán ser protegidos contra presiones mecánicas provenientes del adversario de manera que se eviten explosiones, rupturas o perforaciones.
- La estructura del robot deberá ocultar todo tipo de cableado y terminales eléctricos.
- En caso de que se opte por mecanismos neumáticos estos podrán ser parte del robot siempre y cuando cumplan los siguientes requisitos.
- Tipo de gas: El sistema neumático deberá utilizar únicamente aire comprimido, queda prohibido el uso de cualquier otro tipo de gas.
- Presión máxima: La presión neumática máxima permitida es de 6 bares y el robot deberá brindar el acceso necesario para instalar el instrumento de medición. Los valores de presión serán verificados en el preámbulo de cada round.

- Volumen de aire comprimido: El volumen de aire comprimido no está restringido.
- Válvulas y tanques: Todos los tanques y válvulas deberán ser adquiridos en el comercio, están terminantemente prohibidas las modificaciones de cualquier naturaleza.
- En caso de que se opte por mecanismos hidráulicos estos podrán ser parte del robot siempre y cuando cumplan los siguientes requisitos:
 - Tipo de fluido: Está prohibido el uso de fluidos altamente inflamable, corrosivo y altamente tóxico, es decir, se recomienda el uso de aceite mineral para sistemas hidráulicos industriales.
 - Presión máxima permitida: La presión máxima permitida es de 10 bares.
 - Volumen del fluido: El volumen del fluido no está restringido.
 - Válvulas y tanques: Todos los tanques y válvulas deberán ser adquiridos en el comercio, están terminantemente prohibidas las modificaciones de cualquier naturaleza.

- El robot de batalla en caso de ser controlado por radio frecuencia este deberá obligatoriamente poseer al menos dos frecuencias de control.
- Queda prohibida la participación de robots que funcionen a combustión.

DEL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA.

- La batalla de robots consiste de un enfrentamiento de dos robots, ya sean controlados por radio y/o autónomos. Durante la batalla los robots buscarán inhabilitar las funciones de movilidad o destruir total o parcialmente a su oponente.
- En el preámbulo de la competencia el jurado calificador observará que los robots cumplan con las especificaciones que se establecen en los artículos del capítulo 2, además se observará la funcionalidad del mismo. En caso de que no exista funcionalidad o no se cumplan las especificaciones técnicas el equipo tendrá 5 minutos para hacer las correcciones necesarias, luego de esto si la situación persiste el equipo quedará eliminado. Será motivo de descalificación en el preámbulo de la competencia los siguientes aspectos:
 - Incumplimiento de las especificaciones técnicas.

- El no presentarse en el preámbulo de la competencia tal cual dictamina el reglamento general.
- La no funcionalidad del robot.
- La presencia de adhesivos, figuras o escritos que atenten con la moral.
- El área de combate tendrá una medida de 3 metros de largo x 3 metros de ancho y será bordeada con una malla metálica de protección.
- El responsable del equipo será un solo estudiante, este ejercerá el rol de capitán y será la única persona que pueda dialogar con el jurado calificador. Los datos de esta persona serán proporcionados en el preámbulo de la competencia y será una persona distinta a la que va a controlar el robot.
- Si algún componente neumático o hidráulico es averiado, comprometiendo su integridad estructural, el jurado calificador detendrá la competencia y declarará ganador del round al robot opositor. El mecanismo averiado será retirado para los siguientes rounds sin que esto implique la descalificación del robot. Entiéndase por comprometiendo la integridad estructural del componente neumático o hidráulico a cualquier acción que pueda averiar el mismo en cuanto a su función, así como en su máxima

presión soportada.

- Normativa en pista:
- Al inicio de cada round los contrincantes indicarán al jurado calificador su frecuencia de control, en caso de coincidir entre ellos, se realizará un sorteo. El robot que gane el sorteo tendrá opción de elegir la frecuencia para el radio control.
- Los robots que utilicen tecnología neumática podrán hacer recargas de aire comprimido únicamente al inicio de cada round.
- Si un robot en funcionamiento normal o con desperfecto atentare contra la integridad física del ring, el jurado calificador tendrá la potestad de no dejarlo competir en caso esto sea notado en el preámbulo del round. En caso de que esto ocurriera durante el desarrollo de un round el equipo implicado podrá pedir un minuto en caso lo disponga para tratar de resolver el inconveniente, de no disponer de este se dará por terminado el round declarando ganador del mismo al robot opositor.
- Todos los robots deben estar aptos para competir en el momento de su turno, podrán pedir una prórroga de 5 minutos como máximo, transcurrido este tiempo se realizará un segundo llamado. Si en este tiempo no se presentare el robot en el ring de combate este perderá la batalla.
- Antes del enfrentamiento los robots serán ubicados en esquinas

opuestas, los manejadores de cada equipo serán los únicos que podrán ubicarse dentro del área de control. Considerándose como área de control un espacio físico que le asignará el jurado calificador.

- Una vez que los jueces indiquen el inicio del enfrentamiento nadie podrá ingresar total ni parcialmente al área de competencia, excepto en el caso de que lo indique uno de los jueces, si alguno de los operadores o miembros del equipo incumplen con esta norma, el robot será amonestado tal cual dictamina la tabla 1.
- Cada enfrentamiento está programado inicialmente para 2 rounds, los cuales serán de 5 minutos cada uno, el ganador de la batalla será quien acumule más puntos en los dos rounds. Si resultare un empate, entonces se realizará un enfrentamiento adicional con duración igual a los rounds previos.
- Entre cada round habrá un tiempo de 5 minutos para que el equipo respectivo pueda verificar su robot, sin hacer cambios en su estructura.
- Si un robot inmoviliza a su contrincante, el jurado pedirá que se separen y cada robot deberá ubicarse en sus esquinas para así continuar con la batalla. Esta situación otorgará al robot inmovilizador la puntuación establecida en el tabla 1.1

- El jurado calificador previo acuerdo, podrá parar la contienda cuando lo consideren necesario.
- Si ocurre desprendimiento de piezas de los robots, los jueces deberán pausar el enfrentamiento y pedir que se retiren las piezas desprendidas, a fin de evitar accidentes. En el desarrollo de un round el capitán de equipo podrá pedir por una sola vez un tiempo de un minuto para ingresar a revisar el robot. Bajo esta situación únicamente podrán ingresar los integrantes del equipo que solicitaron el permiso a los jueces. Durante la revisión no se podrá realizar ninguna modificación estructural.
- Durante el minuto solicitado en un round y en el caso de que los integrantes del equipo identifiquen desperfectos graves que impliquen la no continuidad del robot, se declarará finalizado el round y se dará como vencedor de la batalla al equipo oponente.

TABLA 1
PUNTUACIÓN DE BATALLA

Detalle	Puntuación
Inmovilizar al oponente por ataque	20 puntos
Embestidas	5 puntos
Vuelcos	10 puntos
Uso de armas	20 puntos
Amonestaciones	-5 puntos

Embestida: Será considerado como embestida, cuando un robot choque a su oponente dirigiéndose hacia él e impactándolo notablemente, provocando que este se desestabilice. También cuando un robot haga retroceder a su oponente demostrando su mayor grado de fuerza mientras éstos se encuentran en contacto.

Inmovilización por ataque: Será considerado inmovilización por ataque cuando un participante inmovilice a su oponente por medio de un ataque y esta acción no le permita desplazarse libremente durante un lapso de 20 segundos.

Vuelco: Se considerará que un robot vuelca a su oponente cuando logre voltearlo, separando del piso sus ruedas o dispositivos de tracción.

Uso de Armas: Se considera uso de armas cuando el robot participante utilice su arma contra el oponente de forma intencional. En caso de ser un arma de impacto, la acción otorgará al robot respectivo la puntuación establecida en la tabla 1, siempre y cuando cause daño físico al oponente. Si se tratase de un arma de corte se otorgará la puntuación por cada contacto directo e intencionado contra el oponente, causando daño físico.

Amonestaciones: Será considerado una amonestación por parte de un equipo los siguientes supuestos:

1. Cuando no se presenta en el momento de su participación haciendo que se retarde el inicio de la batalla.

2. Cuando uno o varios miembros del equipo ingresen al área de combate sin la previa autorización del juez de pista.

* En el caso de que en un mismo evento se den dos o más situaciones de las mostradas en la tabla 1 se sumarán los puntos correspondientes.

▪ Será considerado como sanción y por lo tanto supondrá la descalificación del evento y la penalización en la sumatoria general por parte del robot causante, los siguientes supuestos:

El uso de dispositivos que lancen líquidos, sólidos o gases al oponente o contra el ring de batalla.

El uso de dispositivos inflamables.

El uso de dispositivos que interfieran con la frecuencia de control de su oponente.

Si cualquier competidor insulta verbal, gestual o física-mente al oponente, juez, miembros de la organización o algún espectador.

Cualquier robot que posea artefactos que reproduzca sonidos con palabras ofensivas, produzca algún tipo de acción inapropiada o contengan sobre su estructura imágenes o palabras de la misma índole.

Alegar de manera agresiva u ofensiva a un juez.

- El responsable de uno de los equipos contrincantes puede pedir la detención de la batalla cuando su robot haya tenido un accidente que le impida continuar la misma. Esta parada será de 1 minuto por round.
- El responsable del equipo podrá solicitar a los jueces el retiro del evento de su robot, si éste no pudiese continuar en la competencia en cualquier trascurso ante, entre y después de la batalla.
- El responsable de uno de los equipos implicados en un enfrentamiento puede alegar cualquier motivo de sospecha de incumplimiento de normativa por parte de su contrincante a cualquiera de los jueces Si se produce una confirmación de

dichas sospechas, el juez tendrá la facultad de declarar nula la competencia entre los robots implicados o proclamar vencedor al equipo que haya respetado la normativa. Siempre que se haga antes de la terminación de la batalla, después de esto no habrá ningún reclamo.

DETERMINACIÓN DEL GANADOR DE LA COMPETENCIA.

- El jurado calificador sumará la puntuación adquirida en los rounds establecidos y se declarará un ganador de batalla. En caso de empate en la puntuación final, los jueces decidirán el ganador mediante la celebración de una "muerte súbita" en la cual el primer robot en anotar un punto gana el combate.
- En base a las llaves establecidas para cada batalla se irá aplicando lo estipulado en el artículo 4.1, hasta determinar el ganador de la competencia.
 - * Una vez finalizadas las competencias, el jurado calificador publicará entre los presentes el nombre del robot ganador y la universidad a la que pertenece, de igual manera lo hará para la segunda y tercera ubicación.

1.7 Tipo de sistema de control.

Para el control del robot se usará el sistema inalámbrico llamado radio

control, el cual enviará señales entre 2 módulos, en forma simplex, es decir unidireccional.

Este consta de 2 partes:

- Transmisor
- Receptor

En el mercado existen varios sistemas R/C, en la figura 1.1 se presenta uno de ellos.

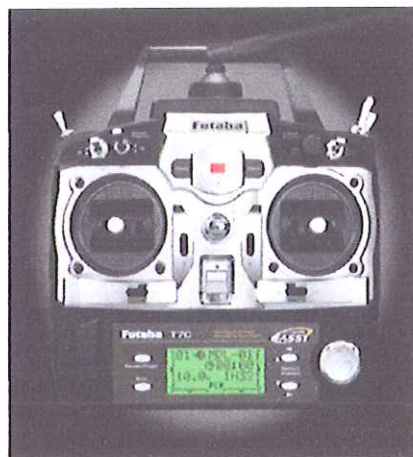


FIGURA 1.1 TRANSMISOR MARCA FUTABA

Receptor

El control presentado en la figura 1.1 viene en un kit de trabajo en el cual incorpora su propio receptor.



FIGURA 1.2 RECEPTOR MARCA FUTABA

1.8 Prototipo de Robot

Basado en anteriores campeonatos y tomando como referencia proyectos que han ganado el título nacional se propone el siguiente, Diseño de Forma para el robot a construir.



FIGURA 1.3 DISEÑO DE FORMA DEL ROBOT

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUCCION DEL ROBOT

2.1 Diseño

El diseño del robot tiene que incorporar datos técnicos importantes, mismo que fueron expuestos anteriormente, estos datos de diseños son manejados como contantes, el dato técnico de mayor ponderación en este proyecto es la limitante del peso, considerando que a nivel de ingeniería el peso de los equipos y maquinas ha sido un punto crítico de todos los tiempos, ya se tiene el caso de los primeros aviones o primeros barcos.

Basado en esto se trae los datos de ingeniería de mayor importancia para este proyecto.

TABLA 2
TABLA DE DISEÑO

Peso máximo:	$W = 50 \text{ Kg}$
<i>Longitud Máxima:</i>	$L = 1 \text{ m}$
<i>Ancho máximo.</i>	$A = 1 \text{ m}$
<i>Alto Máximo.</i>	$H = 1 \text{ m}$
<i>Volumen máximo</i>	$V = 1 \text{ m}^3$

2.2 Cálculos de Componentes y Selección de Materiales

La selección de material se basa en la relación al peso designado a cada componente, basado en el diseño de forma se determina que la mayor cantidad de peso estará en los motores.

Para lo cual se debe elegir un perfil de bajo peso que brinde la seguridad necesaria a la estructura.

Diseño de forma del chasis del robot

Todas las secciones fueron dibujadas en solidwork, programa que calculó el peso del chasis. (4 Kg)

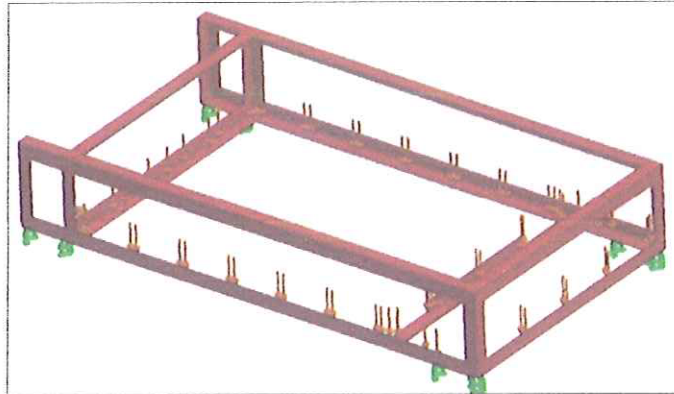
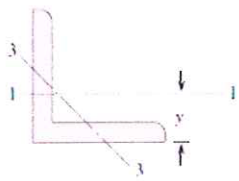


FIGURA 2.1 DISEÑO DE FORMA DEL CHASIS

Selección del perfil para chasis.

Basado en la oferta del mercado nacional se selecciona el perfil, 1 x 1 x 1/8 por su bajo peso.

TABLA 3
SELECCIÓN DE PERFIL L DE LADOS IGUALES PARA CHASIS

w = weight per foot, lbf/ft m = mass per meter, kg/m A = area, in ² (cm ²) I = second moment of area, in ⁴ (cm ⁴) k = radius of gyration, in (cm) y = centroidal distance, in (cm) Z = section modulus, in ³ (cm ³)							
							
Size, in	w	A	I_{1-1}	k_{1-1}	Z_{1-1}	y	k_{3-3}
$1 \times 1 \times \frac{1}{8}$	0.80	0.234	0.021	0.298	0.029	0.290	0.191
$\times \frac{1}{4}$	1.49	0.437	0.036	0.287	0.054	0.336	0.193
$1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} \times \frac{1}{8}$	1.23	0.36	0.074	0.45	0.068	0.41	0.29
$\times \frac{1}{4}$	2.34	0.69	0.135	0.44	0.130	0.46	0.29
$2 \times 2 \times \frac{1}{8}$	1.65	0.484	0.190	0.626	0.131	0.546	0.398
$\times \frac{1}{4}$	3.19	0.938	0.348	0.609	0.247	0.592	0.391
$\times \frac{3}{8}$	4.7	1.36	0.479	0.594	0.351	0.636	0.389
$2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$	4.1	1.19	0.703	0.769	0.394	0.717	0.491
$\times \frac{3}{8}$	5.9	1.73	0.984	0.753	0.566	0.762	0.487
$3 \times 3 \times \frac{1}{4}$	4.9	1.44	1.24	0.930	0.577	0.842	0.592
$\times \frac{3}{8}$	7.2	2.11	1.76	0.913	0.833	0.888	0.587
$\times \frac{1}{2}$	9.4	2.75	2.22	0.898	1.07	0.932	0.584
$3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$	5.8	1.69	2.01	1.09	0.794	0.968	0.694
$\times \frac{3}{8}$	8.5	2.48	2.87	1.07	1.15	1.01	0.687
$\times \frac{1}{2}$	11.1	3.25	3.64	1.06	1.49	1.06	0.683
$4 \times 4 \times \frac{1}{4}$	6.6	1.94	3.04	1.25	1.05	1.09	0.795
$\times \frac{3}{8}$	9.8	2.86	4.36	1.23	1.52	1.14	0.788
$\times \frac{1}{2}$	12.8	3.75	5.56	1.22	1.97	1.18	0.782
$\times \frac{5}{8}$	15.7	4.61	6.66	1.20	2.40	1.23	0.779

Cálculo de fuerza cortante y momento flector

Para los cálculos se asumirá que el robot soporta una carga distribuida en toda su longitud, esta carga será el peso del propio robot más el peso del oponente.

$$W = \frac{50 \text{ kg} + 50 \text{ Kg}}{0.8 \text{ m}} = 125 \text{ Kg/m}$$

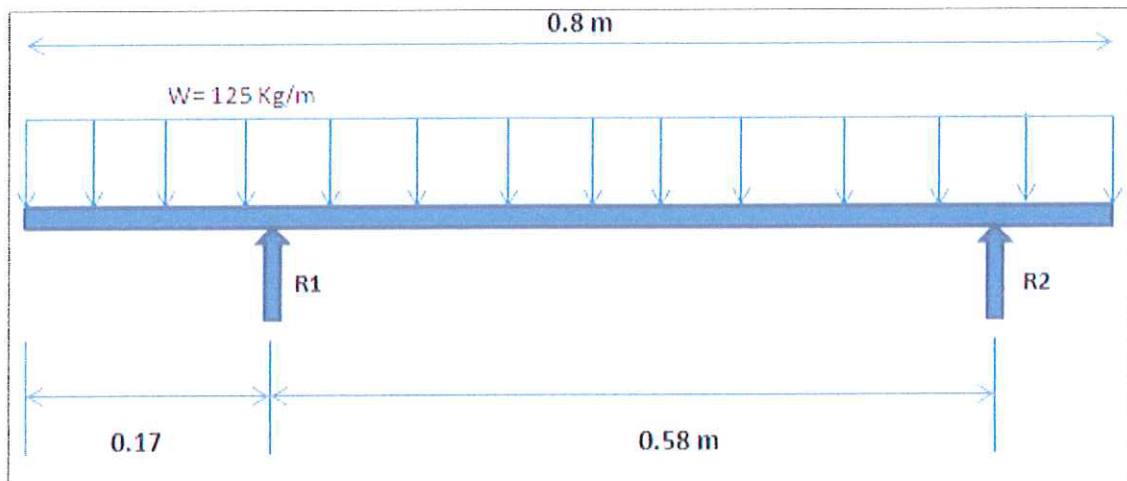


FIGURA 2.2 MODELO MATEMÁTICO DEL CHASIS

R1 = reacción de la rueda delantera.

R2 = reacción de rueda trasera.

$$+ \curvearrowleft \Sigma M R1 = 0$$

$$R2(0.58 \text{ m}) - (100 \text{ Kg})(0.23 \text{ m}) = 0$$

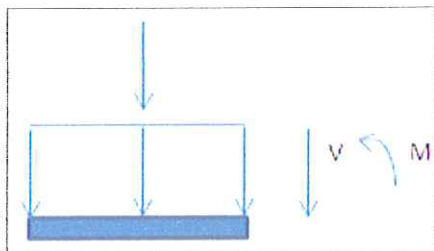
$$R2 = 39.7 \text{ Kg}$$

$$+ \uparrow \Sigma f y = 0$$

$$R_2 + R_1 - 100Kg = 0$$

$$R_1 = 60.3 Kg$$

Para determinar la fuerza cortante y el momento flector entre $X=0$ y $X=0.17m$



$$\begin{aligned}
 + \uparrow \Sigma F_y &= 0 \\
 -125(x) - V &= 0 \\
 V &= -125x
 \end{aligned}$$

$$+ \curvearrowleft \Sigma M = 0$$

$$125x \left(\frac{x}{2} \right) + M = 0$$

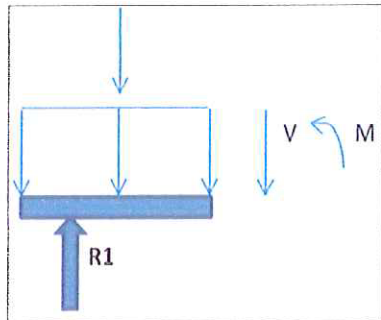
$$M = -62.5x^2$$

$$X = 0.17$$

$$V = -21.25$$

$$M = -1.8$$

Para determinar la fuerza cortante y el momento flector entre $X=0.17$ y $X=0.75m$



$$+ \uparrow \Sigma f_y = 0$$

$$60.3 - 125x - V = 0$$

$$V = -125x + 60.3$$

$$+ \curvearrowright \Sigma M = 0$$

$$-60.3(x - 0.17) + 125x\left(\frac{x}{2}\right) + M = 0$$

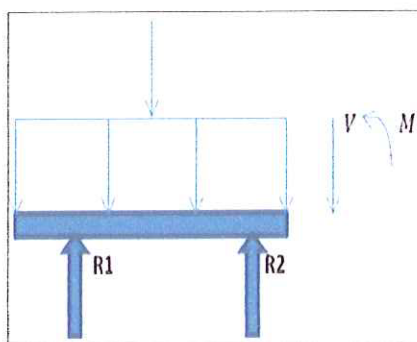
$$M = -62.5x^2 + 60.3x - 10.251$$

$$X = 0.17 ; V = 39.05 ; M = -1.8$$

$$X = 0.75 ; V = -33.45 ; M = -0.182$$

$$V = 0 ; X = 0.4824 ; M = 4.293$$

Para determinar la fuerza cortante y el momento flector entre $X = 0.75$
y $X = 0.8\text{m}$



$$+ \uparrow \Sigma f_y = 0$$

$$60.3 + 39.7 - 125x - V = 0$$

$$V = -125x + 100$$

$$+ \curvearrowright \Sigma M = 0$$

$$-60.3(x - 0.17) + 125x\left(\frac{x}{2}\right) - 39.7(X - 0.75) + M = 0$$

$$M = -62.5x^2 + 100x - 40$$

$X = 0.75$ $V = 6.25$ $M = -0.182$

Diagrama de Fuerza Cortante y de momento flector.

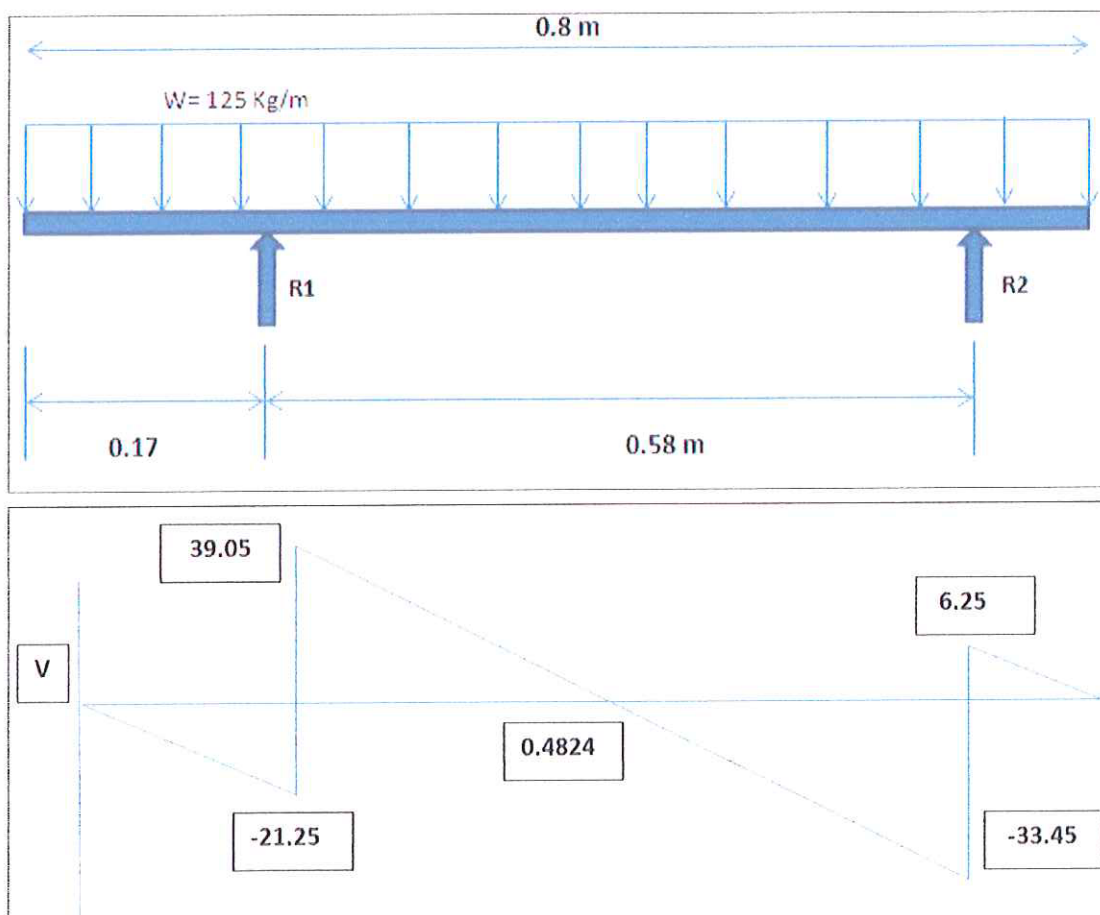


FIGURA 2.3 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

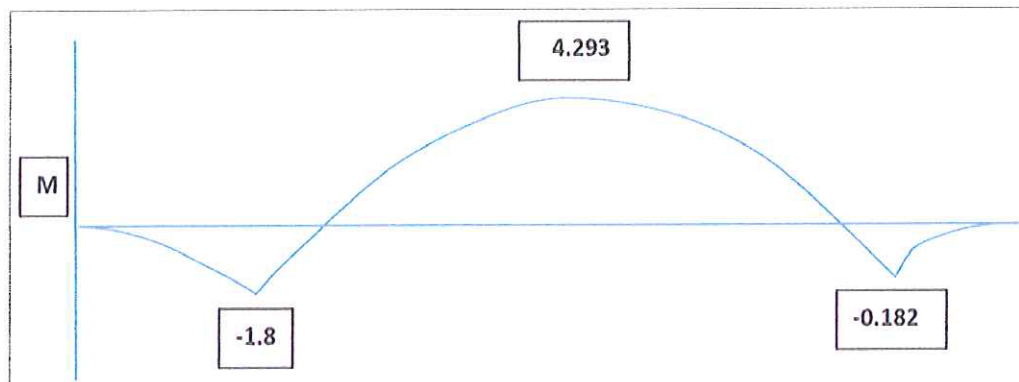


FIGURA 2.4 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

Cálculo de esfuerzos en pernos del guarda choque.

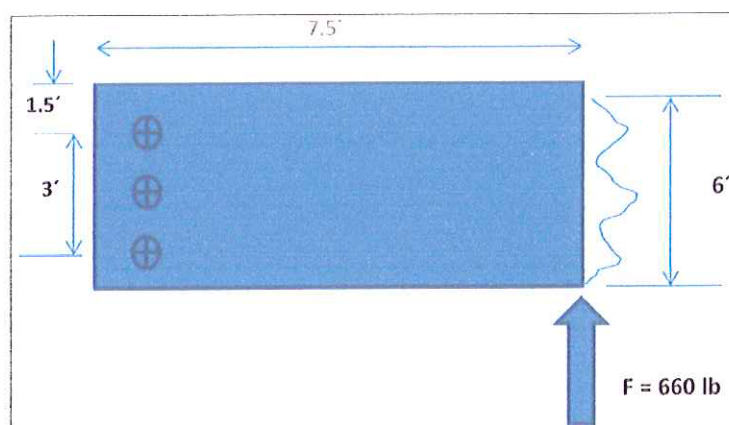


FIGURA 2.5 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL GUARDA CHOQUE

La fuerza de golpe ejercida en el guarda choque varía dependiendo del motor de este oponente, por tal motivo se considerará de la siguiente forma:

$$F = robot1 + robot2 + 2(robot1 + robot2)$$

$$F = 110 + 110 + 2(110 + 110) = 660 \text{ lb}$$

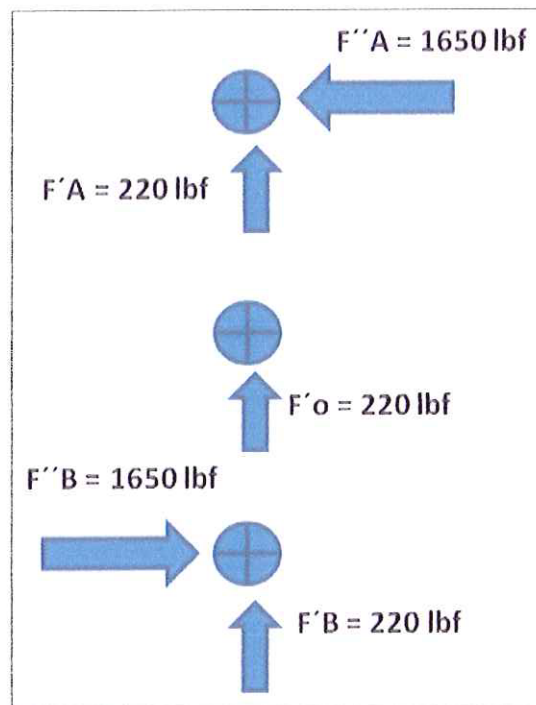


FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LOS PERNOS DEL GUARDA CHOQUE

$$M = 660 \text{ lbf}(7.5 \text{ in}) = 4950$$

$$F''A = F''B = \frac{4950}{3} = 1650 \text{ lbf}$$

$$FA = FB = \sqrt{220^2 + 1650^2} = 1664.6 \text{ lbf}$$

Cortante del perno.

El análisis será basado en el supuesto de elegir un perno con un diámetro de 5/16" grado SAE 5.

$$A_s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (\frac{5}{16})^2}{4} = 0.077 \text{ in}^2$$









$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1664.6}{0.077} = 21618.2 \text{ psi}$$

$$S_{sy} = 0.577(S_y) = 0.577 (92) = 53.08 \text{ Kpsi}$$

De la tabla 2.3 $S_y = 92 \text{ Kpsi}$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} = \frac{53.08}{21.62} = 2.45$$

TABLA 4
ESPECIFICACIONES SAE PARA PERNOS DE ACERO

SAE Specifications for Steel Bolts						
SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength,* kpsi	Minimum Tensile Strength,* kpsi	Minimum Yield Strength,* kpsi	Material	Head Marking
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Low or medium carbon	
2	$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Low or medium carbon	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Medium carbon, Q&T	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Low-carbon martensite, Q&T	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Medium-carbon alloy, Q&T	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Medium-carbon alloy, Q&T	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Low-carbon martensite, Q&T	

Libro de shigley, J, Diseño en ingeniería Mecánica, cuarta Edición, Mc Graw

Aplastamiento del perno.

$$Ab = d(b) = \left(\frac{5}{16}\right)\left(\frac{1}{4}\right) = 0.078 \text{ in}^2$$

$$\tau = \frac{1664.6}{0.078} = 21341$$

$$n = \frac{92}{21.341} = 4.31$$

Aplastamiento del elemento

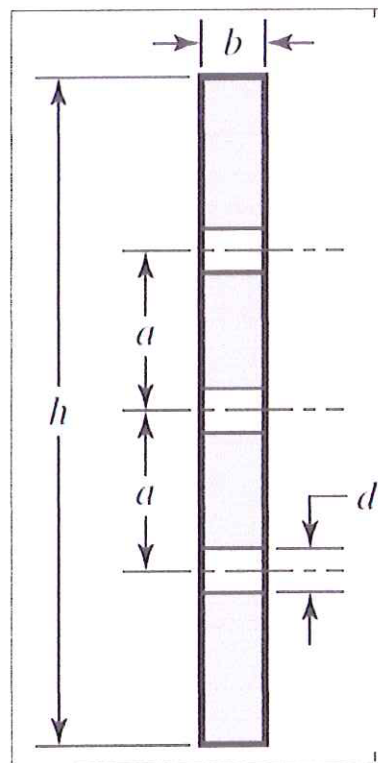


FIGURA 2.7 UBICACIÓN DE PERNOS

$$I = \frac{bh^3}{12} - \frac{bd^3}{12} - 2\left(\frac{bd^3}{12} + a^2bd\right) = 4.852 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{4950(3)}{4.852} = 3060 \text{ psi}$$

$$n = \frac{36}{3.060} = 11.76$$

2.3 Cálculo de la potencia de los motores.

Para el cálculo de los motores se procede con el diagrama de cuerpo libre del robot y se considera que la potencia requerida tendrá que ser dividida entre cuatro (4) ya que este es el número de motores a usar.

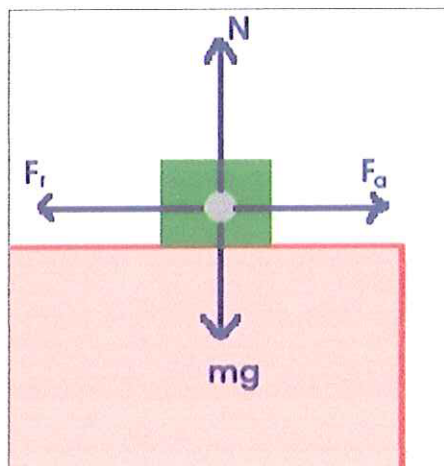


FIGURA 2.8 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL ROBOT

$$F_a = \text{robot 1} + \text{robot 2} = 50 \text{ kg} + 50 \text{ kg} = 100 \text{ kg}$$

$$\Sigma f_x = F_a - Fr = 0$$

$$\Sigma f_y = N - mg = 0$$

$$Fr = \mu_k \cdot N$$

TABLA 5

COEFICIENTE DE FRICCIÓN

PÁGINA 133 LIBRO SERWAY QUINTA EDICIÓN

	μ_s	μ_k
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	—	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Hielo sobre hielo	0.1	0.03
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en los humanos	0.01	0.003

$$Fa = 0.8 (100 \text{ kg}) (9.8 \frac{m}{s^2})$$

$$Fa = 784N$$

Considerando que ring de batalla tiene 3 metros cuadrados, se decide que el robot cruce este tramo en 1 segundo.

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$P = Fa (V) = (748 \text{ N}) 3 \frac{m}{s} = 2244 \text{ W}$$

$$P = \frac{2244}{4} = 561 \text{ W}$$

$$P = \frac{561}{746} = 0.75 \text{ Hp}$$

Selección de motor.

TABLA 6
DATOS TÉCNICOS DE LOS MOTORES

Voltaje (V)	Corriente (A)	Hp	Rpm	Ratio	Peso Lb	Serie
24	50.16	0.824	180	18:1	17	NPC- B81

Según datos técnicos el motor seleccionado es de la marca NPC



FIGURA 2.9 MOTOR SELECCIONADO

2.4 Selección del Sistema de Mando.

Para el correcto control del robot se tendrá que seleccionar una tarjeta que garantice el correcto suministro de energía a los motores y que a su vez sea compatible con el sistema de radio control RC.

Datos para selección de tarjeta:

Voltaje de trabajo = 24 V

Energía de operación = 50.16 A

Número de
canales = 2

Modo de operación = Rc

En el mercado existen muchas tarjetas que cumplen estos requerimientos entre estas se tiene:

- **IFI VEX Pro Víctor 885**
- **RoboteQ XDC2230**
- **Vantec RDFR47E**
- **Sabertooth 2 x 60**

Con referencia al bajo costo se selecciona la tarjeta: **Sabertooth 2 x 60**



FIGURA 2.10 TARJETA DE CONTROL

Datos técnicos de tarjeta Sabertooth 2 x 60

El Sabertooth 2X60 es uno de los conductores a utilizar motores duales más versátiles, eficientes y fáciles en el mercado. Es adecuado para grandes robots motorizados - hasta 120 libras en combate o hasta 1.000 libras para la robótica de propósito general.

Fuera de la caja, la Sabertooth puede suministrar dos motores DC con un máximo de 60A cada uno. Corrientes de pico de 120 A por canal son alcanzables por unos segundos.

Selección correcta de cable.

Basados en los requerimientos de energía, el fabricante propone las siguientes calibres de cable.

TABLA 7
SELECCIÓN DE CABLES

Amperaje por motor	Cable para el motor	Cable de la batería
< 25 A	12 AWG	10 AWG
25 A < 45 A	10 AWG	8 AWG
> 45 A	8 AWG	6 AWG
> 60A	6 AWG	4 AWG

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

FIGURA 2.11 DATOS TÉCNICOS DE CABLES

Selección del sistema RC

Con la selección de la tarjeta de potencia Sabetooth 2 x 60, es necesario de elegir un receptor tipo RC, en el mercado existen varios modelos, sin embargo cualquiera funciona para este proyecto, en este caso se elige **Futaba 4YF 4-Channel 2.4GHz** por su bajo costo.

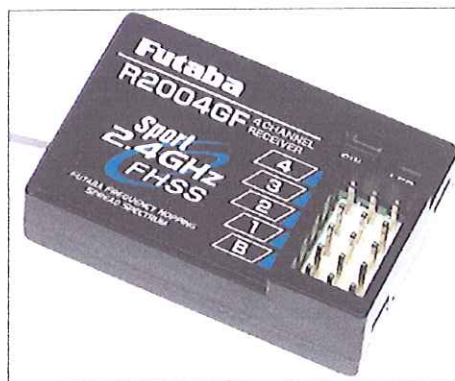
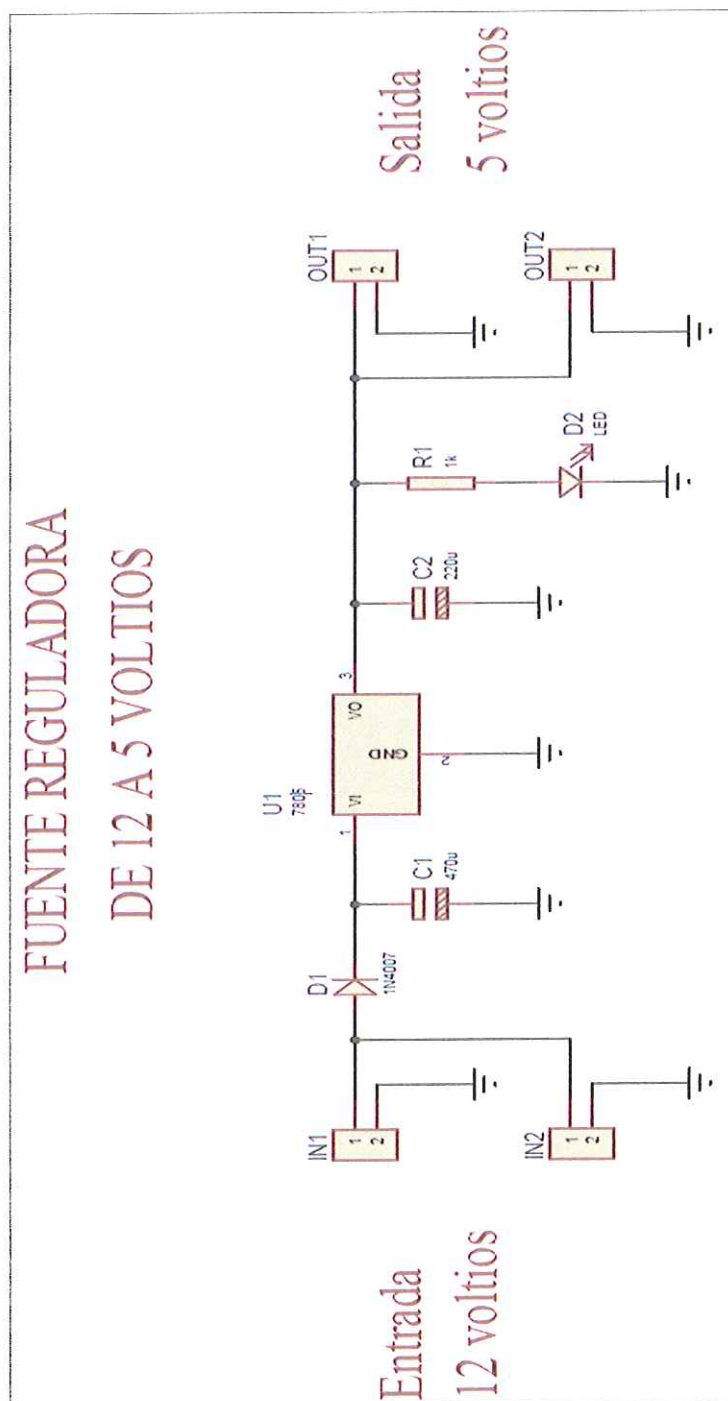


FIGURA 2.12 RECEPTOR FUTABA

Alimentación del receptor Futaba 4YF 4-Channel 2.4GHz

Para el funcionamiento del receptor, este necesita ser alimentado con un voltaje de 5V sin embargo las baterías usadas son de 12V por tal motivo se diseñará y construirá una fuente de regulación de 12 a 5 voltios.



Fuente reguladora 12 a 5 Voltios

FIGURA 2.13 DIAGRAMA ELÉCTRICO

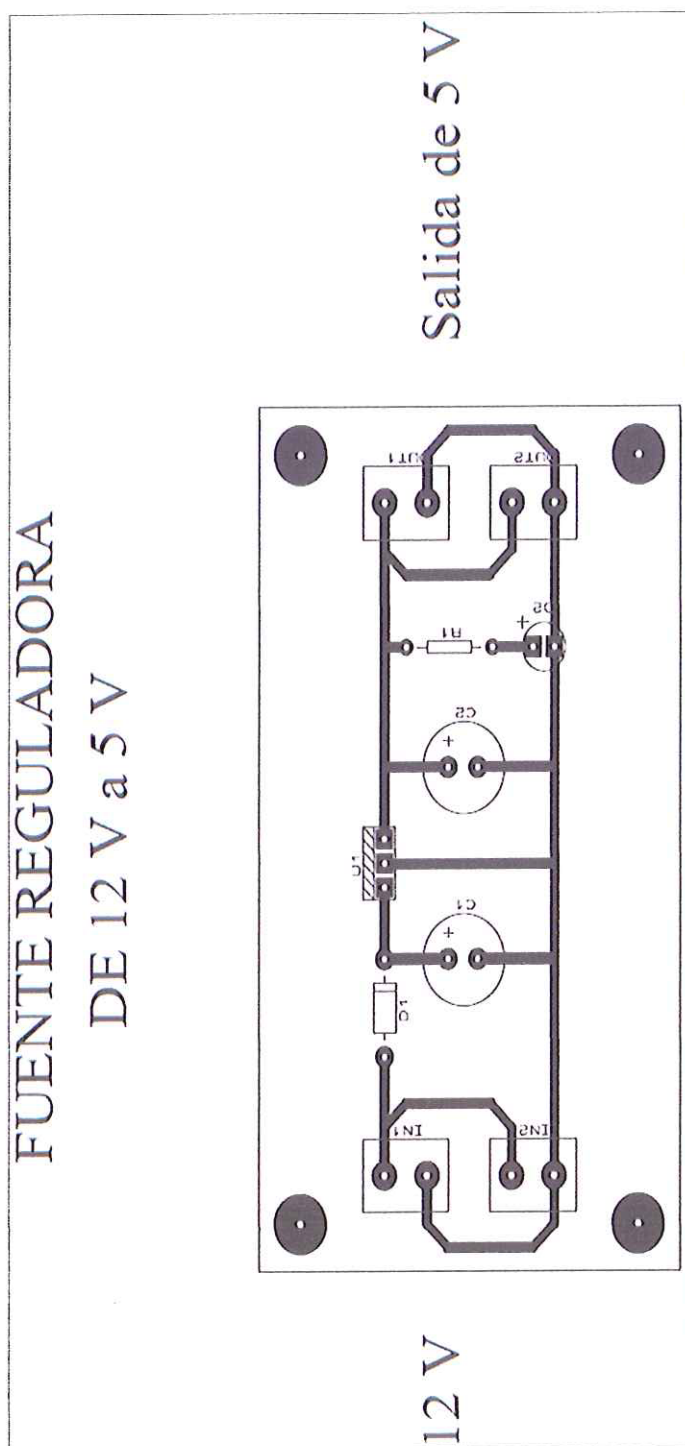


FIGURA 2.14 TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO

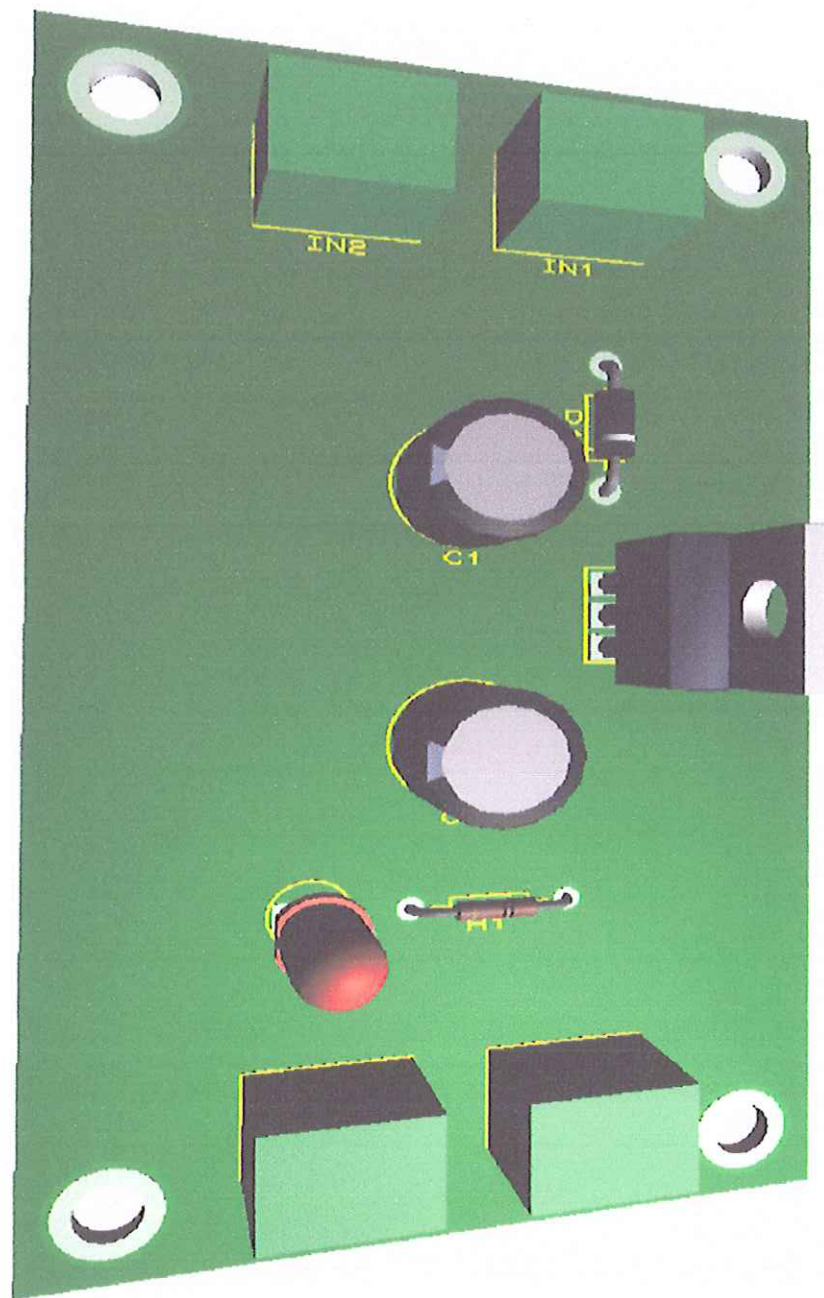


FIGURA 2.15 DIAGRAMA 3D FUENTE REGULADORA

2.5 Ensamblaje del equipo y pruebas de funcionamiento

Para el ensamblaje del equipo se procederá en el siguiente orden:

- 1.-) Construcción del chasis.
- 2.-) Pintura del chasis.
- 3.-) colocación de motores Dc.
- 4.-) Colocación de ruedas.
- 5.-) Empernado de carrocería.
- 6.-) Colocación de guarda choque.
- 7.-) colocación de palanca delantera.
- 8.-) Baterías
- 9.-) Tarjeta de control.
- 10.-) Tapa superior.

Pruebas de funcionamiento.

Una vez instalado toda la parte eléctrica se procede a probar la respuesta del control Rc con la tarjeta de potencia, la cual responde sin problemas.

Se realiza la medición de corriente en los cables de los motores obteniendo como resultado un consumo de 10 Amp en vacío.

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN TÉCNICA.

3.1 Evaluación técnica y pruebas.

Para las pruebas se considera:

- El robot logre empujar a un adversario.

Luego de la prueba se observa claramente que el robot fue capaz de empujar a un robot de igual tamaño y peso.

- El robot empuje un peso superior.

Para esta prueba se decidió escoger una camioneta doble cabina. Observando que el robot pudo empujarla.

- Desempeño en el campeonato.

Luego de enfrentar a varios concursantes el robot logro obtener el tercer lugar a nivel nacional, cumpliendo a cabalidad con toda la reglamentación técnica exigida.

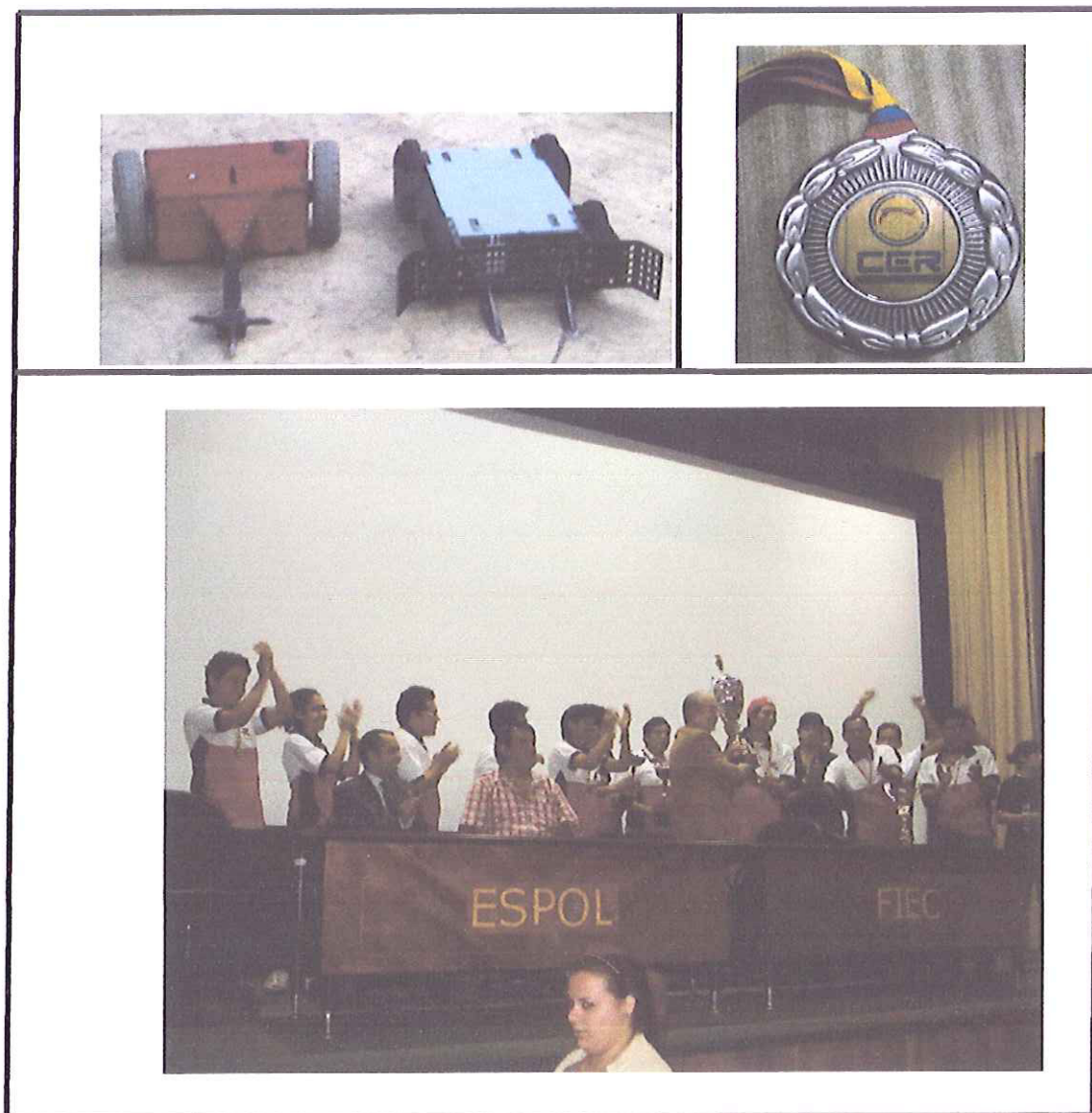


FIGURA 2.16 PREMIACIÓN AL TERCER LUGAR DEL ROBOT

3.2 Costos de la construcción.

En esta parte se detallarán los costos de cada uno de los implementos y materiales utilizados en la construcción del robot de batalla.

En la tabla 8 se muestra los costos de los materiales estructurales utilizados en la construcción del robot.

TABLA 8
COSTO DE MATERIALES ESTRUCTURALES

Articulo	MEDIDAS	CANTIDAD	Precio (\$)
ANGULO DE ACERO ESTRUCTURAL A 36	1' X 1' X 1/8'	12 m	18.5
PLACA GUARDA CHOQUE DE ACERO ESTRUCTURAL A36	86 X 13X 4	1	8
PLACA SUPERIOR DE ACERO ESTRUCTURAL A36	66 X 40 X 2	1	7.25
CHAPA - CHASIS DE ACERO INOXIDABLE 304	0.6 X 1.2 X 1.5	1	65
PERNOS ACERO INOXIDABLE 304	6.35 X 19	36	2.25
RUEDAS	20 X 5	4	32
TOTAL	*****	****	133

En la tabla 9 se presenta los costos de los materiales eléctricos.

TABLA 9
COSTO DE MATERIALES ELÉCTRICOS

Componente	Cantidad	Referencia	Precio (\$)
Motor Dc	4	NPC-B81	1200
Batería	2	12 V	97
Tarjeta de control	1	Sabertooth	193
Radio control	1	Futaba	100
Capacitor	1	C1	0.4
Capacitor	1	C2	0.4
Resistor	1	1 K	0.1
Circuito integrado	1	7805	0.5
Diodo	1	led	0.2
TOTAL	*****	*****	1591.6

Una vez definidos los costos de los materiales y componentes se procede a la suma, lo que da un costo del proyecto de \$ 1724,6.⁰⁰

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

1.- Con relación al objetivo general, se pudo cumplir a cabalidad con toda la reglamentación exigida por el CER esto se demuestra en la aceptación de proyecto en tan importante evento.

Es de considerar que el mayor problema en la ejecución del robot fue no superar los 50 kg, tratando con mucho cuidado el peso de cada componente al momento del diseño.

2.- Con relación a los objetivos específicos, los componentes diseñados y seleccionados como pernos, ángulos, placa metálicas y demás superaron los esfuerzos a los que estuvieron sometidos durante la batalla. Sin embargo la batería no abasteció el requerimiento de energía durante toda la batalla, teniendo que ser remplazadas muy rápidamente.

3.- Los motores al tener tan solo 180 rpm tornaban lento al robot en comparación a otros proyectos.

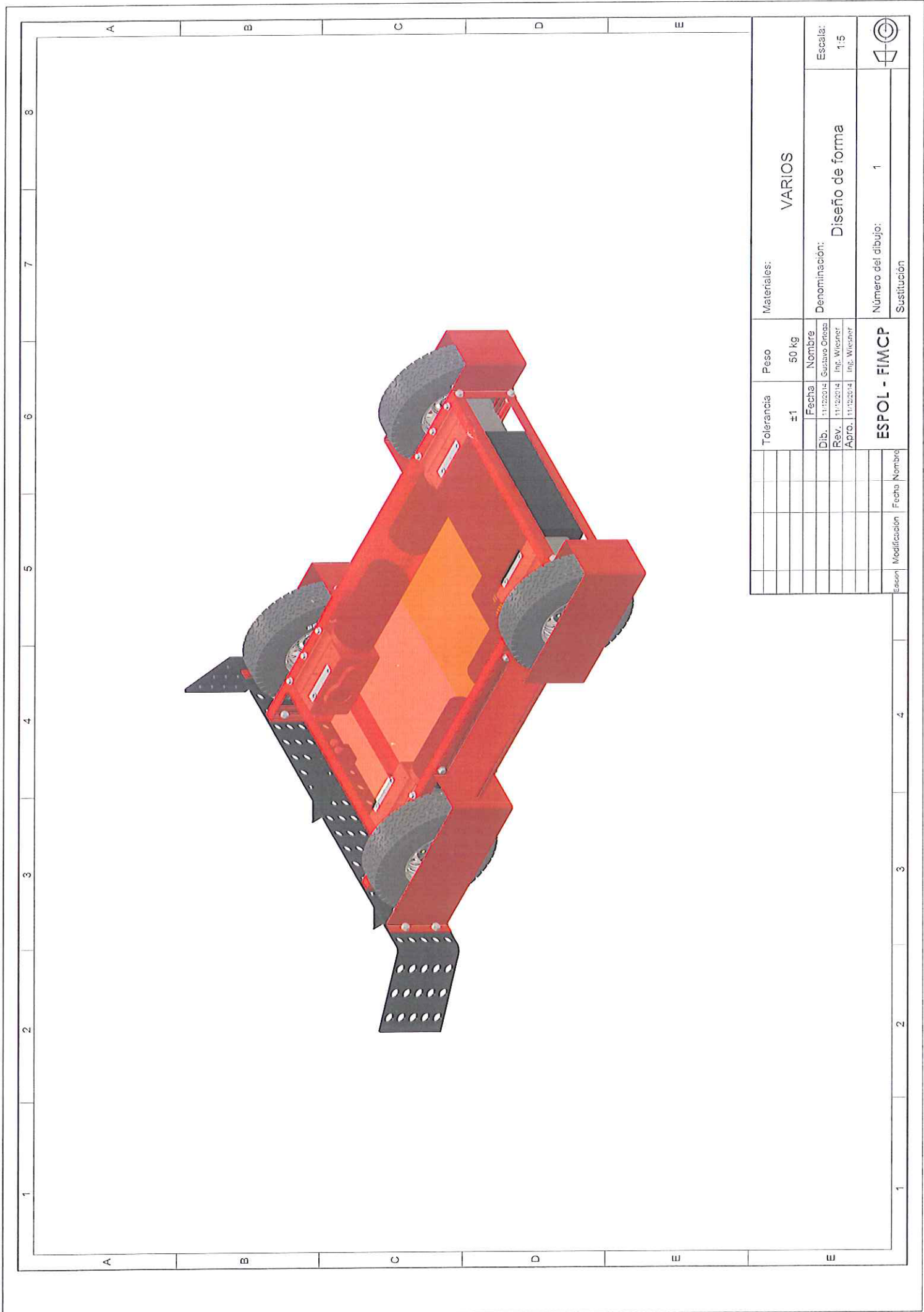
4.- El chasis soporto sin problemas el peso de otros proyectos.

Recomendaciones

- Seleccionar baterías de mayor capacidad, por ejemplo NiCad que tienen una mayor capacidad de corriente con lo que se alargaría la confiabilidad de duración del robot en batalla.

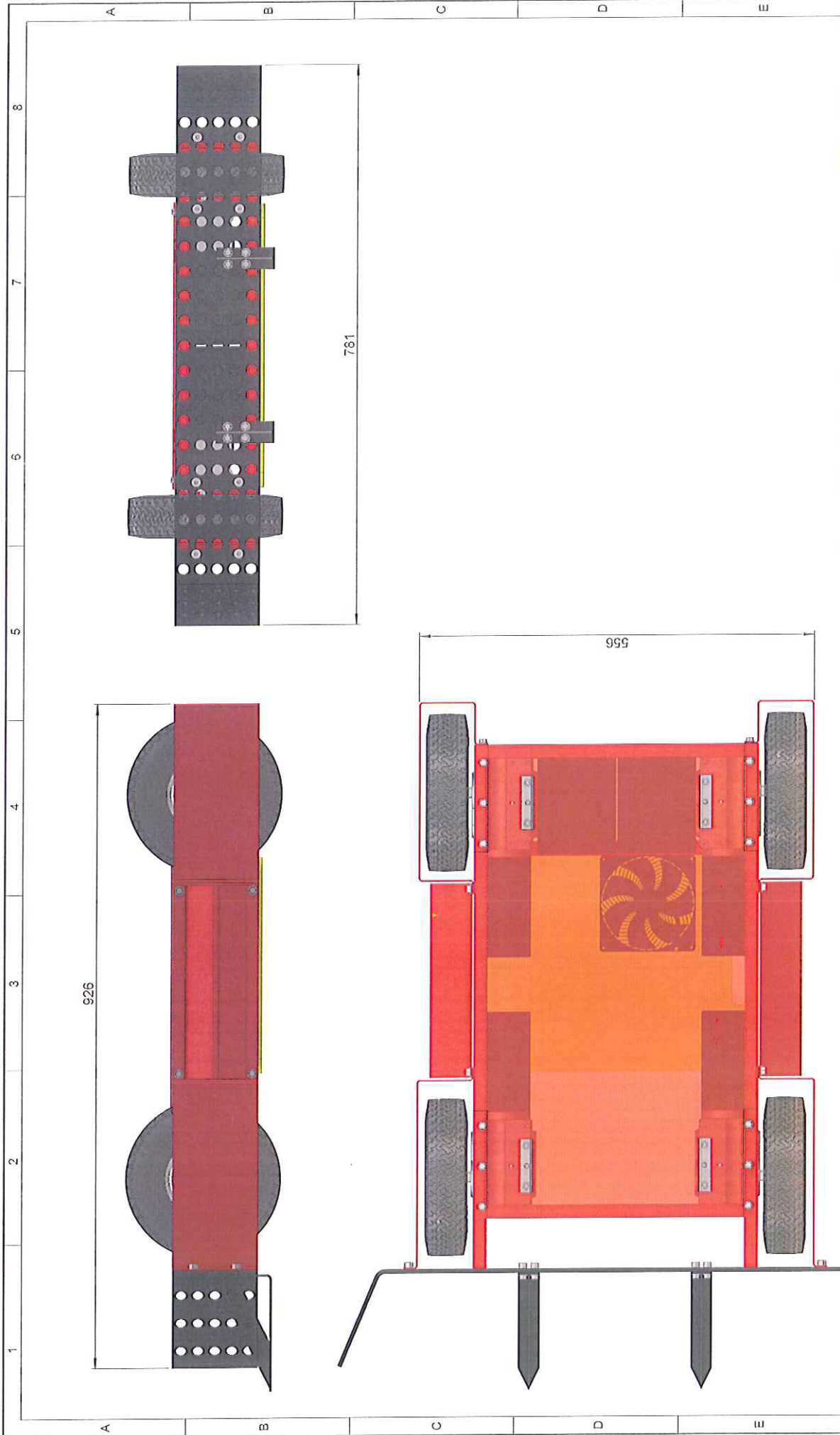
- Seleccionar motores con una reducción menor para dar mayor velocidad al proyecto o a su vez seleccionar motores de mayor rpm.

APÉNDICE A: PLANOS DEL ROBOT



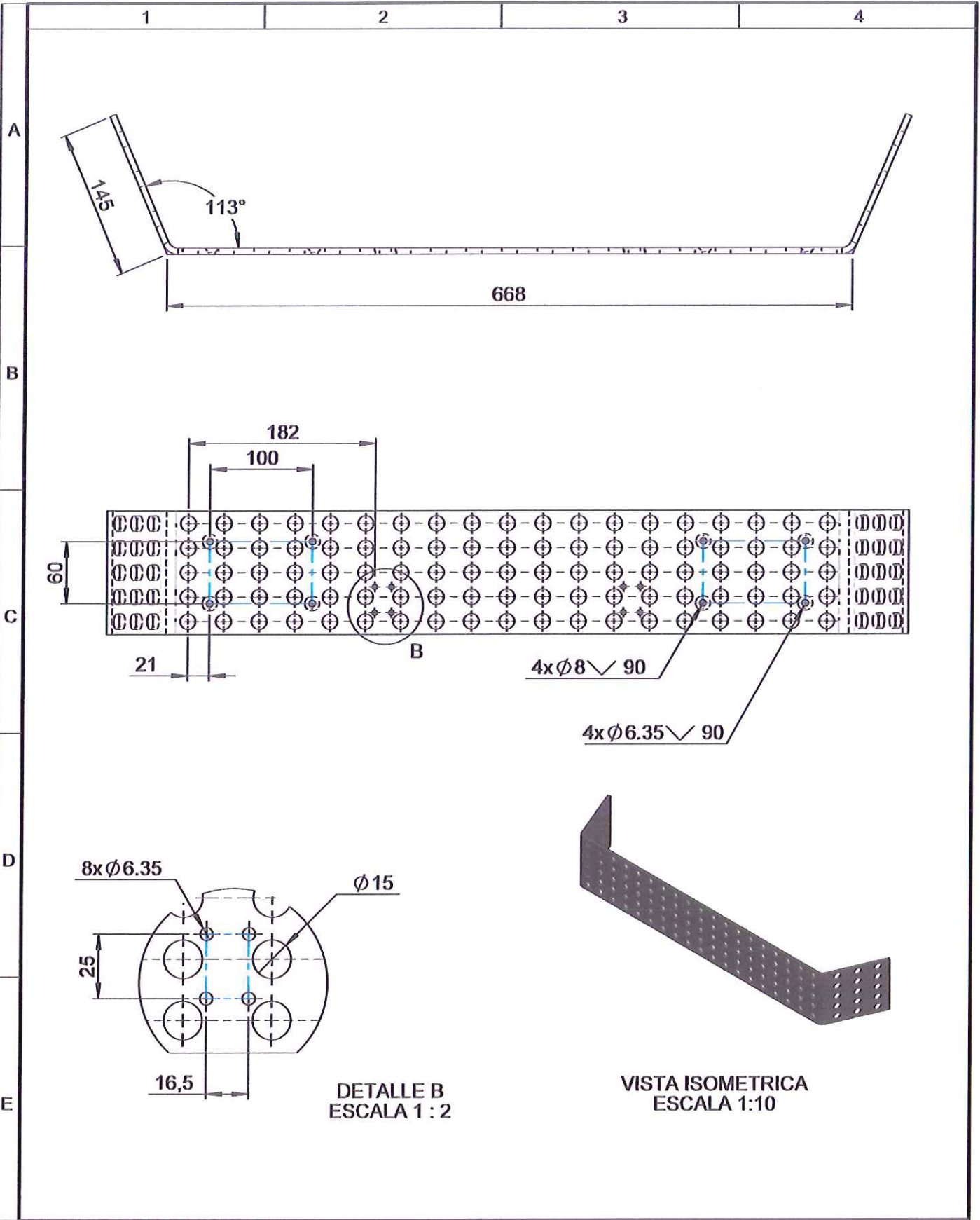
		Materiales:		VARIOS	
		Denominación:		Diseño de forma	
		Escala:		1:5	
		Número del dibujo:		1	
		Sustitución			
		ESPOL - FIMCP			
		Tolerancia		±1	
		Peso		50 kg	
		Fecha		11/12/2014	
		Nombre		Gustavo Ordoñez	
		Dib.		11/12/2014	
		Rev.		Ing. Wiesner	
		Apro.		Ing. Wiesner	
		Modificación			
		Fecha			
		Nombre			





Tolerancia		Peso		Materiales:	
±1		50 Kg		VARIOS	
Fecha		Nombre		Denominación:	
11/12/2014		Gustavo Ortega		Estructura	
Rev.		Ing. Wiesner		Escala:	
11/12/2014		Ing. Wiesner		1:5	
Apro.		Ing. Wiesner		Número del dibujo:	
11/12/2014		Ing. Wiesner		2	
Modificación		Fecha		Sustitución	
Edison		Nombre		Espol - FIMCP	

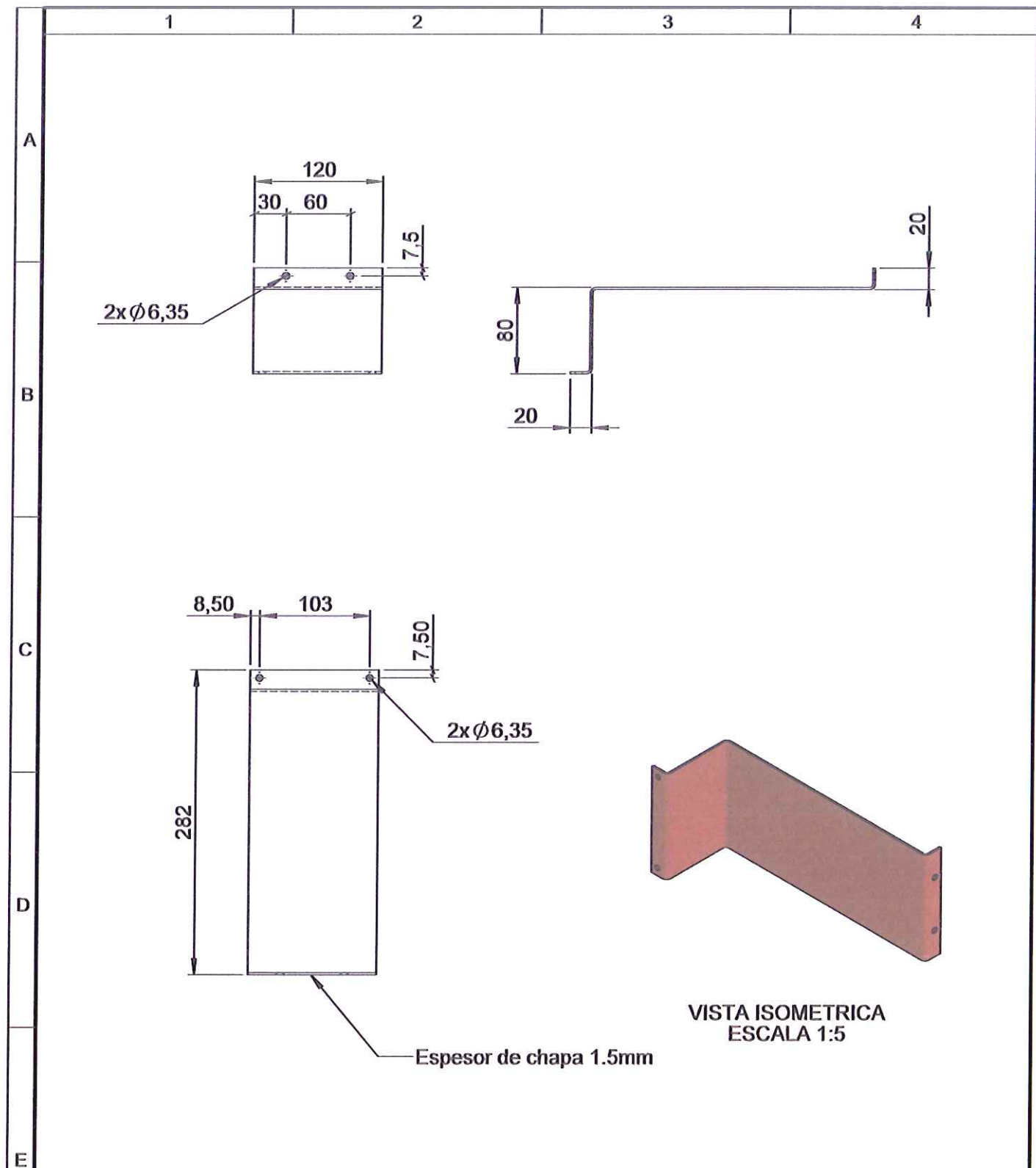




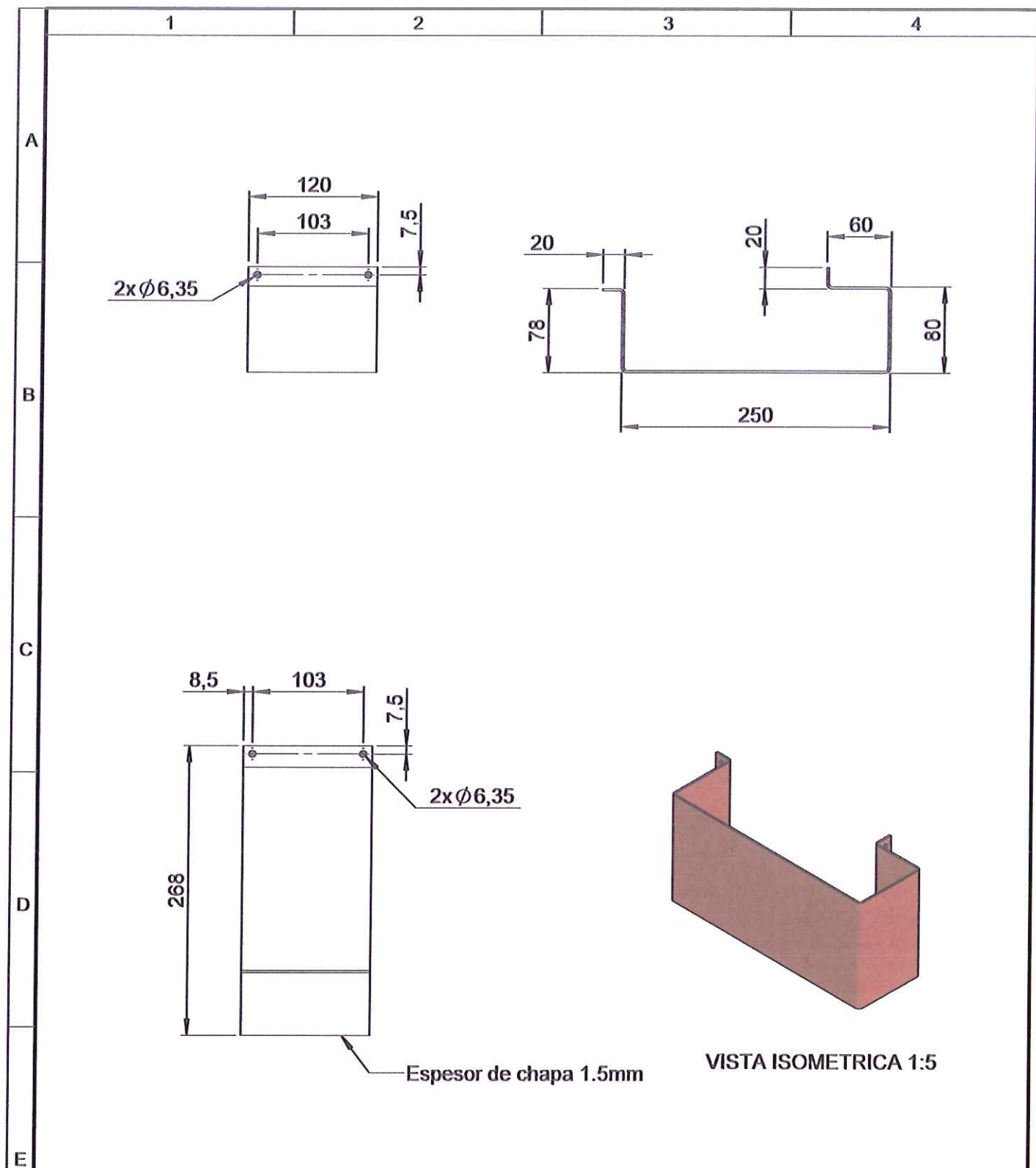
DETALLE B
ESCALA 1 : 2

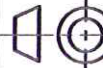
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10

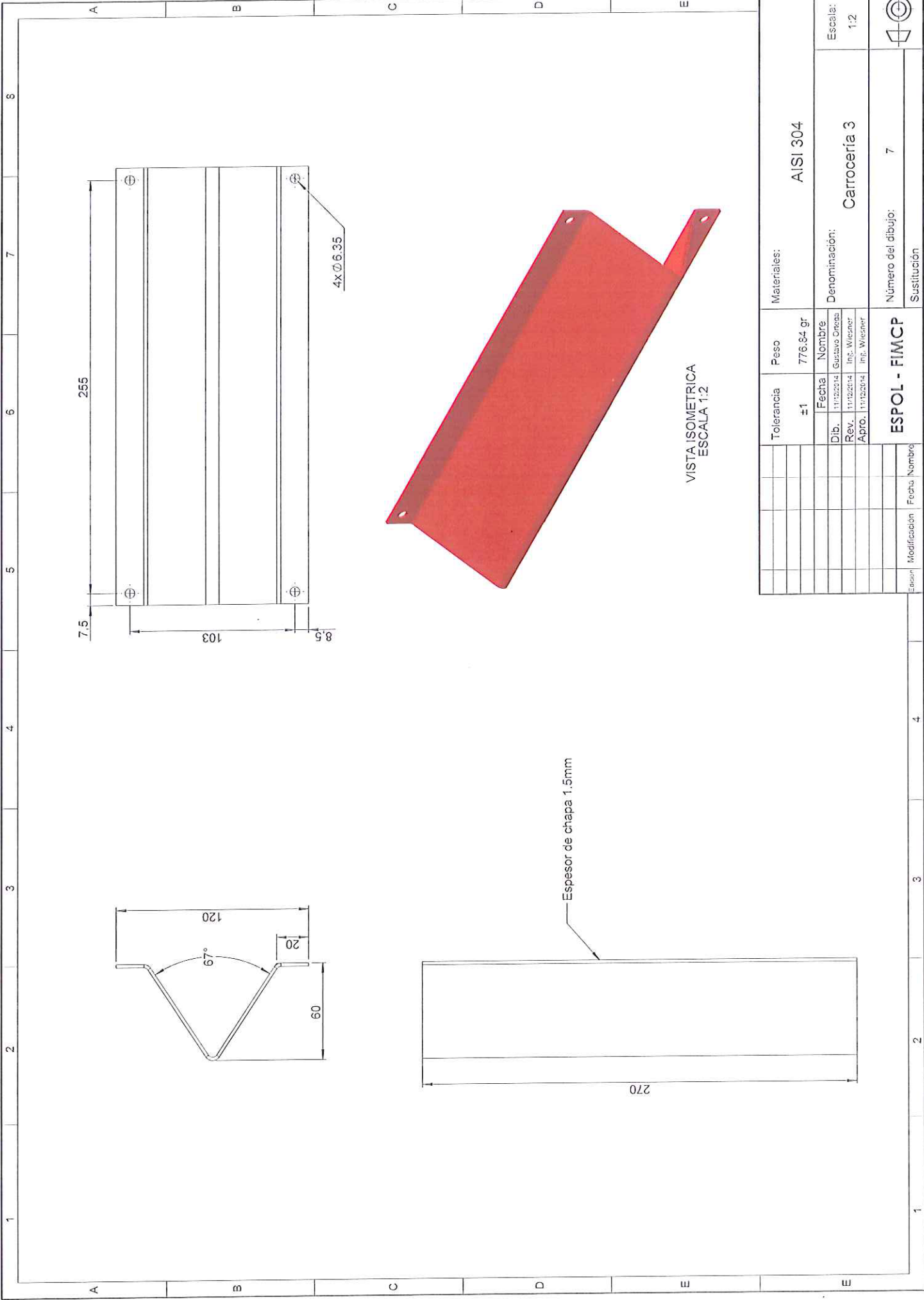
				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	4274.16 gr	ASTM A36 Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Guarda choque	Escala: 1:2
			Dibujó:	11/12/2014	Gustavo Ortega		
			Revisó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
			Aprobó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
				ESPOL - FIMCP		Número de dibujo: 4	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

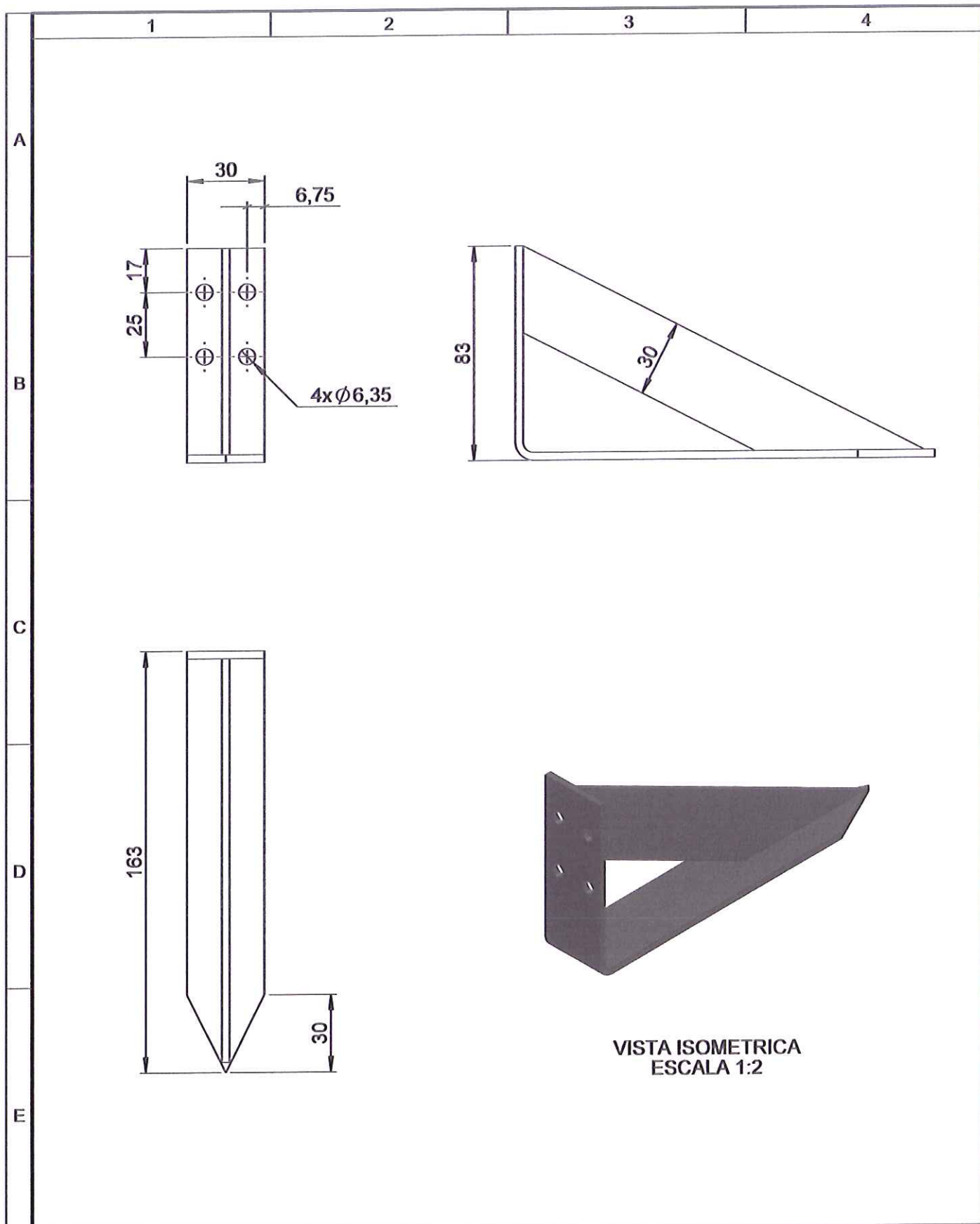



					Tolerancia	Peso	Material:	
					±1	713.95 gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó:	11/12/2014	Gustavo Ortega		
				Revisó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
				Aprobó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
					ESPOL - FIMCP		Número de dibujo:	5
							Sustitución	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				Registro:	
								

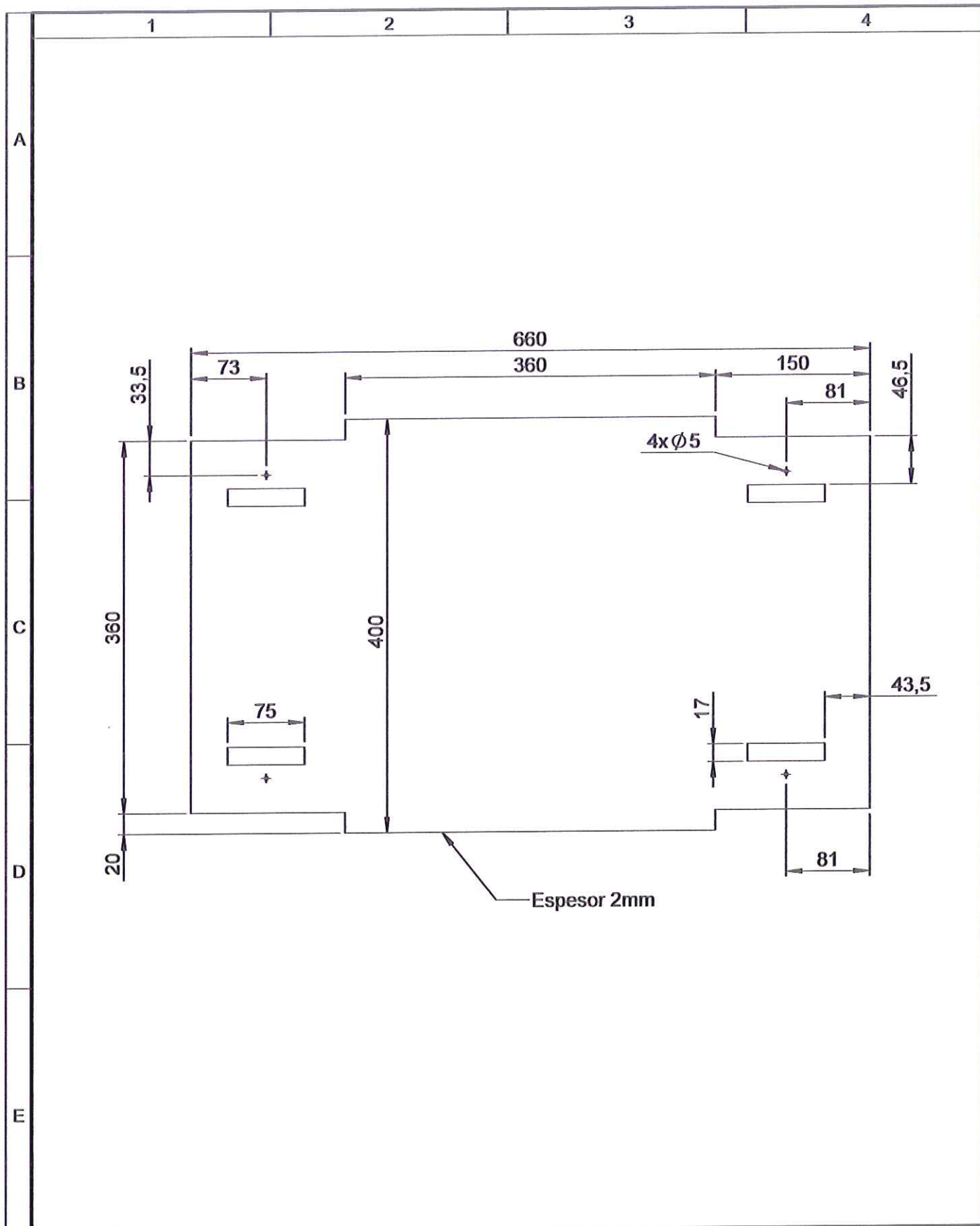


					Tolerancia	Peso	Material:		
					±1	937.87 gr	AISI 304		
						Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
					Dibujó:	11/12/2014	Gustavo Ortega		
					Revisó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
					Aprobó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
					ESPOL - FIMCP		Número de dibujo:	6	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				Sustitución		





						Tolerancia	Peso	Material:		
						±1	254.19 gr	ASTM A36 Acero		
							Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
						Dibujó:	11/12/2014	Gustavo Ortega		
						Revisó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
						Aprobó:	11/12/2014	Ing. Wiesner		
						ESPOL - FIMCP			Número de dibujo:	8
									Sustitución	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha						Registro:	
										



				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	5813.59 gr	ASTM A36 Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 11/12/2014	Gustavo Ortega	Tapa principal	1:5
				Revisó: 11/12/2014	Ing. Wiesner		
				Aprobó: 11/12/2014	Ing. Wiesner		
				ESPOL - FIMCP		Número de dibujo: 9	Registro:
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

BIBLIOGRAFÍA

1. SHIGLEY, J, Diseño en Ingeniería Mecánica, Cuarta Edición, Mc Graw
2. SINGER FERDINAND L, Resistencia de Materiales, Tercera Edición.
3. POPOV EGOR P., Mecánica de sólidos, segunda edición.
4. LARBURU N., Máquinas prontuario técnicas máquina herramientas, decimotercera edición.
5. IVAN BOHMAN C. A, Catálogo de Aceros Especiales
6. SERWAY . BEICHNER, Física para ciencias e ingeniería, Quinta edición, Mc Graw Hill
7. BEER JHONSTON, Estática, Décima edición, Mc Graw Hill

Hill, México D.F., 1979.