UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS TIPO "GLOBAL A" PARA EL CENTRO DE ENTRENAMIENTO GENERAL MOTORS ECUADOR"

AUTORES:

JUAN CARLOS PRECIADO SILVA

DARÍO XAVIER SÁNCHEZ MOCHA

DIRECTOR: MGS. SANDRA CHASI

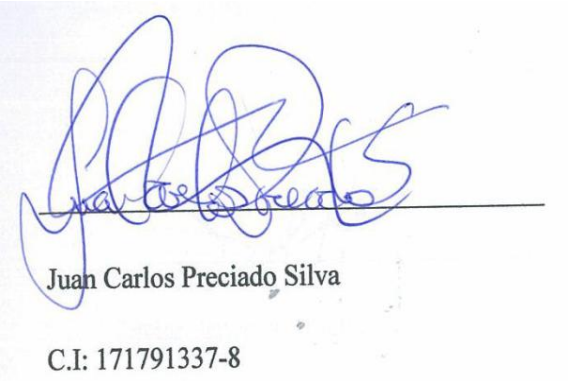
MARZO 2016

QUITO, ECUADOR

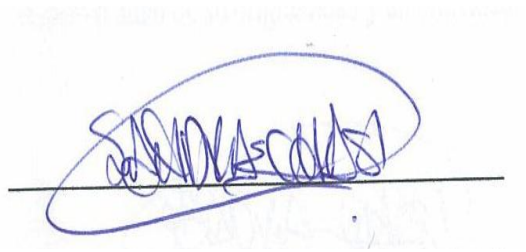
CERTIFICACIÓN

Yo, JUAN CARLOS PRECIADO SILVA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Yo, Sandra Chasi, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



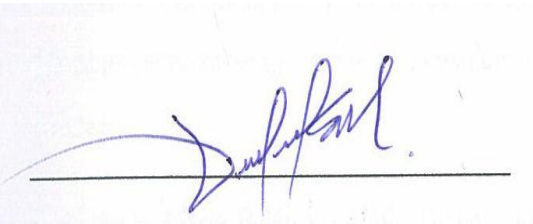
Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Mgs. Sandra Chasi

CERTIFICACIÓN

Yo, DARIO XAVIER SANCHEZ MOCHA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

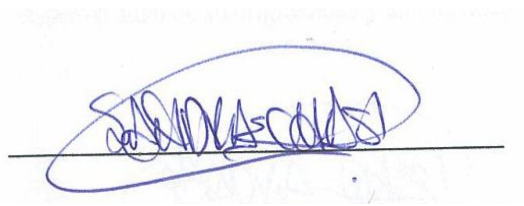
Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Darío Xavier Sánchez Mocha

C.I: 110466160-6

Yo, Sandra Chasi, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Mgs. Sandra Chasi

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Nelson y Lidia, mis ejemplos y quienes han sido mi soporte e inspiración durante toda mi vida, nunca dejaron de apoyarme ni brindarme su amor a pesar de los obstáculos que se dieron en todo mi camino como estudiante, y hoy espero llenarlos de orgullo con este nuevo logro.

A mis hermanas María José y María Augusta, que siempre estuvieron ahí a pesar de los problemas que se pudieron presentar, y que ante cualquier duda que ellas podían ayudarme jamás lo dejaron de hacer.

A mi novia María Belén y mi hijo Diego, quienes se han convertido en mi motivación para conseguir esta y otras metas en mi vida, gracias por comprender las ausencias que en ocasiones se dieron.

A Eugenio Vázquez, buen amigo de mi familia y a quien estimo mucho, por su atención y ayuda desde que inicie mi carrera, y que se ha preocupado cada día por mis avances, siempre esforzándome para no decepcionarlo.

Juan Preciado

DEDICATORIA

Mi proyecto de grado va dedicado primeramente a Dios que ha sido el ser que me ha brindado la fortaleza de cumplir las metas que me he propuesto día a día. A mis padres Ovidio Sánchez y Gladis Mocha que son la razón de mi vida y que siempre me han brindado su amor y apoyo incondicional y que a pesar de la distancia siempre han estado en todo momento dispuestos a brindarme sus consejos y su ayuda incondicionalmente y los cuales siempre me han dicho que "con mucho esfuerzo y humildad siempre se llega a lejos en la vida".

A mis hermanos Magaly, Marlo y Juan Carlos que siempre estuvieron presentes en los buenos y malos momentos de mi vida y que siempre me brindaron su ayuda incondicional, gracias por confiar en mí y brindarme la fuerza para conseguir este sueño alcanzado.

Y de manera muy especial a mi abuelita Mercedes que siempre tuvo mucha FE en mí y que desde el cielo me cuida y me protege siempre.

Darío Sánchez

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a DIOS, por guiarme, por darme fortaleza, y más que nada por darme una familia unida y maravillosa, a quienes amo ínfimamente y que en todo momento estuvieron a mi lado.

A toda mi familia por creer en mí y apoyarme en todos los sentidos, siempre que lo necesite o no, ellos estaban ahí y nunca dejaron que nada me falte.

A la UIDE y especialmente a la Facultad de Ingeniería Automotriz y sus autoridades, por darme la oportunidad de ser parte del grupo selecto de profesionales que ahí se forman, y por hacer de mí una excelente persona en todos los sentidos sé que conseguiré todas mis metas gracias a su excelente formación académica y esta oportunidad de proyecto.

A mis compañeros durante todos estos años, pero particularmente a mi compañero de tesis y gran amigo Darío con quien hemos pasado tantas cosas en las aulas y ahora terminamos este increíble proyecto sin importar cuantos retos enfrentamos.

A mis profesores, especialmente a Gorky Reyes y Sandra Chasi, quienes estuvieron involucrados durante todo este tiempo, se preocuparon, siempre nos ayudaron y veían lo mejor para nosotros.

Un reconocimiento especial de mi parte a General Motors del Ecuador, su Presidente Ing. Luis Enrique Landinez y todo el personal que lo integra, especialmente al Ing. Francisco Calle e Ing. Marco Bedoya, quienes están a cargo de este convenio de cooperación entre instituciones que nos permitió demostrar nuestros conocimientos y crecer como personas y profesionales, que con su apoyo y tiempo este proyecto llego a ser la mejor creación que pude realizar después de mi hijo, de la misma manera agradecer a todo el personal de Door Training especialmente al Ing. Xavier Gómez quien siempre se preocupó de nosotros y del proyecto, apoyándonos en cada situación y gracias a quien aprendimos tanto.

Juan Preciado

AGRADECIMIENTO

"Dios NO te promete un caminar fácil, pero si un final dichoso".

Primeramente agradezco a mis queridos padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional y su amor infinito, a mis hermanos que siempre estuvieron presentes brindándome sus consejos y su ayuda en cada momento de mi vida y siempre me dieron las fuerzas necesarias para lograr grandes metas.

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, por los conocimientos impartidos durante mi formación académica y de manera muy especial a los Ingenieros Gorky Reyes y Sandra Chasi por su colaboración desinteresada en la elaboración de este proyecto.

Mis agradecimientos a General Motors del Ecuador por fomentar estos convenios institucionales los cuales nos permiten a los estudiantes adquirir experiencia y conocimientos los cuales nos ayudan a crecer como profesionales y de manera muy cordial al Ing. Francisco Calle y Ing. Marco Bedoya por sus labores muy gratas; las mismas que permitieron que este proyecto se haga realidad, a Door Training y de manera muy especial al Ing. Xavier Gómez por su apoyo incondicional y su ayuda desinteresada que nos brindó durante la elaboración del banco de pruebas y por los conocimientos y la experiencia que me supo impartir durante la estadía en el centro de entrenamiento de General Motors.

Y de manera muy especial a mi amigo y compañero de tesis por ser ese soporte en el desarrollo del proyecto y que a pesar de los obstáculos siempre supimos salir adelante y lograr nuestra meta planteada.

Darío Sánchez

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS TIPO "GLOBAL A" PARA EL CENTRO DE ENTRENAMIENTO GENERAL MOTORS ECUADOR

Sandra Chasi[1], Gorky Reyes [2], Juan Preciado[3], Darío Sánchez[4]

[1]*Docente tiempo completo, Coordinador Investigación, Facultad Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador*
sachasiga@internacional.edu.ec

[2]*Docente tiempo completo, Coordinador Investigación, Facultad Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador*
gureyesca@internacional.edu.ec

[3]*Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador*
jucapre@hotmail.com

[4]*Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador*
d_xavier0404@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presenta el diseño y la construcción de un banco de pruebas que será utilizado por el personal del Centro de Entrenamiento de General Motors Ecuador, con el fin de capacitar a todos los técnicos y personal que están en proceso de certificación Chevrolet sobre la plataforma Global A y todos los sistemas que son utilizados en modelos que se comercializan localmente como el Chevrolet Cruze; Este proceso inició con la propuesta de una estructura en base tubular capaz de soportar los esfuerzos provocados por el motor, estos elementos generan fuerzas que al ser consideradas en simulaciones sobre un software de alto desempeño mecánico se demostró que el ensamblaje cumplía con las especificaciones requeridas por la marca. Se incluye el detalle del ensamblado de todos los componentes que forman parte del simulador, todo este proceso se realizó mediante un plan de trabajo elaborado por el personal de General Motors Ecuador. Al final, se detalla la adaptación de sistemas para que este mecanismo funcione en un

entorno en el que se simularán fallos y se probarán componentes al sustituirlos en el sistema, siendo estos mecánicos, electrónicos o módulos de control después de reprogramarlos.

Palabras Claves: Simulador Global A, Chevrolet Cruze, General Motors, centro de entrenamiento, construcción banco de pruebas.

ABSTRACT

This article describes the design and construction of a testing bench that will be used by staff of the Training Center of General Motors Ecuador, with the objective to train all technicians and staff who are in process of a Chevrolet certification about a "Global A" platform and all the systems that are used in models sold locally as the Chevrolet Cruze; This process began with the proposal of a tubular base structure able to withstand the stresses caused by the engine and transmission to be assembled on that basis, these elements generate forces to be considered in simulations performed in a high mechanical performance software was found to comply with the brand requirements. Also is detailed the assembly of all components that are part of the simulator; this process was conducted in compliance with a work schedule which was prepared by the staff of General Motors Ecuador. At the end, it is detailed the the adaptation of systems for this mechanism to work in an environment where fails are simulated and components are tested to replace the system, It can be mechanical, electronic and control modules after reprogramming.

Key Words: Simulator Global A, Chevrolet Cruze, General Motors, Training Center, construction of a testing bench.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. ESTRUCTURAS 1

1.1.1. Elementos de la estructura 1

1.2. CARGAS 2

1.2.1. Cargas estáticas 2

1.2.2. Cargas dinámicas 2

1.3. PERFILES 3

2. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO 3

2.1. METODOLOGIA A UTILIZAR 4

2.2. MOTOR 4

2.2.1. Código de seguridad 4

2.2.2. Identificación del Entorno 4

2.2.3. Semilla y Llave 5

2.3. CAJA 5

2.4. COMPONENTES 5

2.5. ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES 6

2.6. MEDICION DE CARGAS 6

2.7. ESTUDIO DE REQUERIMIENTOS 6

2.7.1. Modelo No. 1 6

2.7.2. Modelo No. 2 7

2.7.3. Modelo No. 3 (FINAL) 7

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 8

3.1. ACERO 8

3.2. GARRUCHAS 9

3.3. RESISTENCIA 9

3.3.1. Resistencia a la Fluencia (Sy). 9

3.3.2. Resistencia a la tensión (Su). 9

3.4. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON PARAMETROS DE CARGA IDEAL 10

3.4.1. Definición de cargas y apoyos sobre la estructura. 10

3.4.2. Simulación de las tensiones ejercidas sobre la estructura 11

3.4.3. Simulación de desplazamiento resultante sobre la estructura 11

3.4.4. Resultado de factor de seguridad en la estructura 12

3.5. COMPARATIVA DE RESULTADOS ESTRUCTURALES 12

3.5.1. Conjunto Motor 13

3.5.2. Sistema Refrigeración 13

3.5.3. Sistema Frenos 13

3.5.4. Sistema De Combustible 13

3.5.5. Sistema De Dirección 13

3.5.6. Radio 13

3.5.7. Sistema Eléctrico 13

3.5.8. Sistema Climatizador 14

3.6. FABRICACIÓN Y MONTAJE 15

3.6.1. Administración Visual 15

4. CONCLUSIONES 17

5. BIBLIOGRAFIA 17

1. INTRODUCCIÓN

Con el afán de mantenerse como marca líder en el mercado, General Motors invierte continuamente en la preparación de sus colaboradores, siendo la práctica la mejor herramienta para afianzar los conocimientos obtenidos en el aula; resulta primordial contar con equipos que actualizan los conocimientos sobre las nuevas tecnologías que se van imponiendo en el mercado local, a su vez brindar la posibilidad de disponer de un banco de pruebas que resuelva problemas que se den a diario en talleres genuino Chevrolet a nivel nacional.

Como parte de la colaboración institucional entre General Motors del Ecuador y la Universidad Internacional del Ecuador se otorgó la fabricación de este banco de pruebas a los estudiantes egresados de la facultad de Ingeniería Automotriz, quienes recibieron la apertura y apoyo con los recursos necesarios para que continúen con los procedimientos establecidos en el plan de trabajo en las instalaciones del Centro Entrenamiento Chevrolet. Adjuntado en el Anexo N.-1. Al iniciar el proyecto tras varias reuniones se definió el que sería el modelo final de la estructura, misma que tras ser fabricada se continuó con el ensamblaje de los componentes mecánicos para ser colocarlos sobre la estructura, esto develó nuevos retos que se resolvieron con la adaptación de mecanismos que ayudarían a que el banco de pruebas se comporte de la misma manera que en el vehículo.

1.1. ESTRUCTURAS

Una estructura es un sistema de partes que se encuentran conectadas con el propósito de soportar una carga especifica; al momento de diseñar una estructura se tomara en cuenta la función específica que va a cumplir además se considerara la seguridad, estética y la facilidad para su mantenimiento.[1].

1.1.1. Elementos de la estructura

Son aquellos elementos que se incluirán en la fabricación del soporte y que para determinar su funcionabilidad se establecerá que sean capaces las cargas específicas.

1.1.1.1. Tensores

Son los elementos estructurales que se encuentran sometidos a una fuerza de tensión.

1.1.1.2. Vigas

Son elementos rectos horizontales que se usan principalmente para soportar cargas

verticales, estas se diseñan para resistir momentos de flexión

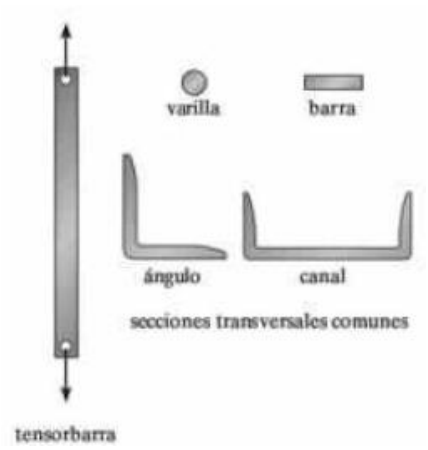


Figura 1. Secciones transversales comunes.
Fuente: Hibbeler, R. (2012). *Análisis Estructural*. México: Pearson

1.1.1.3. Columnas

Son los elementos que generalmente son verticales y resisten cargas de compresión axial, en ocasiones las columnas están sujetas simultáneamente a una carga axial y a un momento de flexión.

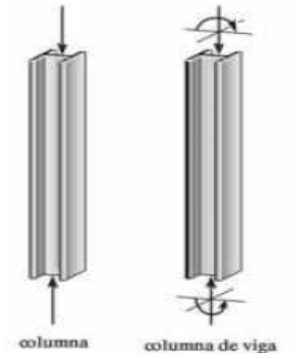


Figura 2. Clasificación de Columnas
Fuente: Hibbeler, R. (2012). *Análisis Estructural*. México: Pearson

1.2. CARGAS

Una vez establecidos los requisitos dimensionales es importante determinar las cargas que soporta el elemento, las que definen el tipo de estructura final. Una vez determinada la forma, el diseño real comienza con los elementos que están sujetos a las cargas primarias y procede en orden secuencial a los distintos elementos de apoyo.

1.2.1. Cargas estáticas

Son los pesos de los diversos elementos y los pesos de todos los componentes que se encuentran unidos de forma permanente en la estructura; las cargas estáticas se estiman a partir de fórmulas basadas en los pesos y tamaños de elementos similares. [1].

1.2.2. Cargas dinámicas

Estas varían en su magnitud y ubicación; son causadas por el peso de objetos colocados provisionalmente sobre la estructura, por lo general estas cargas incluyen una protección adicional contra una deformación excesiva o sobrecarga repentina.

1.3. PERFILES

Las barras que componen las estructuras se fabrican en diferentes formas, a la sección transversal perpendicular al eje longitudinal se le denomina perfil. Estos se detallan en el *Anexo N.-3.*

En las barras metálicas los procesos más usados para la obtención de perfiles son:

Laminado en caliente.- se usa a menudo para crear una barra de material de forma y dimensiones.

Los tubos son fabricados mediante el laminado de tiras o de placas. Los bordes de la tira se laminan juntos para crear costuras que se sueldan a tope o de solapa. El tubo sin costura se fabrica laminando u horneando con un mandril de perforación una barra sólida calentada.

La extrusión.- es el proceso mediante el cual se aplica una gran presión a una palanca o pieza bruta de metal calentado, lo cual obliga a ésta a fluir a través de un orificio reducido. Este proceso es más común con materiales de bajo punto de fusión, como el aluminio, cobre.

El forjado.- es el trabajo en caliente de metal mediante martillos, prensas o máquinas de forjado. En común con otros procesos de trabajo en caliente, este método produce una estructura de grano refinado que ofrece mayor resistencia y ductilidad.

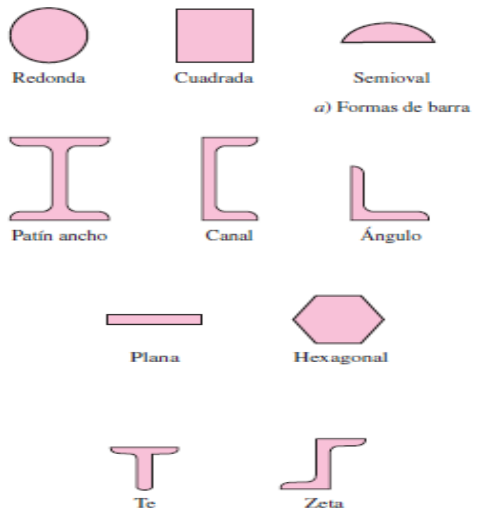


Figura 3. Formas comunes que se pueden lograr mediante laminado en caliente.
Fuente: Budynas, R. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill

2. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO

Durante la realización del proyecto del simulador, se elaboraron varias actividades con el objetivo de: determinar masas de elementos a soportar sobre la estructura, analizar la ubicación de los elementos sobre un vehículo, seleccionar el tipo de material que cumpla tanto en función como en presentación, diseño de formas para la estructura en función de las necesidades, construcción sobre una base provisional para determinar la ubicación final de elementos;

es entonces cuando tras tener todas estas consideraciones tomadas se decidió dar forma a la estructura final.

2.1. METODOLOGIA A UTILIZAR

En base a los lineamientos establecidos para la elaboración del proyecto, inicialmente se estudió las variables del proyecto utilizando el Método Analítico que se basa en distinguir y analizar ordenadamente los fenómenos que intervienen sobre cada uno de los elementos de la estructura a fabricar, para lo que a continuación se detalla las características de dichos elementos.

2.2. MOTOR

El motor usado sobre este banco de pruebas es un motor CHEVROLET ECOTEC de las siguientes características.

Tabla 1: Especificaciones del Motor

SISTEMA	ESPECIFICACION
Tipo de motor	4 cilindros en línea
Válvulas	16
Desplazamiento	1,796 L
Carrera	88,2 mm
Relación compresión	10.5:1
Potencia máxima	103 kW / 6.300
Orden de encendido	1-3-4-2
Peso del motor	118 kg
Capacidad aceite	4,5 L

Fuente: General Motors. *Manual de Servicio Chevrolet Cruze*. Recuperado el 12 de diciembre de 2015. https://www.autopartners.net

Este motor funciona bajo la plataforma GLOBAL A de General Motors implementada desde el año 2010, la cual tiene como principal característica una arquitectura electrónica que incrementa su seguridad ante situaciones de robo. Esto lo logra por medio de uno o varios de los siguientes métodos. [5]

2.2.1. Código de seguridad

Su función es proteger la información de seguridad del vehículo contra la manipulación, esto lo logra al vincular el VIN del vehículo con un código generado al azar en su fabricación, este código es solicitado al realizar tareas específicas del sistema antirrobo, como sería el aprendizaje de nuevas llaves con chip.

2.2.2. Identificación del Entorno

El propósito de identificar en entorno en el vehículo es de aumentar la complejidad de violentar la seguridad del mismo al intercambiar los módulos. La habilidad de detectar el cambio de un módulo con uno diferente al programado ayuda al vehículo a detectar una potencial situación de robo y no permite el encendido del motor, de esto se encarga la BCM que se identifica a sí misma y compara la información con los demás sistemas del vehículo, es entonces que si se

cumplen todas las condiciones de seguridad el motor enciende.

2.2.3. Semilla y Llave

El propósito de este sistema es proteger a ciertos módulos de control de una reparación no autorizada. Cada módulo que implementa este sistema es fabricado con un valor semilla que es almacenado en su memoria, y reportado a la herramienta de diagnóstico cuando esta es conectada, a su vez esta responderá con la llave que corresponda, permitiendo así la reprogramación del módulo.

Los módulos que incluyen la programación seguridad de semilla y llave son los siguientes:

- *Módulo de control de carrocería (BCM)*
- *Módulo de control de Motor (ECM)*
- *Módulo de control del Panel de Instrumentos (IPC)*
- *Módulo de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)*
- *Módulo electrónico de control de freno (EBCM)*
- *Módulo de Censado y Diagnóstico (SDM)*
- *Módulo de control de bloqueo de la columna de dirección (SCLCM)*

Es importante señalar que los radios de la plataforma Global A no permiten intercambiarse, pues si bien no son pare del sistema de seguridad del vehículo, estos leen la información del VIN y la misma no será reprogramada.

2.3. CAJA

La Hydra-Matic 6T40 está montada transversalmente seis velocidades de transmisión automática producidos por General Motors.

Tabla 2: Especificaciones técnicas de la caja automática

SISTEMA	ESPECIFICACION
Códigos RPO	MH8
Acc. Cambio	Tracción delantera
Marcha atrás	2,94
Relación de 1ª	4,584
Relación de 2ª	2,964
Relación de 3ª	1,912
Relación de 4ª	1,446
Relación de 5ª	1,000
Relación de 6ª	0,746
Tipo de aceite	DEXRON VII
Peso neto	81/86 kg

Fuente: General Motors. *Manual de Servicio Chevrolet Cruze*. Recuperado el 12 de diciembre de 2015. https://www.autopartners.net

2.4. COMPONENTES

Gracias a GM del Ecuador, se tuvo a disposición del proyecto todos los componentes necesarios para ensamblaje del

simulador, estos se detallan completamente en el *Anexo II*

Tabla 3. Descripción de componentes.

ELEMENTO	Conjunto	Pieza
Motor completo	X	
Caja de cambios automática	X	
Tablero de instrumentos		X
Panel de instrumentos		X
Sistema alimentación combustible	X	
Sistema de refrigeración	X	
Cableados de todo el vehículo	X	
Módulos de control electrónico	X	
Radio		X
Batería		X

Fuente: Autores

2.5. ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES

Con el fin de que la ubicación de los elementos que componen el sistema sea lo más parecido a los que se ven sobre el modelo en el cual se basa; General Motors del Ecuador y su Centro de Entrenamiento pusieron a disposición del proyecto un Vehículo Chevrolet Cruze, el cual ayudo a identificar la ubicación real de los repuestos y observar el lugar que están fijados a la carrocería, teniendo así parámetros acordes para la fabricación de la estructura como altura y largo.

2.6. MEDICION DE CARGAS

Al tratarse de los elementos más pesados e importantes del proyecto, una vez estuvo armado el conjunto de caja-motor completo, se determinó su masa total, para lo que se empleó una balanza de tipo industrial, donde se determinó:

Peso pallet de apoyo:	*9 kg*
Peso conjunto motor completo-caja:	*226 kg*
Peso total:	***235 kg***

2.7. ESTUDIO DE REQUERIMIENTOS

Se definieron los lineamientos por parte de los directores de proyecto, y se elaboraron varios bosquejos sobre un software informático de alto desempeño como es Solid Works, que fueron presentados en las Válvulas de Control donde se realizaron varios cambios que llevaron al modelo final.

2.7.1. Modelo No. 1

Este diseño se realizó con acero estructural del tipo perfil cuadrado de 2 pulg con un espesor de 2 mm; la disposición de los soportes de este modelo tiene como base la ubicación de los elementos en el vehículo, y a su lado izquierdo uno de ellos tiene la forma de A, cuya función es permitir el desmontaje de la caja automática para pruebas. Se puede apreciar que la base para el tensor de la caja tiene una forma de L en

su parte posterior, este se eliminó pues no se acoplaba a las partes del motor recibidas.

En la Figura 4 no se incluyó el soporte para el panel de instrumentos pues no estaba considerado en el proyecto.

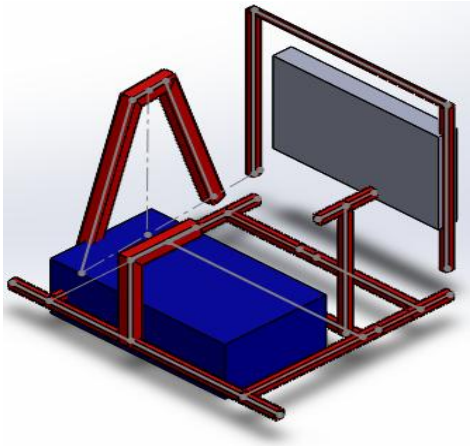


Figura 4. Diseño del banco de pruebas N.-1
Fuente: Autores

2.7.2. Modelo No. 2

Este diseño se basa en el Modelo No.1,con cambios importantes como el soporte para el tubo del tablero que hasta esa fecha se había confirmado su llegada, mismo que se anclaría sobre las platinas con perforaciones que se aprecian en la Figura 5; se observa como el soporte con forma de A fue sustituido por un tubo redondo con una curvatura en su parte superior dirigida hacia el motor, en donde se apoyara la base correspondiente al lado de caja y facilita el montaje y desmontaje de la caja sin complicaciones.

Se modificó tanto la ubicación como el diseño del soporte para el tensor del motor, mismo que se observa con forma de paralelas en la parte delantera del simulador.

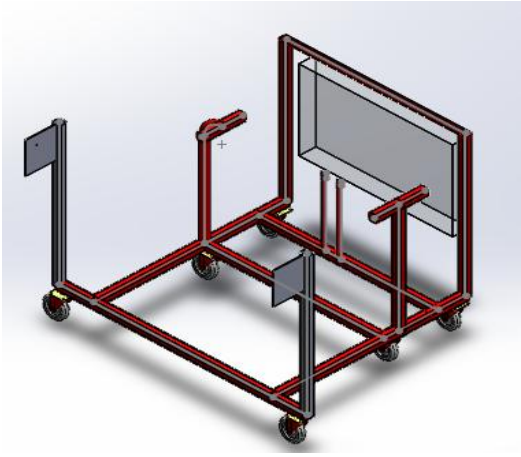


Figura 5: Diseño del banco de pruebas N.-2
Fuente: Autores.

2.7.3. Modelo No. 3 (FINAL)

Una vez presentado el Modelo No. 2 en la válvula de control, se estudió y autorizo el cambio del perfil estructural por uno del tipo tubular en 2 pulgadas de diámetro con un espesor de 2 mm, lo que llevo a hacer varias modificaciones en el diseño que mejorarían su estética, funcionalidad y costos.

Una de esos cambios es la base del tablero que soportara directamente al mismo sobre un segmento cuadrado, eliminando así la necesidad de la pieza soporte del mismo.

En la figura 6 se aprecia que el diseño de los laterales del soporte incluye una curvatura con la intención de disminuir el centro de gravedad del conjunto, permitiendo en este lugar colocar el depósito de combustible sin perder el espacio necesario para dar servicio al motor.

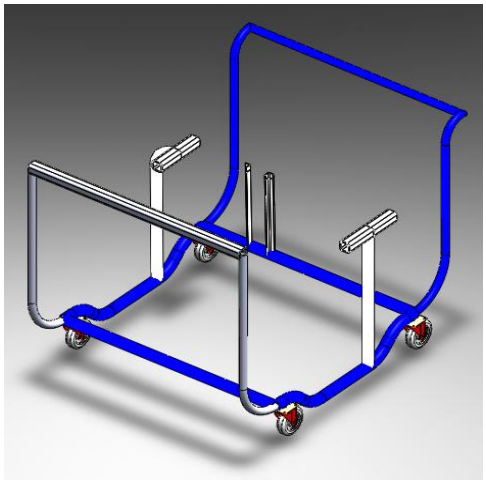


Figura 6. Diseño final del banco de pruebas
Fuente: Autores

Cumpliendo con los requisitos de seguridad solicitados por los supervisores de proyecto, se adiciono una sección tubular sobre el área del radiador que permitirá el desplazamiento del simulador en el taller.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos del estudio de los elementos, definen el camino a seguir en la fabricación de la estructura, como se ve a continuación en donde se detalla los resultados para cada caso.

3.1. ACERO

Tras elaborar inicialmente bosquejos sobre una tubería cuadrada, se determinó que la misma no ofrecía las facilidades en curvas como el acabado esperado, entonces se consideró la tubería redonda como la mejor opción porque presenta los siguientes beneficios:

* Forma cerrada y bajo peso, tiene mejor comportamiento a esfuerzos de torsión y resistencia al pandeo.

* Facilidad de montaje, la misma que permite la realización de uniones simples por soldadura, permite realizar acabados curvos.

* Superficies exteriores reducidas, sin ángulos ni rebabas, alta protección contra corrosión.

Tabla 4: Tabla comparativa de los materiales en el mercado local.

	Acero	**Aluminio**	**Cobre**
Forma cerrada	3	1	2
Facilidad de montaje	3	3	2
Superficies exteriores	3	1	1
Bajo costo	3	2	1
Disponibilidad mercado	3	2	1

Fuente: Autores.

3- BUENO 2- REGULAR 1- MALO

3.2. GARRUCHAS

Una vez determinado el tipo de estructura se procedio a escoger las garruchas las mismas que soportan un peso necesario por los componentes a montar y se seleccionó las siguientes: garruchas con soporte de acero de grueso calibre, acabado galvanizado con doble pista de esferas. Rueda de poliuretano duro gris con rodamiento de bolas interno, espigo de rosca corto ½pulg. Doble freno Medida: 5 pulg. Capacidad de carga: 150 Kg.

Figura 8: Tipos de garruchas.
Fuente: Catalogo de garruchas.

3.3. RESISTENCIA

La resistencia es una cualidad intrínseca de los elementos, que está definida en función del tipo de material que se empleó para su elaboración así como los procesos y tratamientos que sufrió durante su fabricación.

3.3.1. Resistencia a la Fluencia (Sy).

Es donde hay un gran incremento de la deformación con poco o ningún aumento del esfuerzo; esta propiedad indica que el material ha cedido o se alargado en gran medida y en forma plástica y permanente. [3]

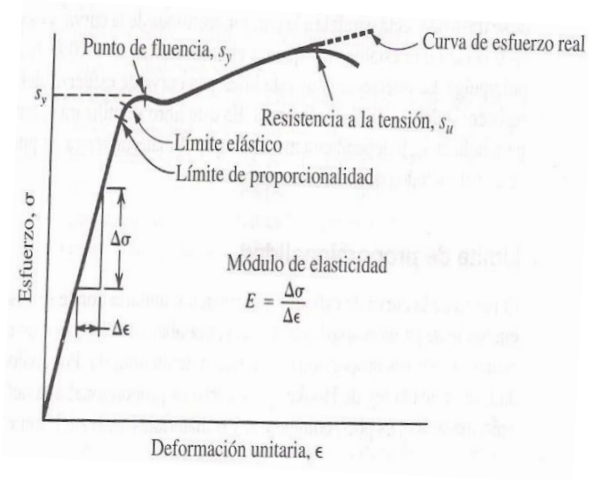


Figura 9: Diagrama típico de esfuerzo – deformación unitaria para el acero.
Fuente: Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson.

3.3.2. Resistencia a la tensión (Su).

Es el punto máximo de la curva esfuerzo – deformación unitaria; en dicho punto de la prueba se mide el máximo esfuerzo aparente en una barra de material antes de que el diámetro de la misma presente un decremento notable para de ahí romperse.

Tabla 5: Tabla comparativa de módulos elástico, plástico y momento de inercia de perfil tubular, cuadrado y rectangular.

	Módulo elástico cm^3	Módulo plástico cm^3	Momento inercia cm^4
Tubular (50x2 mm)	3.48	4.61	8.70
Cuadrado (40x2 mm)	3.47	4.13	6.94
Rectangular (40x30x2mm)	2.75	3.37	5.49

Fuente: Autores.

3.4. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON PARAMETROS DE CARGA IDEAL

El diseño de la estructura tanto en sus modelos previos como el final se lo desarrollo en Solid Works 2015 Profesional; este software permite también la simulación del comportamiento de sistema en un entorno con variables definidas; las que se determinaron con las hojas de especificaciones de materiales.

3.4.1. Definición de cargas y apoyos sobre la estructura.

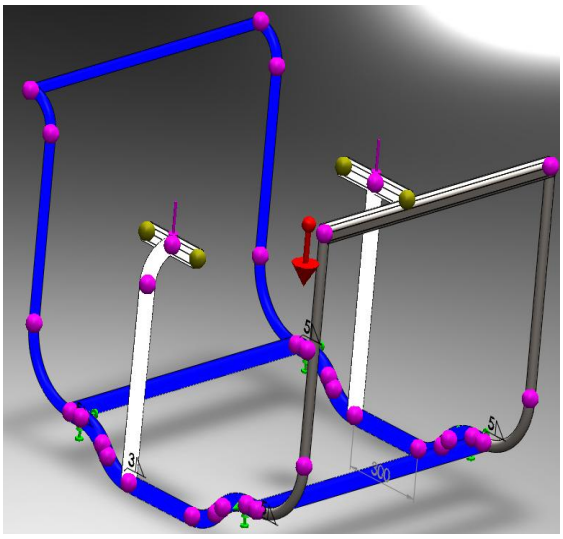


Figura 10. Definición de cargas y apoyos sobre la estructura.
Fuente: Autores

En la figura 10 se observa con flechas verdes la ubicación de las garruchas que soportaran el simulador, estas flechas determinan el apoyo del sistema, la flechas de color morado sobre las bases de apoyo del motor son las cargas aplicadas (suman 300kg), y la flecha roja ubicada al centro es la gravedad. También están determinados los puntos morados donde hay suelda o curvatura del tubo.

3.4.2. Simulación de las tensiones ejercidas sobre la estructura

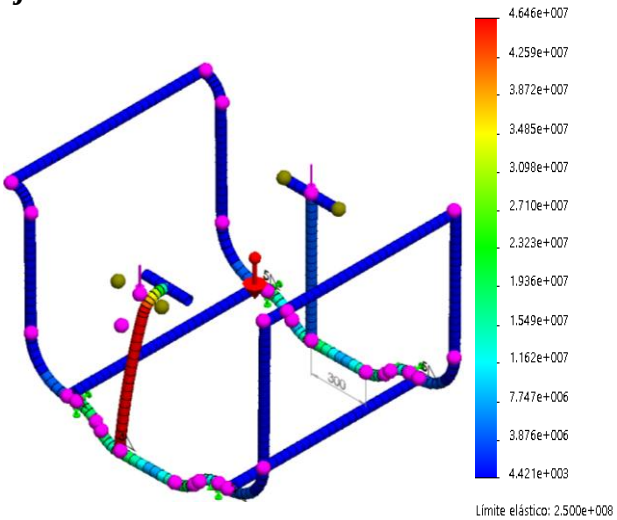


Figura 11. Simulación de las tensiones ejercidas sobre la estructura
Fuente: Autores

El análisis de tensión generado por el software presenta en pantalla los resultados de los cálculos realizados en función de las variables ingresadas previamente tanto de la estructura como de materiales, estos presentan de forma gráfica en la pantalla la distribución de tensiones, deformaciones y demás aspectos del modelo, permitiendo asi identificar por medio de colores áreas de interes como:

- Debilidad
- Desperdicio o poca carga
- Rendimiento y vibraciones antes de su fabricación

. En la figura 11. Se observa como el soporte curvo de lado de caja sufre la mayor tensión al aplicar el peso de la estructura, pero no supera el límite elástico en ninguno de los puntos como se observa en la escala.

3.4.3. Simulación de desplazamiento resultante sobre la estructura

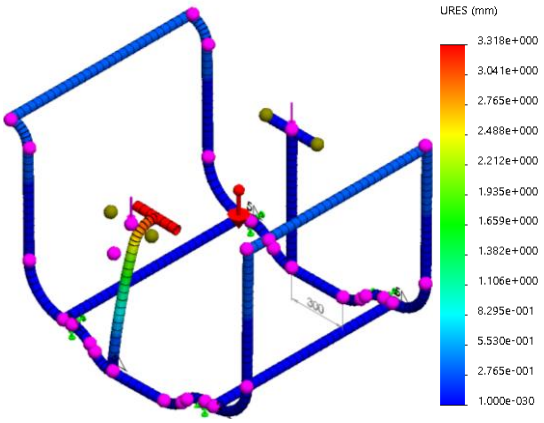


Figura 12. Simulación del desplazamiento resultante sobre la estructura.
Fuente: Autores

Este análisis muestra el desplazamiento de los soportes al aplicar la carga distribuida del motor, es decir 150 kg cada uno, mostrando en colores la deformación resultante, y en unidades URES (desplazamiento resultante) dada en milímetros.

Tras el ANÁLISIS de resultados se observa como el soporte recto tiene un comportamiento ideal ya que soporta la carga perpenticularmente a la base, pero el soporte curvo tiende a un ligero desplazamiento de 3.32 mm en dirección a la parte interna de la estructura, esto no

implica daño alguno a la estructura y no supera el coeficiente de deformación del material, a la vez que este movimiento se ve disminuido gracias a la base de soporte del motor que esta compuesto principalmente de caucho.

3.4.4. Resultado de factor de seguridad en la estructura

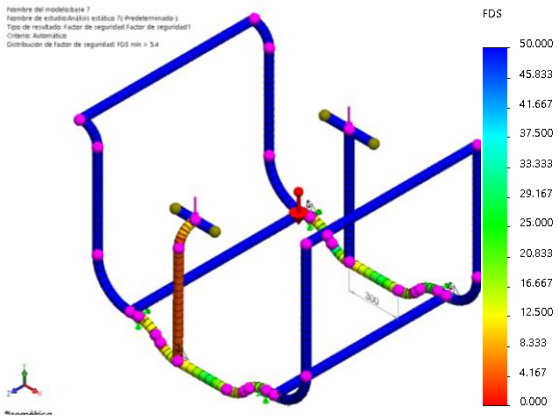


Figura 13. Resultado del factor de seguridad de la estructura.
Fuente: Autores

En esta simulación el sistema determina el valor máximo de carga que podría soportar el sistema y lo divide con la carga aplicada, y en caso de ser mayor a uno indica un exceso de capacidad.

En la figura 13. Se puede observar los resultados del análisis, donde el factor de seguridad mínimo de este sistema es de 5, esto supera el factor de seguridad de 3 inicialmente establecido, esto se debe principalmente a que el diseño inicial se lo realizo tomando en cuenta elementos de suspensión y frenado del vehículo, mecanismos que posteriormente fueron descartados del proyecto, pero que un futuro no se descarta la oportunidad de instalarlos, por lo que el simulador está listo para modificaciones sin comprometer su factor de seguridad.

3.5. COMPARATIVA DE RESULTADOS ESTRUCTURALES

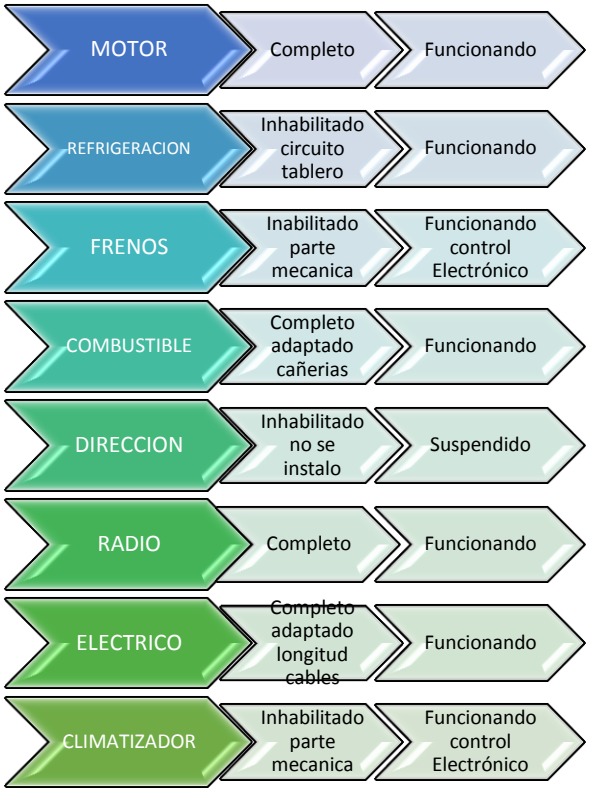


Tabla 4: Diferenciación entre los componentes en el vehículo y el banco de pruebas.
Fuente: Autores.

Para que los sistemas del motor funcionen de la misma forma que en el

vehículo se realizaron varios cambios en ubicación y funcionamiento sobre ciertos componentes que en la siguiente tabla se detallan.

3.5.1. Conjunto Motor

Este conjunto se encuentra ensamblado en su totalidad sobre el simulador, labor que se realizó siguiendo las instrucciones tanto de ubicación como ajuste dadas por el manual de servicio.

3.5.2. Sistema Refrigeración

El sistema fue incorporado al simulador de modo que funcione para cubrir las necesidades de enfriamiento del motor, y se suprimió el circuito de calefacción de habitáculo mediante el sellado de cañerías hacia el tablero.

3.5.3. Sistema Frenos

Este sistema consta solo de la parte de control electrónico necesario para el funcionamiento de la red CAN, debido a que en el simulador no se incluyó el sistema hidráulico de frenos.

3.5.4. Sistema De Combustible

Este sistema se encuentra habilitado y funcionando en su totalidad, para lo que se montaron todos los elementos necesarios, pero debido al cambio de ubicación del depósito con respecto al motor, las cañerías que recorren por la parte inferior del vehículo fueron adaptadas a su nueva longitud conservando para esto los acoples hacia el motor y el regulador de presión de combustible.

3.5.5. Sistema De Dirección

El simulador no incluye ninguno de los componentes de este sistema, debido a que su funcionamiento se basa en un sistema de hidráulico convencional y el centro del entrenamiento ya dispone de un banco de pruebas específico para este caso.

3.5.6. Radio

Este dispositivo se encuentra instalado y programado para su funcionamiento en este vehículo, para lo que al no disponer del arnés intermedio de las puertas, se hizo un estudio de los pines del conector para determinar los que llevan hacia los parlantes, el mismo mantiene la comunicación en la red CAN y emite alertas acústicas y visuales en pantalla necesarias para informar el estado del vehículo.

3.5.7. Sistema Eléctrico

Los módulos de control y cableado del vehículo fueron instalados en su totalidad

para el funcionamiento del sistema, estos elementos fueron programados por el personal del centro de entrenamiento para que funcionen bajo las condiciones específicas del simulador.

Para esto fue necesario la reubicación de los elementos en áreas donde su presentación y funcionamiento no se vea comprometido, esto implico retos como el alargamiento del arnés en varios tramos, para lo que se utilizó cable de las mismas características en color, resistencia y calibre, que el usado en el arnés con el fin de evitar resistencias que puedan afectar las señales enviadas por el mismo; también la reubicación de las masas de todos los sistemas, para lo que cada una de ellas fue marcada en función a su posición original y asegurada por medio de tuercas y pernos soldadas a la estructura, la misma que cumple la función de la carrocería en un vehículo convencional al estar conectada también al negativo de la batería.

Debido a que tanto Chevrolet Cruze como Chevrolet Tracker comparten la plataforma Global A pero no todos sus repuestos manejan iguales conectores, se usó un pedal de aceleración con sensor APP con igual onda en sus potenciómetros pero de conector y ubicación de los pines diferente al que viene en el arnés original del vehículo, hecho que llevo al estudio de señales en los pedales, y como mediante un adaptador se logró cruzar los cables hasta que la señal sea enviada por su cable respectivo.

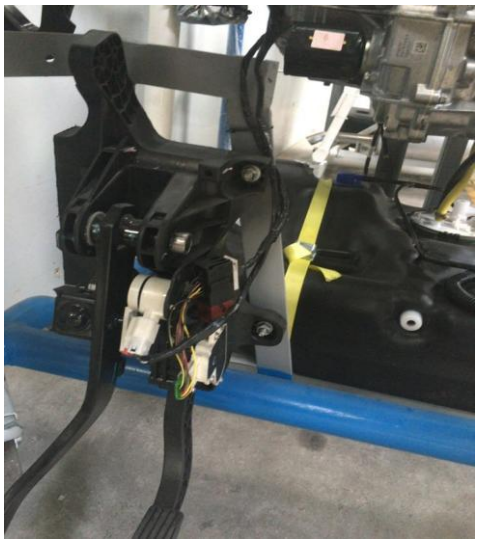


Figura 14. Adaptación del conector del SENSOR APP.
Fuente: Autores

3.5.8. Sistema Climatizador

Este sistema se encuentra inhabilitado en su parte mecánica debido a que el simulador no requiere del mismo para funcionar; pero si encuentra instalada la parte electrónica como son el modulo del HVAC y el panel de control del climatizador que se encuentra en el habitáculo, los cuales se encuentras conectados al módulo de BCM y pertenecen a la red CAN.

3.6. FABRICACIÓN Y MONTAJE

Finalizado todo el estudio, se determinó el que sería el modelo final del soporte, el que incluye una base para todos los elementos a acoplarse, y distribuye tanto masas como centros de gravedad de forma que lo hagan seguro para operar y maniobrar, incluyendo para esto una sección de tubo que permita transportarlo.

Figura 11. Ensamblaje real de componentes en el banco de pruebas.
Fuente: Autores.

3.6.1. Administración Visual

Es una herramienta del Lean Manufacturing que revela lo que difiera del estándar y permite:

- Conocer el estándar en cada momento.
- Facilitar la supervisión del cumplimiento del estándar.

Para lo que se usan señales visuales que comunican información necesaria para tomar decisiones eficaces, estas vienen acompañadas de imágenes que hacen referencia a lo que permite o no, y de colores que se consideran de comprensión universal.

Tabla 5: Interpretación de los colores

COLOR	SIGNIFIC.	CONTRASTE
Rojo	Prohibición	Blanco
Amarillo	Atención	Negro
Azul	Obligación	Blanco
Verde	Seguridad	Blanco

Fuente: Autores.

Figura *15*. Implementación de la administración visual en el banco de pruebas.
Fuente: Autores

Figura *16*. Señalética de precaución sobre el motor.
Fuente: Autores

4. CONCLUSIONES

- En la construcción de la estructura de este simulador se apreció la facilidad del tubo a ser doblado evitando que menos partes sean soldadas, aumentando así la seguridad al disminuir las secciones que lo componen. Esto reduce los costos al gastar menos tiempo y materiales en su fabricación.
- En el diseño y la fabricación del simulador se dieron cambios continuamente por parte del equipo a cargo del proyecto, cosa que llevo a que el soporte sufriera un sobredimensionamiento en cuanto a sus capacidades, pues muchas veces se indicó que a este se le incorporarían más elementos en el futuro.
- Gracias a las simulaciones dadas en el sistema de alto desempeño mecánico se identificó que las estructuras tubulares curvas son más propensas a sufrir deformación, pero esta se distribuye a lo largo de toda la curva, a diferencia de elementos con vértices que deberían ser soldados y en donde existe mayor peligro en sus uniones.
- En la entrega del proyecto a los representantes de General Motors, este simulador en particular recibió felicitaciones especiales, pues el diseño del soporte y su fabricación brindan una experiencia lo más parecida a lo que es un vehículo de verdad, y a su vez la elección de colores y su presentación satisface las expectativas de la marca.

5. BIBLIOGRAFIA

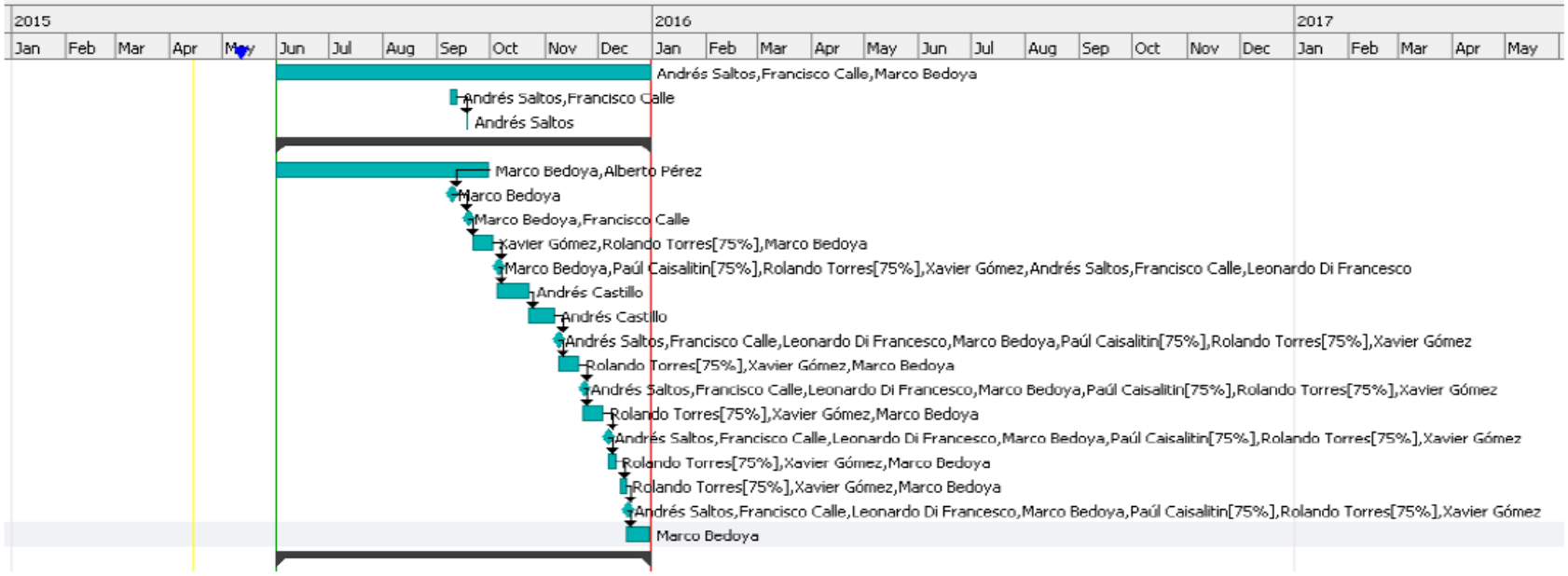
1. Hibbeler, R. (2012). *Análisis Estructural*. México: Pearson
2. Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson.
3. Budynas, R. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill
4. General Motors. *Tech Link. Publicación Mensual para profesionales de servicio en concesionarios febrero 2010*. Recuperado 9 de enero de 2016.
5. General Motors. *Manual de Servicio Chevrolet Cruze*. Recuperado el 12 de diciembre de 2015. https://www.autopartners.net
6. Condesa. (s.f). *Tubo estructural*. Recuperado el 19 de enero de 2016. www.condesa.com/pdf/es/TUBO_ESTRUCTURAL_CASTV3.pdf

ANEXO I

PLAN DE TRABAJO

PROYECTO SIMULADORES AUTOMOTRICES (GLOBAL A)

TAREA	INICIO	FINAL	RESPONSABLE
SIMULADOR GLOBAL A	**1/6/2015 8:00**	**31/12/2015 17:00**	
Recepción de Componentes por parte de GM	1/6/2015 8:00	30/9/2015 17:00	Marco Bedoya,Alberto Pérez
Reunión de revisión de estatus de partes para simuladores	9/9/2015 8:00	9/9/2015 8:00	Marco Bedoya
Charla de seguridad y firma de documentos	18/9/2015 8:00	18/9/2015 8:00	Marco Bedoya,Francisco Calle
Inspección y comprobación de funcionalidad de componentes y diseño de estructura de soporte	21/9/2015 8:00	2/10/2015 17:00	Xavier Gómez,Rolando Torres[75%],Marco Bedoya
Válvula de Control	5/10/2015 8:00	5/10/2015 8:00	Marco Bedoya,Paúl Caisalitin[75%],Rolando Torres[75%],Xavier Gómez,Andrés Saltos,Francisco Calle,Leonardo Di Francesco
Adquisición de Materiales para la Estructura Inicial	5/10/2015 8:00	23/10/2015 17:00	Andrés Castillo
Construcción de la Estructura del Simulador - Motor, transmisión y tablero de instrumentos	23/10/2015 8:00	6/11/2015 17:00	Andrés Castillo
Válvula de Control	9/11/2015 8:00	9/11/2015 8:00	Andrés Saltos,Francisco Calle,Leonardo Di Francesco,Marco Bedoya,Paúl Caisalitin[75%],Rolando Torres[75%],Xavier Gómez
Ensamblaje de componentes de simulador Hardware	9/11/2015 8:00	20/11/2015 17:00	Rolando Torres[75%],Xavier Gómez,Marco Bedoya
Válvula de Control	23/11/2015 8:00	23/11/2015 8:00	Andrés Saltos,Francisco Calle,Leonardo Di Francesco,Marco Bedoya,Paúl Caisalitin[75%],Rolando Torres[75%],Xavier Gómez
Ensamblaje de componentes de simulador Software	23/11/2015 8:00	4/12/2015 17:00	Rolando Torres[75%],Xavier Gómez,Marco Bedoya
Válvula de Control	7/12/2015 8:00	7/12/2015 8:00	Andrés Saltos,Francisco Calle,Leonardo Di Francesco,Marco Bedoya,Paúl Caisalitin[75%],Rolando Torres[75%],Xavier Gómez
Protocolo de pruebas de Funcionamiento y Simulación	7/12/2015 8:00	11/12/2015 17:00	Rolando Torres[75%],Xavier Gómez,Marco Bedoya
Administración visual de componente y espacio físico (seguridad)	14/12/2015 8:00	17/12/2015 17:00	Rolando Torres[75%],Xavier Gómez,Marco Bedoya
Válvula de Control	18/12/2015 8:00	18/12/2015 8:00	Andrés Saltos,Francisco Calle,Leonardo Di Francesco,Marco Bedoya,Paúl Caisalitin[75%],Rolando Torres[75%],Xavier Gómez
Evento de presentación de proyectos a Dirección Comercial	18/12/2015 8:00	31/12/2015 17:00	Marco Bedoya



Fuente: General Motors del Ecuador (2015)

ANEXO II

INVENTARIO DE REPUESTOS

LISTADO DE ESPECIFICACIONES DE MATERIAL
MODELO CRUZE MY2013
REVISION #01

	NRO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	95938113	BLOCK ASM-F/CMPT FUSE	1
2	96889385	BLOCK ASM-FUSE	1
3	95978754	BRACKET ASM-ECM	1
4	95423299	BRACKET-BCM	1
5	13313656	CABLE ASM-A/TRNS RANGE SEL LVR	1
6	95460240	CABLE ASM-BAT NEG	1
7	95281541	CABLE ASM-BAT POS & NEG	1
8	13301778	HOUSING, A/CL UPR	1
9	12129596	SENSOR, INT AIR TEMP	1
10	90470089	SEAL, INT AIR TEMP SEN	1
11	13272717	ELEMENT, A/CL	1
12	13384034	BOLT, A/CL HSG CVR	1
13	13324644	HOUSING, A/CL LWR	1
14	13308302	DUCT, A/CL OTLT	1
15	13315934	CLAMP, A/CL OTLT FRT DUCT (80MM)	1
16	95080027	CLUSTER ASM-INST	1
17	13310692	COMPRESSOR ASM-A/C	1
18	95479636	CONTROL ASM-A/TRNS	1
19	95146202	CONTROL ASM-HTR & A/C	1
20	13591310	CONTROL ASM-HTR & A/C REM	1
21	13286445	CYLINDER ASM-BRK MAS (W/ P/B BOOS)	1
22	95481197	CYLINDER UNIT-LK	1
23	25182442	ENGINE ASM-1.8 L (110 CID)	1
24	13500577	GENERATOR ASM	1
25	95202260	HARNESS ASM-BODY WRG	1
26	95196590	HARNESS ASM-ENG WRG	1
27	95256210	HARNESS ASM-I/P WRG	1
28	95483019	HOSE ASM-A/C CMPR & CNDSR	1
29	13254567	HOSE ASM-A/C EVPR	1
30	95039024	HOSE ASM-HTR INL	1
31	95039025	HOSE ASM-HTR OTLT	1
32	95459412	HOSE ASM-RAD INL	1
33	95390894	HOSE ASM-RAD OTLT	1
34	95390848	HOSE ASM-RAD SURGE TK INL	1
35	24259750	HOSE ASM-TRANS VENT	1
36	13434984	HOSE-A/C EVPR & BLO MDL DRN LWR	1
37	13434983	HOSE-A/C EVPR & BLO MDL DRN UPR	1
38	95358599	HOUSING ASM-F/TNK FIL PIPE	1
39	95963459	HOUSING-F/CMPT FUSE BLK	1
40	13389523	LEVER ASM-A/TRNS RANGE SEL	1
41	13504286	**MODULE,** THEFT DTRNT	1
42	13586273	MODULE ASM-BODY CONT	1
43	13384018	MODULE ASM-ELEK BRK & TRACT CONT (V	1

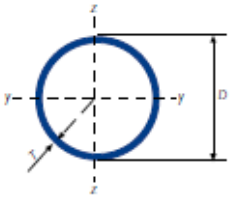
	NRO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
44	25189683	MODULE ASM-ENG CONT (W/O CALN)	1
45	13347455	MOUNT ASM-ENG	1
46	13248554	MOUNT ASM-TRANS	1
47	13360630	MOUNT ASM-TRANS FRT	1
48	11610091	NUT-FUSE BLK	1
49	13363620	PIPE ASM-BRK & FUEL FEED & EVAP EMIS	1
50	13252025	PIPE ASM-BRK PRESS MOD VLV (PRIMARY)	1
51	13252024	PIPE ASM-BRK PRESS MOD VLV (SECONDAR	1
52	13352142	PIPE ASM-F/TNK FIL	1
53	13367519	PIPE ASM-P/B BOOS VAC	1
54	55556495	PIPE ASM-PCV	1
55	96837813	PUMP ASM-P/S	1
56	13267652	RADIATOR ASM-(W/ A/C CNDSR & ENG COO	1
57	95368344	RADIO ASM-AM/FM STEREO	1
58	13337770	RESONATOR-RR INT AIR DUCT	1
59	55566648	SENSOR ASM-HTD OXY (POSN 2)	1
60	13231068	SENSOR ASM-I/S AIR MSTRE & W/S TEMP	1
61	13578326	SENSOR ASM-VEH YAW (W/ VEH LATL & L	1
62	13505369	SENSOR-BAT CUR	1
63	13386321	SHAFT ASM-FRT WHL DRV	1
64	13386322	SHAFT ASM-FRT WHL DRV	1
65	13251806	SHAFT ASM-INTER STRG	1
66	55576980	STARTER ASM	1
67	96456333	SWITCH ASM-FUEL OCTANE SEL	1
68	95995761	SWITCH ASM-I/P M/FUNC	1
69	13256823	TANK ASM-RAD SURGE	1
70	25191534	TENSIONER ASM-DRV BELT	1
71	24260485	TRANSAXLE ASM-AUTO	1
72	13354419	TRAY ASM-BAT	1
73	96867467	WIRE ASM-ENG OIL PRESS IND SW	1
74	13231068	SENSOR ASM-I/S AIR MSTRE & W/S TEMP	1
75	13293567	SOPORTE CABLE TRANSMISION AUTOMATIC	1
76	13413451	DEPOSITO DE EVAPORADOR	1
77	13504670	KIT SENSOR NIVEL DE COMBUSTIBLE	1
78	20893611	CUBIERTA SENSOR DE PRESION	1
79	13502903	SENSOR DE PRESION DE TANQUE	1
80	13350064	RETENEDOR	1
81	13579884	BOMBA DE COMBUSTIBLE	1
82	13368361	ARNES BOMBA DE COMBUSTIBLE	1
83	13476845	BARRA CRUZE	1
84	95080691	PANEL DE ISNTRUMENTOS	1
85	22807512	ALOJAMIENTO DE ARRANQUE	1
86	20939745	INTERRUPTOR IGNICION ARRANQUE	1
87	13248507	SOPORTE BASE MOTOR RH	1
88	11546413	PERNOS BASE MOTOR RH	3
89	95297060	TUBO ENFRIAMIENTO CAJA	1
90	55563926	BANDA DE ACCESORIOS	1

	NRO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
91	95268977	TUBO DE ESCAPE	1
92	13583478	CUBO RUEDA DELANTERA	2
93	13319481	MANZANA	2
94	11588746	PERNO MANZANA	2
95	11588746	TUERCA MANZANA	2
96	11571188	PERNO ARTICULACION MORDAZA	4
97	11570675	PERNO CUBO RUEDA	6
98	13502052	DISCO DE FRENO	2
99	11570339	PERNO DE DISCO DE FRENO	2
100	ND	MORDAZA DE FRENOS LH	1
101	ND	MORDAZA DE FRENOS RH	1
102	ND	PASTILLA DE FRENOS	1
103	13286439	SERVO FRENO	1
104	13286449	PERNO DEPOSITO	1
105	13286454	TAPA DEPOSITO	1
106	13286456	INTERRUPTOR DEPOSITO	1
107	13286452	DEPOSITO DE FRENO	1
108	13286448	ESLINGA SERVO FRENO	1
109	13329258	SENSOR DE VELOCIDAD DELANTERA	2
110	13347162	CARCAZA VENTILADOR	1
111	95217544	ARNES DE VENTILADOR	1
112	13427159	VENTILADOR	1
113	13311085	SELLO AIRE ACONDICIONADO	1
114	90470089	SELLO SENSOR DE TEMPERATURA	1
115	13311898	PANTALA DE DEPURADOR	1
116	ND	BATERIA	1

Fuente: General Motors del Ecuador (2015)

ANEXO III

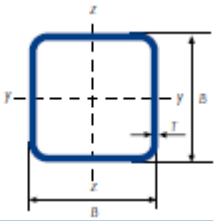
ESPECIFICACIONES DE MATERIAL



Gama perfil tubular en frío - redondo

DIÁMETRO EXTERIOR ESPECÍFICO	ESPESOR ESPECÍFICO	MASA LINEAL	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO	MÓDULO ELÁSTICO	MÓDULO PLÁSTICO	MOMENTO DE INERCIA DE TORSIÓN	MÓDULO DE TORSIÓN	SUPERFICIE LATERAL POR UNIDAD DE LARGO	LARGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERFICIE EXTERIOR POR METRO
D	T	M	A	I	i	W_{el}	W_{pl}	I_t	C_t	A_s		$A_{s/v}$
mm	mm	kg/m	cm^2	cm^4	cm	cm^3	cm^3	cm^4	cm^3	m^2/m	m	m^{-1}
49,4	2	2,34	2,98	8,38	1,68	3,39	4,50	16,8	6,78	0,155	428	521
49,4	2,3	2,67	3,40	9,46	1,67	3,83	5,11	18,9	7,66	0,155	374	456
49,4	2,5	2,89	3,68	10,2	1,66	4,11	5,50	20,3	8,22	0,155	346	421
49,4	2,9	3,33	4,24	11,5	1,65	4,65	6,28	23,0	9,31	0,155	301	366
49,4	3	3,43	4,37	11,8	1,64	4,78	6,47	23,6	9,57	0,155	291	355
49,4	3,2	3,65	4,64	12,5	1,64	5,04	6,84	24,9	10,1	0,155	274	334
49,4	3,6	4,07	5,18	13,7	1,62	5,53	7,57	27,3	11,1	0,155	246	300
49,4	4	4,48	5,71	14,8	1,61	6,00	8,27	29,6	12,0	0,155	223	272
49,4	5	5,47	6,97	17,4	1,58	7,05	9,90	34,8	14,1	0,155	183	223
50	1,5	1,79	2,29	6,73	1,72	2,69	3,53	13,5	5,38	0,157	557	687
50	2	2,37	3,02	8,70	1,70	3,48	4,61	17,4	6,96	0,157	422	521
50	2,3	2,71	3,45	9,83	1,69	3,93	5,24	19,7	7,86	0,157	370	456
50	2,5	2,93	3,73	10,6	1,68	4,22	5,65	21,1	8,44	0,157	341	421
50	2,9	3,37	4,29	11,9	1,67	4,78	6,44	23,9	9,56	0,157	297	366
50	3	3,48	4,43	12,3	1,67	4,91	6,64	24,6	9,82	0,157	288	355
50	3,2	3,69	4,70	12,9	1,66	5,18	7,02	25,9	10,4	0,157	271	334
50	3,6	4,12	5,25	14,2	1,65	5,68	7,77	28,4	11,4	0,157	243	299
50	4	4,54	5,78	15,4	1,63	6,16	8,49	30,8	12,3	0,157	220	272
50	5	5,55	7,07	18,1	1,60	7,25	10,2	36,2	14,5	0,157	180	222
50	6	6,51	8,29	20,4	1,57	8,18	11,7	40,9	16,4	0,157	154	189
50	6,3	6,79	8,65	21,1	1,56	8,43	12,1	42,2	16,9	0,157	147	182
51	1,5	1,83	2,33	7,15	1,75	2,80	3,68	14,3	5,61	0,160	546	687
51	2	2,42	3,08	9,26	1,73	3,63	4,80	18,5	7,26	0,160	414	520
51	2,3	2,76	3,52	10,5	1,72	4,10	5,46	20,9	8,20	0,160	362	455
51	2,5	2,99	3,81	11,2	1,72	4,40	5,89	22,5	8,81	0,160	334	421
51	2,9	3,44	4,38	12,7	1,70	4,99	6,72	25,4	9,98	0,160	291	366
51	3	3,55	4,52	13,1	1,70	5,13	6,92	26,2	10,3	0,160	282	354
51	3,2	3,77	4,81	13,8	1,69	5,41	7,32	27,6	10,8	0,160	265	333
51	3,6	4,21	5,36	15,1	1,68	5,94	8,10	30,3	11,9	0,160	238	299
51	4	4,64	5,91	16,4	1,67	6,44	8,86	32,9	12,9	0,160	216	271
51	5	5,67	7,23	19,3	1,64	7,58	10,6	38,7	15,2	0,160	176	222
51	6	6,66	8,48	21,9	1,61	8,57	12,2	43,7	17,1	0,160	150	189
51	6,3	6,94	8,85	22,5	1,60	8,84	12,7	45,1	17,7	0,160	144	181
52	1,5	1,87	2,38	7,59	1,79	2,92	3,83	15,2	5,84	0,163	535	686
52	2	2,47	3,14	9,83	1,77	3,78	5,00	19,7	7,56	0,163	405	520
52	2,3	2,82	3,59	11,1	1,76	4,27	5,69	22,2	8,55	0,163	355	455
52	2,5	3,05	3,89	11,9	1,75	4,59	6,13	23,9	9,18	0,163	328	420
52	2,9	3,51	4,47	13,5	1,74	5,20	7,00	27,1	10,4	0,163	285	365
52	3	3,63	4,62	13,9	1,74	5,35	7,21	27,8	10,7	0,163	276	354
52	3,2	3,85	4,91	14,7	1,73	5,64	7,63	29,3	11,3	0,163	260	333
52	3,6	4,30	5,47	16,1	1,72	6,20	8,45	32,2	12,4	0,163	233	298
52	4	4,74	6,03	17,5	1,70	6,73	9,24	35,0	13,5	0,163	211	271
52	5	5,80	7,38	20,6	1,67	7,93	11,1	41,2	15,9	0,163	173	221
52	6	6,81	8,67	23,3	1,64	8,97	12,8	46,6	17,9	0,163	147	188

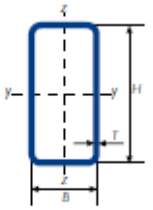
Posibilidad de fabricar otras medidas y en otros aceros. Bajo consulta.



Gama perfil tubular en frío - cuadrado

DIMENSION ESPECIFICA DE LADOS		ESPESOR ESPECIFICO	MASA LINEAL	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA		RADIO DE GIRO		MÓDULO ELÁSTICO		MÓDULO PLÁSTICO		MOMENTO DE INERCIA DE TORSIÓN	MÓDULO DE TORSIÓN	SUPERFICIE LATERAL POR UNIDAD DE LARGO	LARGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERFICIE EXTERIOR POR METRO
B	B	T	M	A	I_{xx}	I_{yy}	i_{xx}	i_{yy}	W_{elxx}	W_{elyy}	W_{plxx}	W_{plyy}	I_t	C_t	A_s		$A_{s/v}$
mm	mm	mm	kg/m	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^4	cm^3	m^2/m	m	m^{-1}
20	20	1,5	0,826	1,05	0,583	0,583	0,744	0,744	0,583	0,583	0,715	0,715	0,985	0,884	0,075	1.211	711
20	20	2	1,05	1,34	0,692	0,692	0,720	0,720	0,692	0,692	0,877	0,877	1,21	1,06	0,073	953	547
20	20	2,5	1,25	1,59	0,766	0,766	0,694	0,694	0,766	0,766	1,00	1,00	1,39	1,19	0,071	802	449
20	20	3	1,42	1,81	0,809	0,809	0,669	0,669	0,809	0,809	1,10	1,10	1,52	1,27	0,070	704	385
22	22	1,5	0,920	1,17	0,800	0,800	0,826	0,826	0,727	0,727	0,885	0,885	1,34	1,10	0,083	1.087	707
22	22	2	1,18	1,50	0,961	0,961	0,801	0,801	0,874	0,874	1,09	1,09	1,66	1,33	0,081	851	542
25	25	1,5	1,06	1,35	1,22	1,22	0,949	0,949	0,973	0,973	1,17	1,17	2,01	1,47	0,095	942	702
25	25	2	1,36	1,74	1,48	1,48	0,924	0,924	1,19	1,19	1,47	1,47	2,53	1,80	0,093	733	536
25	25	2,5	1,64	2,09	1,69	1,69	0,899	0,899	1,35	1,35	1,71	1,71	2,96	2,07	0,091	610	438
25	25	3	1,89	2,41	1,84	1,84	0,874	0,874	1,47	1,47	1,91	1,91	3,32	2,27	0,090	529	372
25	25	4	2,31	2,95	2,00	2,00	0,823	0,823	1,60	1,60	2,19	2,19	3,80	2,51	0,086	432	293
30	30	1,5	1,30	1,65	2,20	2,20	1,15	1,15	1,46	1,46	1,74	1,74	3,57	2,21	0,115	771	695
30	30	2	1,68	2,14	2,72	2,72	1,13	1,13	1,81	1,81	2,21	2,21	4,54	2,75	0,113	596	529
30	30	2,5	2,03	2,59	3,16	3,16	1,10	1,10	2,10	2,10	2,61	2,61	5,40	3,20	0,111	492	430
30	30	3	2,36	3,01	3,50	3,50	1,08	1,08	2,34	2,34	2,96	2,96	6,15	3,58	0,110	423	365
30	30	4	2,94	3,75	3,97	3,97	1,03	1,03	2,64	2,64	3,50	3,50	7,30	4,11	0,106	340	284
35	35	1,5	1,53	1,95	3,60	3,60	1,36	1,36	2,05	2,05	2,43	2,43	5,78	3,09	0,135	653	691
35	35	2	1,99	2,54	4,51	4,51	1,33	1,33	2,58	2,58	3,09	3,09	7,41	3,89	0,133	502	525
35	35	2,5	2,42	3,09	5,29	5,29	1,31	1,31	3,02	3,02	3,69	3,69	8,89	4,58	0,131	412	425
35	35	3	2,83	3,61	5,95	5,95	1,28	1,28	3,40	3,40	4,23	4,23	10,2	5,18	0,130	353	359
35	35	4	3,57	4,55	6,93	6,93	1,23	1,23	3,96	3,96	5,11	5,11	12,4	6,09	0,126	280	278
38	38	2	2,18	2,78	5,88	5,88	1,46	1,46	3,10	3,10	3,70	3,70	9,60	4,67	0,145	459	523
38	38	2,5	2,66	3,39	6,94	6,94	1,43	1,43	3,65	3,65	4,44	4,44	11,6	5,53	0,143	376	423
38	38	3	3,12	3,97	7,85	7,85	1,41	1,41	4,13	4,13	5,10	5,10	13,3	6,28	0,142	321	357
40	40	1,5	1,77	2,25	5,49	5,49	1,56	1,56	2,75	2,75	3,22	3,22	8,75	4,13	0,155	566	688
40	40	2	2,31	2,94	6,94	6,94	1,54	1,54	3,47	3,47	4,13	4,13	11,3	5,23	0,153	434	521
40	40	2,5	2,82	3,59	8,22	8,22	1,51	1,51	4,11	4,11	4,97	4,97	13,6	6,21	0,151	355	422
40	40	3	3,30	4,21	9,32	9,32	1,49	1,49	4,66	4,66	5,72	5,72	15,8	7,07	0,150	303	356
40	40	4	4,20	5,35	11,1	11,1	1,44	1,44	5,54	5,54	7,01	7,01	19,4	8,48	0,146	238	273
40	40	5	4,99	6,36	12,3	12,3	1,39	1,39	6,13	6,13	8,02	8,02	22,3	9,48	0,143	200	225
42	42	3	3,49	4,45	11,0	11,0	1,57	1,57	5,22	5,22	6,38	6,38	18,4	7,92	0,158	286	355
42	42	4	4,45	5,67	13,1	13,1	1,52	1,52	6,24	6,24	7,86	7,86	22,8	9,54	0,154	225	272
42	42	5	5,30	6,76	14,6	14,6	1,47	1,47	6,96	6,96	9,04	9,04	26,4	10,7	0,151	189	223
45	45	1,5	2,00	2,55	7,96	7,96	1,77	1,77	3,54	3,54	4,13	4,13	12,6	5,31	0,175	499	685
45	45	2	2,62	3,34	10,1	10,1	1,74	1,74	4,50	4,50	5,32	5,32	16,3	6,77	0,173	382	519
45	45	2,5	3,21	4,09	12,1	12,1	1,72	1,72	5,36	5,36	6,43	6,43	19,8	8,09	0,171	312	419
45	45	3	3,77	4,81	13,8	13,8	1,69	1,69	6,12	6,12	7,44	7,44	23,0	9,27	0,170	265	353
45	45	4	4,83	6,15	16,6	16,6	1,64	1,64	7,38	7,38	9,22	9,22	28,7	11,3	0,166	207	270
45	45	5	5,77	7,36	18,7	18,7	1,59	1,59	8,31	8,31	10,7	10,7	33,3	12,8	0,163	173	221
48	48	3	4,06	5,17	17,0	17,0	1,82	1,82	7,10	7,10	8,58	8,58	28,2	10,7	0,182	246	352
50	50	1,5	2,24	2,85	11,1	11,1	1,97	1,97	4,43	4,43	5,15	5,15	17,4	6,65	0,195	447	683
50	50	2	2,93	3,74	14,1	14,1	1,95	1,95	5,66	5,66	6,66	6,66	22,6	8,51	0,193	341	517
50	50	2,5	3,60	4,59	16,9	16,9	1,92	1,92	6,78	6,78	8,07	8,07	27,5	10,2	0,191	278	417
50	50	3	4,25	5,41	19,5	19,5	1,90	1,90	7,79	7,79	9,39	9,39	32,1	11,8	0,190	236	351

Posibilidad de fabricar otras medidas y en otros aceros. Bajo consulta.



Gama perfil tubular en frío - rectangular

DIMENSION ESPECIFICA DE LADOS		ESPESOR ESPECIFICO	MASA LINEAL	ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA		RADIO DE GIRO		MÓDULO ELASTICO		MÓDULO PLASTICO		MOMENTO DE INERCIA DE TORSION	MÓDULO DE TORSION	SUPERFICE LATERAL POR UNIDAD DE LARGO	LARGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERFICE EXTERIOR POR METRO
H	B	T	M	A	I_{xx}	I_{yy}	i_{xx}	i_{yy}	W_{elxx}	W_{elyy}	W_{plxx}	W_{plyy}	I_t	C_t	A_x		$A_{s/v}$
mm	mm	mm	kg/m	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^4	cm^3	m^2/m	m	m^{-1}
40	10	1,5	1,06	1,35	2,15	0,215	1,26	0,399	1,08	0,430	1,49	0,519	0,704	0,813	0,095	942	702
40	10	2	1,36	1,74	2,60	0,247	1,22	0,377	1,30	0,494	1,85	0,628	0,831	0,942	0,093	733	536
40	15	1,5	1,18	1,50	2,71	0,562	1,34	0,612	1,35	0,750	1,78	0,876	1,60	1,36	0,105	848	698
40	15	2	1,52	1,94	3,33	0,674	1,31	0,590	1,66	0,898	2,23	1,09	1,98	1,64	0,103	658	532
40	15	2,5	1,84	2,34	3,81	0,755	1,28	0,568	1,91	1,01	2,62	1,26	2,28	1,86	0,101	545	434
40	15	3	2,13	2,71	4,18	0,809	1,24	0,547	2,09	1,08	2,95	1,40	2,50	2,01	0,100	470	368
40	20	1,5	1,30	1,65	3,27	1,10	1,41	0,815	1,63	1,10	2,07	1,27	2,74	1,91	0,115	771	695
40	20	2	1,68	2,14	4,05	1,34	1,38	0,793	2,02	1,34	2,61	1,60	3,45	2,36	0,113	596	529
40	20	2,5	2,03	2,59	4,69	1,54	1,35	0,770	2,35	1,54	3,09	1,88	4,06	2,72	0,111	492	430
40	20	3	2,36	3,01	5,21	1,68	1,32	0,748	2,60	1,68	3,50	2,12	4,56	3,00	0,110	423	365
40	20	4	2,94	3,75	5,87	1,86	1,25	0,704	2,93	1,86	4,13	2,47	5,27	3,37	0,106	340	284
40	25	1,5	1,41	1,80	3,82	1,84	1,46	1,01	1,91	1,47	2,36	1,70	4,06	2,46	0,125	707	693
40	25	2	1,83	2,34	4,77	2,28	1,43	0,988	2,39	1,82	2,99	2,16	5,17	3,07	0,123	545	527
40	25	2,5	2,23	2,84	5,57	2,64	1,40	0,965	2,79	2,11	3,56	2,56	6,15	3,59	0,121	449	428
40	25	3	2,60	3,31	6,24	2,94	1,37	0,942	3,12	2,35	4,06	2,90	7,00	4,01	0,120	385	362
40	27	1,5	1,46	1,86	4,04	2,20	1,47	1,09	2,02	1,63	2,47	1,89	4,63	2,69	0,129	684	692
40	27	2	1,90	2,42	5,06	2,73	1,45	1,06	2,53	2,03	3,15	2,39	5,91	3,36	0,127	527	526
40	27	2,5	2,31	2,94	5,93	3,18	1,42	1,04	2,96	2,36	3,75	2,85	7,05	3,93	0,125	433	427
40	27	3	2,69	3,43	6,65	3,55	1,39	1,02	3,32	2,63	4,28	3,24	8,06	4,42	0,124	372	361
40	27	4	3,38	4,31	7,69	4,07	1,34	0,972	3,85	3,01	5,14	3,88	9,66	5,14	0,120	296	279
40	30	1,5	1,53	1,95	4,38	2,81	1,50	1,20	2,19	1,87	2,64	2,17	5,52	3,02	0,135	653	691
40	30	2	1,99	2,54	5,49	3,51	1,47	1,18	2,75	2,34	3,37	2,77	7,07	3,79	0,133	502	525
40	30	2,5	2,42	3,09	6,45	4,10	1,45	1,15	3,23	2,74	4,03	3,30	8,47	4,46	0,131	412	425
40	30	3	2,83	3,61	7,27	4,60	1,42	1,13	3,63	3,07	4,61	3,77	9,72	5,03	0,130	353	359
40	30	4	3,57	4,55	8,47	5,33	1,36	1,08	4,24	3,55	5,57	4,54	11,76	5,90	0,126	280	278
40	35	1,5	1,65	2,10	4,93	4,02	1,53	1,38	2,47	2,30	2,93	2,68	7,09	3,57	0,145	606	689
40	35	2	2,15	2,74	6,22	5,05	1,51	1,36	3,11	2,89	3,75	3,42	9,12	4,51	0,143	465	523
40	35	2,5	2,62	3,34	7,33	5,95	1,48	1,33	3,67	3,40	4,50	4,10	10,97	5,33	0,141	382	424
40	35	3	3,07	3,91	8,29	6,72	1,46	1,31	4,15	3,84	5,17	4,71	12,65	6,05	0,140	326	357
45	10	1,5	1,18	1,50	2,99	0,242	1,41	0,402	1,33	0,484	1,85	0,583	0,811	0,922	0,105	848	698
45	15	1,5	1,30	1,65	3,70	0,631	1,50	0,618	1,64	0,841	2,17	0,977	1,86	1,54	0,115	771	695
45	15	2	1,68	2,14	4,57	0,759	1,46	0,596	2,03	1,01	2,74	1,22	2,30	1,87	0,113	596	529
45	15	2,5	2,03	2,59	5,28	0,854	1,43	0,574	2,35	1,14	3,24	1,42	2,66	2,12	0,111	492	430
45	15	3	2,36	3,01	5,83	0,919	1,39	0,553	2,59	1,23	3,66	1,58	2,92	2,30	0,110	423	365
45	20	1,5	1,41	1,80	4,41	1,23	1,56	0,825	1,96	1,23	2,50	1,41	3,21	2,17	0,125	707	693
45	20	2	1,83	2,34	5,49	1,51	1,53	0,803	2,44	1,51	3,17	1,78	4,05	2,68	0,123	545	527
45	20	2,5	2,23	2,84	6,41	1,73	1,50	0,781	2,85	1,73	3,77	2,10	4,77	3,10	0,121	449	428
45	20	3	2,60	3,31	7,15	1,90	1,47	0,759	3,18	1,90	4,29	2,37	5,38	3,44	0,120	385	362
45	25	1,5	1,53	1,95	5,12	2,05	1,62	1,02	2,27	1,64	2,83	1,88	4,79	2,79	0,135	653	691
45	25	2	1,99	2,54	6,42	2,54	1,59	1,00	2,85	2,04	3,60	2,39	6,11	3,49	0,133	502	525
45	25	2,5	2,42	3,09	7,54	2,96	1,56	0,979	3,35	2,37	4,30	2,84	7,28	4,09	0,131	412	425
45	25	3	2,83	3,61	8,48	3,30	1,53	0,957	3,77	2,64	4,92	3,23	8,31	4,60	0,130	353	359
45	30	1,5	1,65	2,10	5,83	3,11	1,66	1,22	2,59	2,07	3,15	2,39	6,55	3,42	0,145	606	689
45	30	2	2,15	2,74	7,34	3,90	1,64	1,19	3,26	2,60	4,03	3,05	8,40	4,31	0,143	465	523

Posibilidad de fabricar otras medidas y en otros aceros. Bajo consulta.