

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL PARA EL  
MANTENIMIENTO DE KART'S

ERNESTO CARLOS BARRIOS MÁRQUEZ  
JAVIER ALFONSO CRUZ PINTO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ  
Junio de 2008

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL PARA EL  
MANTENIMIENTO DE KART'S

ERNESTO CARLOS BARRIOS MÁRQUEZ  
JAVIER ALFONSO CRUZ PINTO

Trabajo de grado para optar al título de:  
Ingeniero Mecatrónico

Asesor: Gregorio Rubinstein

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BOGOTÁ  
Junio de 2008

El trabajo de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART’S” elaborado por ERNESTO CARLOS BARRIOS MARQUEZ Y JAVIER ALFONSO CRUZ PINTO, ha sido aprobado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Mecatrónico.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá, (DD/MM/AA)

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

*A nuestros padres que nos educaron por el sendero bello de la vida, dándonos lo mejor de ellos, su ejemplo constante, luchas para sacarnos adelante. Hoy orgullosos exhibimos este logro y elevamos plegarias al todo poderoso para que nos siga bendiciendo hasta el final de nuestros días.*

Al cuerpo de docentes quienes con sus orientaciones, consejos y enseñanzas dejaron impresas sus huellas en nuestras mentes y corazones.

Al Ingeniero Adonay Varela por su constancia, comprensión y apoyo, lo cual permitió que este sueño se nos hiciera realidad.

Al Ingeniero Luís Sánchez que nos brindó todo su apoyo y compromiso siempre que fue requerido.

Al ingeniero Benjamín Otero por su ayuda y su dedicación en este arduo proceso.

A nuestros compañeros quienes con su cariño, solidaridad y comprensión nos ayudaron de manera recíproca.

## CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	15
1.0 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.1 ANTECEDENTES	17
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1 Objetivos generales	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 ALCANCE Y LIMITACIÓN DEL PROYECTO	20
1.5.1 Alcance	20
1.5.2 Limitaciones	21
2.0 MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 MARCO HISTÓRICO	22
2.2 MARCO CONCEPTUAL	24
2.3 MARCO TEÓRICO	25
2.3.1 Análisis estático de vigas	25
2.3.2 Resistencia de materiales	28
2.3.3 Neumática	29
2.3.4 Circuitos neumáticos	31
2.3.5 Gato hinchable	33
2.4 MARCO LEGAL	35
2.4.1 Contexto internacional	35
2.4.2 Contexto nacional	36
3.0 METODOLOGÍA	40

3.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2	LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	40
3.3	SUB-LÍNEA DE LA FACULTAD	40
3.4	TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.5	OBJETO DE ESTUDIO	41
3.6	HIPOTESIS	42
3.7	VARIABLES	42
3.7.1	Variables independientes	42
3.7.2	Variables dependientes	42
4.0	DESARROLLO INGENIERIL	43
4.1	DESARROLLO MECÁNICO	43
4.1.1	Procedimiento mecánico	43
4.1.2	Diseño y cálculos mecánicos	50
4.2	DESARROLLO NEUMÁTICO	82
4.2.1	Procedimiento electroneumático	82
4.2.2	Cálculo de la fuerza de trabajo de los actuadores	89
4.2.3	Cálculo del consumo de aire de los actuadores neumáticos	92
4.2.4	Cálculo de la tubería	96
4.2.5	Criterios de selección del gato hinchable	98
4.3	ANÁLISIS DE SOLDADURA	101
4.4	FASE DE CONSTRUCCIÓN	105
4.4.1	Armado de la estructura	106
5.0	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	108
5.1	ANÁLISIS MECÁNICO	108
5.2	ANÁLISIS ELECTRO-NEUMÁTICO	108
5.2.1	CONDICIONES DE REPOSO	108
6.0	CONCLUSIONES	115

7.0	RECOMENDACIONES	116
	BIBLIOGRAFÍA	117
	ANEXOS	119

## LISTA DE FIGURAS

	Pag	
Figura 1	Apoyo simple en la viga	26
Figura 2	Vigas continuas	27
Figura 3	Cargas sobre la viga	28
Figura 4	Mando neumático	31
Figura 5	Mando neumático básico	32
Figura 6	Sistema mecánico de elevación del kart	46
Figura 7	Sistema de elevado	47
Figura 8	Ruedas	48
Figura 9	Aproximación de la estructura	49
Figura 10	Soporte transversal sometida a la carga	50
Figura 11	Diagrama de reacciones del soporte transversal	51
Figura 12	Diagrama de esfuerzo cortante	52
Figura 13	Diagrama de momento flector	53
Figura 14	Perfil cuadrado	55
Figura 15	Simulación del soporte transversal	58
Figura 16	Perfil 40 X 40 Mdsolids	58
Figura 17	Diagrama de deflexión	60
Figura 18	Viga lateral 2 a cargas	61
Figura 19	Diagrama de esfuerzo cortante	62
Figura 20	Diagrama de momento flector	63
Figura 21	Perfil rectangular 40 X 60	64
Figura 22	Simulación de la viga lateral 2	66
Figura 23	Perfil 60 X 40 Mdsolids	66
Figura 24	Diagrama de deflexión	69
Figura 25	Viga lateral 1 sometida a cargas	69
Figura 26	Diagrama de esfuerzo cortante	71

Figura 27	Diagrama de momento flector	71
Figura 28	Perfil 40 X 40 viga superior	72
Figura 29	Simulación de la viga lateral 1	74
Figura 30	Perfil 40 X 40 Mdsolids	75
Figura 31	Diagrama de deflexión	77
Figura 32	Diseño de columnas Mdsolids	79
Figura 33	Aproximación electroneumática	83
Figura 34	Ecuación de movimiento	83
Figura 35	Esquema eléctrico	84
Figura 36	Diseño en fluidsim	86
Figura 37	Circuito de mando en fluidsim	87
Figura 38	Comportamiento de la simulación	87
Figura 39	Acumulador neumático	89
Figura 40	Diagrama de áreas	90
Figura 41	Monograma 1	91
Figura 42	Monograma 2	94
Figura 43	Compresor	96
Figura 44	Monograma 3	97
Figura 45	Datos técnicos del gato hinchable	100
Figura 46	Soldadura de filete	103
Figura 47	Soldadura a tope de bisel	105
Figura 48	Condiciones iniciales	109
Figura 49	Energización del circuito	110
Figura 50	Ascenso de los actuadores	111
Figura 51	Alerta luminoso	112
Figura 52	Segunda alerta luminosa	112
Figura 53	Descenso de los actuadores	113
Figura 54	Estado de memoria	114

## LISTA DE TABLAS

		pag.
Tabla 1	Designación ASTM	54
Tabla 2	Propiedades del perfil 40 x 40 A-36	59
Tabla 3	Propiedades del perfil 60 x 40 A-36	67
Tabla 4	Propiedades del perfil 40 x 40 A-36	75
Tabla 5	Requerimientos de construcción	80
Tabla 6	Datos del compresor	96
Tabla 7	Propiedades de la soldadura	101
Tabla 8	Esfuerzos permisibles AISC	104

## LISTA DE ANEXOS

	pag.
Anexo A. Carta de compromiso y conformidad de la empresa Karting Colombia Ltda.	119
Anexo B. Planos del banco de mantenimiento	121
Anexo C. Cotización	137
Anexo D. Fotos de los karts	139
Anexo E. Banco de mantenimiento actual	141
Anexo F. Arranque en frío del motor	142
Anexo G. Tabla del perfil cuadrado	143
Anexo H. Tabla de perfil rectangular	144

## GLOSARIO

**Actuador:** son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa

**ASTM (American Section of the International Association for Testing Materials):** es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

**Banco de mantenimiento:** Conjunto de elementos que es utilizado para reparar y/o hacer mantenimiento preventivo y/o correctivo del Kart.

**Chasis:** Estructura de ensamblaje del kart alrededor de la cual se montan las partes mecánicas y la carrocería, incluyendo toda pieza solidaria de dicha estructura.

**Columna:** Elemento vertical y de forma alargada que sirve, en general, para sostener el peso de la estructura

**Compresor:** es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores.

**Ductibilidad:** Es la propiedad de poder ser hilados mediante la tracción.

**Elasticidad:** designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentra sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

**Estructura:** toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores (fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc.) sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta.

**Factor de seguridad:** es un factor (número mayor que 1) que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general.

**Kart:** Un vehículo terrestre con o sin carrocería, con cuatro ruedas no alineadas que están constantemente en contacto con el suelo, de las cuales dos aseguran la dirección y las otras dos la tracción

**Neumática:** es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

**Paragolpes (gomas de protección):** Son protecciones delanteras, traseras, y laterales obligatorias. Deberán estar hechos en acero magnético o en gomas de amortiguamiento.

**Tenacidad:** Es la resistencia que oponen los metales a la separación de las moléculas que los integran, al ser sometidos a esfuerzos de tracción y a los ensayos de elasticidad y alargamiento, expresándose en  $\text{cm}^2$ .

**Válvulas:** Elemento cuya función es permitir, orientar o detener un flujo de aire.

**Viga:** elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión.

## RESUMEN

**AUTORES:** ERNESTO CARLOS BARRIOS MARQUEZ  
JAVIER ALFONSO CRUZ PINTO

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S

**AREA DE INVESTIGACIÓN:** TECNOLOGÍAS ACTUALES Y SOCIEDAD

**DESCRIPCIÓN:** La finalidad del proyecto es construir un banco de mantenimiento móvil para el mantenimiento de karts, para reducir los altos costos que genera la empresa Karting Colombia por usar métodos convencionales para el mantenimiento de los mismos.

**CONTENIDO:** El presente documento esta dividido en 7 capítulos: los cuales 3 corresponden a la investigativa, delimitaciones del problema y planteamiento de los objetivos. En el capítulo 4 se desarrolla el proyecto desde el enfoque ingenieril y se detallan las memorias de cálculos y las selección mas económica de la implementación tecnológica, por ultimo en los capítulos 6 Y 7 se desarrollan las conclusiones del proyecto y se estiman mejoras futuras para el mismo.

**METODOLOGÍA:** La metodología empleada comprende el análisis de la situación actual en *Karting Colombia*, análisis de la solución detallando a través de cálculos ingeniriles para la selección de la mejor opción. La investigación y el estudio de la solución hicieron posible el conocimiento de distintas herramientas mecánicas y tecnológicas de la ingeniería moderna.

## INTRODUCCIÓN

En nuestros días el panorama competitivo enfrenta cambios contundentes. La globalización<sup>1</sup> como fuerza política, económica, social y tecnológica parece incontenible. De una manera acelerada el ámbito competitivo está cambiando. Las organizaciones que hasta hace sólo unos años eran inmunes a la competencia global se debaten hoy en medio de batallas competitivas con rivales de todo el mundo. El día a día está cambiando nuestra manera de vivir y de trabajar, y, en el proceso, se están modernizando las reglas de la estrategia competitiva para muchas organizaciones.

En síntesis, el planeta ha estado cambiando ante nuestros ojos y, por lo tanto, las empresas deben adaptarse a las nuevas circunstancias con inteligencia y creatividad. Las condiciones impuestas por los cambios que hoy dominan representan un desafío y una invitación; un motivo de reflexión sobre los valores que rigen el diario vivir tanto en el trabajo como en las relaciones con los demás.

El anterior marco de interrelaciones impone la necesidad para que las organizaciones revisen los paradigmas que practican y así enfrentar con propiedad las condiciones impuestas por el mundo global. Las organizaciones requieren de administraciones con capacidad de liderazgo, de mejoras tecnológicas constantes, de altos estándares de calidad, desarrollo de capacidades de adaptación y flexibilidad, producción de un valor agregado a bajo costo y, mantener un esfuerzo permanente hacia el mejoramiento.

---

<sup>1</sup> La globalización como un fenómeno, implica que existe cada vez más un mayor grado de interdependencia entre las diferentes regiones y países del mundo, en particular en las áreas de relaciones comerciales, financieras y de comunicación. Como una teoría del desarrollo, uno de sus postulados esenciales es que un mayor nivel de *integración* está teniendo lugar entre las diferentes regiones del mundo, y que ese nivel de integración está afectando las condiciones sociales y económicas de los países. (Reyes Gionvanni [consultado en Marzo de 2007] )

De conformidad con todo lo planteado, se adelantó el presente diseño que tuvo como objetivo central Identificar, evaluar, diseñar y construir un modelo de mejoramiento en el mantenimiento de los Karts y de las posibles fallas en las que incurre Karting Colombia en el manejo de los mismos.

El método usado consistió en un estudio de los principales problemas que presentaba la empresa en el mantenimiento de los karts; para lo cual se seleccionaron momentos de reposo y de actividad de carrera de los karts, donde se puso de manifiesto el tratamiento brusco e inadecuado al cual era sometido el monoplaza en el momento de su mantenimiento y puesta a punto.

Los resultados arrojados mostraron que se presentaba un deterioro del kart en el momento de mantenimiento correctivo o encendido del mismo, donde las zonas afectadas era esencialmente: la goma protectora del chasis y el burro de mantenimiento; además se evidenció claramente el malestar de los trabajadores debido a que al finalizar la jornada mostraban dolencias de espalda, debido a las incómodas posiciones por las cuales debían optar en los momentos de las reparaciones.

Finalmente, en el análisis de la situación se evidenciaron las dificultades con las que los trabajadores realizan el trabajo de mantenimiento de los karts y a la vez el desgaste producido en estos monoplazas, debido a que no se cuentan con elementos que disminuyan o eviten dichas situaciones. Por estas razones se hace necesario e inaplazable introducir nuevos mecanismos y elementos correctivos de dicha situación, lo cual contribuirá con el mejoramiento de las condiciones de salud ocupacional en los trabajadores y por ende con el aumento de la vida útil de los kart; lo cual a su vez serán factores fundamentales para que la empresa continúe manteniéndose a la vanguardia del automovilismo en Colombia.

## **1.0 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El karting es un deporte que nació en el año de 1951, presentando una serie de cambios hasta nuestros días. En Colombia este deporte se practica desde 1985 y a partir de este momento, ha surgido una gran afición por esta disciplina; en nuestro país el kartismo no ha tenido desarrollo ingenieril adecuado, es por este motivo que el kartismo colombiano no tiene un buen desarrollo a nivel competitivo.

En el país existen varias empresas dedicadas a promover el aprendizaje e incentivar la competencia del kartismo a nivel profesional, entre las cuales sobresale **KARTING COLOMBIA**, localizada en Bogotá y con una amplia trayectoria en esta modalidad de deporte automovilístico. Entre las mayores dificultades que se presentan en esta empresa, al igual que en las demás, se pueden mencionar las siguientes: inconveniente por el arranque del motor en frío, traslado de los karts a los diferentes sitios de mantenimiento, deterioro de la goma por uso de bancos de mantenimiento inadecuado, molestias e incapacidades sufridas por los operarios a mediano y largo plazo por malas posiciones durante las horas laborales

### **1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los diferentes inconvenientes que se vienen presentando a lo largo de la historia del karting colombiano han generado pérdidas significativas en cuanto a tiempo e ingresos a las empresas dedicadas a la enseñanza, para nuestro caso karting Colombia, cuyas pérdidas ya fueron expuestas.

Dentro de los inconvenientes relacionados anteriormente es importante dar a conocer los motivos que los ocasionan, así como sus requerimientos y limitantes.

En primer lugar, debido al uso y a los constantes golpes ya sea contra otros karts o contra las barreras de contención, el kart sufre una desalineación en el sistema de dirección (lo cual ocurre frecuentemente), esta desalineación conlleva a que el monoplaza se vuelva inestable y su maniobrabilidad sea casi imposible; actualmente se corrige de una forma empírica y muy tradicional, la cual consiste en realizar una medición entre las llantas y un punto de referencia logrando así alinear la dirección del kart.

En lo relacionado con el inconveniente presentado con el arranque en frío del motor, se observa que al momento de iniciar el día de operación de los karts, el aceite (MA/SAE 20W-50) con su comportamiento natural hace que las ruedas traseras giren al intentar encender el motor, esto debido a que el aceite se encuentra a temperatura ambiente (19°C). Actualmente la empresa Karting Colombia soluciona este problema por un medio manual, el cual consiste: en el uso de uno de sus mecánicos para levantar el kart (tomando así el mecánico un riesgo físico), lo cual produce daños en el sistema de amortiguamiento ya que este es sujetado para levantar el monoplaza produciendo un deslizamiento del sistema de amortiguamiento y el posible desprendimiento, para luego introducirle un taco de madera por la parte inferior y de esta manera elevar las ruedas traseras logrando así encender el motor.

Finalmente, debido a la estructura y peso de los karts (90Kg-100Kg) se hace difícil el traslado del mismo a los diferentes sitios de mantenimiento (lavado y/o taller mecánico). Cuando se va a realizar el mantenimiento de los kart se necesitan dos (2) y en ocasiones tres (3) mecánicos para levantar el kart al burro de mantenimiento; este es un problema a solucionar debido a que la empresa cuenta con poca mano de obra (2 personas con relevo de 90 minutos), añadiendo que el

personal disponible adopta posiciones incómodas para la columna vertebral y que efectúan grandes esfuerzos al momento de levantar el monoplaza. Otro inconveniente debido a la estructura y peso del kart se evidencia al momento de retirarlo de la pista (estando o no en competencia), este procedimiento se realiza por la persona encargada de la pista, el cual consiste en empujar el monoplaza a través de la pista y así retirarlo. Los factores anteriormente expuestos son procedimientos realizados diariamente, lo que conlleva a comprometer la integridad física de la persona.

Hoy en día no existe en el país un sistema que permita dar una solución eficaz y efectiva a los inconvenientes enunciados anteriormente; por tal motivo los investigadores se plantean el siguiente interrogante ¿será posible diseñar y construir un banco móvil de mantenimiento de karts que permita, facilitar el arranque en frío del motor, trasladar a los karts a un sitio deseado y permitir posiciones cómodas para el trabajo de los operarios?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de un banco de mantenimiento efectivo tiene, y tendrá, una alta prioridad en la empresa Karting Colombia en su búsqueda de posicionarla como empresa vanguardia para este ámbito, en nuestro país.

El banco de mantenimiento no es un fin en sí mismo sino, más bien, el medio para alcanzar el posicionamiento y la reducción de costos que la empresa quiere lograr.

De igual manera el presente proyecto tiene importancia práctica porque permite identificar y/o solucionar unos referentes que tienen historia alrededor de las empresas de kartismo en Colombia

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.4.1 Objetivo General.** Diseñar y construir un banco móvil para el mantenimiento de los karts que permita remolcar un monoplaza a cualquier lugar del establecimiento, que evite los daños sufridos en el sistema de amortiguamiento o parachoques al momento de realizar el arranque en frío del motor.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Diseñar un banco móvil para el mantenimiento de karts

Construir un banco móvil para el mantenimiento de karts con el fin de reducir tiempos y evitar daños en el parachoques (goma de protección)

Construir un sistema de remolque adaptado al banco móvil de mantenimiento

Diseñar un sistema para el arranque en frío del motor adaptado al banco de mantenimiento

Construir un sistema de arranque en frío que evite los deterioros en la goma de protección (parachoques)

## **1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL PROYECTO**

**1.5.1 Alcance.** En el desarrollo de las nuevas tecnología para el automovilismo en lo nacional son muy pocos los avances logrados, dejando como saldo pérdidas significativas para las empresas, por tal motivo como grupo investigador e innovador de la universidad de San Buenaventura decidimos abordar un aspecto muy importante para las empresas dedicadas a éste tipo de actividad comercial y para incrementar la vida útil de los karts.

Con el presente proyecto no solo se mejoran las condiciones laborales en materia de salud ocupacional, sino que también se logra una reducción de tiempos en los trabajos de reparación y mantenimiento, logrando con ello una mayor vida útil y un mejor servicio para los usuarios.

**1.5.2 Limitaciones.** Se presentaron varias limitaciones, así: los tipos de chasis de los karts, dado que no se trabajan modelos únicos ni de una misma compañía; los materiales para la construcción, debido a que Colombia es un país en vía de desarrollo y no se encuentran todos los recursos físicos que se necesitan para la modernización de estas empresas y los que están disponibles presentan un costo muy elevado y; por último la actitud asumida por los administradores de estas empresas en lo que a inversión se refiere.

## **2.0 MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 MARCO HISTÓRICO**

El deporte del karting nació en el año 1951 en una base de aviación de los Estados Unidos. El primer Kart se hizo con unos tubos de calefacción, ruedas de cola de avión, un motor de corta-césped y el volante de un antiguo avión en desuso. Al principio, los Karts eran unos aparatos muy rudimentarios que escasamente alcanzaban los 50 Km/h. Muy pronto el karting se iba consolidando en otras bases de los Estados Unidos y comenzaron las primeras competiciones. Fueron superando rápidamente aquellos 50 km/h. y se incorporaron numerosas mejoras técnicas. En los años 60 este deporte se introdujo en Europa a través de Francia e Inglaterra para posteriormente llegar a España sobre los años 70. (Kartingmotor, [consultado Agosto, 2006])

Desde sus inicios la evolución del karting ha ido en constante aumento. Los chasis fueron ganando en estabilidad y frenada. Hoy en día un Kart puede alcanzar velocidades superiores a los 150 Km/h, pero con una seguridad equiparable a la de un Fórmula uno. Italia ha sido la mayor protagonista tanto en la fabricación de chasis como de motores en el mundo del Karting. En 50 años el karting ha obtenido el respeto y el reconocimiento como un deporte completo y una formidable escuela de conducción. Pilotos de la talla de Senna (sub-campeón del mundo de karting en 1.979 y 1.980), Prost, Schumacher, Herbert, Frentzen Alesi, Hakkinen, Coulthard, Barrichello, Alonso y muchos otros colaboraron en sus inicios deportivos a que el deporte del karting sea uno de los más difundidos en todo el mundo y sobre todo la base más importante del deporte automovilístico actual. (Kartingmotor, [consultado Agosto, 2006])

La carrera en Colombia comienza “en el año de 1960, cuando dos industriales y deportistas (Fernando y Gonzalo Ospina) decidieron emprender la fabricación de los chasis en su fábrica Ferrotec”. En 1962 se hicieron las primeras carreras en los barrios Teusaquillo y la Magdalena en los parqueaderos de Sears, en el Chicó los sábados por la tarde al rededor de un parque."

"Las primeras carreras oficiales tuvieron como escenario los parqueaderos de la Feria Exposición Internacional. Como la mayoría de los propietarios de los karts eran socios del Club los Tortugas, éste decidió hacerse cargo de la organización y control de las carreras." "En esta época comenzaron a organizarse los clubes como el Francolkart Club y el Bogotá Karting Club y en Medellín se había fundado el Kart Club Medellín." (Clubautos [consultado agosto, 2006])

“En 1962 siguió el crecimiento. Se organizaron carreras en Medellín y Cali que inauguraron su Kartódromo, Ibagué, Barranquilla, etc. En 1963 se organizo el premio Santa Fé de Bogotá, que reunió a todos los kartistas colombianos y algunos venezolanos; se realizaban tres días de carrera en diferentes pistas cada día.

”En 1964 se dio comienzo al campeonato Nacional en la forma que hoy día se corre. En 1966 con el cierre de las importaciones comenzó a decaer este deporte, se cerraron clubes en algunas ciudades del país. En la década de los 70’s con la creación de coldeportes vinieron épocas mejores, la entidad contribuyó con las importaciones de chasis y motores, los clubes recobraron vida y se crearon otros. En los años 80’s se dieron varios pasos fundamentales para consolidar la federación y sus actividades; tal vez el paso más importante fue el cambio de los motores y chasis americanos por los italianos y japoneses; eso implicó el cambio de afiliación de la IKF que rige a los Estados Unidos, por la FIA (Federación Internacional del Automóvil) que rige en el mundo, los destinos del automovilismo deportivo y como dependencia de ésta, la comisión internacional de kartismo,

entidad que representa en Colombia el Automóvil Club de Colombia, quienes han sido autorizados en la Asamblea FIA para delegar el poder deportivo de Kartismo en la FEDERACIÓN COLOMBIANA DE KARTS”. (Clubautos [consultado agosto, 2006]).

En cuanto a mantenimiento, históricamente no se tienen referencias de bancos de mantenimientos únicos y especializados para karts en Colombia, en lo que se refiere a países donde el automovilismo está más desarrollado, se utilizan para su mantenimiento los mismos elementos tecnológicos que se usan para los carros de competencia que son a nivel mundial como **LA INDYKAR, LA F1**, entre otras.

En Colombia desde sus inicios hasta la fecha se encuentra que el mantenimiento de los karts se hace de forma empírica y se desarrolla en los mismos lugares de competición, presentando todos los problemas ya mencionados.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

**ACERO:** el acero es una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2% de contenido de carbono). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. (Wikipedia [consultado abril, 2008])

**MATERIAL COMPUESTO:** material formado de varios componentes distintos, cuya asociación proporciona al conjunto unas propiedades que no posee ninguno de los componentes por separado. (Wikipedia [consultado abril, 2008])

**PARTES MECÁNICAS:** todas aquellas necesarias para la propulsión, la dirección y frenado, así como todos los accesorios, móvil o no, necesarios para su funcionamiento normal. (Wikipedia [consultado abril, 2008])

**DISEÑO MECÁNICO:** es resultado de investigaciones sobre el límite de fluencia de los materiales, valor de esfuerzo aplicado en el que el material comienza a deformarse permanentemente, adquiriendo propiedades diferentes a las que tenía antes de someterlo a una fuerza. (Wikipedia [consultado abril, 2008])

**SOLDADURA:** es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material de relleno derretido (metal o plástico), el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un charco de material fundido (el *charco de soldadura*) que, al enfriarse, se convierte en un empalme fuerte. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés *soldering*) y la soldadura fuerte (en inglés *brazing*), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo. (West-arco [consultado mayo, 2008])

## 2.3 MARCO TEÓRICO

**2.3.1 Análisis estático de vigas.** Las vigas son elementos estructurales de sección transversal recta y homogénea, cuya longitud es varias veces mayor que su sección transversal y sobre las cuales actúan cargas perpendiculares a los ejes centroidales (x e y) longitudinales.

Las vigas se representan como líneas rectas horizontales en los Diagramas de cuerpos libres, la distancia entre apoyos se denomina luz de la viga y las cargas tienden a desplazar verticalmente el eje centroidal longitudinal, produciendo flexión en la viga. El estudio se limitará a las vigas isostáticas, sometidas a cargas coplanares, que actúan sobre el eje vertical. (Emagister, 2007)

## ➤ Clasificación de las vigas

### Por la forma:

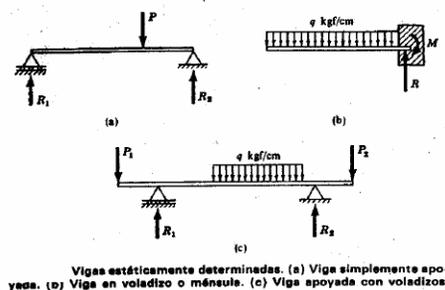
**a. Vigas de alma llena:** cuando la sección de la viga se mantiene constante en toda su longitud.

**b. Vigas de celosía:** cuando la viga esta formada por un sistema reticulado, no teniendo sección constante en toda su longitud.

### Por condición estática

**a. Isostáticas o simples:** vigas en las cuales el número de reacciones en los apoyos puede ser determinadas con las ecuaciones de equilibrio disponibles  $\Sigma F_y$ ,  $\Sigma F_x$ ,  $\Sigma M$ , entre estas tenemos: (a) vigas simplemente apoyadas, (b) vigas en voladizo o ménsula, (c) vigas apoyadas con voladizo. (Figura 1)

**Figura 1. Apoyo simple en la viga**

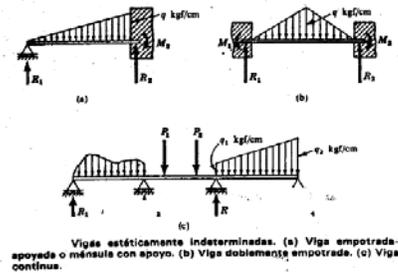


*Fuente: Emagister,2007*

**b. Hiperestáticas o continuas:** vigas en las cuales el número de reacciones en los apoyos es mayores a las ecuaciones disponibles de estática, por lo que su

resolución es competencia de la resistencia de materiales, poseen más de dos apoyos a lo largo de su longitud. (Figura 2)

**Figura 2. Vigas continuas**



*Fuente: Emagister, 2007*

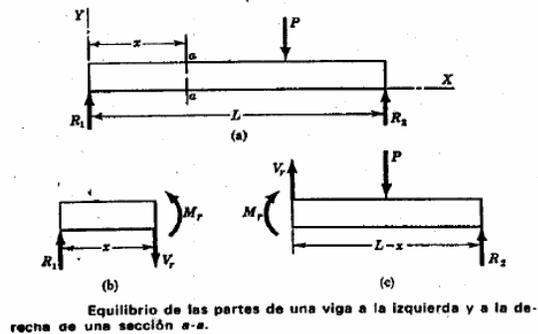
### ➤ Efectos de las cargas sobre las vigas

Para estudiar los efectos de las cargas sobre las vigas se parte del análisis de una sección de la viga, en la cual se hace un corte imaginario y se plantean las fuerzas y momentos que deben actuar para que la viga, pueda mantener su equilibrio externo después de seccionada; en ambos lados de la sección.

Las fuerzas cortantes se representan con la letra **V** y los momentos flectores con las letras **Mf**. En la gráfica se puede observar una sección a-a, ubicada a una distancia **x**, de su longitud **L** desde el apoyo **A**, los sentidos de las fuerzas y momentos deben cambiar el sentido que tienen cuando se asumen las cargas del lado izquierdo y cuando se hacen por el lado derecho, para poder mantener el equilibrio de la sección.

En la figura 3 se muestra el efecto de las cargas sobre las vigas.

**Figura 3. Cargas sobre la viga**



*Fuente: emagister, 2006*

**2.3.2 Resistencia de materiales.** La resistencia de materiales clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica y la ingeniería estructural que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo. Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Típicamente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser insuficiente y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos.

En las aplicaciones prácticas el análisis es sencillo, se construye un esquema ideal de cálculo formado por elementos unidimensionales o bidimensionales, y se aplican fórmulas preestablecidas en base al tipo de sollicitación que presentan los elementos. Esas fórmulas preestablecidas que no necesitan ser deducidas para cada caso, se basan en el esquema de cuatro puntos anterior. Más concretamente la resolución práctica de un problema de resistencia de materiales sigue los siguientes pasos:

**Cálculo de esfuerzos**, se plantean las ecuaciones de equilibrio y ecuaciones de compatibilidad que sean necesarias para encontrar los esfuerzos internos en función de las fuerzas aplicadas.

**Análisis resistente**, se calculan las tensiones a partir de los esfuerzos internos. La relación entre tensiones y deformaciones depende del tipo de sollicitación y de la hipótesis cinemática asociada: flexión de Bernouilli, flexión de Timoshenko, tracción, pandeo, torsión de Coulomb, teoría de Collignon para tensiones cortantes, etc.

**Análisis de rigidez**, se calculan los desplazamientos máximos a partir de las fuerzas aplicadas o los esfuerzos internos. Para ello puede recurrirse directamente a la forma de la hipótesis cinemática o bien a la ecuación de la curva elástica, las fórmulas vectoriales de Navier-Bresse o los teoremas de Castigliano. (Emagister monografías, 2006)

**2.3.3 Neumática.** Para garantizar la fiabilidad de un mando neumático, es necesario que el aire que alimenta el sistema tenga un nivel de calidad suficiente.

- a) Presión correcta
- b) Aire seco
- c) Aire limpio

La generación de aire a presión empieza por la compresión de aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar al punto de consumo. Para el acondicionamiento adecuado del aire, es recomendable utilizar los siguientes elementos:

- 1) Aire
- 2) Filtro de aspiración
- 3) Moto – compresor
- 4) secador (refrigerador)
- 5) Acumulador
- 6) Purgador
- 7) Unidad de mantenimiento

El aire que no ha sido acondicionado debidamente, provoca un aumento en la cantidad de fallas y en consecuencia disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos

### **Mandos neumáticos**

El mando neumático es un ciclo que lo podemos desglosar de la siguiente manera:

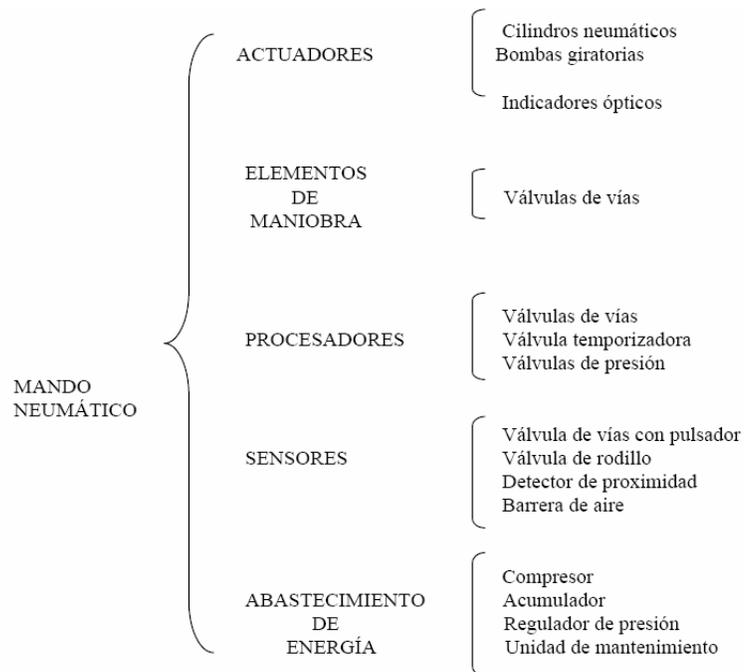
#### **Entrada de señales - Procesamiento de señales - Salida De señales**

La entrada de señales se realiza a través de sensores. Estas señales son procesadas y luego mediante los denominados “actuadores”, se produce la salida.

➤ **Como está conformado un mando neumático:** El conjunto de elementos que conforman un circuito neumático está ordenado de manera tal que siguen una vía para la transmisión de las señales de mando, desde el lado de la emisión de

señales (entrada), hasta el lado de la ejecución del trabajo (salida). Por convención se respeta el siguiente ordenamiento.(Figura 4)

**Figura 4. Mando neumático**



*Fuente: hetmet [http://www.hetmet.com.arg]*

Para controlar máquinas y equipos es necesaria la interacción de todos estos elementos: sensores, procesadores, actuadores, etc. conformando así un sistema neumático. Los “actuadores” son utilizados con frecuencia, ya que permiten realizar los siguientes tipos de movimientos:

- Movimiento lineal
- Movimiento giratorio – movimiento circular (bobina)
- Movimiento rotativo

**2.3.4 Circuitos neumáticos.** Hay dos tipos de circuitos neumáticos:

1. Circuito de anillo cerrado: aquel cuyo final de circuito vuelve al origen evitando brinco por fluctuaciones y ofrecen mayor velocidad de recuperación ante las fugas, ya que el flujo llega por dos lados.

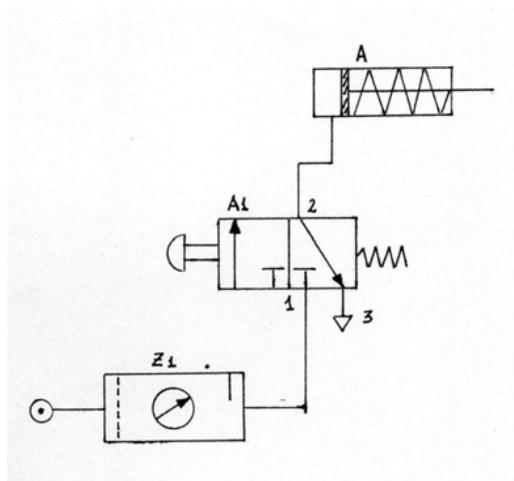
2. Circuito de anillo abierto: aquel cuya distribución se forma por ramificaciones las cuales no retornan al origen, es más económica esta instalación pero hace trabajar más a los compresores cuando hay mucha demanda o fugas en el sistema.

Estos circuitos a su vez se pueden dividir en cuatro tipos de sub-sistemas neumáticos:

1. Sistema manual
2. Sistemas semiautomáticos
3. Sistemas automáticos
4. Sistemas lógicos

Un ejemplo de un circuito neumático básico se presenta en la figura 5.

**Figura 5. Mando Neumático básico**



Fuente: hetmet [<http://www.hetmet.com.ar>]

**2.3.5 Gato hinchable:** El gato hinchable es un artilugio bastante nuevo y no muy conocido su funcionamiento en la práctica.

Básicamente es un “globo” de lona muy resistente que se hincha aprovechando los gases que emanan del tubo de escape y que colocándolo debajo del vehículo lo hace levantarse para hacerle las manipulaciones correspondientes, cambio de ruedas, para desatascarlo...

Podemos decir que consta de cinco partes:

1. El globo propiamente dicho de forma cilíndrica y que lleva una válvula en el centro que sirve tanto para llenarlo, como para vaciarlo de gas.
2. Dos esterillas de protección para la parte de arriba y de abajo del globo.
3. Una boquilla en forma de embudo para ajustarla en el escape.
4. Otra boquilla para engancharla en la válvula de llenado y vaciado.
5. una manguera que une las dos boquillas y que hace de conductor de los gases.

Su funcionamiento es muy sencillo, pero hay que tener en cuenta una serie de premisas que podrían poner en peligro tanto el coche como el gato como la persona o personas que lo estén utilizando.

En primer lugar hay que mirar donde lo vamos a colocar, teniendo en cuenta todo el recorrido del tubo de escape para no quemar el globo y vigilando no haya ningún objeto cortante que lo pueda pinchar.

Una vez elegido el lugar de la colocación, pondremos una esterilla en el suelo para proteger el globo de posibles objetos que puedan dañarlo. Al ser éste de forma cilíndrica lo “estrangularemos” por el medio, de manera que las partes planas queden lo más extendidas posibles, sin pliegues, teniendo en cuenta dejar la

válvula de llenado y escape a la parte de afuera para poder colocarle la manguera de inflado.

Para proceder al hinchado del gato lo colocaremos sobre la esterilla del suelo y le pondremos la otra encima para protegerlo del coche, teniendo en cuenta que las esterillas no son muy resistentes, se pueden utilizar las alfombrillas para los pies como otro complemento de seguridad más, ya que son más gruesas y resistentes que las originales.

Conectaremos la boquilla de inflado en la válvula de llenado y la otra boquilla la introduciremos en el escape ejerciendo cierta presión para que no se escapen los gases. Si subimos de revoluciones el motor conseguiremos que el globo se llene más rápido y en consecuencia el vehículo se levante más y mejor.

Además, al trabajar con este tipo de gatos, hay que tener en cuenta todas las medidas de seguridad que deben tenerse con cualquier otro gato ya sea mecánico o hidráulico, es decir, que el coche esté bien frenado y bien falcado, lo más llano posible si el terreno lo permite...

Este tipo de gatos son capaces de levantar un todo terreno rápidamente dejando las ruedas a 30 centímetros del suelo, como también son capaces de levantar hasta **4000 kg** según modelos

Su poco peso, su escaso volumen, la facilidad de transporte (van metidos en una bolsa tipo de deporte) lo bien que se acopla a la carga del maletero, la posibilidad de colocarlo en cualquier punto del vehículo sin necesidad de acoplamiento externos o de meternos debajo del coche y que a la hora de utilizarlos en desatascos sólo necesita el espacio que ocupa el globo plegado (no llega a un palmo) hacen que esta herramienta sea muy útil y muy a tener en cuenta.

Si estamos decididos a comprar un gato hinchable debemos estar atentos a:

- Que el peso que pueda levantar el globo.
- Que las esterillas sean resistentes.
- Que la válvula de llenado y vaciado sea cómodas de accionar.
- Que la manguera sea resistente para que no se queme en la parte más cercana al escape durante un uso intensivo

## **2.4 MARCO LEGAL O NORMATIVO**

**2.4.1 Contexto internacional.** El organismo que a nivel internacional rige el Kartismo es la **COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING (C.I.K) - FIA**, organismo encargado de expedir la normatividad y/o reglamentos en materia técnica y deportiva del kartismo a nivel mundial.

En lo relacionado con diseños y especificaciones técnicas para el mantenimiento y/o prevención de daños en los Karts, la norma vigente es el **KARTING TECHNICAL REGULATIONS**, en el cual se describe todas las prescripciones y regulaciones técnicas a las cuales deben ser sometidas antes y después de cualquier actividad competitiva, esta regulación se encuentra descrita en 21 artículos, los cuales son a su vez adoptados por las diferentes normas de los países afiliados. Estos artículos son los siguientes:

*Artículo 1: Definiciones y clasificación*

*Artículo 2: Prescripciones generales*

*Artículo 3: Seguridad de karts y equipos*

*Artículo 4: prescripciones generales para el grupo 1 karts*

*Artículo 5: prescripciones generales para el grupo 2 karts*

*Artículo 6: Disposiciones específicas para la fórmula súper A*

*Artículo 7: Reglamentos específicos correspondientes a la fórmula A*

*Artículo 8: Suprimido*

*Artículo 9: Disposiciones específicas para superkart*

*Artículo 10: Disposiciones específicas para una intercontinental*

*Artículo 11: Disposiciones específicas para intercontinental A-junior*

*Artículo 12: Disposiciones específicas para KZ2 & KZ1*

*Artículo 13: Disposiciones específicas para intercontinental C Sudam*

*Artículo 14: Disposiciones específicas para intercontinental-C Sudam júnior*

*Artículo 15: Disposiciones específicas para intercontinental E*

*Artículo 16: Disposiciones específicas para mundo de fórmula*

*Artículo 17: Disposiciones específicas para eléctrica kart*

*Artículo 18: Disposiciones específicas para KF4*

*Artículo 19: Disposiciones específicas para KF3*

*Artículo 20: Disposiciones específicas para KF2*

*Artículo 21: Disposiciones específicas para KF1*

**2.4.2 Contexto nacional.** En la constitución política de 1991, la recreación se manifiesta en diversas dimensiones. Es un derecho constitucional fundamental y prevalente de los niños (Art. 44), pero también un derecho de todas las personas que se manifiesta en actividades tales como la práctica del deporte y el aprovechamiento del tiempo libre (Art. 52). Igualmente, la educación debe formar al colombiano en la práctica de la recreación, entre otras (Art. 67).

**La Ley 181 DE 1995.** "*Por la cual se dictan disposiciones para el fomento del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la educación física y se crea el sistema nacional del deporte*", tiene como objetivos generales el patrocinio, el fomento, la masificación, la divulgación, la planificación, la coordinación, la ejecución y el asesoramiento de la práctica del deporte, la recreación y el aprovechamiento del tiempo libre y la promoción de la educación extraescolar de la niñez y la juventud en todos los niveles y estamentos sociales del país, en desarrollo del derecho de todas las personas a ejercitar el libre acceso

a una formación física y espiritual adecuadas (Art. 1). De igual manera establece principios rectores tales como: promover y planificar el deporte competitivo y de alto rendimiento, en coordinación con las federaciones deportivas y otras autoridades competentes, velando porque se desarrolle de acuerdo con los principios del movimiento olímpico (Art. 3, num. 6); velar por el cumplimiento de las normas establecidas para la seguridad de los participantes y espectadores en las actividades deportivas, por el control médico de los deportistas y de las condiciones físicas y sanitarias de los escenarios deportivos (Art. 3, num. 9); estimular la investigación científica de las ciencias aplicadas al deporte, para el mejoramiento de sus técnicas y modernización de los deportes (Art. 3, num. 10) y planificar y programar la construcción de instalaciones deportivas con los equipamientos necesarios, procurando su óptima utilización y uso de los equipos y materiales destinados a la práctica del deporte y la recreación (Art. 3, num. 11).

La misma ley establece la universalidad como principio fundamental, en el sentido de que todos los habitantes del territorio nacional tienen derecho a la práctica del deporte y la recreación y al aprovechamiento del tiempo libre. (Art. 4). Estableciendo así mismo como una de las formas para el desarrollo del deporte el deporte competitivo, que se define como el conjunto de certámenes, eventos y torneos, cuyo objetivo primordial es lograr un nivel técnico calificado. Su manejo corresponde a los organismos que conforman la estructura del deporte asociado. (Art. 16)

El organismo del estado encargado del fomento, la planificación, la organización, la coordinación, la ejecución, la implantación, la vigilancia y el control de la actividad del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la educación física la ejerce el Ministerio de Educación Nacional por conducto del Instituto Colombiano del Deporte, Coldeportes. (Art. 58), este último es el máximo organismo planificador, rector, director y coordinador del sistema nacional del deporte y, director del deporte formativo y comunitario (Art.61), teniendo como una

de sus funciones promover y regular la participación del sector privado, asociado o no, en las diferentes disciplinas deportivas, recreativas, de aprovechamiento del tiempo libre y de educación física (Art. 61, num. 4)

El reglamento deportivo nacional de 2008, ha sido desarrollado a partir del reglamento C.I.K, Tag USA y tiene como objetivo regular el deporte del kartismo y la organización de eventos y competencias a nivel nacional. En el capítulo 1, sobre generalidades, se define a la federación colombiana de karts -Fedekart- como una entidad constituida, acorde con las normas establecidas por el decreto No. 2845 de 1.984, el decreto # 1421 de 1.985 y la ley 181 de 1995 del gobierno nacional, fundada en 1.963, con personería jurídica según resolución No. 4328 de 1.967, organizada y regida según las leyes de la república y sus estatutos, es la máxima entidad rectora del deporte del kartismo en el país, reconocida por el instituto colombiano de la juventud y el deporte -Coldeportes-, según resolución No. 00104 de 1.974 y por el Comité Olímpico Colombiano. (Art. 1). De igual manera establece que la federación colombiana de karts, dirigirá, reglamentará, controlará, fomentará y fortalecerá el kartismo colombiano, previendo para ello reglas razonables para manejar las competencias con imparcialidad, y para reducir los peligros asociados con el deporte, para los pilotos, mecánicos, acompañantes y espectadores. (Art. 4)

En el capítulo 2 de este reglamento se establecen también las prescripciones generales para el kart, así: todas las modificaciones deben estar en conformidad con el reglamento específico del grupo y/o de la categoría en la cual el kart esta inscrito. (Art. 1). Las siguientes aplicaciones de las prescripciones generales a todos los grupos y categorías en la hipótesis de aquellos que no son objeto de disposiciones específicas; es el deber de cada concursante probar a los comisarios técnicos y a los comisarios deportivos que su vehículo esta en conformidad con los reglamentos en su integridad y en todos los momentos de la prueba. (Art. 2). También se prohíbe toda modificación, si no esta debidamente

autorizada en un artículo del presente reglamento, o por razones de seguridad decididas por el comité ejecutivo en reunión con los clubes o inmediata si es CIK. Por modificación, se entiende todas las operaciones susceptibles de cambiar el aspecto inicial, las cotas, los dibujos, o las fotos de las piezas de origen homologadas. (Art. 3). Esta prohibido, toda adición o fijación de material, o de piezas si no esta debidamente autorizado por un artículo del presente reglamento o por razones de seguridad decididas por el comité ejecutivo basados en la CIK, del material retirado, no podrá ser reutilizado. La recuperación de la geometría del chasis-cuadro, consecuente a un accidente, esta permitido por adición de los materiales necesarios a su reparación (metal de aporte para soldadura etc.); las otras piezas deterioradas o usadas no podrán ser recuperadas por adición o fijación de material, a excepción que un artículo del presente reglamento lo autoriza. (Art. 4)

## **3.0 METODOLOGÍA**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

Nuestro trabajo se encuentra enfocado a la parte empírico - analítica ya que su desarrollo es de contenido técnico basado en las pautas y normas que rige el kartismo colombiano y estará a disposición de la empresa KARTING-COLOMBIA para ser puesto a prueba en competencias, escuela y práctica libre de este deporte.

### **3.2 LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA**

La universidad de San Buenaventura sede Bogotá cuenta con diversas líneas de investigación, la línea de investigación seleccionada para el presente estudio fue: tecnologías actuales y sociedad, todo esto porque en la investigación se implementaron tecnologías para mejorar un servicio que actualmente no es el adecuado, además se implementó un sistema de vanguardia para un servicio brindado y utilizado por un determinado sector de la población (deportistas, aficionados, y cualquier persona que utilice el deporte del kartismo como diversión).

### **3.3 SUB-LÍNEA DE LA FACULTAD**

En la facultad de ingeniería y más específicamente en el programa de ingeniería mecatrónica la sub-línea seleccionada fue: instrumentación y control, por ser la de mayor aplicación y fundamental en el desarrollo de la investigación.

### **3.4 TECNICAS DE OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para iniciar el proceso de diseño y construcción del proyecto, en primer lugar se contactó la empresa karting de Colombia, como fuente primaria de información, debido a que esta empresa suministró los datos específicos sobre el funcionamiento y mantenimiento de los karts; así como también los requerimientos técnicos, normas y demás aspectos del karting en general.

Una vez conocida la información básica sobre los karts se visitó el sitio de operación de los monoplazas (pista, taller), en el cual se evidenciaron las deficiencias presentadas en materia de mantenimiento y de seguridad industrial.

Como fuentes secundarias de información se procedió a la recopilación del material bibliográfico tales como: páginas de Internet, textos de ingeniería, catálogos, manuales, entre otros referentes que permitieron la definición de conceptos de tipo mecánico, de instrumentación y de kartismo.

Finalmente se consultó a expertos en el tema (ingenieros mecánicos e ingenieros en mecánica automotriz) con el propósito de resolver las dudas encontradas en la ejecución del proyecto, consultas que permitieron la corroborar la teoría encontrado en cuanto a diseño y construcción del banco de mantenimiento.

### **3.5 OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio para la investigación es el mantenimiento y/o arranque de los modelos de kart, ubicados en la empresa KARTING-COLOMBIA

### 3.6 HIPOTESIS

Con este proyecto se logrará:

- Reducir los tiempos de mantenimiento aproximadamente en un 40%,
- Aumentar la vida útil actual del vehículo en un 25%
- Disminuir la fractura de los paragolpes (goma de protección) en un 25%

### 3.7 VARIABLES

**3.7.1 Variables Independientes.** Podemos considerar como variables independientes las siguientes:

- El sitio de trabajo de mantenimiento refiriéndonos al espacio físico donde se realizan las diferentes actividades y talleres del deporte del kartismo.
- El diseño del kart entendido este como todos los elementos que integran el kart.

**3.7.2 Variables Dependientes.** Podríamos considerar como variables dependientes las siguientes:

- Tiempo de mantenimiento del kart considerando esta como todo el proceso que tiene el monoplaça en el momento de la reparación
- Fractura del parachoques entendido este como los daños sufridos por el kart en los momentos de encendido del motor en frío, mantenimiento y choques dentro de competencia.

## 4.0 DESARROLLO INGENIERIL

El proyecto del banco de mantenimiento tiene 4 fases de desarrollo para lograr la mejor opción económica y que sea versátil para su implementación, dichas fases o etapas las podemos mencionar como:

1. **Fase del desarrollo mecánico:** fase con alto grado de diseño en la cual se calculó la estructura, que esta compuesta específicamente por vigas y columnas.
2. **Fase de desarrollo neumático:** consistió en el desarrollo de la etapa de potencia por así llamarla, es donde se calcularon las necesidades neumáticas para hacer que el diseño cumpla con los requerimientos planteados.
3. **Fase de cálculo soldadura:** etapa en la cual se seleccionaron los mejores elementos para lograr la adhesión más adecuada de los perfiles.
4. **Fase de construcción:** es la etapa final del proceso, la cual consiste en la sinergia con las otras etapas para lograr el producto final y así la satisfacción del usuario final (Karting Colombia)

### 4.1 DESARROLLO MECÁNICO

**4.1.1 Procedimiento de diseño mecánico.** Según el planteamiento del problema se necesitó una estructura lo suficientemente rígida para soportar el levantamiento de aproximadamente 100 Kg, para lo cual se pensó en muchos sistemas mecánicos pero que al momento de plasmarlos en el papel resultaron ser demasiado robustos, sobrepasaban las condiciones permisibles.

Los pasos seguidos para el diseño de la estructura mecánica fue:

- ✓ Se tomaron como base las medidas de los karts, utilizadas actualmente por la empresa.
- ✓ Se capturaron los parámetros técnicos tanto de la pista, es decir longitud de sus carriles, longitud total a recorrer y posibles limitaciones de altura; encontrando así que la altura permitida para el banco de mantenimiento, tenía que ser de 1.65 metros de altura debido que sobre la pista se encuentra un puente que atraviesa la misma de extremo a extremo con una altura máxima de 1.70 m.
- ✓ Se observó todo el taller y pista de trabajo, notando que el desplazamiento de los kart a través de cualquier punto del establecimiento Karting Colombia es forzoso ya que se necesitan de dos a tres técnicos mecánicos para mover y/o levantar un kart, haciendo que la tarea sea tediosa debido al numero total de máquinas del establecimiento (11 a 13 máquinas) razón por la cual determinamos que el banco tendría ruedas para lograr movilizar los kart a cualquier punto de una forma fácil y con el menor esfuerzo posible.
- ✓ Se tendría que garantizar que el banco tuviese un sistema para levantar fácilmente el kart a una altura definida y cómoda para el libre trabajo de los técnicos sobre la máquina, que por recomendación de los mecánicos de la empresa debería ser de 1.05 m del suelo,
- ✓ Para el arranque en frío de los motores que presentan relación de cambios y/o caja de cambios se definió un sistema que ayude a subir levemente las llantas traseras del kart para garantizar que al momento de encenderlo no se desplace cuando el aceite entre en condiciones operacionales, para que la máquina no ruede; además el banco debe ser lo suficientemente versátil para facilitar el alineamiento del sistema de dirección del kart (camber y caster).

En resumen el problema planteado se basó en los parámetros anteriormente expuestos, que de manera general y para la realización del presente diseño se requiere de:

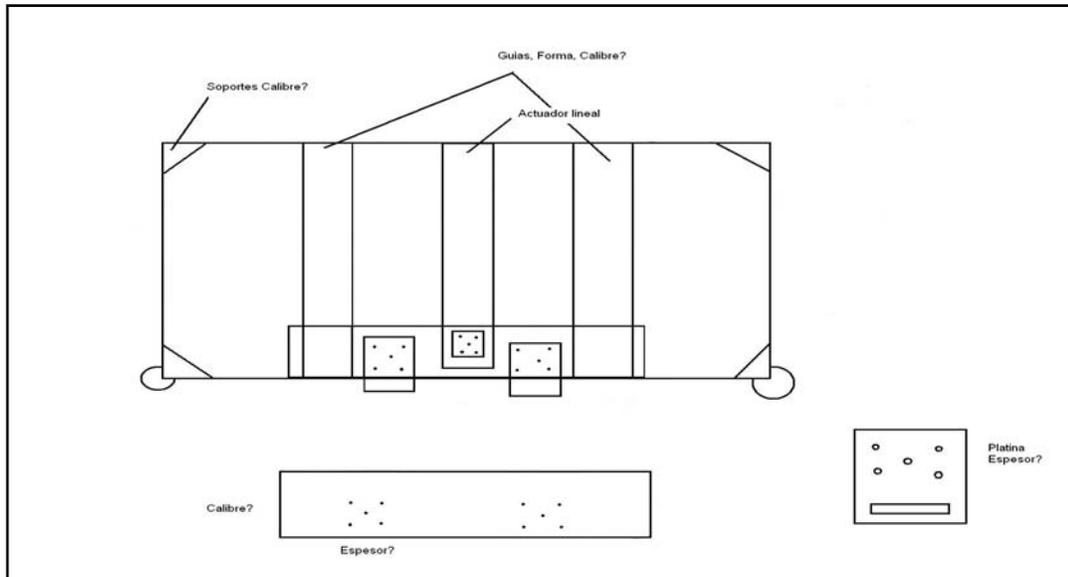
- 1) Un sistema que permita elevar la máquina a una altura de 1.05 m
- 2) Que el banco no sobrepase los 1.70 m de altura
- 3) Que tenga un sistema de fácil elevación
- 4) Que facilite el alineamiento del caster y camber
- 5) Que el banco sea móvil
- 6) Que la estructura soporte 100 Kg.

A continuación se presenta la solución para cada uno de los parámetros de diseño:

**1) Un sistema que permita elevar la máquina a una altura de 1.05 m:** Inicialmente se planteó el desarrollo de un **sistema guiado por cadenas y correas** fue descartado por la robustez de los accionamientos y/o actuadores, para este sistema se contempló la inclusión de un motor eléctrico el cual hacía que el banco se viera limitado en su movilidad a través de la pista debido a su alimentación energética. Para solucionar esta restricción se pensó en la posibilidad de usar neumática encontrando que era la solución deseada para el banco de mantenimiento, con lo que se logró la elevación de los 100 kg en una forma rápida y ágil, como primera medida se tomó actuadores y/o cilindros con vástago lo cual hacía que el diseño fallara debido a que el paso dos no se cumpliera.

A partir de la indagación y sugerencias del tutor de la presente investigación se decidió usar **actuadores lineales**, modelos que se adaptaron perfectamente al propósito del proyecto. Se realizaron los cálculos respectivos, obteniendo resultados satisfactorios (figura 6).

**Figura 6. Sistema Mecánico de elevación del Kart**



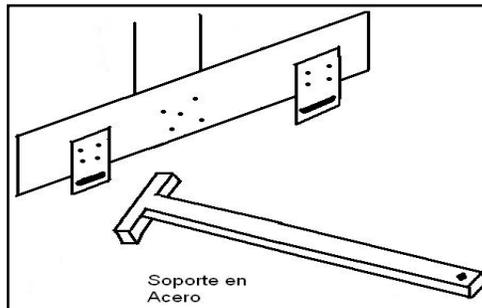
*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

**2) Que el banco no sobrepase los 1.70 m de altura:** como se mencionó anteriormente el usar cilindros con vástago sobrepasa el parámetro de diseño en lo que tiene que ver con la altura del banco, se plasmó la posibilidad de usar este tipo de cilindros concluyendo que los mismos no aplicaban al proyecto, debido a que se necesitaba elevar el kart a 1.05 m; de esta forma el actuador en tal punto tendría una altura máxima aproximada de 2.10 m, lo cual hizo que la utilización de este cilindro no se tuviera en cuenta, pasando así a los actuadores lineales que fueron de gran ayuda en la solución del problema.

**3) Que tenga un sistema de fácil elevación:** para esto se debía recurrir a la utilización de energía mecánica, ya bien fuera por sistemas diferenciales, motores eléctricos, cables, cadenas, hidráulica, neumática, etc. Uno vez analizados todos los sistemas y la aplicación de cada uno de ellos en el proyecto se tomó la decisión de usar electro neumática puesto que ésta permite controlar fácilmente el desplazamiento del kart a través de su trayectoria, tanto de elevación como de

descenso por medio de elementos electrónicos simples como lo son: relés, interruptores, electro válvulas, solenoides y demás accesorios. (figura 7).

**Figura 7. Sistema de elevado**



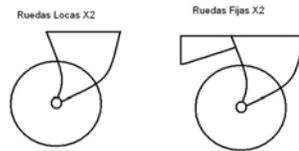
*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

**4) Que facilite el alineamiento del caster y camber:** el método usado por los técnicos mecánicos de Karting Colombia se basa en la elevación del kart, de tal forma que las ruedas y/o el sistema de dirección de la máquina quede en una posición cómoda para intervenir tal sistema, el punto clave está en la libertad de las ruedas delanteras, es decir que al momento de intervenir el sistema de dirección no influyan elementos que puedan obstruir en la alineación del caster y camber. Se optó, entonces, por dejar tanto las ruedas delanteras como las ruedas traseras al vacío, de tal forma que el banco con sus componentes no interviniese en ninguna rueda y, por el diseño del banco facilita la movilidad de los técnicos a través del mismo al momento de realizar el mantenimiento.

**5) Que el banco sea móvil:** inicialmente se planteó la movilidad del banco, donde se contemplaron dos posibilidades independientes del diseño de la estructura: la primera fue utilizar un sistema de cables suspendidos en la estructura del techo de la bodega de las instalaciones de Karting Colombia; la segunda era usar locomoción rodante, es decir, aplicar ruedas a la estructura a diseñar. Una vez realizado el esquema para el diseño final de la estructura, se optó por usar esta

última opción, para garantizar el desplazamiento del banco a lo largo y ancho de las instalaciones, guiados por un operario. (figura 8)

**Figura 8. Ruedas**



*Fuente: Barrios, E; Cruz,*

Soportan c/u 800 N

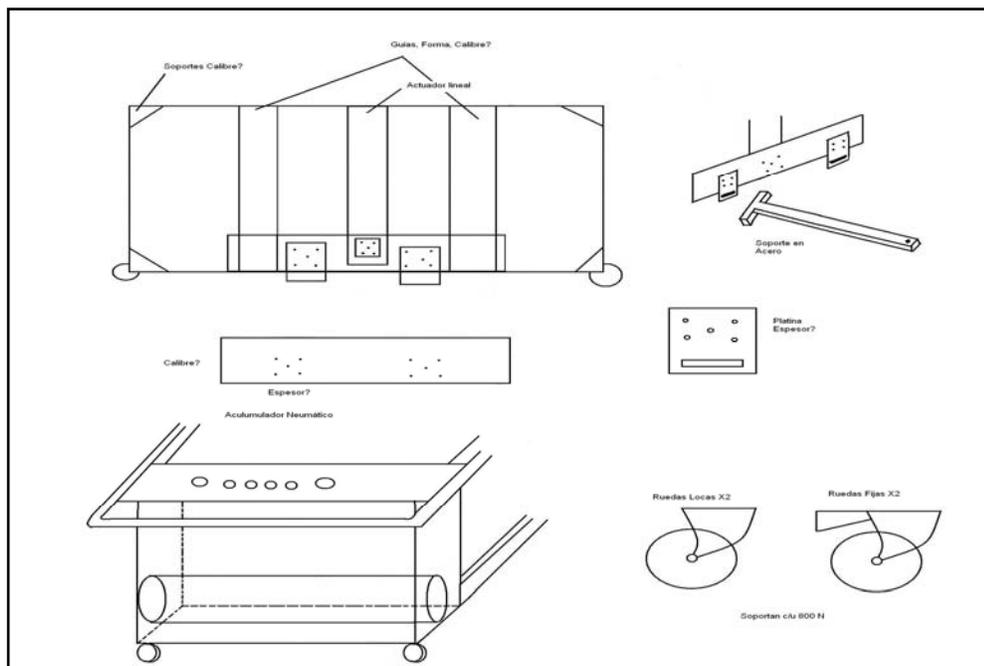
*J*

**6) La estructura soporte 100 Kg:** al tratar de resolver esta condición, inevitablemente se contemplaron todos los parámetros de diseño ya que se debía pensar en el modelo y/o forma de la estructura, el material, el peso y lo versátil que debía resultar el producto final. Con respecto a estructura el banco debía tener una plataforma donde iría suspendido el kart, se contempló la posibilidad de usar una plataforma hidráulica que permitiera la elevación del kart; posibilidad que fue descartada puesto que la plataforma presentaba déficit en su movilidad, debido a que por su construcción la plataforma debía estar anclada al piso y depender de un depósito hidráulico constante. Esta idea no representó un reto real al momento de calcular materiales para soportar el peso de la máquina.

También se estudio la posibilidad de diseñar una estructura que soportada en cables pudiese descender a recoger el kart por medio de algún sistema mecánico: cables o cadenas; pero este diseño también presentaba déficit en su movilidad, a pesar de que ofrecía mayor movilidad que el sistema anterior con un cubrimiento limitado de la pista; es decir se tenía que realizar primero un movimiento a lo largo de la pista y luego a lo ancho de la misma, haciendo que los tiempos muertos del kart aumentaran de tal forma que no se mejorarían los tiempos de desplazamiento del kart al taller.

Por último se diseño un sistema tipo grúa que permitiera un fácil desplazamiento por todo la pista, que fuera suficientemente rígido para soportar las cargas aplicadas a la estructura, que no fuese robusto y lo más liviano posible, de tal manera que llegase a la estructura en forma de cajón, tal como se diseñó y consta de un sistema de barras con perfil cuadro y/o rectangular debidamente soportados por platinas para mitigar esfuerzos en las juntas y con un sistema de dos ruedas fijas y dos ruedas locas para la maniobrabilidad del banco a través de las áreas de trabajo. Una vez definido el modelo estructural el verdadero reto de ingeniería fue realizar los cálculos de toda la estructura, los momentos, las reacciones, las juntas de soldadura y la realización de los planos técnicos de tal forma que lograra soportar la carga aplicada.

**Figura 9. Aproximación de la estructura**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

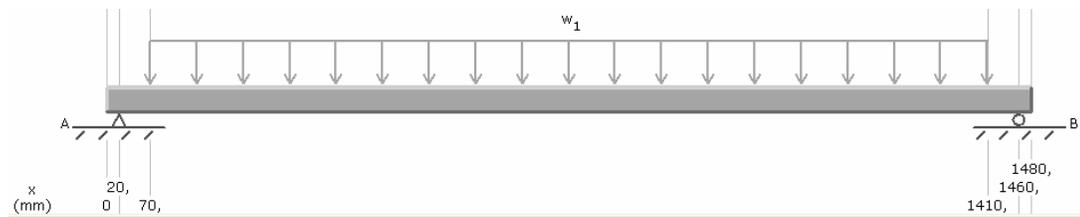
#### 4.1.2 Diseño y cálculos mecánicos

**Cálculo de los soportes transversales.** Se inició por la carga más crítica de toda la estructura que son las vigas de la plataforma que levantan el Kart; para lo cual se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

$$W = 90 \text{ kg}$$

$$X = 1480 \text{ mm}$$

**Figura 10. Soporte transversal sometida a la carga**



*Fuente: MDsolids*

De acuerdo a estas consideraciones se decidió escoger el perfil que más se adaptara a la estructura, para ello fue necesario calcular las reacciones y momentos en la viga.

$$F = W * g$$

$$F = 90 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 882.9 \text{ N}$$

Centramos la carga distribuida a lo largo de la estructura donde ejerce su fuerza

$$F = 882,9 \frac{N}{m} * (1340 * 10^{-3} m) = 1.1831 KN$$

$$\sum MA = 0$$

$$-1.1831 KN (720 * 10^{-3} m) + By (1440 * 10^{-3} m) = 0$$

$$By = \frac{1.1831 KN (720 * 10^{-3} m)}{1440 * 10^{-3} m} = 591.54 N \uparrow (+)$$

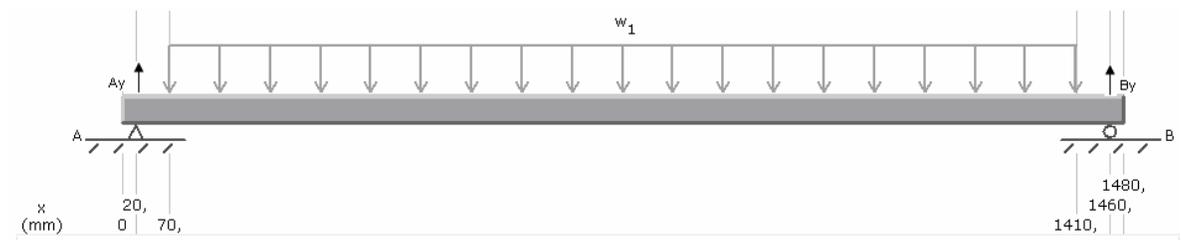
$$\rightarrow \sum fx = 0$$

$$\uparrow (+) \sum fy = 0$$

$$Ay - 1.1831 KN + By = 0$$

$$Ay = 1.1831 KN - 591.54 N = 591.54 N \uparrow (+)$$

**Figura 11. Diagrama de reacciones del soporte transversal**



Después de hecho el cálculo de las reacciones y momentos, se prosiguió con los diagramas de momento flector y fuerza cortante.

La fuerza cortante se calculó descomponiendo la viga en secciones y hallando sumatoria de fuerzas en cada una de los cortes realizados

$$\sum fy = 0$$

$$0 - V_0 = 0$$

$$0 - V_1 = 0$$

$$V_1 = 0$$

$$591.54N - V_2 = 0$$

$$V_2 = 591.54N$$

$$591.54N - V_3 = 0$$

$$V_3 = 591.54N$$

$$591.54N - 882.9 \frac{N}{m} * (670mm) - V_4 = 0$$

$$V_4 = 0$$

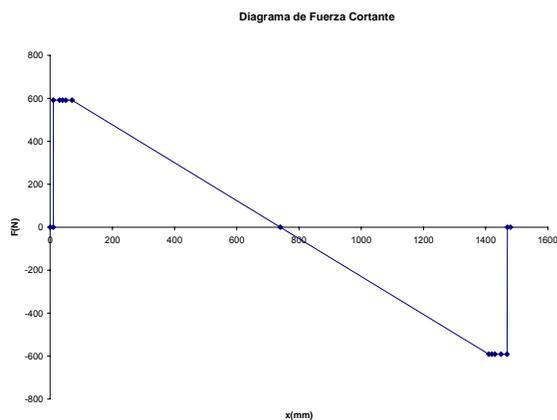
$$V_5 = -V_3 = -591.54N$$

$$V_6 = -V_2 = -591.54N$$

$$V_7 = V_1 = 0$$

$$V_8 = V_0 = 0$$

**Figura 12. Diagrama de esfuerzo cortante**



Para el cálculo del momento flector se procedió a seccionar la viga y a calcular sumatorias de momentos en cada uno de las secciones.

$$\sum M = 0$$

$$M_0 = 0N * 0mm = 0$$

$$M_1 = 591.54N * 0mm = 0$$

$$M_2 = 591.54N * 50mm = 29.58N.m$$

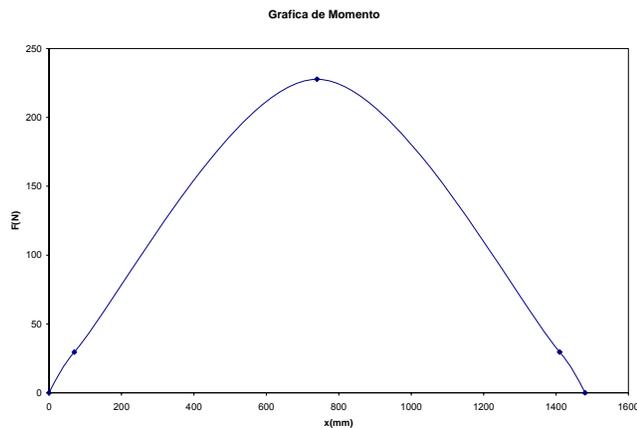
$$M_3 = (591.54N * 50mm) + (591.54N * 335mm) = 227.74N.m$$

$$M_4 = M_2 = 29.58N.m$$

$$M_5 = M_1 = 0$$

$$M_6 = M_0 = 0$$

**Figura 13. Diagrama de momento flector**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

Determinados los momentos flectores y las fuerzas cortantes, se selecciona el perfil que más se amolde al diseño, para lo cual es necesario mirar las características de algunos materiales. Los metales y las aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos tipos: Materiales **ferrosos** y **no ferrosos**. Entre los materiales de fabricación y construcción más versátil, con más capacidad de adaptación está el acero, a unos costos relativamente bajos, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser manipulado, por lo que se presta para diseños mediante muchos métodos; además sus propiedades pueden

ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas, mediante diferentes tipos de tratamientos.

Dentro de los tipos de aceros se encuentran: **aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación**. Como aceros aleados están el acero estructural el cual entre algunas de sus características ofrece:

- Alta resistencia
- Homogeneidad
- Elasticidad
- Ductilidad
- Tenacidad

El estudio se basó en la norma ASTM para escoger el tipo de acero a trabajar y se escogió mediante criterios de una empresa reconocida.

**Tabla 1. Designación ASTM**

Designación ASTM	Acero	Formas	Usos	Fy min Ksi	Fumin tensión ksi
A-36 NOM B-254	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios estructurales en gal. Atornillados, remachados y soldados	36 e < 8" 32 e > 8"	58 - 80
A-529 NOM B-99	Al carbono	Perfiles y placas e < ½"	Igual al A-36	42	60-85
A-441 NOM B-284	Al magnesio, vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras e < 8"	Igual al A-36 Tanques	40-50	60-70
A-572 NOM B	Alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras e < 6"	Construcciones atornilladas, remaches. No en puentes soldados cuando Fy > 55 ksi	42-65	60-80
A-572 NOM B	Alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras e < 4"	Construcciones soldadas, atornillada, técnica especial de soldadura	42-50	63-70
A-514	Templados y revenidos	Placas e < 4"	Construcciones soldadas especialmente. No se usa si se requiere gran ductilidad	90-100	100-150

*Fuente: Catálogo Agofer*

Con estas características definidas, se escogió el acero estructural ASTM A-36 cuyas propiedades en SI<sup>2</sup>

Resistencia última = 400 Mpa

Fluencia última = 250 Mpa

Teniendo estos esfuerzos se inició la selección del perfil para la viga diseñada en acero. Se calculó el mínimo módulo de sección admisible:

$$S_{\min} = \frac{M}{\sigma_{ult}} = \frac{227.74 N.m}{250 Mpa} = 910.96 * 10^{-9} m^3$$

Se consultó en las tablas de propiedades de los perfiles y se escoge una viga con el módulo de sección no menor  $910.96 * 10^{-3} m^3$  y  $1.6 < FS < 4.0$ . Para el estudio la selección del perfil más adecuado resultó ser un perfil cuadrado 40 x 40 que presentó las siguientes características y el análisis se manifestó de la siguiente forma:

**Figura 14. Perfil cuadrado**

$$S_x = 2.47 cm^3$$

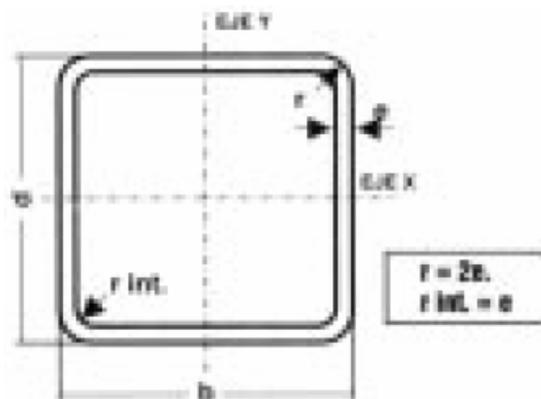
$$I = 4.7 cm^4$$

$$Espesor = 1.5 mm$$

$$Peso = 1.68 \frac{Kg}{m}$$

$$Area = 2.13 cm^2$$

$$r_x = 1.48 cm$$



Fuente: catálogo Agofer

<sup>2</sup> SI: Sistema Internacional de medidas

$$\tau_m = \frac{591.54N}{2.13cm^2} = 2.77Mpa$$

Dado esto se cumple que  $T_m < \text{resistencia última}$ ; por lo cual la viga es aceptable, ahora con el cálculo del esfuerzo de trabajo se determinó si se encuentra dentro del rango del factor de seguridad deseado:

$$\sigma_{trabajo} = \frac{Mr_x}{I}$$

$$\sigma_{trabajo} = \frac{227.74N.m * 1.48cm}{4.70cm^4} = 71.714MPa$$

$$FS = \frac{\sigma_{ultimo}}{\sigma_{trabajo}} = \frac{250MPa}{71.714MPa} = 3.4861$$

El resultado obtenido mostró que el perfil seleccionado cumple con los requisitos de resistencia a la carga; ahora se analiza que tanto se defleca el material.

**Deflexión de la viga.** Para analizar como se defleca la viga se usó el método de área-momento que es usado para hallar la pendiente y la deflexión de las vigas.

### Calculo de la pendiente

$$\theta = \frac{\frac{Ay}{2}(x-20mm)^2 + \frac{By}{2}(x-1460mm)^2 - A_c|_0 - \frac{F}{6}(x-70mm)^3 + \frac{F}{6}(x-1410mm)^3}{E * I}$$

$$\theta = \frac{\frac{59154N}{2}(x-20mm)^2 + \frac{59154N}{2}(x-1460mm)^2 - 109070670.5^0 - \frac{8829N/m}{6}(x-70mm)^3 + \frac{8829N/m}{6}(x-1410mm)^3}{9.532.522500.93N.mm^2}$$

$$\theta = 0,0109rad = 0,648^\circ$$

**Cálculo de la deflexión.** Para una viga cargada simétricamente la deflexión ocasionada se manifiesta en el centro de la misma

$$\kappa = \frac{\frac{Ay}{6}(x-20mm)^3 + \frac{By}{6}(x-1460mm)^3 - (A_c)x|^0 + \theta|^0 - \frac{F}{24}(x-70mm)^4 + \frac{F}{24}(x-1410mm)^4}{E * I}$$

$$\kappa = \frac{\frac{591,54N}{6}(x-20mm)^3 + \frac{591,54N}{6}(x-1460mm)^3 - 109070670.15x + 2181413403 - \frac{882,9N/m}{24}(x-70mm)^4 + \frac{882,9N/m}{24}(x-1410mm)^4}{9.532.522.500,93N.mm^2}$$

$$\kappa = -5,17mm$$

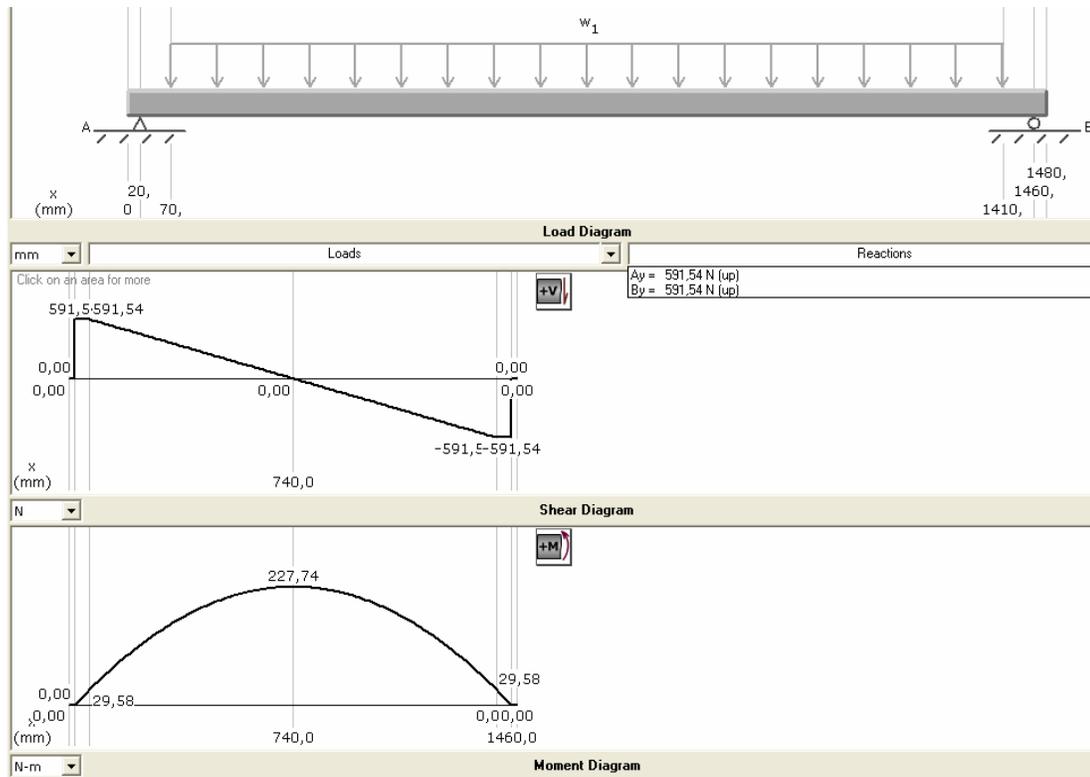
**Diseño mediante software (Mdsolids)**<sup>3</sup> Mdsolid permite verificar la información obtenida mediante cálculos y otorga una herramienta de cálculo más detallada sobre diferentes estudios de diseño mecánico.

- Se ingresa la longitud de la viga x 1480 mm
- Se dice que se tiene una carga distribuida como se muestra en la figura 15, donde la carga es de 882,9 N/m.
- Posteriormente el programa se ejecuta mostrando el diagrama cortante y el diagrama de momentos tal como se observa en la figura 15.

---

<sup>3</sup> Mdsolids: Software para cálculos mecánicos

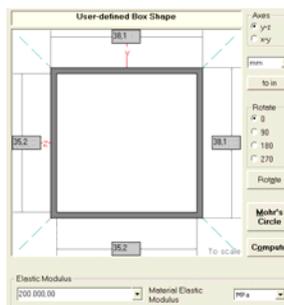
**Figura 15. Simulación de los soportes transversales**



*Fuente: Mdsolids*

Después de obtener los resultados se seleccionó el perfil y la clase de material que para este caso es acero ASTM A-36, mediante los datos ingresados se obtuvo el  $EI$  y de esta forma se halló la pendiente y la deflexión.

**Figura 16. Perfil 40 x 40 Mdsolids**



*Fuente: Mdsolids*

**Tabla 2. Propiedades del perfil 40 x 40 A-36**

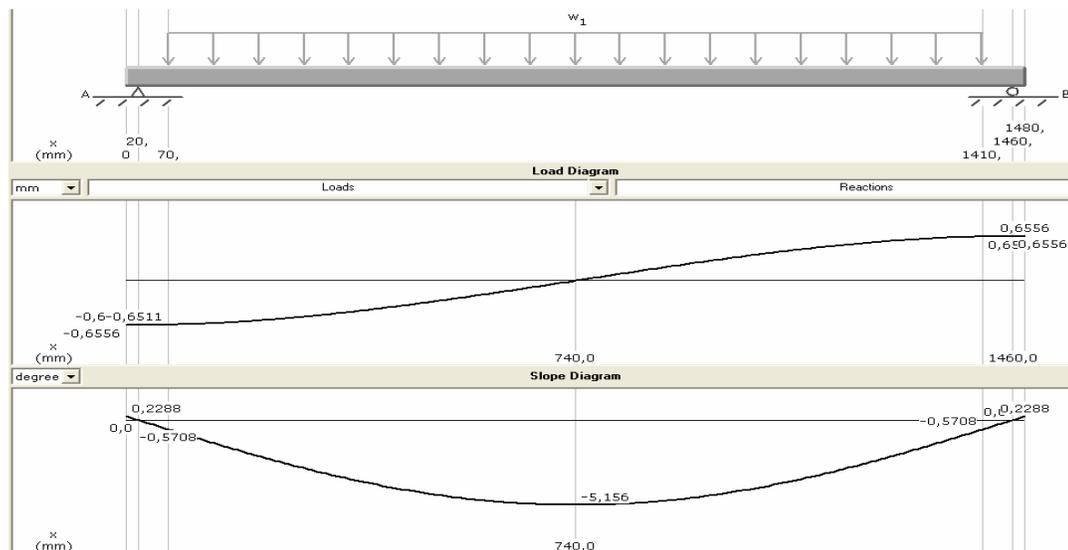
<b>Propiedades eje Z</b>			
Del centroide hacia abajo	y	19,05	Mm
Del centroide hacia arriba	y	19,05	Mm
Área de corte	A	212,57	Mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	I <sub>z</sub>	47662,62254	Mm <sup>4</sup>
Módulo de la sección	S <sub>z</sub>	2501,974937	Mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	S <sub>x</sub>	2501,974937	Mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	S <sub>y</sub>	2501,974937	Mm <sup>3</sup>
Radio de giro	r <sub>z</sub>	14,97400525	Mm
Módulo plástico	Z <sub>z</sub>	2923,03325	Mm <sup>3</sup>
Factor de Corte		1,16829038	

<b>Propiedades eje Y</b>			
Del centroide hacia abajo	z (izq)	19,05	Mm
Del centroide hacia arriba	z (der)	19,05	Mm
Área de corte	A	212,57	mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	I <sub>y</sub>	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Módulo de la sección	S <sub>y</sub>	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	S (izq)	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	S (der)	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Radio de giro	r <sub>y</sub>	14,97400525	Mm
Módulo plástico	r <sub>y</sub>	2923,03325	mm <sup>3</sup>
Factor de corte		1,16829038	
<b>Otras Propiedades</b>			
Módulo elástico	E	200000	MPa
Momento polar de inercia	J	95325,24508	mm <sup>4</sup>

Producto de inercia	lyz	1,06717E-25	mm <sup>4</sup>
Máximo momento de inercia	Imax	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Mínimo momento de inercia	Imin	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Ángulo formado entre el eje Z y el eje Imax	$\beta$	45	Grados
Ángulo formado entre el eje y y el eje Imax	$\beta$	45	Grados

Con los datos obtenidos en una tabla del programa se observan las gráficas de deflexión y se observa el área bajo la curva

**Figura 17. Diagrama de deflexión**



Fuente: MDsolids

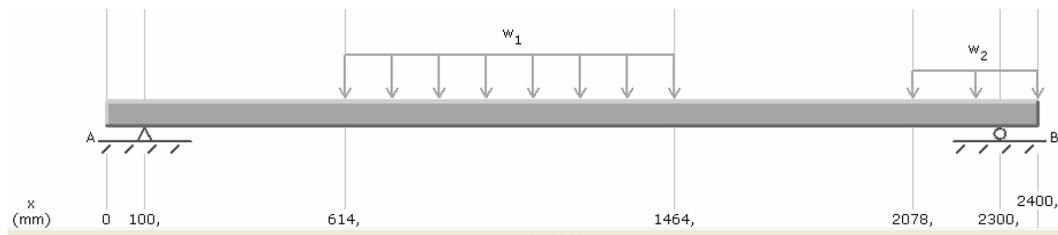
### **Vigas laterales 2**

$W_1 = 120 \text{ kg}$

$W_2 = 30 \text{ Kg}$

$X = 2400 \text{ mm}$

**Figura 18. Vigas laterales 2 sometido a cargas**



Fuente: Mdsolids

Teniendo esas consideraciones se decide escoger el perfil que más se adapte a la estructura, para ello se hace necesario calcular las reacciones y momentos en la viga.

$$F_{1-2} = W * g$$

$$F_1 = 120kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1177,2N$$

$$F_2 = 30kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 294,3N$$

Centramos la carga distribuida a lo largo de la estructura donde ejerce su fuerza.

$$\sum MA = 0$$

$$-1.1772 \frac{KN}{m} (850mm)(939mm) + By(2200m) - 294,3 \frac{N}{m} (322mm)(2139mm) = 0$$

$$By = \frac{1142.2836594N.m}{2,2m} = 519,22 \uparrow (+)$$

$$\rightarrow \sum fx = 0$$

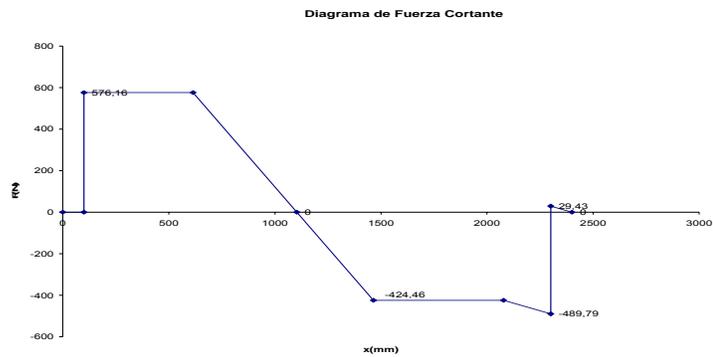
$$\uparrow (+) \sum fy = 0$$

$$Ay - 1,177 \frac{KN}{m} (0,85m) + By - 294,3 \frac{N}{m} (0,322m) = 0$$

$$Ay = 1,0954KN - 519,22N = 576.16N \uparrow (+)$$

$$\begin{aligned} \sum fy &= 0 \\ 0 - V_0 &= 0 \\ 0 - V_1 &= 0 \\ V_1 &= 0 \\ 576.16N - V_2 &= 0 \\ V_2 &= 576.16N \\ 576.16N - V_3 &= 0 \\ V_3 &= 576.16N \\ V_4 &= 0 \\ V_5 &= -424.46N \\ V_6 &= -424.46N \\ V_7 &= -489.79N \\ V_8 &= 29.43N \\ V_9 &= 0 \end{aligned}$$

**Figura 19. Diagrama de esfuerzo cortante**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

$$\sum M = 0$$

$$M_0 = 0N * 0mm = 0$$

$$M_1 = 576.16N * 0mm = 0$$

$$M_2 = 576.16N * 514mm = 296.51N.m$$

$$M_3 = (576.16N * 514mm) + (591.54N * 244.5mm) = 437.02N.m$$

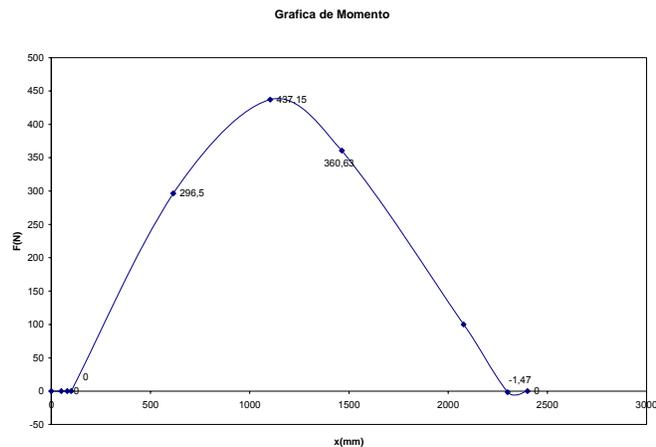
$$M_4 = 360.6298N.m$$

$$M_5 = 100.08N.m$$

$$M_6 = -1.4689N.m$$

$$M_7 = 0$$

**Figura 20. Diagrama de momento flector**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

Resistencia última = 400 Mpa

Fluencia última = 250 Mpa

Se calculó el mínimo módulo de sección admisible.

$$S_{\min} = \frac{M}{\sigma_{ult}} = \frac{437.02N.m}{250Mpa} = 1,7481 * 10^{-6} m^3$$

Se buscó en las tablas de las propiedades de los perfiles y se escogió una viga con el módulo de sección no menor  $1,7481 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$  y  $1.6 < FS < 4.0$

La selección del perfil más adecuado es un perfil rectangular 40 x 60 donde se presentó las siguientes características y el análisis se hizo de la siguiente forma:

**Figura 21. Perfil rectangular 60 X 40**

$$S_x = 3.76 \text{cm}^3$$

$$I = 11.29 \text{cm}^4$$

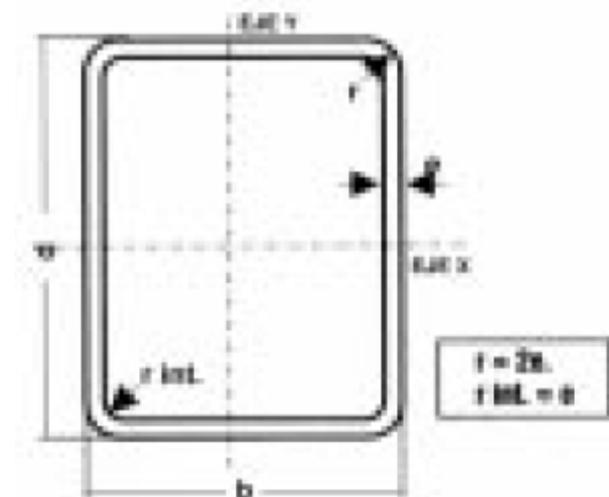
$$\text{Espesor} = 1.194 \text{mm}$$

$$\text{Peso} = 1.71 \text{Kg/m}$$

$$\text{Area} = 2.18 \text{cm}^2$$

$$r_x = 2.28 \text{cm}$$

$$\tau_m = \frac{576.16 \text{N}}{2.18 \text{cm}^2} = 2,6429 \text{Mpa}$$



Fuente: Agofer

Dado esto se cumple que  $T_m < \text{resistencia última}$ , por lo que la viga es aceptable, ahora con el cálculo del esfuerzo de trabajo se puede determinar si se encuentra dentro del rango del factor de seguridad deseado.

$$\sigma_{\text{trabajo}} = \frac{Mr_x}{I}$$

$$\sigma_{\text{trabajo}} = \frac{437.02 \text{N.m} * 2.28 \text{cm}}{11,29 \text{cm}^4} = 88,256 \text{MPa}$$

$$FS = \frac{\sigma_{\text{ultimo}}}{\sigma_{\text{trabajo}}} = \frac{250 \text{MPa}}{88,256 \text{MPa}} = 2,8327$$

El perfil seleccionado cumple con los requisitos de resistencia a la carga; ahora analizaremos que tanto se deflecta el material.

## Deflexión de la viga

Para analizar como se deflecta nuestra viga se usó el método de área-momento que es usado para hallar la pendiente y la deflexión de las vigas.

### Cálculo de la pendiente

$$\theta = \frac{\frac{Ay}{2}(x-100mm)^2 + \frac{By}{2}(x-2300mm)^2 - A_c|_0^0 - \frac{F_1}{6}(x-614mm)^3 + \frac{F_1}{6}(x-1464mm)^3 - \frac{F_2}{6}(x-2078mm)^3 + \frac{F_2}{6}(x-2400mm)^3}{E*I}$$

$$\theta = 0.01178 \text{ rad} = 0,72^\circ$$

### Cálculo de la deflexión

Para una viga cargada simétricamente la deflexión ocasionada se manifiesta en el centro de la misma.

$$\kappa = \frac{\frac{Ay}{6}(x-100mm)^3 + \frac{By}{6}(x-2300mm)^3 - A_c|_0^0 + \theta|_0^0 - \frac{F_1}{24}(x-614mm)^4 + \frac{F_1}{24}(x-1464mm)^4 - \frac{F_2}{24}(x-2078mm)^4 + \frac{F_2}{24}(x-2400mm)^4}{E*I}$$

$$\kappa = -8,7507 \text{ mm}$$

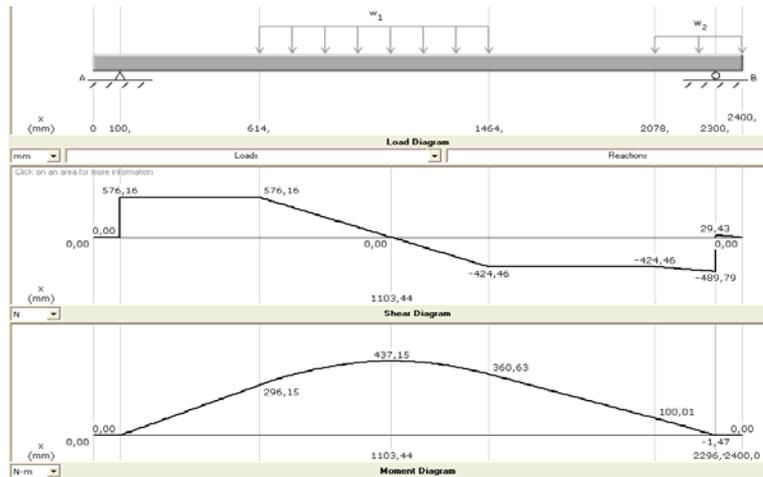
**Diseño mediante software (MDsolids)** MDsolid nos permite verificar la información obtenida mediante cálculos y nos otorga herramienta de cálculos más detallados sobre diferentes estudios de diseño mecánico.

Se ingresa la longitud de la viga de soporte inferior de 2400 mm

Se le dice que tenemos dos cargas distribuidas carga distribuida como muestra la imagen (figura 22) de 1177,2 N/m y 294,3 N/m respectivamente

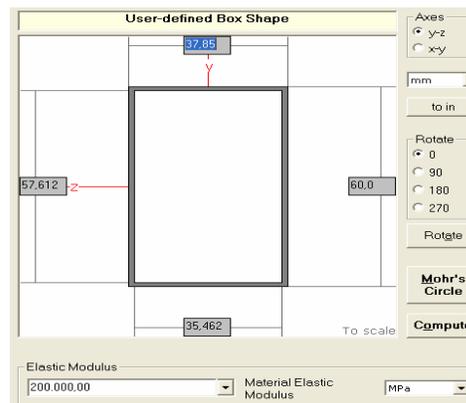
Posteriormente el programa se ejecuta mostrando el diagrama cortante y el diagrama de momentos tal como observamos en la imagen (figura 22)

**Figura 22. Simulación de la viga Laterales 2**



Fuente: Mdsolids

**Figura 23. Perfil 60 X 40 Mdsolids**



Fuente: Mdsolids

Después de obtener resultados seleccionamos el perfil y la clase de material que para nuestro caso es acero ASTM A-36, mediante los datos ingresados obtenemos valor de EI y de esta forma hallar la pendiente y la deflexión.

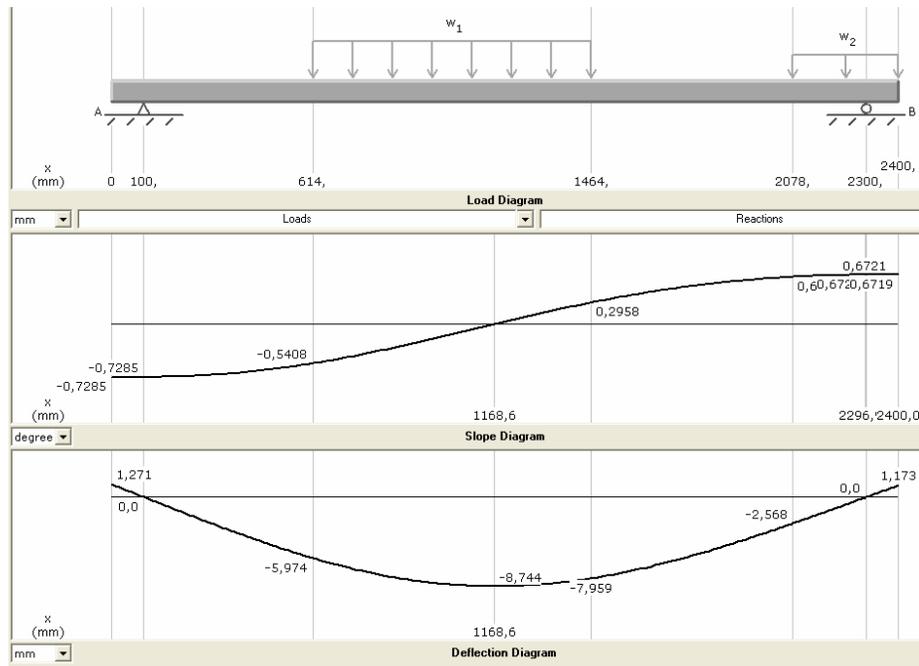
**Tabla 3. Propiedades del perfil 60 x 40 A-36**

<b>Propiedades Eje Z</b>			
Del centroide hacia abajo	y	30	mm
Del centroide hacia arriba	y	30	mm
Área de corte	A	227,963256	mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	Iz	116205,8187	mm <sup>4</sup>
Módulo de la sección	Sz	3873,527289	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	Sx	3873,527289	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	Sy	3873,527289	mm <sup>3</sup>
Radio de giro	rz	22,57779428	mm
Módulo plástico	Zz	4639,141776	mm <sup>3</sup>
Factor corte		1,197653051	
<b>Propiedades eje Y</b>			
Del centroide hacia abajo	Zx	19,05	mm
Del centroide hacia arriba	Zy	19,05	mm
Área de corte	A	212,57	mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	Iy	47662,62254	mm <sup>4</sup>

Módulo de la sección	Sy	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	Sx	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	S	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Radio de giro	Ry	14,97400525	mm
Módulo plástico	Zy	2923,03325	mm <sup>3</sup>
Factor de corte		1,16829038	
<b>Otras Propiedades</b>			
Módulo elástico	E	200000	MPa
Momento polar de inercia	J	173227,3023	mm <sup>4</sup>
Producto de inercia	Iyz	0	mm <sup>4</sup>
Máximo momento de inercia	I <sub>max</sub>	116205,8187	mm <sup>4</sup>
Mínimo momento de inercia	I <sub>min</sub>	57021,48366	mm <sup>4</sup>
Ángulo formado entre el eje Z y el eje I <sub>max</sub>	β	-0	Grados
Ángulo formado entre el eje y y el eje I <sub>max</sub>	β	90	Grados

Con los datos obtenidos en una tabla del programa observamos las gráficas de deflexión y observamos el área bajo la curva.

**Figura 24. Diagrama de deflexión**



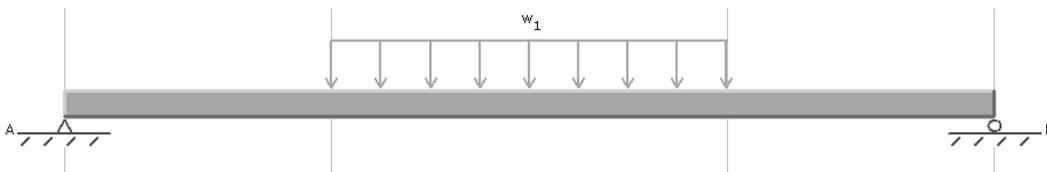
Fuente: MDsolids

**Cálculo de la viga lateral 1.** Para la viga superior de nuestro banco de mantenimiento tenemos los siguientes datos.

$W = 120 \text{ kg}$

$X = 2000 \text{ mm}$

**Figura 25. Viga lateral 1 sometida a cargas**



Fuente: MDsolids

Basados en estos datos analizaremos cual de los perfiles en acero estructural es más adecuado para su análisis procederemos como lo hemos hecho con las anteriores vigas.

$$F = W * g$$

$$F = 120kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1177.2N$$

$$\sum MA = 0$$

$$-1.177KN(850 * 10^{-3} m)(1000 * 10^{-3} m) + By(2000 * 10^{-3} m) = 0$$

$$By = \frac{1.0006KN.m}{2000 * 10^{-3} m} = 500.31N \uparrow (+)$$

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum fx = 0$$

$$\uparrow (+) \sum fy = 0$$

$$Ay - 1.1772 \frac{N}{m} (850mm) + By = 0$$

$$Ay = 1.0006KN - 500.31N = 500.31N \uparrow (+)$$

$$\sum fy = 0$$

$$500.31N - V_1 = 0$$

$$V_1 = 500.31N$$

$$500.91N - V_2 = 0$$

$$V_2 = 500.91N$$

$$59.54N - (1.1772 \frac{KN}{m} * 850mm) - V_3 = 0$$

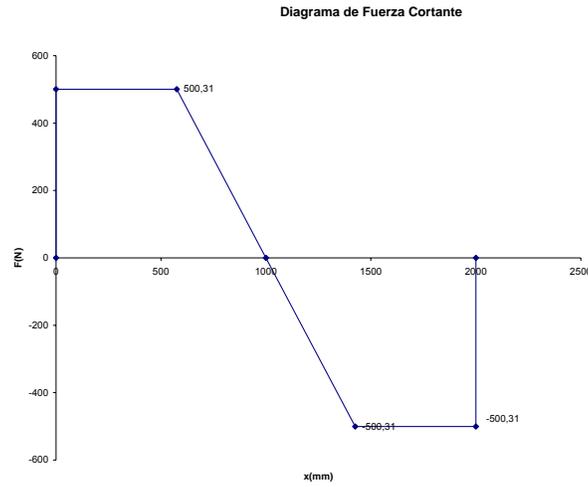
$$V_3 = 0$$

$$V_4 = -V_1 = -500.31N$$

$$V_5 = -V_1 = -500.31N$$

$$V_6 = V_1 = 0$$

**Figura 26. Diagrama de esfuerzo cortante**



*Fuente: Barrios, E; Cruz J*

$$\sum M = 0$$

$$M_1 = 500.31N * 0mm = 0$$

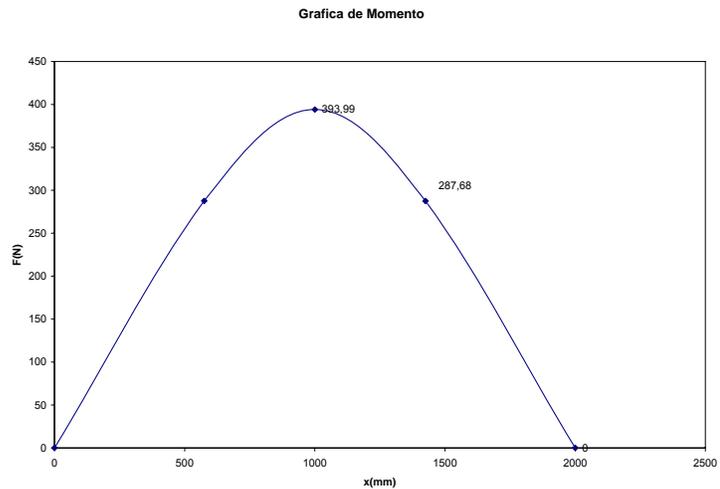
$$M_2 = 500.31N * 575mm = 287.68N.m$$

$$M_3 = (500.31N * 1000mm) + (500.31N * 787.5mm) = 393.99N.m$$

$$M_4 = M_2 = 287.68N.m$$

$$M_5 = M_1 = 0$$

**Figura 27. Diagrama de momento flector**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

Resistencia última = 400 Mpa

Fluencia última = 250 Mpa

$$S_{\min} = \frac{M}{\sigma_{ult}} = \frac{393.99 N.m}{250 Mpa} = 1.576 * 10^{-6} m^3$$

Se buscan en las tablas de las propiedades de los perfiles y escogemos una viga con el módulo de sección no menor  $1.576 * 10^{-6} m^3$  y  $1.6 < FS < 4.0$

Para la selección del perfil más adecuado es un perfil rectangular 40 x 40 donde presentaba las siguientes características y el análisis se manifestó de la siguiente forma.

**Figura 28. Perfil 40 x 40 viga superior**

$$S_x = 2.47 cm^3$$

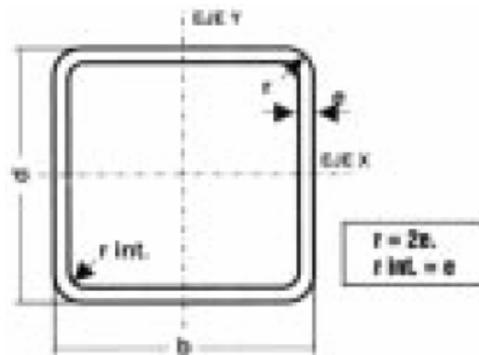
$$I = 4.7 cm^4$$

$$Espesor = 1.5 mm$$

$$Peso = 1.68 \frac{Kg}{m}$$

$$Area = 213 mm^2$$

$$r_x = 1.48 cm$$



Fuente: Agofer

$$\tau_m = \frac{500.31 N}{2.13 cm^2} = 2.3489 Mpa$$

Dado esto se cumple que  $T_m <$  resistencia última por lo cual la viga es aceptable, ahora con el cálculo del esfuerzo de trabajo se puede determinar si se encuentran dentro del rango del factor de seguridad deseado.

$$\sigma_{trabajo} = \frac{Mr_x}{I}$$

$$\sigma_{trabajo} = \frac{393.99N.m * 1.48cm}{4.70cm^4} = 124.06MPa$$

$$FS = \frac{\sigma_{ultimo}}{\sigma_{trabajo}} = \frac{250MPa}{2124.06MPa} = 2.0151$$

El perfil seleccionado cumple con los requisitos de resistencia a la carga; ahora analizaremos que tanto se defleca el material.

### Deflexión de la viga

Para analizar como se defleca nuestra viga usaremos el método de área-momento que es usado para hallar la pendiente y la deflexión de las vigas

### Cálculo de la pendiente

$$\theta = \frac{\frac{Ay}{2}(x-0mm)^2 + \frac{By}{2}(x-2000mm)^2 - A_c|_0 - \frac{F}{6}(x-575mm)^3 + \frac{F}{6}(x-1425mm)^3}{E * I}$$

$$\theta = \frac{\frac{500,31N}{2}(x-0mm)^2 + \frac{500,31N}{2}(x-2000mm)^2 - 235093584.38|_0 - \frac{1177.2N/m}{6}(x-575mm)^3 + \frac{1177.2N/m}{6}(x-1425mm)^3}{9.532.522.500,93N.mm^2}$$

$$\theta = 0,0244rad = 1.4129^\circ$$

### Calculo de la deflexión

Para una viga cargada simétricamente la deflexión ocasionada se manifiesta en el centro de la misma

$$\kappa = \frac{\frac{Ay}{6}(x - 0\text{mm})^3 + \frac{By}{6}(x - 2000\text{mm})^3 - (A_c)x^0 - \frac{F}{24}(x - 575\text{mm})^4 + \frac{F}{24}(x - 1425\text{mm})^4}{E * I}$$

$$\kappa = \frac{\frac{500,31\text{N}}{6}(x - 0\text{mm})^3 + \frac{500,31\text{N}}{6}(x - 2000\text{mm})^3 - 235093584,38x - \frac{1177,2\text{N/m}}{24}(x - 575\text{mm})^4 + \frac{1177,2\text{N/m}}{24}(x - 1425\text{mm})^4}{9.532.522.500,93\text{N}\cdot\text{mm}^2}$$

$$\kappa = -16,82\text{mm}$$

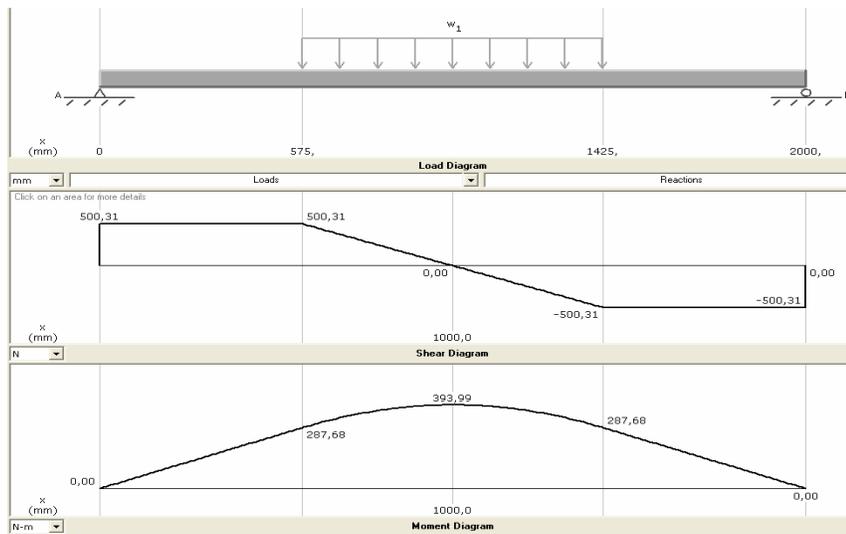
**Diseño mediante software (MDsolids)** MDsolid nos permite verificar la información obtenida mediante cálculos y nos otorga herramienta de cálculos más detallados sobre diferentes estudios de diseño mecánico.

Se ingresa la longitud de la viga de soporte inferior de 2000 mm.

Se le dice que tenemos una carga distribuida como muestra la imagen (figura 29) de 1177,2 N/m.

Posteriormente el programa se ejecuta mostrando el diagrama cortante y el diagrama de momentos tal como observamos en la imagen (figura 29).

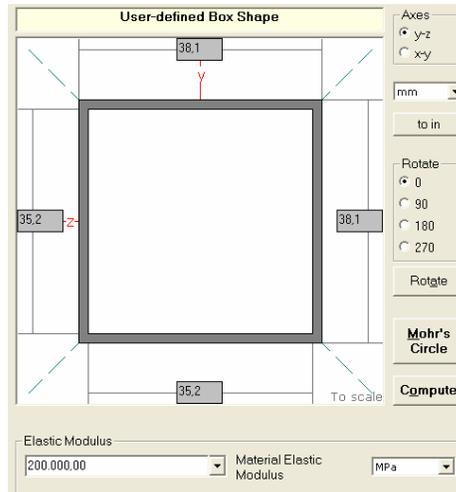
**Figura 29. Simulación de la viga lateral 1**



Fuente: MDsolids

Después de obtener resultados seleccionamos el perfil y la clase de material que para nuestro caso es acero ASTM A-36, mediante los datos ingresados obtenemos valor de EI y de esta forma hallar la pendiente y la deflexión.

**Figura 30.** Perfil 40 X 40 MDsolids



*Fuente: MDsolids*

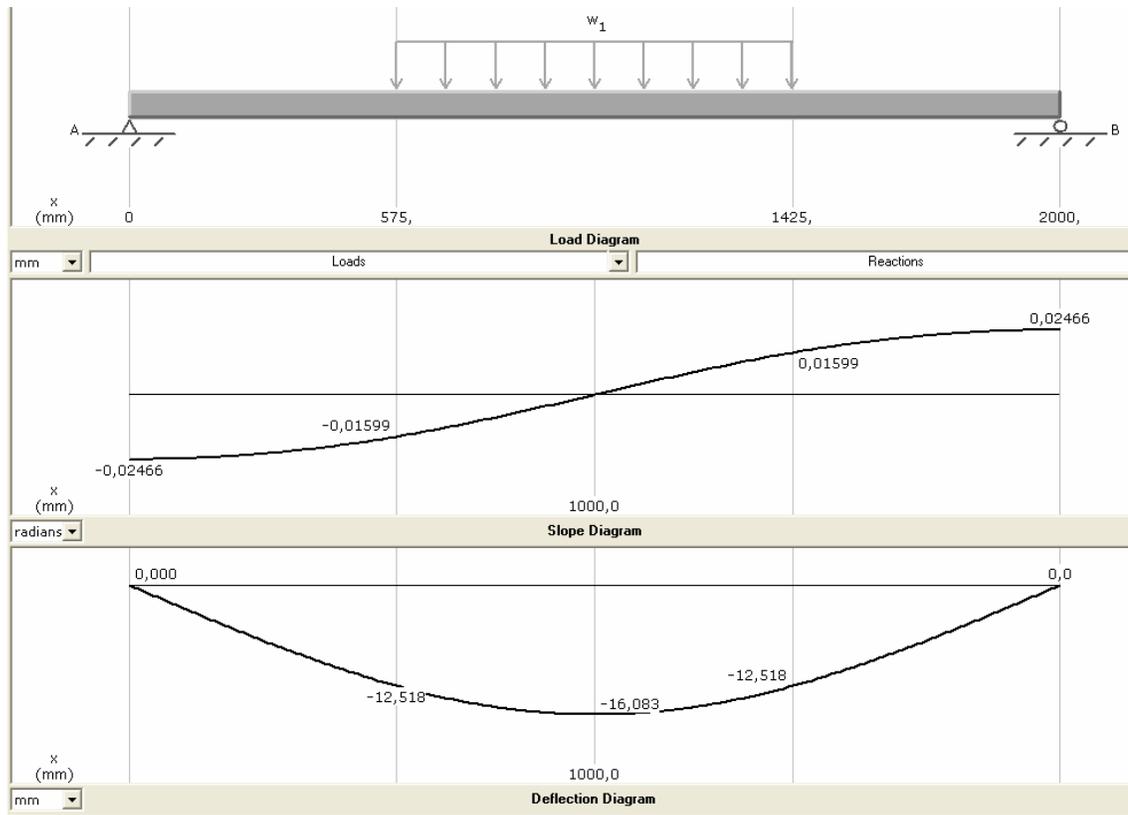
**Tabla. 4** *Propiedades del perfil 40 x 40 A-36*

<b>Propiedades Eje Z</b>			
Del centroide hacia abajo	y (inf)	19,05	Mm
Del centroide hacia arriba	y (sup)	19,05	mm
Área de Corte	A	212,57	mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	Iz	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Módulo de la sección	Sz	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	S (inf)	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	S (Sup)	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Radio de giro	Rz	14,97400525	mm
Módulo plástico	Zz	2923,03325	mm <sup>3</sup>
Factor de corte		1,16829038	

<b>Propiedades eje Y</b>			
Del centroide hacia abajo	z	19,05	Mm
Del centroide hacia arriba	z	19,05	Mm
Área de Corte	A	212,57	mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	ly	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Módulo de la sección	Sy	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección inf.	Sx	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Módulo de la sección sup.	S	2501,974937	mm <sup>3</sup>
Radio de giro	Ry	14,97400525	mm
Módulo plástico	Zy	2923,03325	mm <sup>3</sup>
Factor de corte		1,16829038	

<b>Otras Propiedades</b>	E	200000	MPa
Módulo elástico	J	95325,24508	mm <sup>4</sup>
Momento polar de inercia	lyz	1,06717E-25	mm <sup>4</sup>
Producto de inercia	Imax	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Máximo momento de inercia	Imin	47662,62254	mm <sup>4</sup>
Mínimo momento de inercia	β	45	degrees Counterclockwise
Ángulo formado entre el eje Z y el eje Imax	β	45	degrees Clockwise

**Figura 31. Diagrama de deflexión**



*Fuente: MDsolids*

**Cálculo de columnas (horizontales).** Después de obtener satisfactoriamente el cálculo de las vigas, necesitamos el soporte entre ellas para eso es necesario hacer el cálculo de columnas, dichas columnas serán calculados por la fórmula según EULER

El diseño de las columnas es el siguiente

$$L_e = 0.5L = 0.5 * 1500mm = 750mm$$

$$Esbeltez = \frac{L_e}{r_x} = \frac{750mm}{14.8mm} = 50.676mm$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e} = \frac{94.082 * 10^9 N.mm^2}{(750mm)^2} = 167.26KN$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{167.26KN}{213mm^2} = 786.83Kpa$$

Sobre la columna se encuentra aplicada una carga de

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{500.31N}{213mm^2} = 2,3489Kpa$$

Tenemos así que  $\sigma < \sigma_{cr}$  por lo tanto nuestra columna soporta el esfuerzo a la cual se encuentra sometida.

Debido a que nuestra estructura es simétrica las 4 columnas de nuestro banco de mantenimiento se encontraran sometidas al mismo esfuerzo, dicha razón es suficiente para hacer la instalación de esta columna en los lugares deseados

Con lo anterior podemos decir que el rendimiento de nuestro material debido al pandeo es más que aceptable, si la esbeltez del material con respecto al pandeo es buena, podemos afirmar que la columna no fallara antes de llegar al punto de esbeltez del pandeo de Euler.

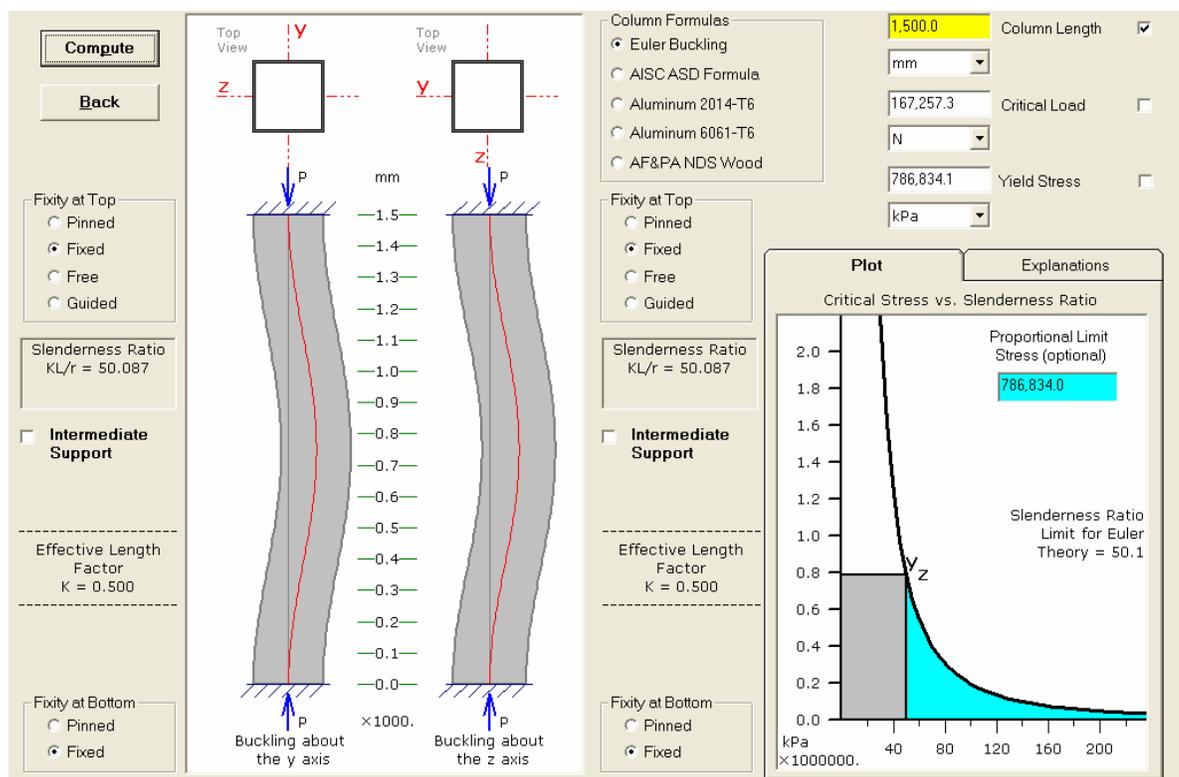
**Diseño mediante software (MDsolids).** MDsolid nos permite verificar la información obtenida mediante cálculos y nos otorga herramienta de cálculos más detallados sobre diferentes estudios de diseño mecánico.

Se ingresa la longitud de la columna de 1500 mm

Se le indica longitud (1500mm) total para que este halle K.

Posteriormente el programa se ejecuta mostrando el pandeo de la columna, el esfuerzo y la carga crítica y la esbeltez de la columna

**Figura 32. Diseño de columnas MDsolids**



Fuente: MDsolids

Con lo anterior se finaliza una de las etapas programadas en el desarrollo ingenieril del proyecto en donde hemos determinado que perfiles y que material tendrá nuestra estructura para el banco de mantenimiento, de esta forma y por la simetría otorgada por nuestro diseño del banco se necesita lo siguiente.

La estructura mecánica completamente calculada y para requerimientos de construcción solicitarán los siguientes elementos en acero estructural ASTM A-36

**Tabla 5. Requerimientos de construcción**

<b>Cantidad</b>	<b>Perfil</b>	<b>Espesor</b>
6 metros	60 x 40	1.5mm
20 metros	40 x 40	1.194mm

**Criterios de selección de las ruedas.** Para se elegir correctamente las ruedas y rodajas, es necesario evaluar antes los principales factores que interfieren directamente en el movimiento del equipo, carros o estructura. A través de la exacta elección de las ruedas y rodajas, es posible obtenerse más resistencia, durabilidad, ergonomía y suavidad en el movimiento de materiales.

**Condiciones del piso** es fundamental el análisis de las condiciones del piso, como la irregularidad del suelo, la presencia de obstáculos, la contaminación con ácidos, sales, grasas y aceites. Este procedimiento proporciona la elección ideal del revestimiento de las ruedas y rodajas, haciéndolas compatibles con las condiciones del piso.

**Capacidad** este factor posibilita una vida útil más larga de las ruedas y rodajas. Sugerencia: Jamás debe trabajar con la capacidad límite de las ruedas y rodajas.

Es aconsejable dividirse la carga total siempre con menos una rueda del total utilizado en el proyecto, en conjunto con las condiciones del piso, elegir el material y el dimensional adecuados para el trabajo.

**Condiciones ambientales** para un mejor desempeño de las ruedas y rodajas es necesario considerar las características del ambiente que podrá contener agua, aceite, grasa, presentar temperaturas extremas, requerir inexistencia de ruidos, etc.

Sugerencia: Para condiciones extremas, hay lubricantes especiales para ruedas, rodajas, rodamientos y sellos.

**Tipos de rodaje** las ruedas pueden ser suministradas con 3 tipos de rodaje: con buje, rodamiento de rodillos cilíndricos o de bolas. Los tipos de rodaje determinan el mejor desempeño de las ruedas.

Para trabajos con poco movimiento son ideales las ruedas con bujes. Ya las ruedas con rodamiento de rodillos cilíndricos son indicadas para uso general, donde quiera que sean aplicadas cargas medianas y de tracción manual. Aunque ese tipo de ruedas provoque ruidos durante su movimiento, tiene la ventaja de ser un producto de bajo costo.

Los rodamientos de bolas son ideales para soportar cargas axiales y radiales de porte mediano. Son apropiados para altas rotaciones (tracción mecánica), y facilitan el movimiento manual.

Sugerencia: Uno de los principales factores que contribuyen para un mejor giro, es la dureza del material de la rueda: cuanto mayor es la dureza, más fácil es su giro. (Fuente: [http://www.schioppa.com.br/como\\_seleccionars-esp.html](http://www.schioppa.com.br/como_seleccionars-esp.html)).

Teniendo en cuenta los criterios de selección de las ruedas y según las reacciones encontradas en cada punto del diseño mecánico de la estructura, dispusimos nuestra selección a descargar la carga total de la estructura en 3 ruedas, puesto que son 4 ruedas, dándonos como resultado, las ruedas seleccionadas que son normalizadas. Así: altura máxima 67 mm, diámetro de la rueda de 2", con respecto a la selección del rodamiento, estas poseen un buje en su eje de rotación puesto que el kart no realizará grandes desplazamientos de un lugar a otro.

Nota: catálogo suministrado por representante de Schioppa en Colombia. DOMETAL. Diag. 112 No 16-07 Edificio Elviser Local 201 | Telefax 57(4)6121375 | Bogotá D.C – Colombia (<http://www.dometal.com.co/Corporativo/schioppa.htm>)

## **4.2 DESARROLLO NEUMÁTICO**

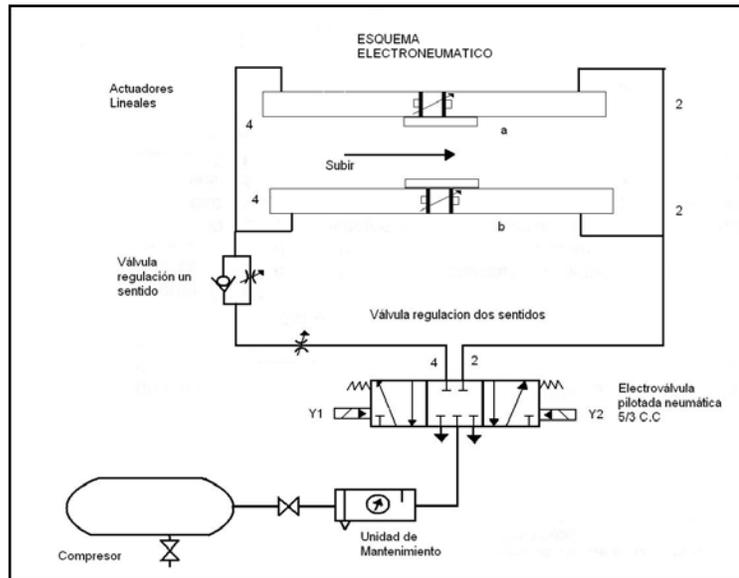
La neumática es una forma de energía obtención de energía fácil y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

Dadas estas razones fueron las que más inclinaron el presente desarrollo para optar por este método de generación de energía y/o trabajo.

**4.2.1 Procedimiento electroneumático.** Una vez definido el accionamiento mecánico, para nuestro caso electroneumática, se procede a diseñar un sistema electroneumático que nos permita controlar de manera fácil todo el proceso de elevación del kart. Se comenzó con definiendo la ecuación de movimiento  $A^+ B^+ /$

A<sup>-</sup> B<sup>-</sup>, de acuerdo a esta ecuación se definieron los componentes a utilizar, es decir, número de actuadores, válvulas, reguladores de caudal etc.

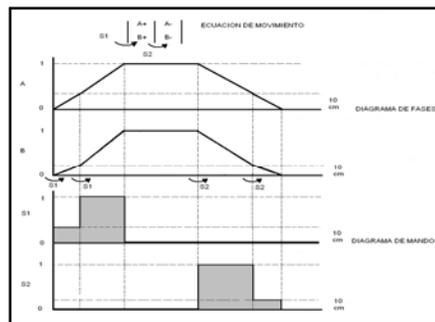
**Figura 33. Aproximación electroneumática**



Fuente: Barrios, E; Cruz, J

La imagen nos muestra a grandes rasgos los primeros parámetros que se tuvieron en cuenta para la realización del movimiento, luego se procede a analizar el comportamiento de la ecuación de forma eléctrica dándonos como resultado un esquema y/o un diagrama de mandos de la siguiente manera.

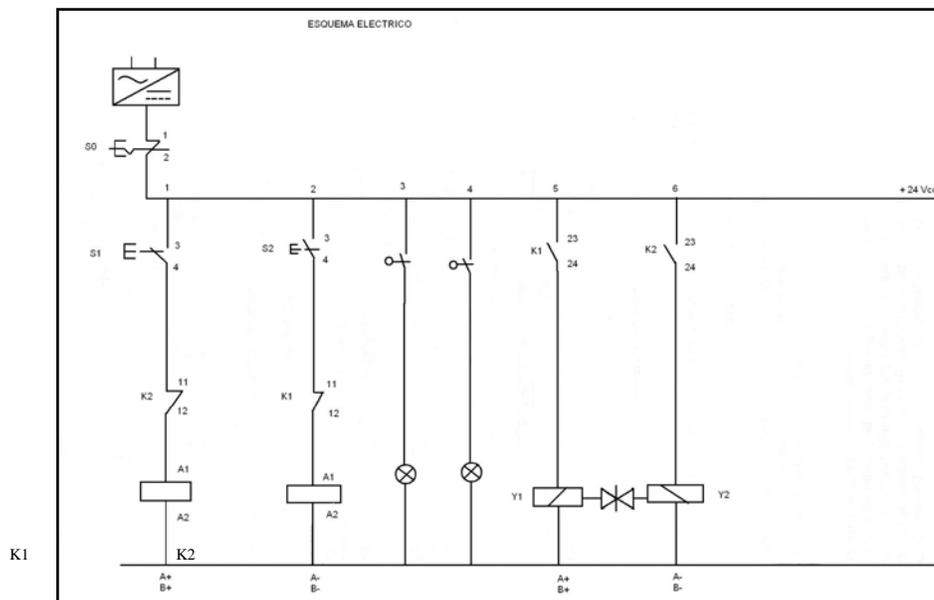
**Figura 34. Ecuación de movimiento**



Fuente: Barrios, E; Cruz J

Se evidenció en la gráfica que siendo  $S_1$  y  $S_2$  son los pulsadores de accionamiento de los actuadores, notamos que mientras cualquiera de los pulsadores este activo el actuador reacciona ante tal pulso, de tal manera que durante el accionamiento de  $S_1$ , que es el pulsador diseñado para ascenso del sistema, este responde adecuadamente y al levantar el accionamiento del pulsador el sistema se mantiene en la última posición, por ende cuando se activa el  $S_2$ , que corresponde al pulsador de descenso, el sistema empieza a descender de manera uniforme como se evidencia en el diagrama de fases. Una vez se diseñaron los sistemas anteriormente expuestos se procede a elaborar la lógica cableada correspondiente a los parámetros establecidos para el circuito.

**Figura 35. Esquema eléctrico**



*Fuente: Barrios, E; Cruz J*

Según el diseño, el circuito consta de una fuente de 24 Vdc, para el banco usaremos una batería de 24 Vdc, posteriormente un  $S_0$  referente a un interruptor de seguridad que nos sirve a la vez de on/off de todo el circuito, posteriormente se analizan los movimientos y dependencias de los estados del circuito de tal forma

que  $S_1$  desactive a  $S_2$  en tal caso de una mala operación por parte del técnico, es decir mientras  $S_1$  este presionado  $S_2$  esta inhabilitado logrando así un buen funcionamiento del proceso. Cabe aclarar que los contactores  $K_1$  dependen del accionamiento de  $S_1$  y el caso de  $K_2$  depende directamente de la acción de  $S_2$ . La gráfica nos muestra  $Y_1$  y  $Y_2$ , que corresponde a los solenoides de la válvula 5/3 electro pilotada, con retornos por fuelle de centros cerrados, definida así para lograr mantener la última posición en el actuador al momento de desactivar cualquiera de los pulsadores.

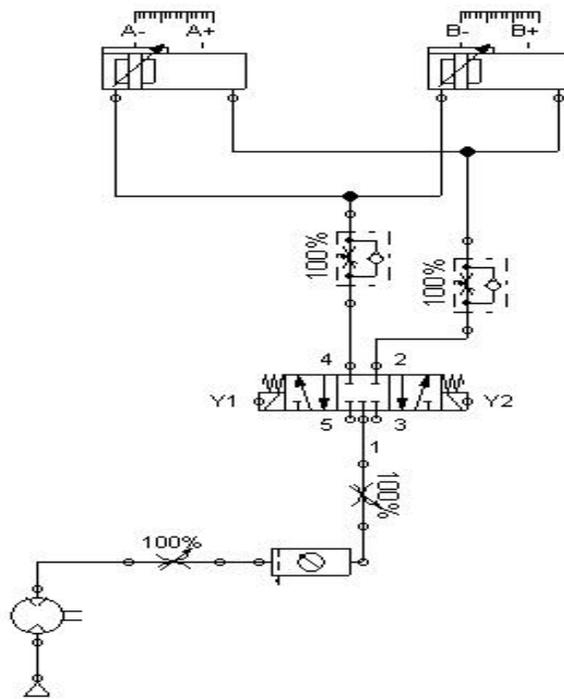
También dentro del diseño del circuito y de acuerdo a las necesidades de los técnicos mecánicos el circuito debería estar diseñado para variar la elevación del kart a dos posiciones, la primera a 10 cm del suelo, dicha altura se usará para la maniobra de movilización de la máquina a cualquier instancia de la pista y una segunda altura de acuerdo a las necesidades de los técnico se definió a 1.05 m, altura usada para el mantenimiento en sitio, haciendo que el circuito tuviese una variable de visualización que nosotros lo diseñamos con luz, es decir, cuando el actuador llegue a 10 cm del piso, se activará una alerta luminosa permitiendo que el operador del banco se de cuenta de tal posición e igualmente su sucederá cuando el actuador llegue a su segunda altura.

Seguidamente al diseño anterior, también se le implemento un sistema simple de seguridad, puesto que sobre ningún sistema de suspensión, para nuestro caso neumática, se debe trabajar con la carga suspendida en los actuadores, dado que por los altibajos de la vida, sucede un acto desafortunado, en el que el sistema falle en alguno de sus sellos, la carga aplicada, caería sobre la persona que estaría interviniendo la maquina en ese momento; para evitar este impace se diseño un sistema de pasadores sobre los soportes del actuador para que una vez el kart este sobre la altura desea, sean aplicados los pasadores y se pueda trabajar sobre el mismo con plena seguridad.

Después de tener todo plasmado en el papel, recurrimos a la ayuda del software Festo FluidSim, para simular toda la parte electroneumática, de esta manera poder comparar los resultados esperados con los resultados simulados.

Al realizar la comparación de los circuitos notamos que son iguales tanto gráficamente como su desempeño.

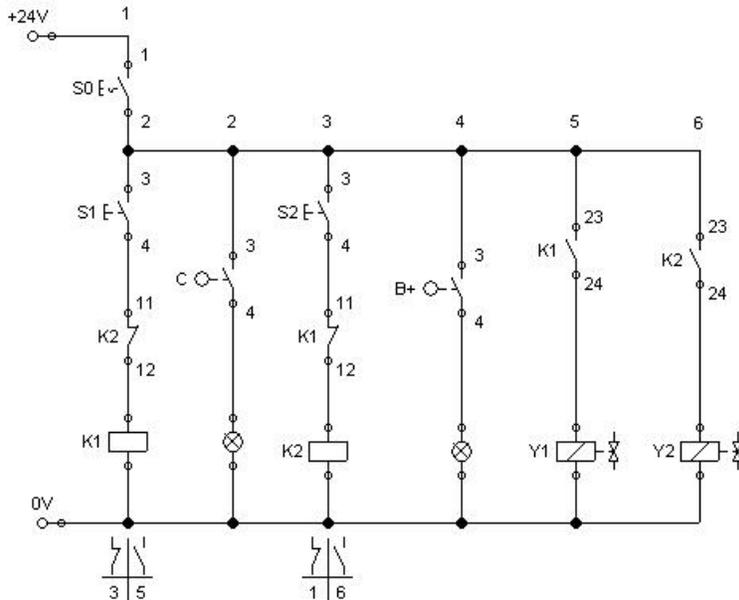
**Figura 36. Diseño en Fluidsim**



*Fuente: Festo Fluidsim*

El circuito de mandos, responde adecuadamente y se obtienen los resultados esperados, es un circuito confiable.

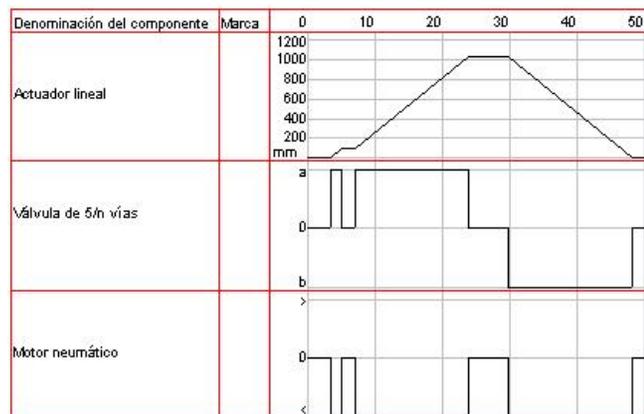
**Figura 37. Circuito de mando en Fluidsim**



Fuente: Festo Fluidsim

Por último se visualizó el comportamiento en forma de señales del circuito por medio de los diagramas de fases y los diagramas de mandos. Se notó que el comportamiento de las gráficas tanto la real como la simulada no tienen variación alguna, con esto podemos decir que el circuito se adapta a nuestras necesidades.

**Figura 38. Comportamiento de la simulación**



Fuente: Festo Fluidsim

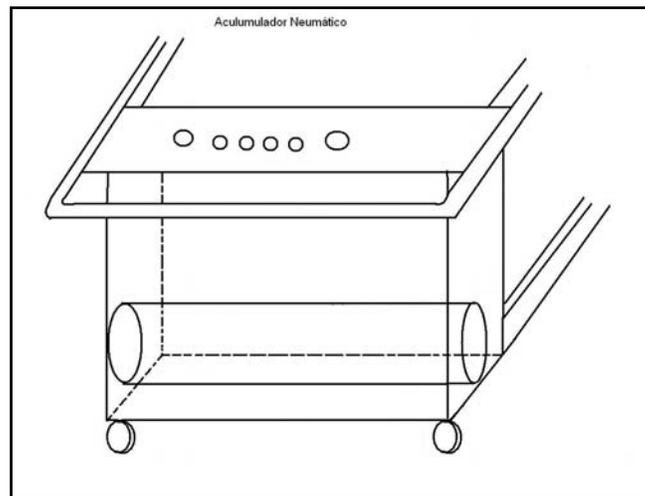
El banco de mantenimiento móvil fue diseñado y construido con el ánimo de suplir una necesidad que la empresa automovilística Karting Colombia presentaba, tales necesidades fueron expuestas anteriormente. Básicamente lo que explicamos en este apartado es el funcionamiento de toda la máquina como tal, partiendo de una estructura consistente.

Partiendo de los diseños preliminares en cuanto a estructura y parte neumática el principal problema que se presentaba estaba en el momento que el banco fuera a ser movido a cualquier punto del establecimiento, es cuando pensamos en una red neumática capaz de suplir la necesidad de aire para nuestro sistema neumático, la idea estaba concreta, diseñar una red neumática en el establecimiento para la operación de nuestro banco de mantenimiento, pero en el ir y venir de ideas para posibles soluciones, apareció el termino acumulador neumático que consiste en un tanque y/o dispositivo de almacenamiento de aire comprimido que nos amortiguara su consumo, nos evitara grandes secciones de tubería y nos reduce el numero de arranques del compresor, así pues el diseño nos resulta más versátil e independiente al momento de su movilidad, haciendo independiente de un sistema de alimentación de aire que en su momento nos presentaba un gran limitante en movilidad.

Según el diseño el acumulador esta situado en la caja de control así:

En la gráfica se evidencia el acumulador neumático en la caja de control electroneumático, haciendo del banco una estructura totalmente independiente en lo q respecta a su movilidad.

**Figura 39. Acumulador neumático**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

El sistema de acumulación permite de 2 a 3 disparos para la elevación del kart, con esto se logra que el aire se aproveche al máximo y que la operación de elevación del kart sea precisa.

#### **4.2.2 Cálculo de la fuerza de trabajo de los actuadores neumáticos.**

El diámetro del émbolo determina la fuerza que puede desarrollar el actuador. Entonces aplicamos la ecuación:

$$P = F / A$$

En donde:

**P** = Es la presión [Bar]

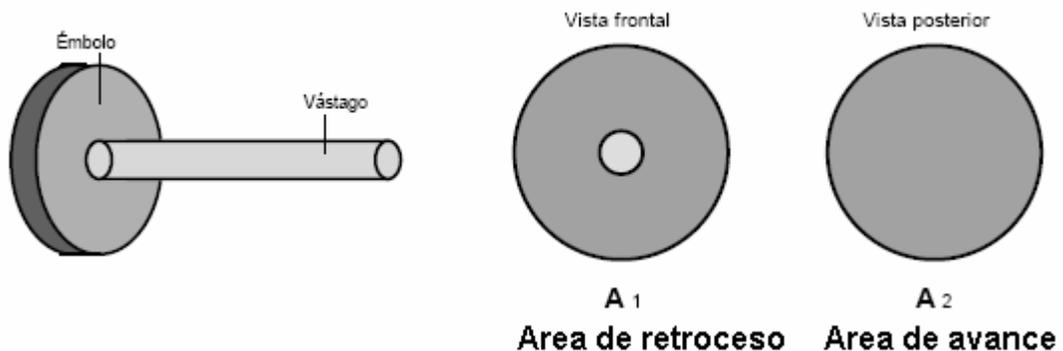
**F** = Es la fuerza [N]

**A** = Es el área [cm<sup>2</sup>]

De la ecuación obtenemos la fuerza despejando  $F \Rightarrow F = P.A$

Como se puede observar la fuerza depende directamente de la presión y del área. Debido a que normalmente las máquinas manejan una presión constante, es entonces que la fuerza que puede realizar un actuador neumático depende directamente del diámetro de su émbolo.

**Figura 40. Diagrama de áreas**



*Fuente: Barrios, E; Cruz, J*

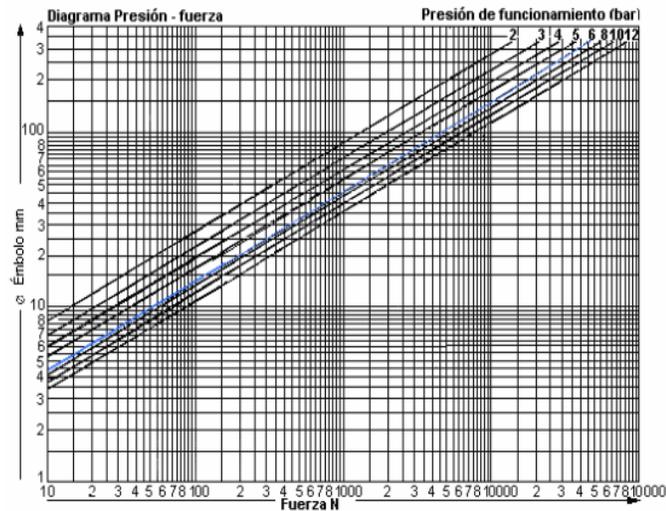
Como nos podemos dar cuenta, en la figura, el  $A_1 < A_2$ ; por lo tanto la fuerza de avance es mayor que la fuerza de retroceso en un actuador de doble efecto, con una misma presión de trabajo, entonces se concluye que:  $F_{avance} > F_{retroceso}$

La diferencia de áreas es debida al área que ocupa el vástago en el émbolo. El monograma siguiente nos permite determinar el diámetro adecuado del émbolo para la fuerza a desarrollar de un actuador neumático. Solamente es requerido identificar la presión de trabajo del suministro del aire comprimido en las líneas transversales y en las líneas verticales la fuerza a ejecutar

El punto dónde se unen estas dos líneas se proyecta hacia el eje vertical y da como resultado el diámetro del émbolo en mm.

Para el proyecto, se quiso que la presión de operación fuese de 6 Bar, entonces observando el monograma y teniendo el diámetro del émbolo y la presión procedemos a calcular la fuerza que se originaría al interior del actuador

**Figura 41. Monograma 1**



*Fuente: Catálogo neumática Festo*

Calculando la fuerza en N podemos usar el monograma anterior y calcular el diámetro del émbolo, o lo podemos calcular de la siguiente forma:

$$F = 100K_{Gf} \times \frac{10N}{1K_{Gf}} \Rightarrow F = 1000N$$

$$P = 6Bar$$

Para el proyecto manejaremos un factor de seguridad de 1.25; se tendría una nueva fuerza.

$$F = (1000N * 1,25) \Rightarrow F = 1250N$$

$$P = 6Bar \times \frac{10^5 Pa}{Bar} \Rightarrow P = 6 \times 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$A = \frac{F}{P} \Rightarrow A = \frac{1250N}{6 \times 10^5 \frac{N}{m^2}} \Rightarrow A = \frac{1250N \times 10^4 cm^2}{6 \times 10^5} \Rightarrow A = 20.83 cm^2$$

$$L = \sqrt{A} \Rightarrow L = \sqrt{20.83 cm^2} \Rightarrow L = 4.563 cm$$

Para la selección del actuador lineal el valor que esta más próximo, mayor al valor calculado es un actuador con diámetro de 50 mm que fue el seleccionado.

Calculando la fuerza estática en los cilindros tenemos la ecuación:

$F = 10 * P * \pi(d^2 / 4)$  Donde F: Fuerza (N), P: Presión (Bar), d: diámetro del cilindro (cm)

$$\Rightarrow F = 10 * 6Bar * 3.1416 * \frac{(4.563 cm)^2}{4} \Rightarrow F = 982.44 N$$

Aplicando el diámetro real a utilizar se tendría:

$$\Rightarrow F = 10 * 6Bar * 3.1416 * \frac{(5 cm)^2}{4} \Rightarrow F = 1178.1 N$$

#### 4.2.3. Cálculo del consumo de aire de los actuadores neumáticos.

El consumo de aire de los actuadores neumáticos determina las dimensiones de las válvulas de mando, tubo plástico flexible, velocidades de trabajo y las dimensiones del propio compresor. Este consumo se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Q = 2 * n * s * q$$

Donde:

Q = Consumo de aire, Caudal [Lts / min.]

n = No. de ciclos por minuto

s = Carrera [cm]

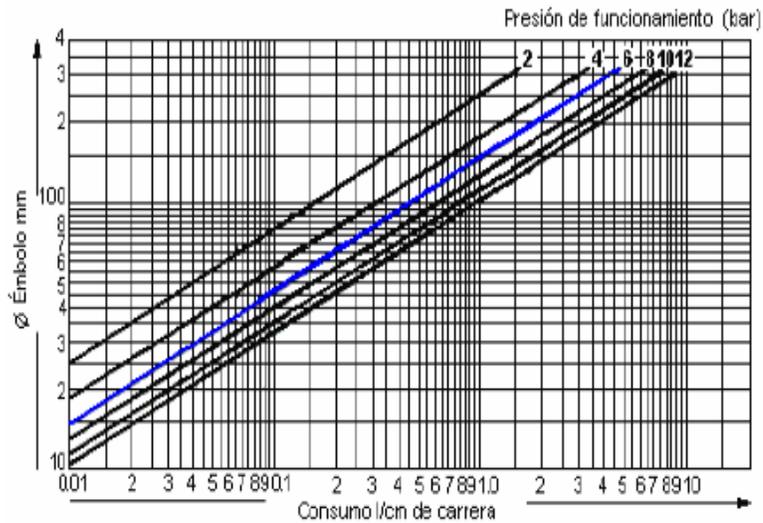
q = Consumo específico de aire [Lts/cm]

El consumo específico se determina a partir del nomograma No. 2. Con el valor de presión de trabajo y el diámetro del émbolo se localiza el punto de intersección de ambas líneas y se proyecta hacia el eje horizontal, consumo l/cm. Este valor se sustituye en la ecuación anterior y se calcula el consumo.

Como se puede observar el consumo también variará dependiendo del número de ciclos por minuto que realice, es decir, para un mismo actuador se puede tener un consumo de aire comprimido diferente de acuerdo a su velocidad de desplazamiento.

El beneficio de conocer el consumo de aire comprimido de nuestros actuadores, es para poder estimar el consumo de nuestra máquina y de esta manera seleccionar el compresor de aire comprimido adecuado. Los datos obtenidos de las gráficas anteriores tendrán que adecuarse a los productos existentes en el mercado. Recuerde que cuando no hubiese el elemento que deseamos a la medida exacta de nuestro cálculo, deberá seleccionarse el inmediato superior que exista en el mercado, esto con la finalidad de evitar que el componente quede insuficiente a la necesidad para la cual ha sido adquirido.

**Figura 42. Monograma 2**



*Fuente: Catálogo neumática Festo*

De acuerdo al monograma anterior tenemos:

➤ **Para la actuador 1, tendríamos que:**

Calculamos con el diámetro del émbolo inmediatamente superior es decir un  $\varnothing=50$  mm

**Actuador:** Diámetro del émbolo de 50 mm

Carrera de 120 cm.

Tiempo de ejecución de toda la secuencia de 30s, entonces como n es ciclos por minuto, para este caso  $n = 2$  ciclos por minuto. Por observación el consumo específico de aire es de 0.11 l/cm

$$Q = 2 n s q = 2 \cdot 2 \cdot 120 \cdot 0.11 = 52.8 \text{ Lts/min}$$

$$Q_{TOTAL DE MAQUINA} = 52.8 \text{ lts/min} \times 2 \text{ actuadores} = 105.6 \text{ lts/min.}$$

De acuerdo a la regla la caída de presiones en instalaciones fijas no se puede sobrepasar de 0,1bar, sobre la línea de servicio corresponden 0,03bar, el resto (0,07bar) son distribuidas depende la forma como se halla instalado la red. La caída de presión desde la salida de servicio hasta la entrada de la herramienta no debe exceder los 0,6bar, en las funciones de limpieza los filtros (trampas de condensado) tienen una pérdida de 0,6bar.

De acuerdo a lo anterior las pérdidas en nuestra red quedan calculadas de la siguiente manera:

**Pérdidas primarias:** esta hace referencia a la línea de distribución la cual posee una pérdida de 0,01bar

**Pérdidas secundarias:** con esta hacemos referencia a la pérdida por accesorios como los codos, los filtros y válvulas, la cual posee una pérdida de 0,15bar

Con lo anterior podemos buscar un compresor que nos brinde la presión requerida la cual corresponde a la presión de la herramienta adicionándole las pérdidas, lo cual corresponde a:

Presión de la herramienta:	6,0bar
Presión por pérdidas:	0.15bar
	-----
Presión de trabajo requerida:	6,15bar

Para aprobar la presión en nuestra red de aire comprimido debe cumplir que  $1,3 \times 6.15 \text{ bar} = 7.995 \text{ bar}$ , con este valor logramos que el compresor logre su trabajo

entre el 70%-80% que es lo recomendado, ahora procedemos a seleccionar un compresor de pistón que son los más utilizados y fue el escogido para nuestro suministro de presión, el pistón como ya se ha dicho debe suplir los datos anteriormente calculados.

**Figura 43. Compresor**



CA-CODE50/260M

Fuente: Catálogo Centralair

Tabla 6. Datos del compresor

codigo	Volt/Fz	kW	HP	Deposito	l/min   m <sup>3</sup> /h   c.f.m.	bar   p.s.i.	R.P.M.	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	dB(A)	LwA	BSP	L x D x H (cm)	kg
CA-HAPPY25/15	230/1	1,1	1,5	25	190 11,4 6,7	8 116	2850	1	1	77	92	-	58x25x56	19
CA-HAPPY50/15	230/1	1,1	1,5	50	190 11,4 6,7	8 116	2850	1	1	77	92	-	83x36x64	29
CA-SMART 25/20	230/1	1,5	2	25	240 14,4 8,4	8 116	2850	1	1	78	95	-	58x25x58	20
CA-SMART 50/25	230/1	1,5	2	50	240 14,4 8,4	8 116	2850	1	1	78	95	-	83x36x66	30
CA-CODEC50/260M	230/1	1,8	2,5	50	260 15,6 9,1	10 145	2850	1	1	81	96	-	87x36x70	43
CA-CODEC100/260	230/1	1,8	2,5	100	260 15,6 9,1	10 145	2850	1	1	81	96	-	108x40x80	53
CA-CODEC100/402	400/3	2,2	3	100	400 24 14,1	10 145	2850	2-V	1	82	99	-	112x40x78	51

El compresor seleccionado corresponde a la fabrica CENTRALAIR que trabaja compresores de pistón y seleccionamos la referencia CA-HAPPY50/15, el cual nos brinda un caudal de 190lts/min, una presión de 8bar.

#### 4.2.4 Cálculo de la tubería.

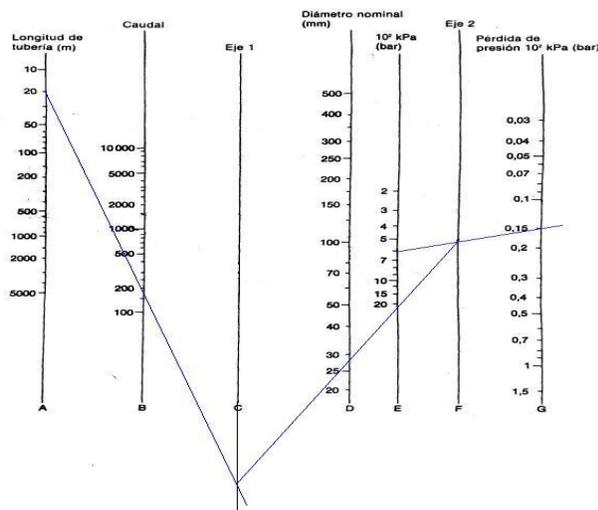
El diámetro de las tuberías fue diseñado con base a los siguientes parámetros.

- El caudal.
- La longitud de las tuberías.
- La pérdida de presión.

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Un monograma ayuda a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

Usaremos el caudal máximo que el compresor nos puede brindar, como se calculo anteriormente el caudal máximo que nos brinda el compresor es de 190 Lts/min, la longitud de la tubería esta definida en 20 metros. La perdida de presión del sistema es de 0.15 bar; referentes a perdidas en accesorios y perdidas por fricción. Partiendo de estos parámetros nuestro monograma queda de la siguiente forma:

**Figura 44. Monograma 3**



*Fuente: Barrios, E; Cruz Javier*

Trazando una línea entre la longitud de la tubería y el caudal, llegando hasta el eje 1 tenemos la línea (a), después utilizamos la presión de trabajo junto con la medida de las perdidas y procedemos a unir los puntos, generando otra línea (b), seguidamente unimos las líneas (a) y (b), generando la línea (c) que es la línea que nos define el diámetro nominal de nuestra tubería, según monograma escogemos el valor comercial que este por encima del valor de nuestro diseño y tenemos que la tubería a usar es de 28 mm.

#### **4.2.5 Criterios de selección gato hinchable.**

Para mitigar los problemas presentados en la formulación del problema, tenemos el arranque del motor en frío del kart, para lo cual necesitábamos un sistema lo suficientemente confiable para suplir la necesidad de levantar el kart una pequeña altura, podríamos hablar de 10 cm, para lo cual pensamos en diferentes factores como:

- Un actuador neumático, que se adaptaría con un sistema tal que permitiera elevar el kart a la distancia deseada, el limitante que tenemos es la altura en donde ira aplicado el sistema, ya que en ese punto contamos con 4 cm para realizar la maniobra, por tal motivo queda descartada la idea.
- Mecanismo grúa tipo Formula 1, se diseñaría un mecanismo tipo formula 1 para lograr elevar el kart a la altura propuesta, era una idea viable y seria aplicada al diseño, con un poco de reingeniería adaptada a nuestras necesidades, una vez avanzada la investigación del mecanismo, replanteamos el problema encontrándonos con la mejor solución, de esta forma esta idea queda descartada.
- Un gato hinchable: tras muchas deliberaciones acerca del sistema de elevación del kart logramos concretar, la utilización más viable para suplir la necesidad encontrada en cuanto a este problema, haciendo que la utilización del gato hinchable se adapte y se utilice el sistema debido a sus alcances.

A continuación explicaremos las principales características de nuestro sistema de gato hinchable. Información obtenida el catálogo de Power Team Pág. 148 y 149.

Gatos muy flexibles y ligeros, solo requieren un suministro de aire de 8 bares como máximo. También pueden utilizarse cualquier gas no explosivo o agua para el inflado.

- Los gatos sin inflar sólo tienen un grosor de 25,4 mm.

- Construcción de aramida multicapa reforzada que se solapa ampliamente por todos lados. Probado a 8 bares.
- En pruebas de resistencia, estos gatos resistieron decenas de miles de ciclos de inflado/desinflado a 12 bares.
- Su amplia superficie y la flexibilidad del material permite que el gato levante cargas apoyado sobre superficies blandas o comprimibles sin necesidad de aparejos de soporte.
- ¡La seguridad es lo primero! El controlador, las mangueras de cierre y aire están equipados con acopladores neumáticos intercambiables fabricados en EE.UU. Los cuerpos de los semiacopladores hembra tienen un collar de trabado que protege al operario de la conexión accidental del gato cuando está con carga.
- La superficie del gato tiene un dibujo antideslizante para que no se salga de su lugar de trabajo. Los gatos pueden usarse para levantar una carga sobre una superficie irregular y son tolerantes a aplicaciones inclinadas.
- El material no conductor resiste el aceite, el ozono y la mayoría de los productos químicos. Resistente al frío hasta  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; resistente al calor hasta  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$  (poco tiempo) o  $93\text{ }^{\circ}\text{C}$  (mucho tiempo).
- Boquillas sustituibles sobre la marcha, fabricadas en acero resistente, con rosca interna para evitar daños por abrasión. La apertura de agua ideal de 6,4 mm permite el inflado rápido, sin riesgo de congelación. Y permite una velocidad de descenso segura.

- Controlador de un solo gato con dispositivo "hombre muerto" (350090). Puede utilizarse individualmente o en sistemas múltiples para regular el número de gatos deseado.
- Fuertes correas de fijación en 4 tamaños para la fijación de una cuerda o un gancho a fin de colocar el gato desde una distancia segura.
- El sistema de mangueras de inflado tiene un código de colores (rojo y amarillo) para su reconocimiento fácil cuando se usa más de un gato.

**Figura 45. Datos técnicos del gato hinchable.**

Cap. de elevación (Tm)	Altura de elevación (mm)	Número de pedido	Contenido de aire a 8 bares (l)	Presión máx. de servicio (bares)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura plegado (mm)	Peso del producto (kg)
1,1	70	<b>IJ13</b>	2,3	8	140	130	25,4	0,5
3,6	120	<b>IJ45</b>	14,4	8	255	200	25,4	1,2
7	160	<b>IJ76</b>	42	8	305	305	25,4	1,9
12	225	<b>IJ128</b>	97	8	400	400	25,4	3,6
23,8	304	<b>IJ2211</b>	268	8	550	550	25,4	7,3
34	360	<b>IJ3213</b>	463	8	650	650	25,4	9,9
46,3	418	<b>IJ4416</b>	729	8	750	750	25,4	13,1
74,6	520	<b>IJ7320</b>	1.457	8	950	950	30,4	26,3

*Fuente: Catálogo power team*

De acuerdo a la información adquirida, a los criterios de selección y a los parámetros físicos de nuestro proyecto elegimos el gato hinchable de referencia **IJ13**, distribuido por Ferretería Industrial S.A. Carrera 25 No. 17-64 AA 19343 Bogota, teléfono: 277-4004.

### 4.3 ANÁLISIS DE SOLDADURA

Como la estructura con sus parámetros de diseños se dio necesaria el uso de perfiles cuadrados 40 X 40 y perfiles rectangulares 60 X 40 es necesario hacer una adecuada selección de soldaduras para unir dichos perfiles.

Existen numerosos y distintos tipos de soldadura pero debido a sus propiedades, a la penetración y al análisis del mercado colombiano se decidió por seleccionar un tipo de soldadura de West-Arco, mediante el catálogo de la empresa West-Arco se dan a conocer las especificaciones más relevantes de las propiedades de la soldadura seleccionada:

Penetración del electrodo: X L 610

Clasificación: AWS E-6010

Código de identificación: West Arco E - 6010

Especificación: AWS A5.1 - ICONTEC 2191, ASME SFA5.1

Tabla 7. Propiedades de la soldadura

Resistencia a la tracción	43,5 – 50,5 Kg/mm <sup>2</sup> (427 Mpa)
Límite de fluencia	36,5 – 43,5 Kg/mm <sup>2</sup> (345 Mpa)
Elongación	22 – 33 %
Reducción de área	40 – 70 %
Resistencia al impacto Charpy en a -29°C	27 – 100 Joule

**Fuente:** Ensayos Realizados según AWS A5.1

## **Cálculo de la soldadura**

Una soldadura de filete que sirve como unión del sistema que recubre al actuador conocida como soporte del actuador ya que cumple características de análisis mecánicos.

## **VENTAJAS DE LA SOLDADURA**

El empleo de conexiones soldadas en vez de atornilladas o remachadas permite un ahorro de material (hasta de un 15%)

La soldadura requiere menos trabajo y por lo tanto menos personal que la colocación de remaches o tornillos (un soldador puede reemplazar una cuadrilla de remachadores)

La soldadura permite una gran variedad de conexiones, cosa que no se puede con remaches o tornillos.

Las conexiones soldadas son más rígidas que las demás, lo cual permite una verdadera continuidad en la transmisión de elementos mecánicos entre miembros.

Debido a la mayor resistencia del metal de aportación las conexiones soldadas permiten una gran resistencia a la fatiga.

Las estructuras soldadas pueden repararse muy fácilmente a diferencia del resto.

Las conexiones soldadas han permitido la construcción de estructuras soldadas y "limpias".

Las conexiones soldadas permiten ajustes de proyecto más fácilmente que en otro tipo de conexiones.

El trabajo de soldadura es silencioso comparado con el remachado. Hay un ahorro considerable en el cálculo, detallado y montaje de las estructuras.

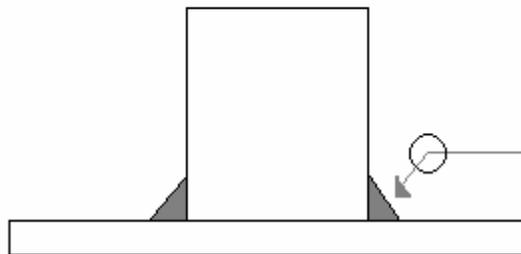
## DESVENTAJAS

Las conexiones rígidas pueden no ser óptimas en el diseño.

La revisión de las conexiones soldadas no es muy sencilla con respecto al resto.

La creencia de la baja resistencia a la fatiga en conexiones soldadas.

**Figura 46. Soldadura de Filete**



*Fuente: catálogo West-arco*

Esfuerzo en las soldaduras superiores

$$F = 882.9 \text{ N}$$

$$r = 1.4 \text{ mm} - 3 \text{ mm} \text{ (radio mínimo del electrodo debe ser de } 1/8\text{")}$$

$$L = 2 * \pi * r = 0.012 \text{ m}$$

$$h = \text{mínimo de } 1,8 \text{ mm} = 0.0018 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{F}{h * l} = \frac{882.9N}{21.6 * 10^{-6} m^2} = 40.875MPa$$

El cálculo del filete transversal se encuentra dado por

$$\tau = \frac{\sqrt{2}F}{h * l} = \frac{1,2486KN}{21.6 * 10^{-6} m^2} = 57,806MPa$$

De acuerdo a la tabla 8

Tabla 8. Esfuerzos permisibles AISC

TIPO DE CARGA	TIPO DE SOLDADURA	ESFUERZO PERMISIBLE	n*
Tensión	A tope	0.60Sy	1.67
Cortante	A tope o de Filete	0.30 Sut	

Fuente: Catálogo West arco

$$\tau_{perm} > \tau$$

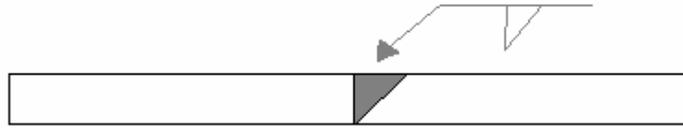
$$32.757MPa < 103.5MPa$$

El esfuerzo de trabajo es menor que el esfuerzo último por lo cual nuestra soldadura esta acorde con el diseño de nuestra estructura

Soldadura estructura mecánica:

Para la estructura se requirió una soldadura a tope bisel sencillo para lograr la unión de los perfiles de 40 X 60 con los perfiles de 40 X 40

**Figura 47. Soldadura a tope bisel**



*Fuente: Catálogo West arco*

$$F_1 = 500.31N$$

$$F_2 = 591.54N$$

$$L = 0.002m$$

$$h = 0.0018m$$

$$\sigma = \frac{F_1}{h * l} = \frac{500.31N}{3.6 * 10^{-6} m} = 138.98MPa$$

$$\sigma = \frac{F_2}{h * l} = \frac{591.54N}{3.6 * 10^{-6} m} = 164.04MPa$$

$$\sigma_{per} = 256.2 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{perm} > \sigma$$

La selección de la soldadura cumple con los requisitos mínimos para hacer las uniones correspondientes a nuestro sistema estructural.

#### **4.4 FASE DE CONSTRUCCIÓN**

El banco de mantenimiento se construirá con el siguiente procedimiento.

#### 4.4.1 Armado de la estructura

**Fase de uniones** en esta etapa se unirán los perfiles de acero ASTM A-36 obtenidos por medio de la soldadura seleccionada y con las características ya obtenidas. El método de construcción será el siguiente:

- Cortes necesarios de los perfiles según diseño CAD y planos.
- Unión de los perfiles de las vigas rectangulares de 60 x 40 con las columnas cuadradas de 40 \* 40 (4 uniones en total).
- Unión de la viga en perfil cuadrado 40 \* 40 con la parte de la estructura ya formada ( 4 uniones en total).
- Unión de las vigas en perfil cuadrado de 40 \* 40 que sirven de soporte para la caja del tablero de control.
- Unión de la caja del tablero de mano a la estructura (4 uniones en total).
- Unión de la viga superior ubicada sobre la caja de control (2 uniones).
- Apertura de orificios necesarios para soportes de elementos neumáticos.

**Fase de montaje sobre la estructura.** Una vez construida la estructura se procede a realizar el montaje de los mandos neumáticos y electrónicos así:

- Realizar perforaciones necesarias en la estructura para guiar los tubos flexibles y mandos electrónicos, a través de la misma y facilitar conexiones.

- Dimensionar los espacios necesarios para la ubicación de: actuadores, acumulador, válvula y accesorios.
- Fijación soporte pie de cilindro al actuador (atornillar).
- Fijación del actuador neumático lineal a la estructura según diseño CAD (soldado).
- Ubicación de los mandos electro neumáticos en la caja auxiliar, según diseño CAD.
- Tendido de la red y/o tubería flexible a lo largo del banco con sus respectivas conexiones.
- Instalación del acumulador neumático y puesta a punto de la red electro neumática.
- Energización y pruebas operacionales.

## **5.0 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Haciendo un análisis de los resultados mecánicos y neumáticos podemos estar satisfechos en el desarrollo del proyecto, ya que las pruebas y simulaciones son satisfactorias desde cualquier punto que las veamos.

### **5.1 ANÁLISIS MECÁNICO**

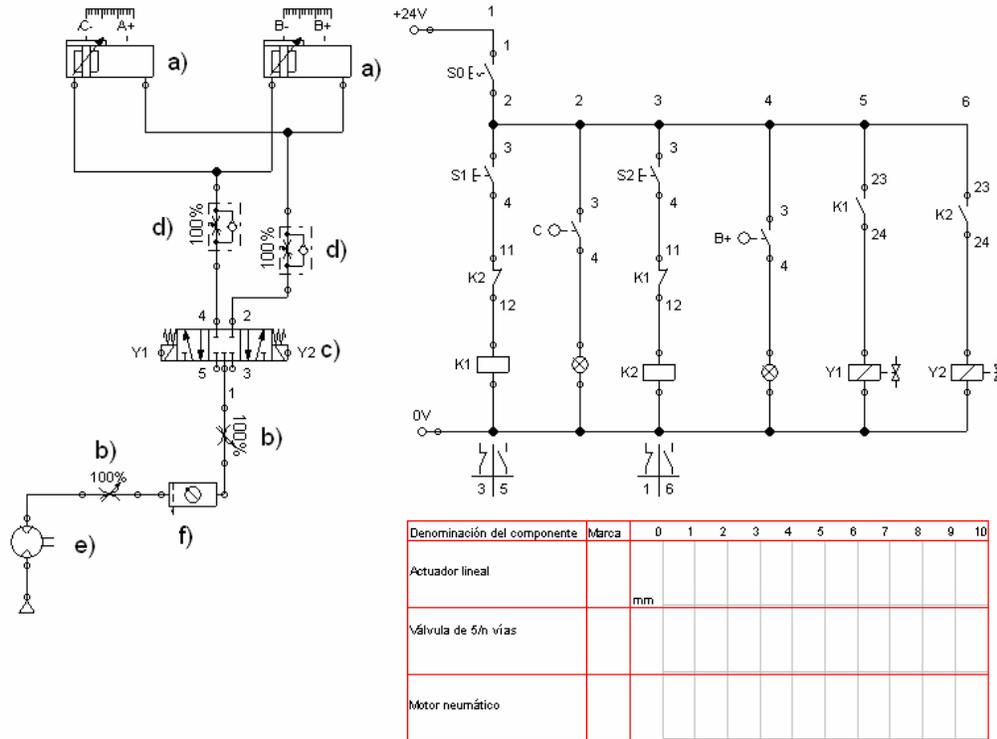
En el análisis mecánico podemos observar a través de los cálculos y la simulación por medio MDsolids que nuestra estructura va a resistir las cargas y no va sufrir deformaciones diferentes a las plásticas mínimas normales, así mismo en la practica podemos dar garantías que los resultados son más que satisfactorios en cuanto a lo requerido por la empresa karting Colombia y la seguridad industrial que se requiere en este tipo de estructuras.

En el Diseño mecánico podemos ver los resultados de la simulación en las figuras 15 a la figura 32 y de la misma forma podemos evaluar la satisfacción del usuario final en el anexo A.

### **5.2 ANÁLISIS ELECTRO-NEUMÁTICO**

**5.2.1 CONDICIONES DE REPOSO.** Partimos de las condiciones de reposo para nuestro circuito, cabe aclarar que el circuito posee una electroválvula 5/3, reguladores de caudal para controlar el flujo y o velocidad tanto de descenso como de ascenso para los actuadores sin vástago, en condiciones iniciales tendríamos el siguiente circuito.

**Figura 48. Condiciones iniciales.**

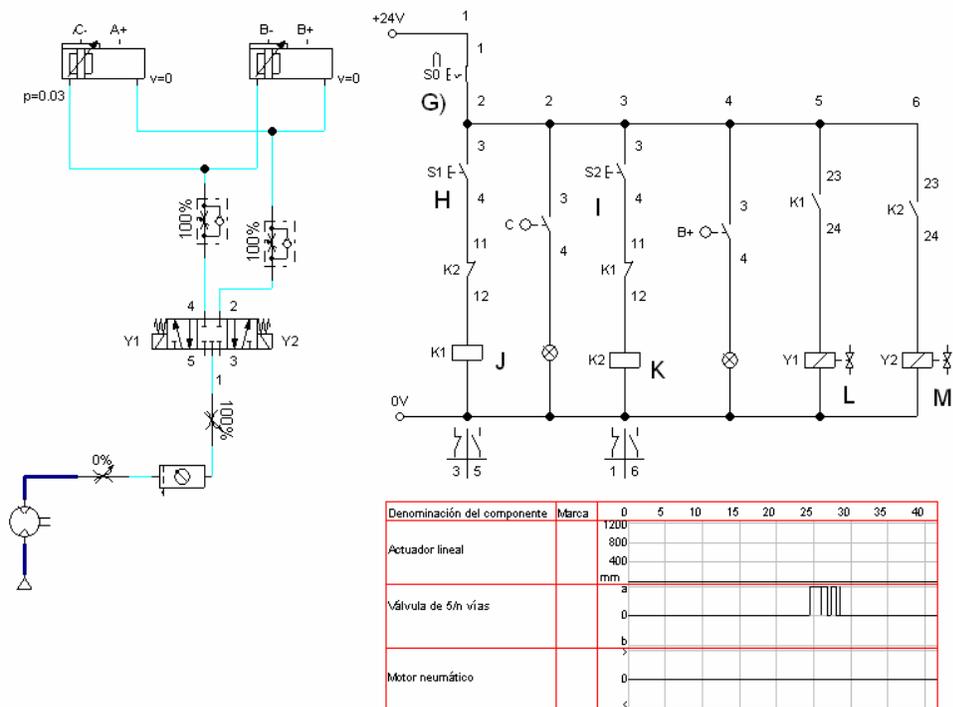


La imagen anterior muestra el circuito desenergizado, el cual tiene como objetivo es suministrar aire al actuador A y B (a), al mismo tiempo para lograr un desplazamiento hacia arriba o hacia abajo por tal razón los actuadores son de doble efecto, también tiene dos válvulas de globo a la entrada y salida de la unidad de mantenimiento FRL (b), para cortar el flujo de aire que entrara a la FRL (f), encargada de acondicionar y lubricar el aire que dispondremos para realizar el movimiento de los actuadores, el circuito también dispone de 2 reguladores de caudal (d) para aumentar o disminuir la velocidad de movimiento de los actuadores. El suministro de aire de aire esta definido por un compresor (e) eléctrico de un pistón que nos pueda brindar la presión necesaria para realizar la operación, para el control de movimiento se instalo una válvula 5/3 de centros cerrados con retornos con fuelle y biestable (c).

## ENERGIZACIÓN DEL CIRCUITO

El circuito cuenta con un interruptor de emergencia y/o energización, una vez presionado el interruptor queda enclavado hasta una nueva pulsación.

**Figura 49. Energización del circuito**



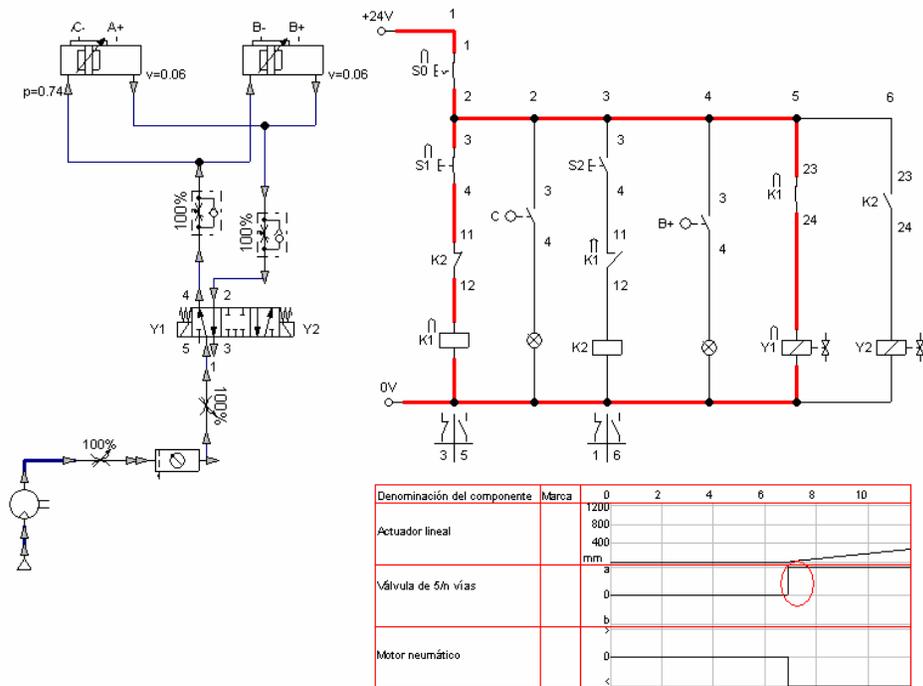
*Fuente: Festo Fluidsim*

El interruptor (G) es enclavado dejando el circuito en stand by disponible para realizar diferentes pulsaciones y mover los actuadores, posteriormente la gráfica nos muestra a detalle algunas activaciones del pulsador (H), haciendo que la válvula 5/3 se active. Al abrir la válvula de corte para suministrar aire, podremos ver el movimiento de los actuadores.

## ASCENSO DE LOS ACTUADORES

Activando (H) tenemos que los actuadores se mueven o simulan movimiento de elevación.

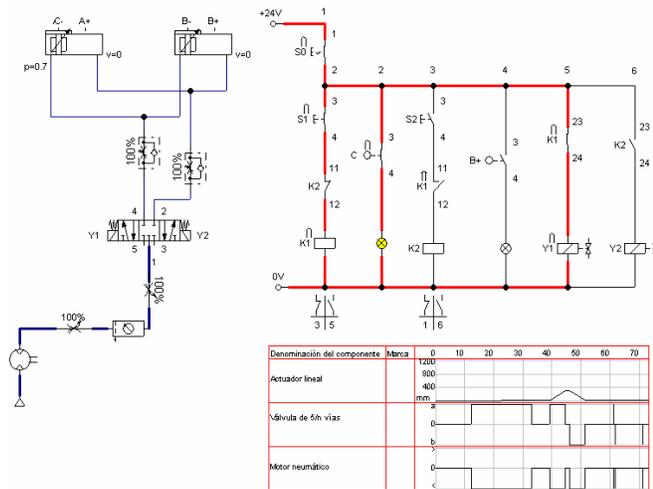
**Figura 50. Ascenso de los actuadores**



*Fuente: Festo Fluidsim*

El círculo rojo nos muestra un cambio de estado en la válvula 5/3 tras la activación de  $S_1$ . Una vez pulsado  $S_1$  energiza  $K_1$  haciendo que  $K_1$  11,12 se abra dándonos la seguridad que si en cualquier momento de la operación se pulsa  $S_2$ , este no tenga ningún efecto sobre el movimiento del actuador, así mismo  $S_1$  activa la solenoide  $Y_1$ , a través del contacto NA de  $K_1$ , de esta forma evidenciamos un leve movimiento de los actuadores, los fines de carrera C y B+ serán activados de la siguiente forma, cuando los actuadores estén a una altura de 10 cm del suelo se activará C, lanzando una alerta luminosa en nuestro tablero de control, así:

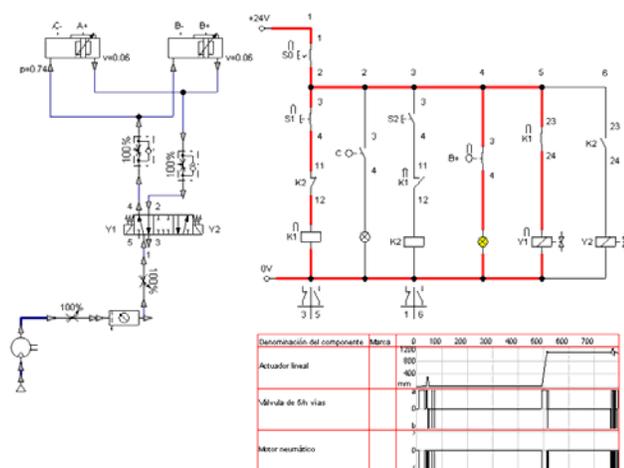
**Figura 51. Alerta luminosa**



*Fuente: Festo Fluidsim*

En ese momento el técnico mecánico tomará las decisiones que crea pertinente para detener el ascenso del kart o mantenerlo a esa altura para el desplazamiento del mismo a cualquier parte de la pista, una vez tomada la decisión y para que se evidencie la activación de la segunda alerta luminosa nos dispondremos a seguir con el procedimiento de ascenso, así:

**Figura 52. Segunda alerta luminosa**



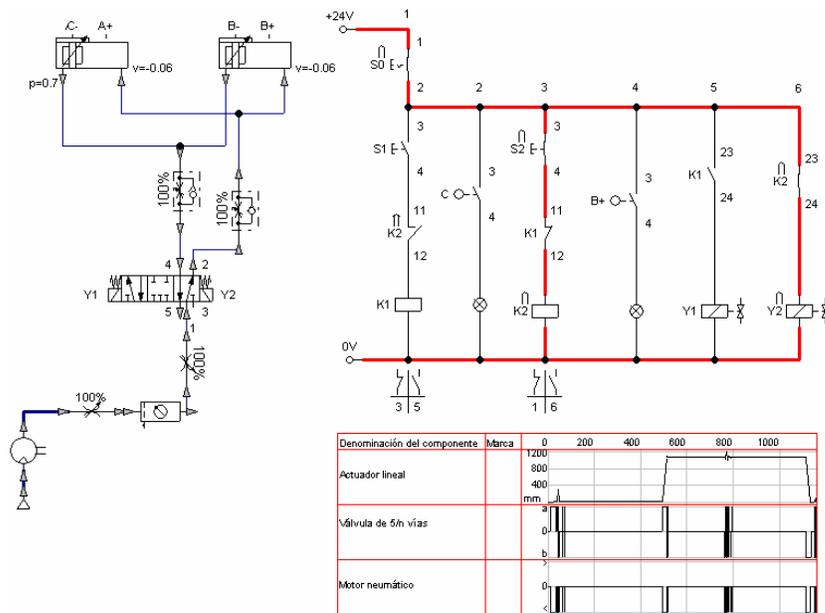
*Fuente: Festo Fluidsim*

Visualizamos la segunda alerta luminosa que se activa una vez los actuadores se encuentran a una altura de 1.05 m, que corresponde a la altura deseada para la realización del mantenimiento o intervención del kart en sitio.

## DESCENSO DE LOS ACTUADORES.

Para descender el kart o los actuadores bastará con presionar el pulsador  $S_2$  (I), aislando el relay  $K_1$  (J), para tener la misma seguridad con  $S_1$ , seguidamente las alertas luminosas se activaran también cuando kart este descendiendo.

**Figura 53. Descenso de los actuadores**

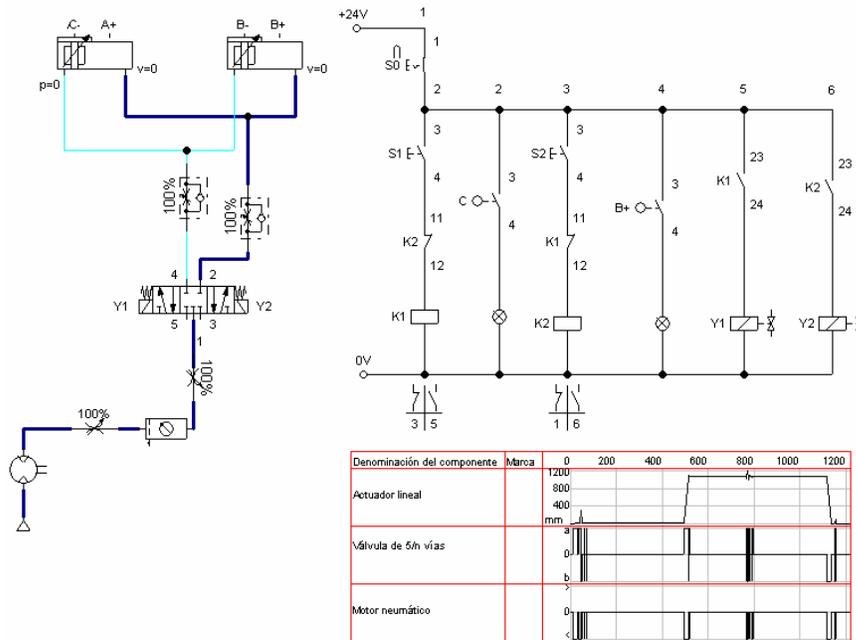


*Fuente: Festo Fluidsim*

En la gráfica anterior evidencia la activación de la segunda parte del circuito correspondiente a al movimiento de descenso de los actuadores. Por otra parte la válvula 5/3 sirve para manejar un estado de memoria del circuito, es decir que si se decide dejar de pulsador cualquiera de los S, la posición del actuador se mantendrá tal cual lo muestra la figura 54.

## ESTADO DE MEMORIA.

Figura 54. Estado de memoria



Fuente: Festo Fluidsim

El próximo movimiento o estado del actuador dependerá de las necesidades del operador, haciendo que ascienda o descienda el kart. Siguiendo ese orden de ideas el cuadro en rojo muestra los diferentes estados por los cuales a pasado el circuito, visualizamos los estados de la válvula, del actuador y del compresor para las diferentes activación y/o pulsaciones realizadas a través del proceso, se observa que la gráfica muestra picos altos en la válvula cuando  $S_1$  se pulsa, caso viceverso en el caso de  $S_2$  la gráfica se vuelve descendente. Para el caso de la gráfica del actuador se visualiza el pico alto cuando el kart va en ascenso y en descenso la gráfica muestra un pico a la baja. Por último la gráfica del compresor indica la baja y recuperación de presión tras cada disparo del circuito.

## 6.0 CONCLUSIONES

Las metas impuestas por el proyecto del banco de mantenimiento móvil se cumplió según acuerdo y cronograma planteado con la empresa Karting Colombia; el cual fue diseñar y construir un banco móvil de mantenimiento para karts; los análisis previos mostraron que la mejoría es efectiva con esta implementación, porque cumple con criterios precisos de seguridad industrial.

Se logró analizar que el grado de satisfacción al usuario final, es decir, la empresa Karting de Colombia se encuentra con el trabajo realizado, los mecánicos de la empresa también se mostraron motivados con la realización del presente proyecto y además muestran gran compromiso de hacer uso efectivo y cuidadoso de la herramienta que quedará a su cargo.

El arranque en frío a través del gato hinchable mejorara la calidad de vida de los karts ya que evitará que continúe el deterioramiento de la goma de protección, así lo expreso la empresa karting Colombia.

Un hecho adicional que servirá para aumentar la competitividad y posicionamiento de la empresa es que los materiales cotizados para la construcción cumplan con criterios de calidad bajo ISO 9000 y criterios bajo las normas ambientales ISO 14000.

## **7.0 RECOMENDACIONES**

El estudio demostró que para análisis de estructuras se debe primero mirar el aspecto comercial debido a que el país no cuenta con todos los perfiles para una selección muy adecuada y la importación de estos resulta ser muy costosa.

Para los futuros análisis electro neumáticos se recomienda primero examinar los componentes de los que disponen las empresas colombianas y a partir de ellos comenzar los análisis correspondientes, ya que las empresas proveedoras de elementos neumáticos y electro neumáticos tienen que importar los elementos llevando con ello un alto costo y en algunos casos los elementos no se pueden encontrar tan fácilmente

Tener la precaución de analizar bien la superficie donde se va a utilizar el gato hinchable ya que éste puede desplazarse en una superficie lisa y puede ocasionar algún accidente según la aplicación donde este usado.

Para rediseños futuros del proyecto se puede considerar la posibilidad del uso de sensores para automatizar aún más todo el proceso de elevación del kart y traslado del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

BROWN, J.C: Robertson, A.J., Serpento, S.T., Motor Vehicle Structures Concepts and Fundamentals.2202

CALDERON, Virgilio. Karting. Venezuela: <http://www.cпка.com.ve/>

DAVILA. Gabriel. Diseño e ingeniería asistida por computadora Proyecto “electro-karts”: [http://www.uia.mx/licenciaturas/dpt\\_ingenierias/ingemecanelec/karts.html](http://www.uia.mx/licenciaturas/dpt_ingenierias/ingemecanelec/karts.html)

DEL RAZO, Hernández Adolfo, "Sistemas Neumáticos e Hidráulicos: Apuntes de Teoría". México : U.P.I.I.C.S.A, 2001.

DEPERT W. / K. Stoll. "**Aplicaciones de Neumática**" Ed. Marcombo. España, Barcelona. P.p. 54-56, 87, 104 – 105, 124 – 129

DEPERT W. / K. Stoll. "**Dispositivo Neumáticos**" Ed. Marcombo Boixareu. España, Barcelona. Pag: 8

FESTO, Introducción a la Electro neumática. 1990.294p

GARCIA, Nando. ¿Qué es el Karting?. Uruguay:  
<http://www.fukarting.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=24>

GILLESPIE, T. D. (Thomas D.). Fundamentals of vehicle dynamics. 2001

GUILLÉN SALVADOR, Antonio. "**Introducción a la Neumática**". Barcelona-México 1988: Marcombo, Boixerau editores, , p: 31 – 40

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grados. Bogotá: ICONTEC 132p NTC 1486

KARTING Colombia. Página oficial Karting Colombia: <http://www.karting-colombia.com/>

KARTING Motor. Página oficial Karting Motor: <http://kartingmotor.galeon.com/>

RESNICK, Roberto; HALLIDAY; WALKER. "Fundamentos de Física" Sexta Edición, : México D.F. Compañía Editorial Continental, 2001, p: A-7

REYES, Giovanni. Teoría de la globalización: bases fundamentales: <http://www.monografias.com/trabajos7/bafux/bafux.shtml>. [Consultado en Marzo de 2007]

SCHAFFER James P. SAXENA Ashok. [Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería](#). México: Grupo Patria Cultural S.A. de C.V. 2000

SHIGLEY, Joseph E. Diseño en ingeniería mecánica. México: MCGRAW-HILL. Edición sexta, 2002, p 257-306, 453-521.

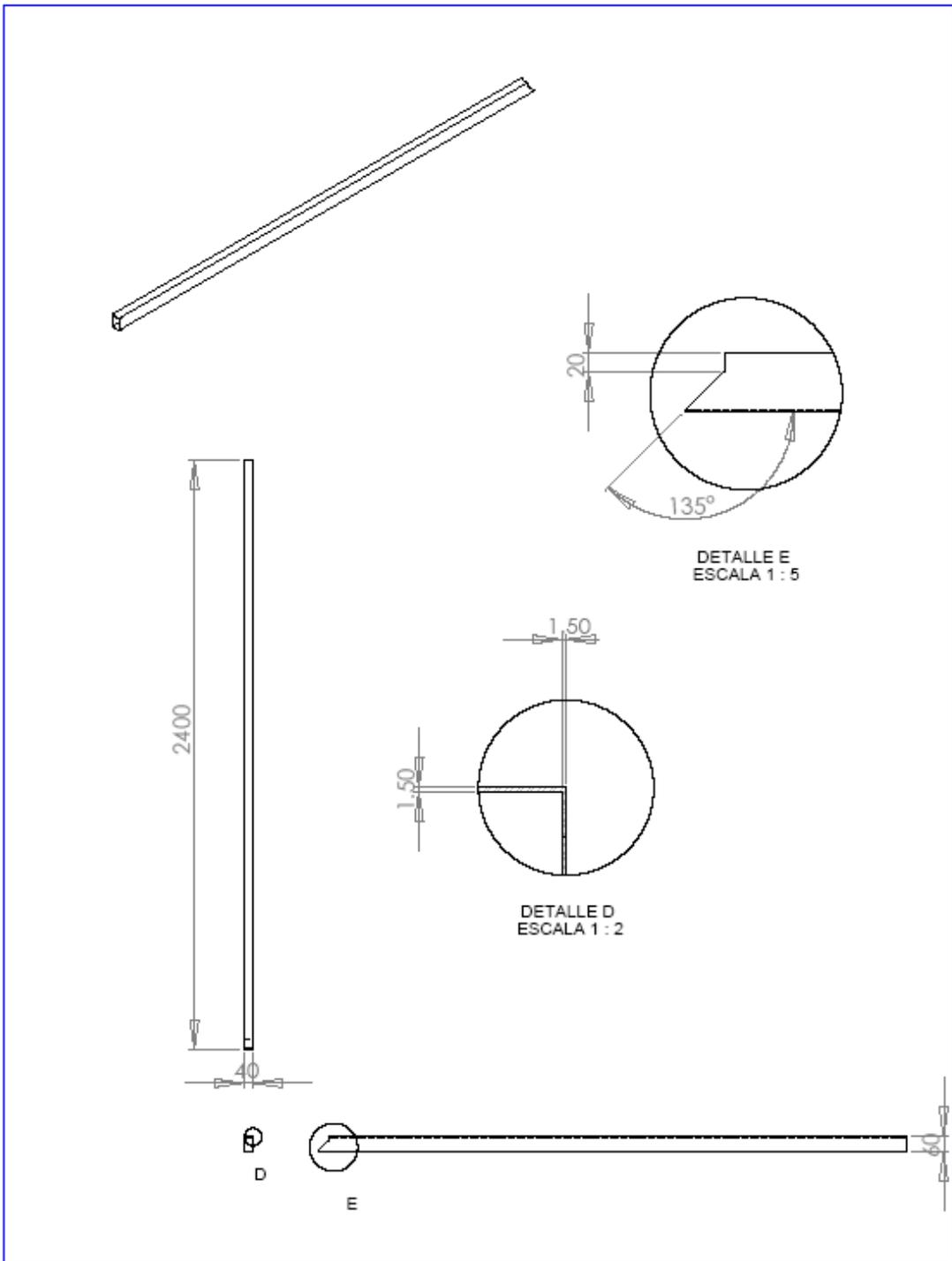
SOFT-ENGINE. Bancos prueba motores y kart: <http://www.soft-engine.com>  
West-arco, Catálogo de electrodos. 2007. 156p

**ANEXO A**

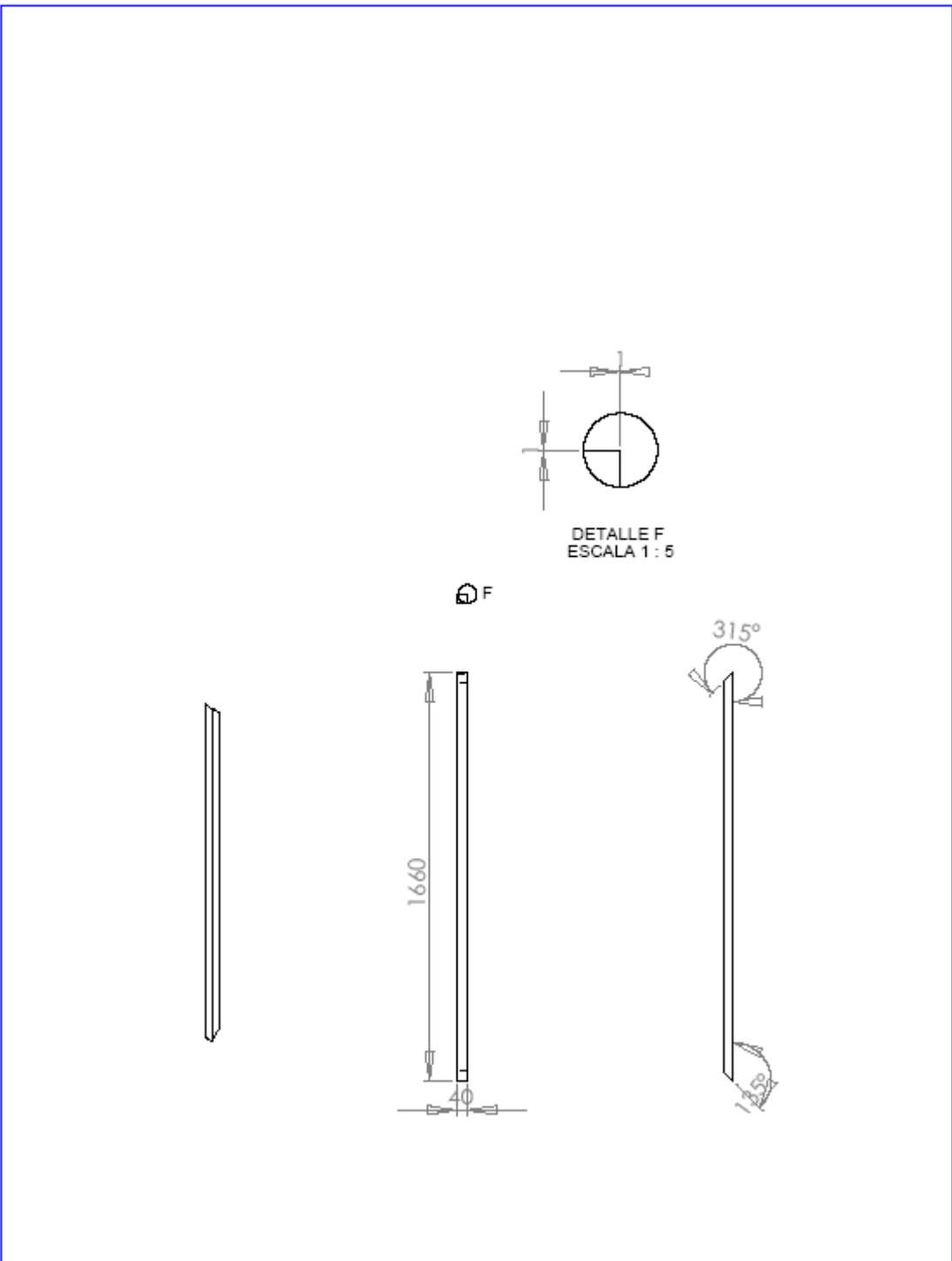
**Carta de Compromiso y conformidad de la empresa Karting Colombia Ltda.**



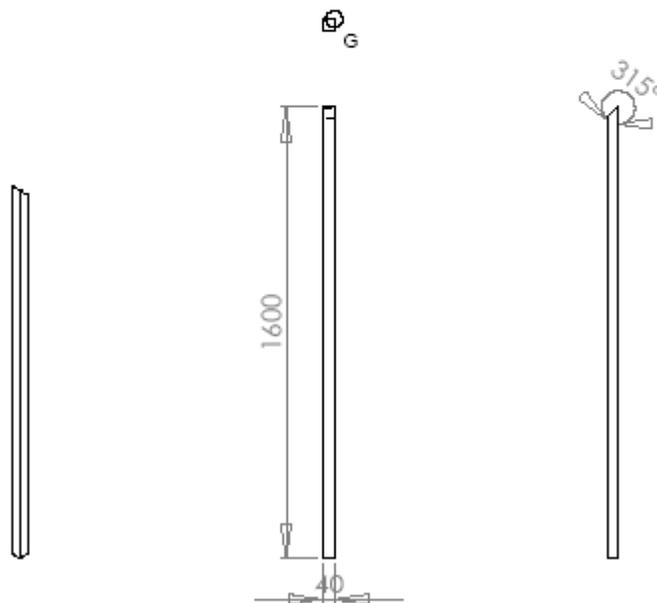
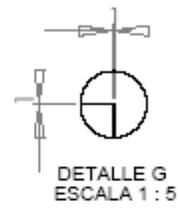
## **Anexo B. Planos del banco de mantenimiento**



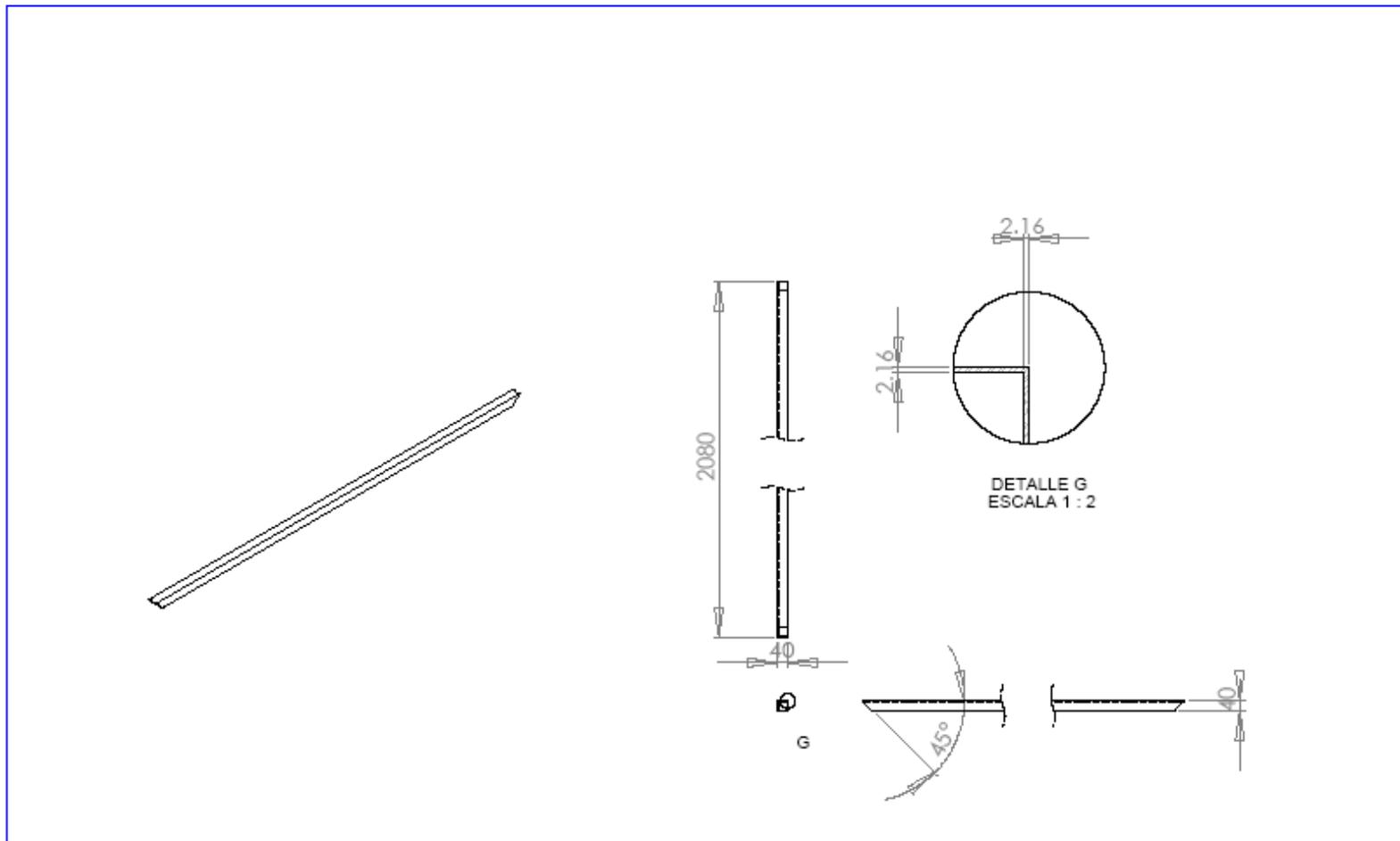
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Laterales 2	Piano: 1
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección:



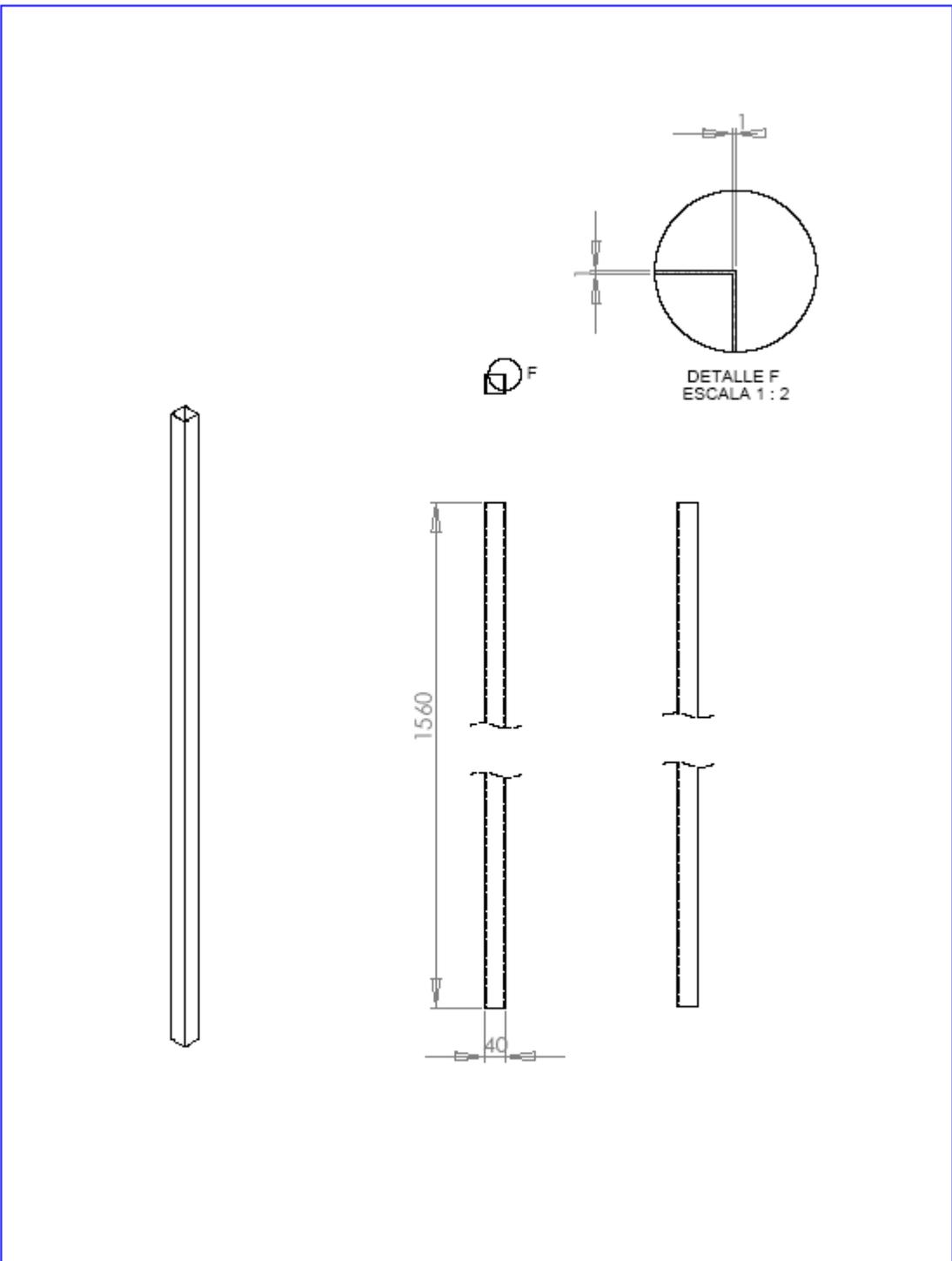
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Horizontales 3	Piano: <b>2</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección: 



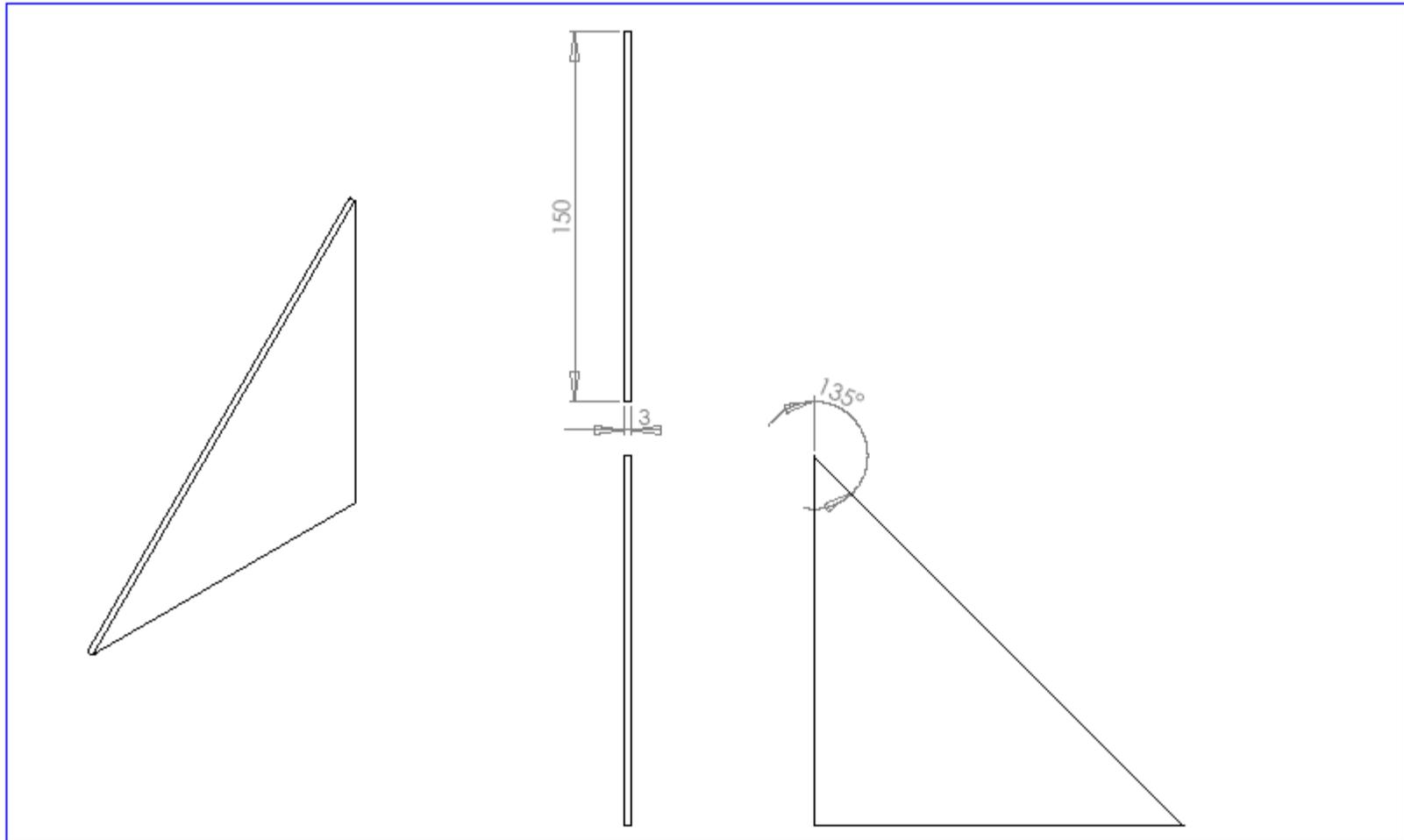
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Horizontales 2	Piano: <b>3</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección: 



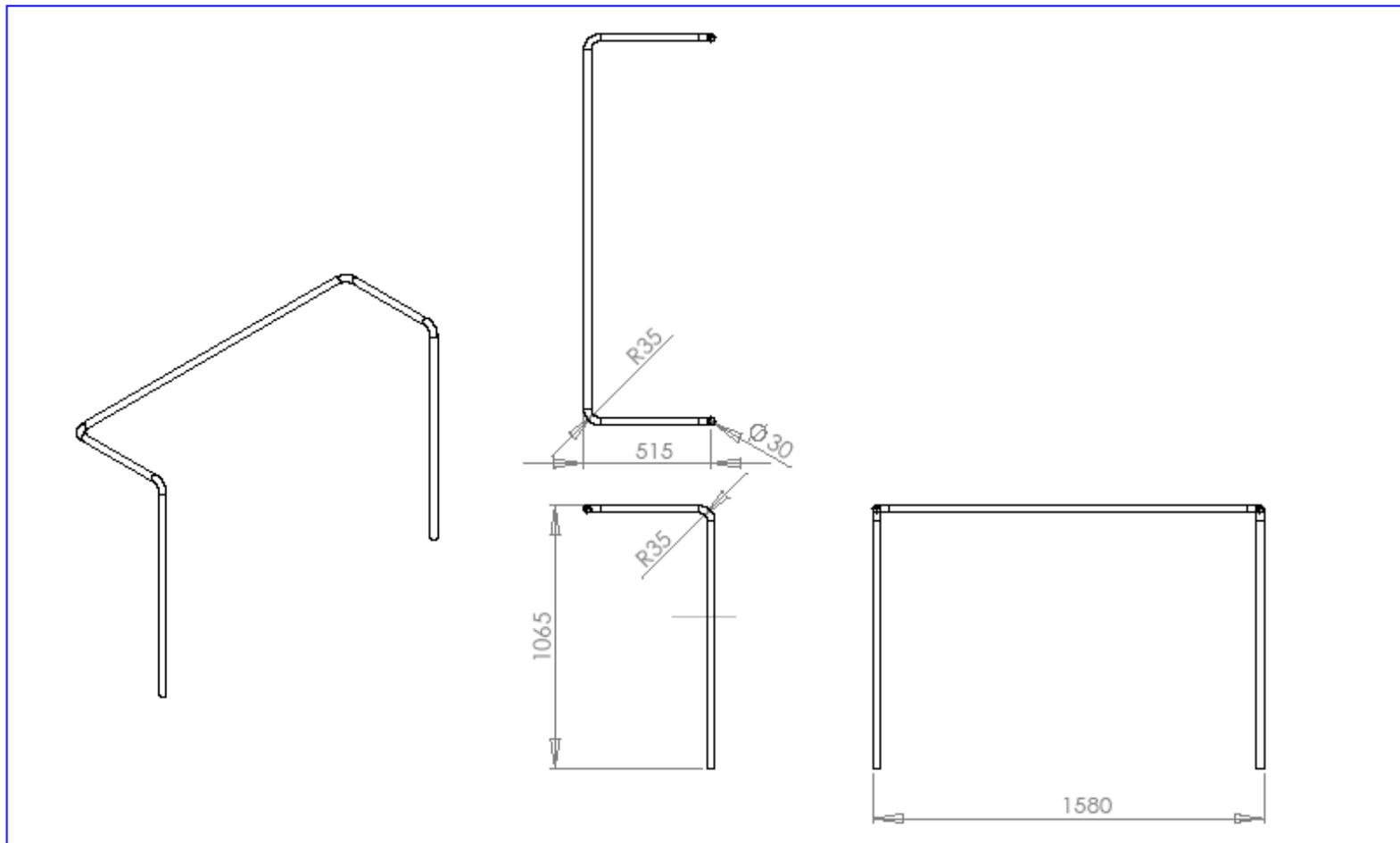
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Laterales 1		Plano:
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20	4
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S		Fecha elaboración: 12 Junio de 2008	Proyección: 



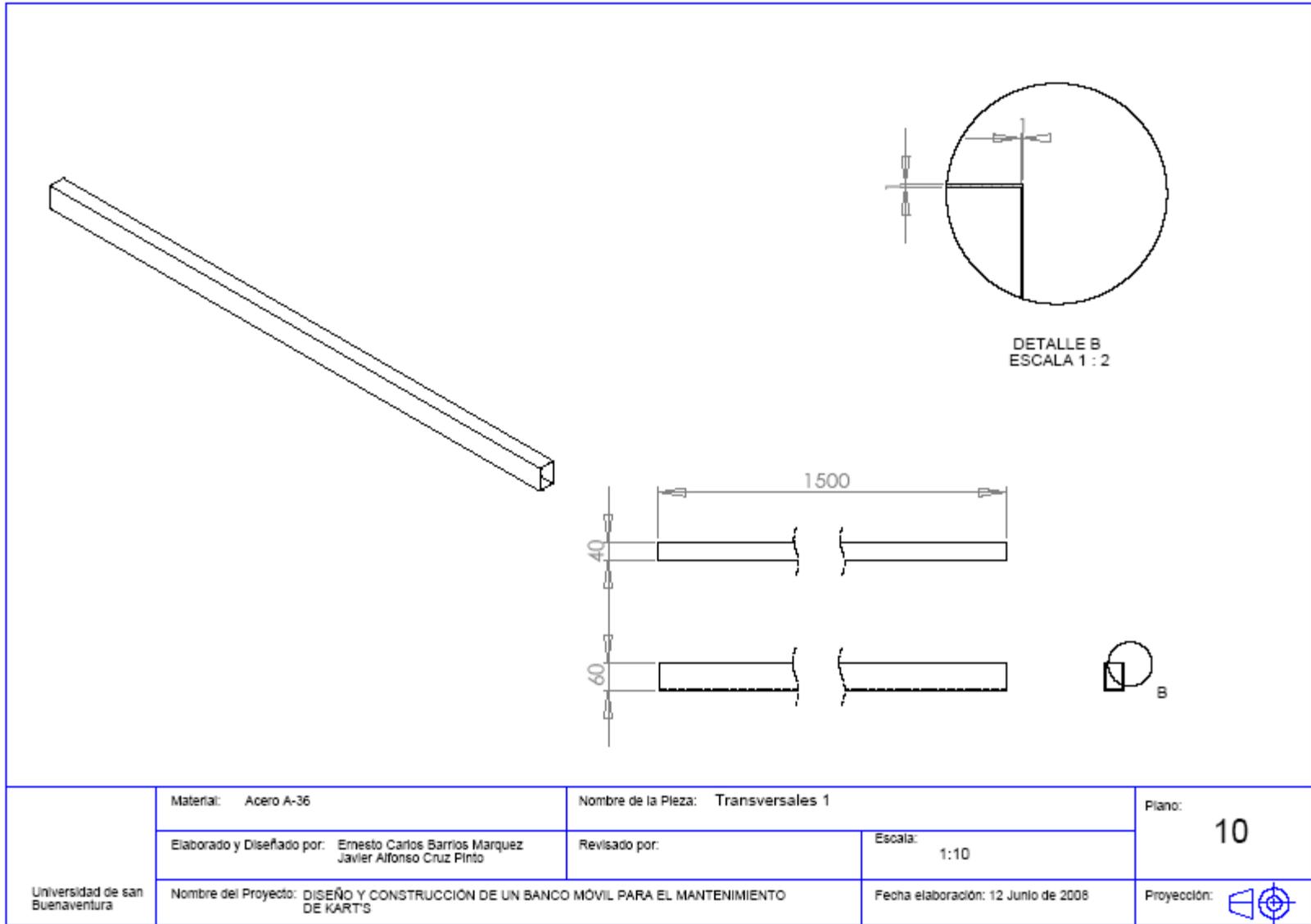
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Horizontales 1		Plano: <b>5</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:10	
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección:	

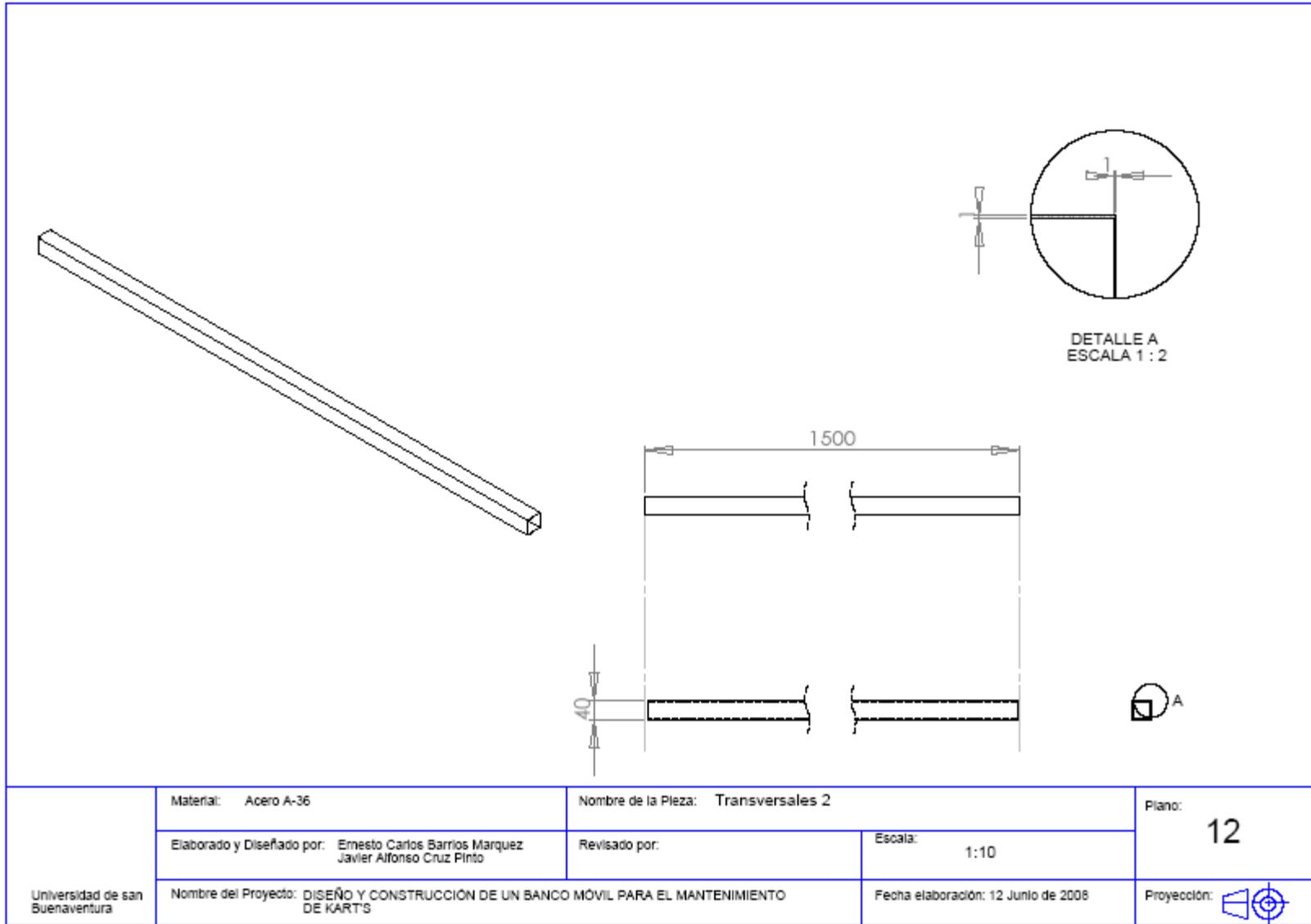


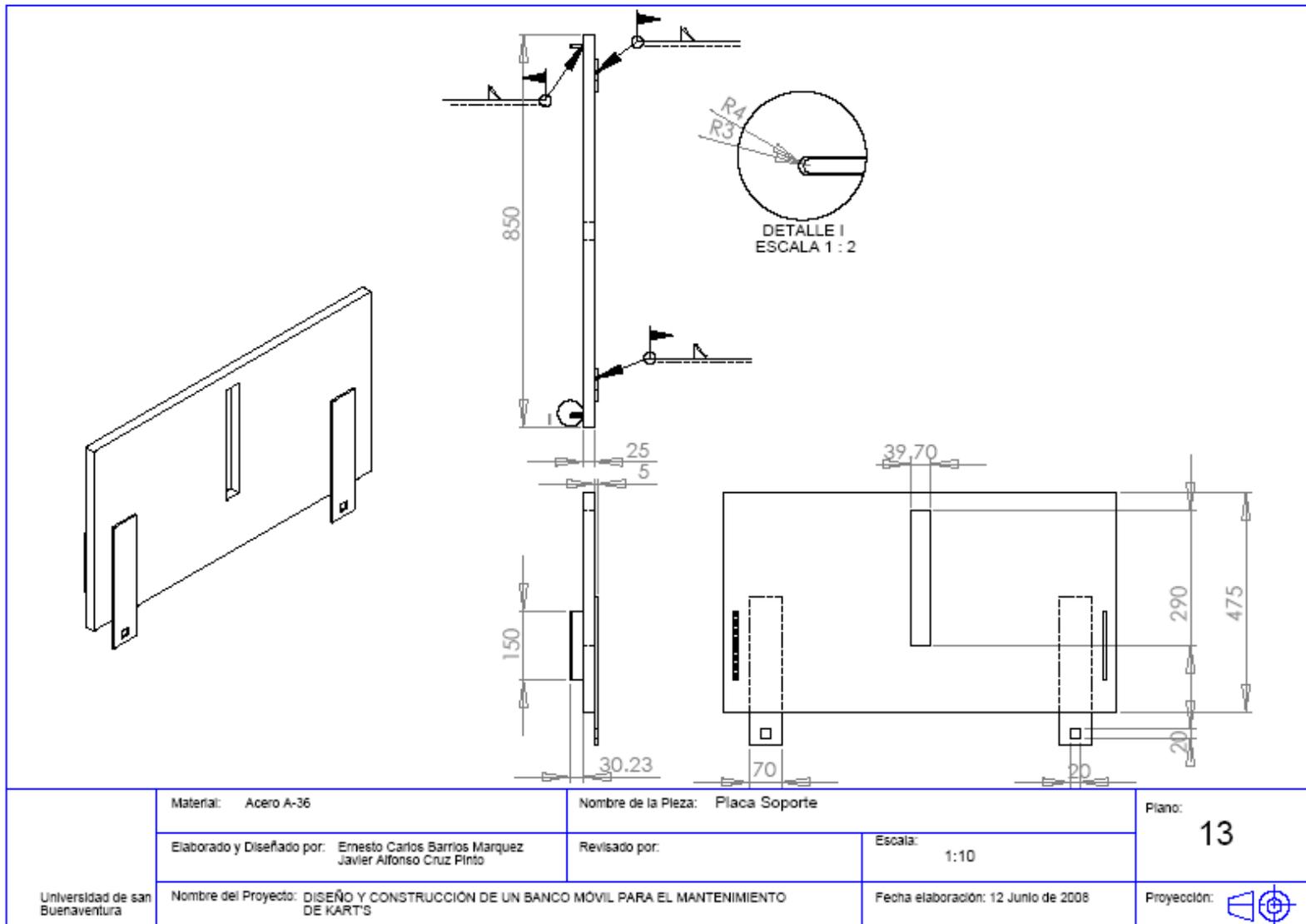
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Soportes		Plano: <b>7</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:2	
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO MOVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 Junio de 2008		Proyección:

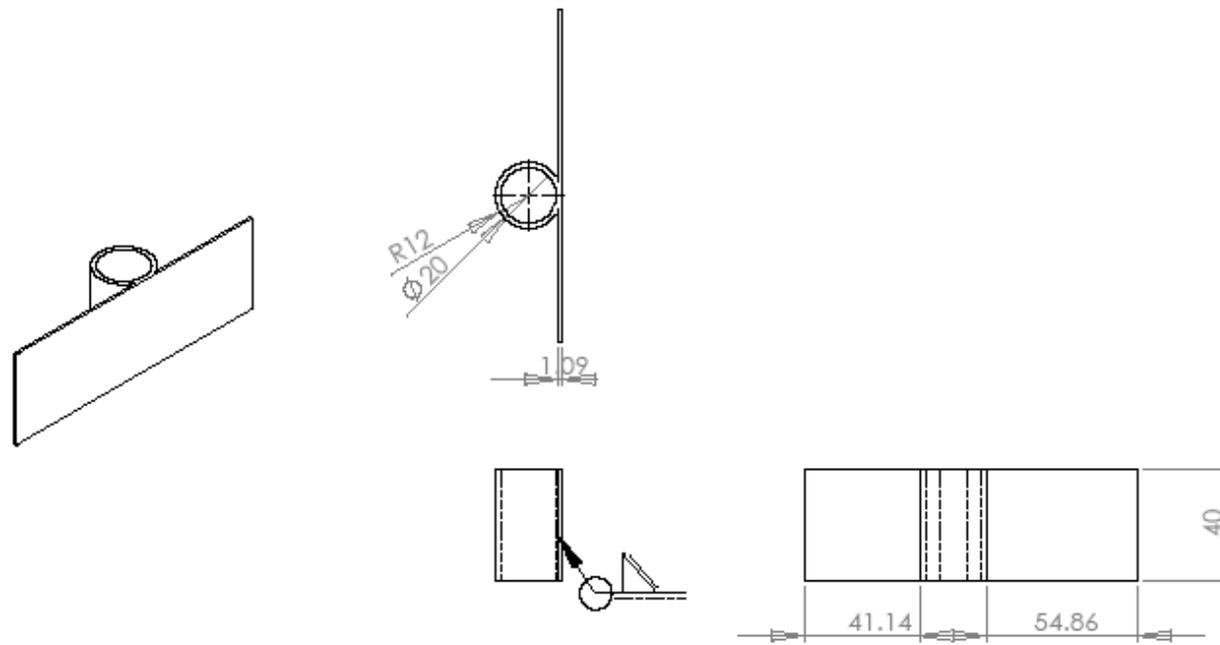


Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Mango 1		Plano:
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20	<b>9</b>
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S		Fecha elaboración: 12 Junio de 2008	Proyección: 

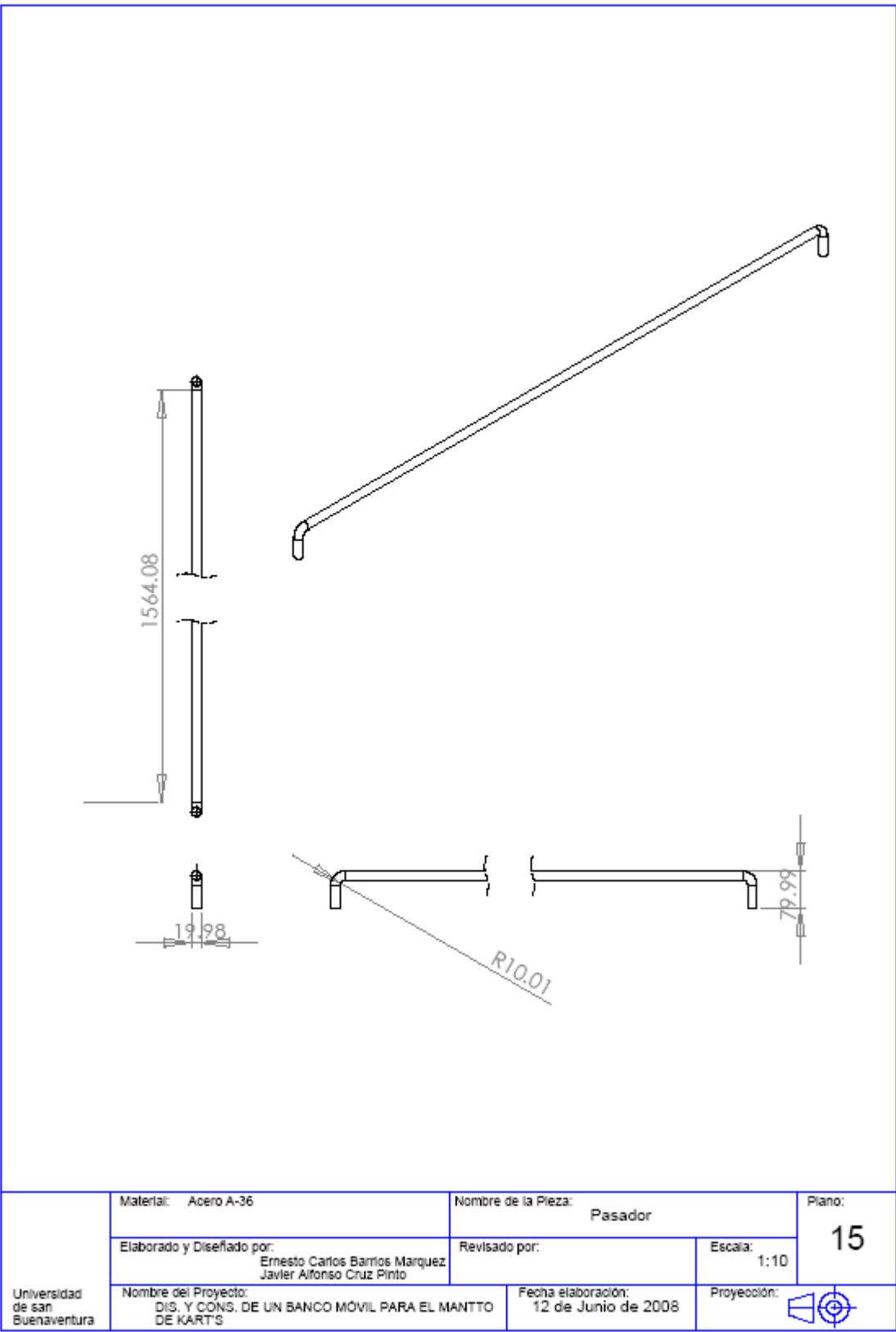




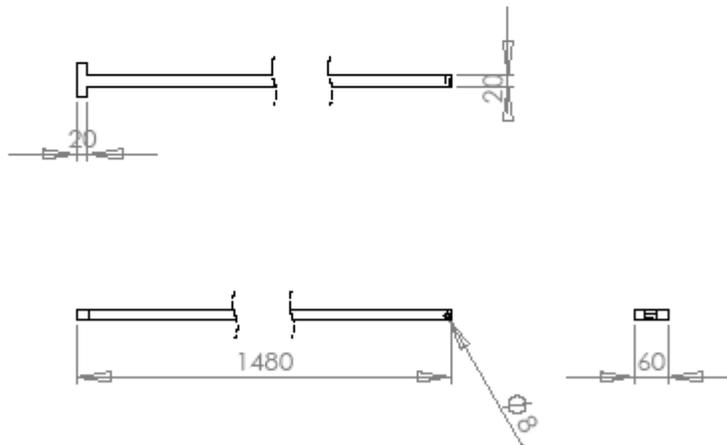
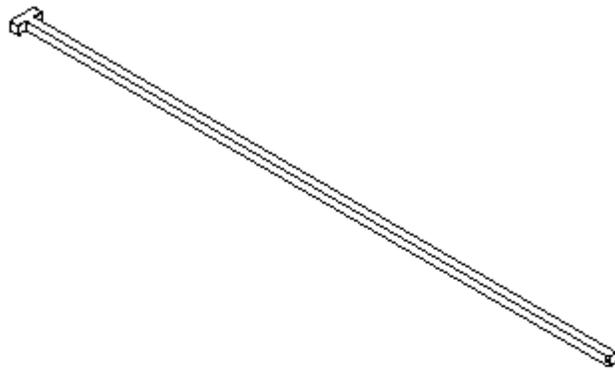




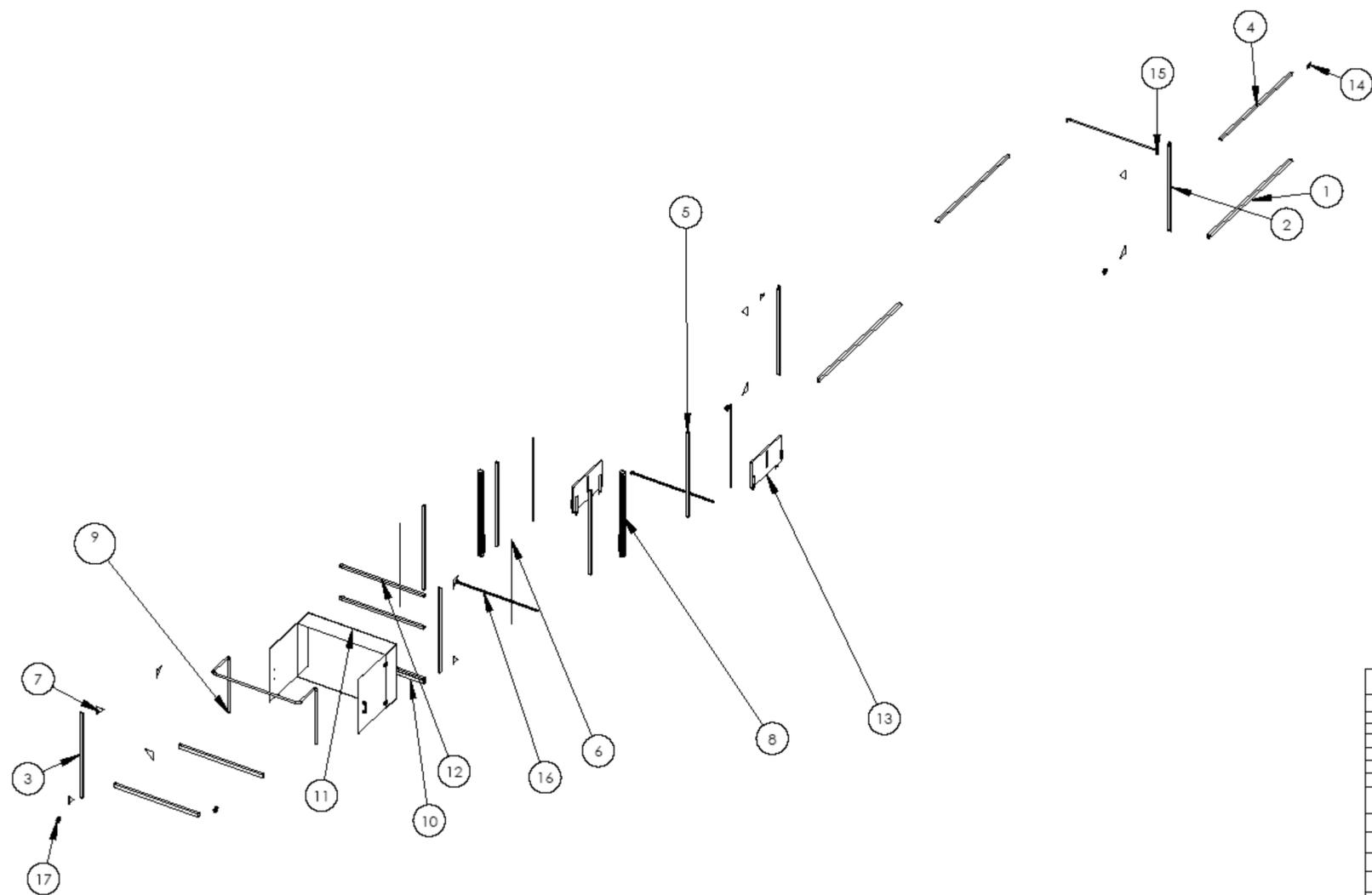
Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Topes		Plano:
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:2	14
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 Junio de 2008		Proyección:



Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Pasador		Plano: <b>15</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:10	
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección:	

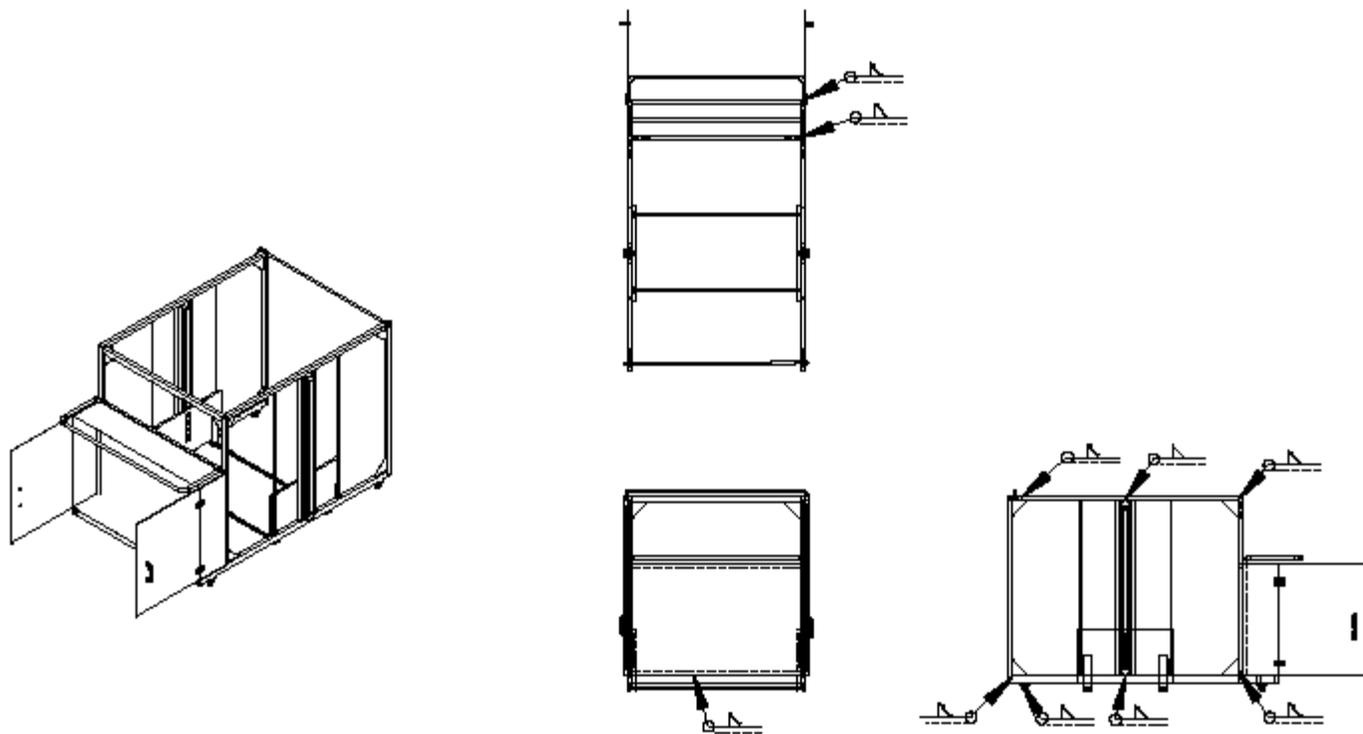


Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Soporte Transversal		Piano: <b>16</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:20	
	Nombre del Proyecto: DIS. Y CONS. DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 de Junio de 2008	Proyección:	



Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Laterales 2	plano 1	2
2	Horizontales 3	plano 2	2
3	Horizontales 2	plano 3	2
4	Laterales 1	plano 4	2
5	Horizontales 1	plano 5	4
6	Guías 1	plano 6	4
7	Soportes	Plano 7	10
8	30-ZR-40-1110-Airtec	Elemento normalizado	2
9	mango 1	plano 9	1
10	Transversales 1	plano 10	3
11	CajaBase	Elemento normalizado	1
12	Transversales 2	plano 12	3
13	Placa Soportes	plano 13	2
14	Topes	plano 14	2
15	Pasador	plano 15	1
16	Soportes Transversales	plano 16	2
17	12178-Nuts(M5 Normal Nut)	Elemento normalizado	4

Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Conjunto Ensamblado		Plano: 18
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Samios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:50	
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S		Fecha elaboración: 12 Junio de 2008	Proyección:



Universidad de san Buenaventura	Material: Acero A-36	Nombre de la Pieza: Conjunto Ensamblado		Plano: <b>19</b>
	Elaborado y Diseñado por: Ernesto Carlos Barrios Marquez Javier Alfonso Cruz Pinto	Revisado por:	Escala: 1:50	
	Nombre del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO MÓVIL PARA EL MANTENIMIENTO DE KART'S	Fecha elaboración: 12 Junio de 2008		Proyección: 

## **Anexo C. Cotización**

**Micro Pneumatic S.A.**

Nit: 830.507.152-1  
 PBX: (57+1) 4050016  
 Fax (57+1) 4050016 Ext 110 0 Ext 123.  
 Bogotá - Colombia  
 E-Mail: ventas@micro.com.co  
 http://www.micro.com.co

**MiCRO****Cotización Número****1789****Micro Pneumatic S.A. - Bogota** **Página 1 de 1**

Cliente:	ERNESTO CARLOS BARRIOS MÁRQUEZ	Fecha:	19/05/2008
Atención:	Ing. ERNESTO CARLOS BARRIOS MÁRQUEZ	Condición:	Contado
Departamento	Ingeniería / Proyectos	Asesor Industrial:	Sala de Ventas
Dirección:	POR CONFIRMAR	Asesor Interno:	ING. CAMILO ANDRÉS BELTRÁN
Teléfono:		E-Mail Asesor:	ventas@micro.com.co
Nit:	11111223-0		
Ciudad:	BOGOTÁ D.C.		

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
0.220.002.911/1	VALV. SB0 3 POS. C.C. DOBLE SOLENOIDE	1	\$ 314.888	\$ 314.888
0.101.003.431/0	CONJ. MODULAR FR+L 10 BAR 5M 1/8 BSP CON DRENAJE SEMIAUTOMATICO	1	\$ 209.725	\$ 209.725
0.477.400.410	REG. DE VEL. 90G.GIRATORIO 1/8"BSPP DIAM. 4	2	\$ 44.665	\$ 89.330
0.400.001.311	SILENCIADOR 1/8" SINTERIZADO	2	\$ 14.313	\$ 28.626
0.431.040.800	TE IGUAL TUBO DIAM 6mm	4	\$ 6.092	\$ 24.368
0.400.001.811	REG. CAUDAL BI.- 1/8 G	1	\$ 25.785	\$ 25.785
0.431.010.810	CONECT RECTO INST 1/8" TUBO DIAM 6mm	7	\$ 4.248	\$ 29.736
0.431.010.810	CONECTOR RECTO 1/8"BSPP TUBO DIAM 8	3	\$ 4.732	\$ 14.196
0.000.008.616	TUBO POLIAMIDA 12 DIAM EXT 4mm C. NATURAL *	12	\$ 1.415	\$ 16.980
0.000.008.617	TUBO POLIAMIDA 12 DIAM EXT 6mm C. NATURAL *	12	\$ 2.381	\$ 28.572
0.000.008.618	TUBO POLIAMIDA 12 DIAM EXT 8mm C. NATURAL *	1	\$ 3.312	\$ 3.312
0.0498.921.200	CILINDRO NEUM. SIVAST. OSP-P D 50 SELLOS VITON CARR 1200mm	1	\$ 3.987.450	\$ 3.987.450
0.049.000.025	MONTAJE PIE P/CILINDRO OSP-P STD D 50	1	\$ 252.265	\$ 252.265
0.500.001.119	RUEDAS CON BLOQUEO D=100 M14 (MÓVILES)	2	\$ 62.500	\$ 125.000
0.500.001.005	RUEDAS CON BLOQUEO D=100 M14 (FIJAS)	2	\$ 45.500	\$ 91.000

Observaciones: TIEMPOS DE ENTREGA: ITEM 12 E ITEM 13 IMPORTACION DE 4 A 6 SEMANAS DESPUES DE O/C; ITEM 3 DE 3 A 5 SEMANAS, RESTO DE ITEMS INMEDIATO

**Son: SEIS MILLONES SETENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS TREINTA PESOS**

Sub-Total:	\$ 5.241.233
I.V.A. 16%	\$ 838.597
<b>Total:</b>	<b>\$ 6.079.830</b>

Forma de Pago: Contado

Tiempo de entrega: 1 días

Validez oferta: 30 días calendario

Garantía: Un año contra defectos de fabricación en condiciones normales de operación utilizados dentro de los límites especificados en la información

**FAVOR ENVIAR ORDEN DE COMPRA A NOMBRE DE MICRO PNEUMATIC S.A Y REFERENCIAR EL NUMERO DE LA COTIZACIÓN.**

Cordialmente:

Ing. Sala de Ventas  
 Asesor Industrial  
 Cel. 313 853 8090

Cuenta Banco de Bogotá: 018225383 Cta. Corriente. A nombre de Micro Pneumatic SA
--

Cuenta Banco de Santander: 214054967 Cta. Corriente. A nombre de Micro Pneumatic SA
---

## Anexo D. Fotos de los Karts





## Anexo E. Banco de Mantenimiento actual



## Anexo F. Arranque en frío del motor



## Anexo G. Tabla del perfil cuadrado

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN					PROPIEDADES ESTÁTICAS								UNID.
					FLEXIÓN			Módulo		TORSIÓN			
TAMAÑO PERFIL		Espesor pared e	Peso P	Area A	Momento	Módulo	Radio	Módulo	TORSIÓN		Emp.		
TAMAÑO NOMINAL	REAL				Inercia Ix - Iy	sección Sx - Sy	de giro rx - ry	Zx = Zy	Momento	Módulo			
pulgadas	(mm)	d (mm)	b (mm)	(mm)	kg/m	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>3</sup> )		
7/8" x 7/8"	22 x 22	22,10	22,10	1,499	0,80	1,14	0,81	0,73	0,84	0,89	1,32	1,07	100
1" x 1"	25 x 25	26,70	26,70	1,778	1,31	1,67	1,71	1,28	1,01	1,55	2,83	1,89	
1" x 1"	25 x 25	26,70	26,70	2,032	1,50	1,91	1,87	1,40	0,99	1,72	3,22	2,15	100
1" x 1"	25 x 25	26,70	26,70	2,286	1,60	2,11	2,01	1,51	0,98	1,88	3,45	2,23	
1.1/2" x 1.1/2"	40 x 40	38,10	38,10	1,194	1,33	1,70	3,87	2,03	1,51	2,37	6,12	3,06	
1.1/2" x 1.1/2"	40 x 40	38,10	38,10	1,499	1,68	2,13	4,70	2,47	1,48	2,90	7,54	3,68	64
1.1/2" x 1.1/2"	40 x 40	38,10	38,10	2,032	2,25	2,86	6,01	3,15	1,45	3,77	9,91	4,70	
1.1/2" x 1.1/2"	40 x 40	38,10	38,10	2,489	2,72	3,47	6,98	3,66	1,42	4,45	11,80	5,47	
2" x 2"	50 x 50	51,60	51,60	1,499	2,29	2,92	12,20	4,73	2,05	5,50	19,33	7,07	
2" x 2"	50 x 50	51,60	51,60	2,032	3,10	3,95	15,84	6,14	2,00	7,22	25,63	9,18	30
2" x 2"	50 x 50	51,60	51,60	2,286	3,44	4,38	17,45	6,76	2,00	8,00	28,27	10,22	
2" x 2"	50 x 50	51,60	51,60	2,489	3,74	4,77	18,68	7,24	1,98	8,61	30,80	10,84	
2.3/4" x 2.3/4"	70 x 70	70,90	70,90	1,778	3,78	4,82	38,17	10,77	2,82	12,46	59,70	16,18	
2.3/4" x 2.3/4"	70 x 70	70,90	70,90	2,032	4,32	5,50	42,98	12,12	2,79	14,09	68,31	18,15	25
2.3/4" x 2.3/4"	70 x 70	70,90	70,90	2,489	5,26	6,70	51,25	14,46	2,77	16,92	82,60	21,66	
3" x 3"	75 x 75	76,20	76,20	3,175	7,21	9,01	78,93	20,72	2,96	24,44	129,27	21,11	36
3" x 3"	75 x 75	76,20	76,20	4,762	10,65	13,02	108,18	28,39	2,83	34,33	186,32	42,96	36
3" x 3"	75 x 75	76,20	76,20	6,350	13,91	16,70	131,36	34,48	2,80	42,77	234,06	52,84	24
3.1/2" x 3.1/2"	90 x 90	90,20	90,20	2,032	5,57	7,10	90,77	20,13	3,58	23,22	142,66	30,15	
3.1/2" x 3.1/2"	90 x 90	90,20	90,20	2,286	6,27	7,98	100,94	22,38	3,56	25,91	159,62	33,54	12
3.1/2" x 3.1/2"	90 x 90	90,20	90,20	2,489	6,81	8,67	108,89	24,14	3,54	28,02	173,05	36,19	
4" x 4"	100 x 100	101,60	101,60	3,175	9,69	12,24	195,49	38,42	3,98	44,85	313,59	57,75	25
4" x 4"	100 x 100	101,60	101,60	4,762	14,38	17,86	274,46	54,03	3,92	64,12	456,15	81,43	25
4" x 4"	100 x 100	101,60	101,60	6,350	18,88	23,16	341,94	67,31	3,84	81,39	592,47	102,19	20
5" x 5"	125 x 125	127,00	127,00	3,175	12,17	15,47	391,86	61,71	5,03	71,40	620,57	92,58	
5" x 5"	125 x 125	127,00	127,00	4,762	18,12	22,70	557,86	87,85	4,96	103,13	909,28	132,16	16
5" x 5"	125 x 125	127,00	127,00	6,350	23,85	29,26	705,26	111,06	4,82	132,31	1186,72	167,86	
6" x 6"	150 x 150	152,40	152,40	4,762	21,86	27,54	989,59	129,87	5,99	151,35	1591,90	195,17	9
6" x 6"	150 x 150	152,40	152,40	6,350	28,82	36,06	1262,94	165,74	5,92	195,51	2084,23	249,88	

## Anexo H. Tabla del perfil rectangular

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN										PROPIEDADES ESTÁTICAS									
										FLEXIÓN						TORSIÓN		UNID.	
										Eje X - X			Eje Y - Y			Módulo	Módulo		
TAMAÑO PERFIL				Espesor	Peso	Area	Momento	Módulo	Radio	Momento	Módulo	Radio	Plástico	Módulo	Módulo	Emp.			
TAMAÑO NOMINAL		REAL		pared e	P	A	Inercia	Módulo elástico	Radio de giro	Inercia	Módulo elástico	Radio de giro	Zx	Zy	Inercia J	Módulo elástico B			
pulgadas	(mm)	d (mm)	b (mm)	(mm)	Kg/m	(cm <sup>2</sup> )	Ix (cm <sup>4</sup> )	Sx (cm <sup>3</sup> )	rx (cm)	Iy (cm <sup>4</sup> )	Sy (cm <sup>3</sup> )	ry (cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>3</sup> )			
2" x 1.1/16"	50 x 30	51,59	27,44	1,194	1,33	1,69	6,29	2,44	1,93	2,37	1,73	1,18	3,00	1,94	5,56	2,96			
2" x 1.1/16"	50 x 30	51,59	27,44	1,499	1,73	2,20	6,29	2,44	1,69	2,86	2,09	1,14	3,68	2,38	6,83	3,59			
2" x 1.1/16"	50 x 30	51,59	27,44	2,032	2,32	2,95	9,80	3,80	1,82	3,63	2,65	1,11	4,79	3,08	8,91	4,59			
2" x 1.1/16"	50 x 30	51,59	27,44	2,480	2,32	2,95	11,39	4,42	1,97	4,19	3,05	1,19	5,64	3,61	10,53	5,34			
2.3/8" x 1.1/2"	60 x 40	60,00	37,85	1,194	1,71	2,18	11,29	3,76	2,28	5,57	2,94	1,60	4,53	3,31	11,81	4,89			
2.3/8" x 1.1/2"	60 x 40	60,00	37,85	1,778	2,55	3,25	16,02	5,34	2,22	7,86	4,15	1,56	6,51	4,74	17,05	6,93			
2.3/8" x 1.1/2"	60 x 40	60,00	37,85	2,032	2,91	3,71	17,92	5,97	2,20	8,77	4,63	1,54	7,32	5,33	19,22	7,76			
2.3/8" x 1.1/2"	60 x 40	60,00	37,85	2,489	3,52	4,48	21,11	7,04	2,17	10,28	5,43	1,51	8,72	6,33	23,98	9,14			
2.3/4" x 1.3/4"	70 x 45	70,10	45,05	2,032	3,52	4,48	29,69	8,47	2,57	15,00	6,66	1,83	10,29	7,60	32,13	11,08			
2.3/4" x 1.3/4"	70 x 45	70,10	45,05	2,489	4,29	5,46	35,19	10,04	2,54	17,72	7,87	1,80	12,31	9,07	38,56	13,13			
3" x 1.1/2"	76 x 38	76,20	38,10	1,194	2,08	2,65	20,27	5,32	2,77	6,97	3,66	1,62	6,52	4,05	16,57	6,31			
3" x 1.1/2"	76 x 38	76,20	38,10	1,499	2,61	3,32	24,90	6,54	2,74	8,53	4,48	1,60	8,06	4,99	20,48	7,73			
3" x 1.1/2"	76 x 38	76,20	38,10	1,778	3,09	3,94	28,96	7,60	2,71	9,88	5,19	1,58	9,43	5,83	23,96	8,98			
3" x 1.1/2"	76 x 38	76,20	38,10	2,032	3,53	4,50	32,50	8,53	2,69	11,05	5,80	1,57	10,63	6,56	27,03	10,06			
3" x 1.1/2"	76 x 38	76,20	38,10	2,489	4,29	5,46	38,50	10,11	2,65	13,00	6,83	1,54	12,70	7,82	32,35	11,90			
3.1/2" x 2"	90 x 50	90,17	50,00	2,032	4,32	5,50	58,97	13,08	3,27	23,73	9,49	2,08	16,01	10,67	54,42	16,16			
3.1/2" x 2"	90 x 50	90,17	50,00	2,489	5,26	6,70	70,33	15,60	3,24	28,18	11,27	2,05	19,23	12,80	65,49	19,25			
3.3/4" x 1.3/4"	95 x 45	95,12	45,05	2,032	4,32	5,50	62,87	13,22	3,38	19,71	8,75	1,89	16,44	9,79	48,83	15,25			
3.3/4" x 1.3/4"	95 x 45	95,12	45,05	2,489	5,26	6,70	74,97	15,76	3,34	23,36	10,37	1,87	19,75	11,72	58,67	18,14			
4" x 1.1/2"	100 x 40	99,99	39,98	2,032	4,317	5,50	66,26	13,25	3,47	15,80	7,91	1,70	16,78	8,81	42,15	14,10			
4" x 1.1/2"	100 x 40	99,99	39,98	2,489	5,26	6,70	78,98	15,80	3,43	18,69	9,35	1,67	20,13	10,54	50,52	16,73			
4" x 2"	100 x 50	101,60	50,80	3,175	7,21	9,16	117,34	23,10	3,58	39,69	15,63	2,08	28,97	17,86	98,42	27,21			
4" x 2"	100 x 50	101,60	50,80	4,762	10,65	13,50	160,94	31,68	3,45	53,54	21,08	1,99	40,70	24,90	139,04	37,26			
4.3/4" x 2.3/8"	120 x 60	121,78	59,90	2,032	5,58	7,11	138,63	22,77	4,42	46,42	15,50	2,55	28,01	17,17	111,53	26,72			
4.3/4" x 2.3/8"	120 x 60	121,78	59,90	2,489	6,81	8,67	166,39	27,33	4,38	55,47	18,52	2,53	33,80	20,69	134,64	32,10			
6" x 2"	150 x 50	152,40	50,80	3,175	9,69	12,32	329,63	43,26	5,19	58,01	22,84	2,18	55,97	25,54	166,60	41,63			
6" x 2"	150 x 50	152,40	50,80	4,762	14,38	18,24	462,11	60,64	5,03	79,27	31,21	2,08	79,92	36,04	235,54	57,49			
6" x 2"	150 x 50	152,40	50,80	6,350	18,88	24,01	574,42	75,38	4,89	96,06	37,82	2,00	101,29	45,11	295,94	70,61			
6" x 4"	150x100	152,40	101,60	3,175	12,15	15,47	509,23	66,83	5,79	273,64	53,87	4,21	80,04	60,72	562,62	88,66			
6" x 4"	150x100	152,40	101,60	4,762	18,04	22,98	725,85	95,26	5,65	387,98	76,37	4,13	115,64	87,55	817,79	126,36			
6" x 4"	150x100	152,40	101,60	6,350	23,81	30,33	918,68	120,56	5,50	488,49	96,16	4,01	148,40	112,12	1057,01	160,18			